[redacted]

[redacted]

MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, MODALIDAD PARTICULAR

PROYECTO: DEPÓSITO DE MATERIAL DE DRAGADO









MARZO DE 2020

ÍNDICE GENERAL.

ÍNDICE GENERAL. 2
ÍNDICE DE FIGURAS. 7
ÍNDICE DE TABLAS. 14
I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. 18
I.1 Datos generales del Proyecto. 18
I.1.1 Nombre del proyecto. 18
I.1.2 Estudio de riesgo y su modalidad. 18
I.1.3 Ubicación del proyecto. 18
I.1.4 Localización del sitio del proyecto. 19
I.1.5 Dimensiones del proyecto. 19
I.1.6 Coordenadas extremas del proyecto. 20
I.1.7 Cuadro construcción del polígono del proyecto. 21
I.2 Datos Generales del Promovente. 23
I.2.1 Nombre o Razón Social. 23
I.2.2 Registro Federal de Causantes (RFC). 23
I.2.3 Nombre del Representante Legal. 23
I.2.4 Cargo del Representante Legal. 23
I.2.5 RFC y CURP del Representante Legal. 23
I.2.6 Dirección del Promovente para Recibir u Oír Notificaciones. 23
I.3 Datos Generales del Responsable del Estudio de Impacto Ambiental. 24
I.3.1 Nombre o Razón Social. 24
I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes. 24
I.3.3 Nombre del Responsable Técnico del Estudio. 24
I.3.4 Dirección del Responsable Técnico del Estudio. 24
II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO. 25
II.1 Información General del Proyecto. 25
II.1.1 Naturaleza del proyecto. 25
II.1.2 Características generales. 26
II.1.3 Justificación y objetivos. 29
II.1.4 Dimensiones del proyecto. 30
II.1.5 Inversión requerida. 31
II.1.6 Programa general de trabajo. 32
II.2 Sitio del Proyecto. 33
II.2.1 Localización del sitio. 33
II.2.2 Vías de Acceso. 35
II.2.3 Situación legal del sitio del proyecto y tipo de propiedad. 35
II.2.4 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias. 36
II.2.5 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos. 37
II.2.6 Área natural protegida. 38
II.3 Selección del Sitio. 39
II.3.1 Consideraciones geotécnicas. 39
II.3.2 Uso del material en obras de la API-Topolobampo. 40
II.3.3 Vertimiento en una zona de tiro en la porción terrestre (Opción B en tierra). 40
II.3.4 Donación de material dragado a la empresa CALSA. 42
II.3.5 Vertimiento al mar. 42
II.4 Preparación del Sitio. 43

II.4.1 Instalación del campamento provisional. 43
II.4.2 Levantamientos topobatimétricos. 47
II.4.3 Procedimientos preventivos en las instalaciones provisionales. 48
II.5 Construcción. 49
II.5.1 Traslado de los equipos de dragado al sitio de la obra. 49
II.5.2 Botado de los equipos de dragado. 51
II.5.3 Trabajos de Dragados. 51
II.5.4 Dragado auxiliar para la pasarela. 52
II.5.5 Dragado en el muelle y dársena de maniobras. 58
II.5.6 Tubería de descarga flotante. 64
II.5.7 Embarcaciones auxiliares. 65
II.5.8 Conformación de las zonas de tiro. 69
II.5.9 Construcción de la fosa de captación. 80
II.5.10 Transporte y colocación de material de bancos. 82
II.5.11 Colocación de barreras antiturbidez. 96
II.5.12 Medidas adicionales de protección al ambiente. 100
II.6 Operación y mantenimiento. 101
II.7 Abandono del sitio. 101
II.8 Requerimiento de Personal. 102
II.9 Insumos Requeridos. 103
II.9.1 Materiales requeridos. 103
II.9.2 Combustibles. 104
II.9.3 Electricidad. 104
II.9.4 Agua. 104
II.9.5 Utilización de explosivos. 104
II.10 Maquinaria y equipo. 105
II.11 Residuos Generados. 106
II.11.1 Aguas residuales. 106
II.11.2 Residuos Sólidos. 106
II.11.3 Residuos peligrosos. 106
II.12 Políticas de seguridad, higiene y medio ambiente laboral. 108
II.13 Planes de Desarrollo a Futuro. 110
III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO. 111
III.1 Vinculación con las Políticas e Instrumentos de Planeación del Desarrollo en la Región. 111
III.1.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024. 111
III.1.2 Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2017-2021. 112
III.1.3 Plan Municipal de Desarrollo 2018 – 2021. 113
III.2 Instrumentos de Planeación. 114
III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT). 114
III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California. 118
III.2.3 Plan Parcial de Desarrollo Urbano del Corredor Mochis-Topolobampo. 123
III.2.4 Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Sinaloa 2007-2020. 127
III.2.5 Atlas de Peligros Naturales del Municipio de Ahome. 129
III.3 Análisis de los Instrumentos Normativos (Leyes y sus Reglamentos aplicables). 130
III.3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. 130
III.3.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). 131
III.3.3 Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental. 133
III.3.4 Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación

de la Atmósfera. 135
III.3.5 Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas. 135
III.3.6 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). 136
III.3.7 Ley General de Vida Silvestre (LGVS). 140
III.3.8 Reglamento de la LGVS. 143
III.3.9 Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). 143
III.3.10 Reglamento de la LGPGIR. 145
III.3.11 Ley de Aguas Nacionales (LAN). 148
III.3.12 Reglamento de la LAN. 149
III.3.13 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental. 149
III.3.14 Ley que Establece el Catálogo de Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Sinaloa. 151
III.3.15 Bando de Policía y Gobierno del Municipio de Ahome. 153
III.3.16 Reglamento de Protección al Ambiente del Municipio de Ahome. 154
III.4 Análisis de los Instrumentos Normativos (Convenios y Tratados). 155
III.4.1 Convención sobre los Humedales (Convención Ramsar). 155
III.4.2 Convenio sobre Diversidad Biológica. 168
III.4.3 Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). 168
III.5 Análisis de los Instrumentos Normativos (Normas y Acuerdos). 170
III.5.1 NOM-022-SEMARNAT-2003. 170
III.5.2 NOM-059-SEMARNAT-2010. 178
III.5.3 Acuerdo Secretarial número 103 mediante el cual se expiden los formatos que establece la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas. 180
III.5.4 Otras Normas Aplicables. 181
III.6 Sistema de Áreas Naturales Protegidas. 183
III.6.1 Áreas Naturales Protegidas con Decreto Federal. 183
III.6.2 Áreas Naturales Protegidas con Decreto Estatal. 186
III.6.3 Áreas Naturales Protegidas con Decreto Municipal. 187
III.6.4 Regiones Terrestres Prioritarias. 188
III.6.5 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS). 190
III.6.6 Programa de Regiones Prioritarias Marinas de México. 191
III.6.7 Regiones Hidrológicas Prioritarias (Arriaga et al., 1998). 191
III.7 Resumen de Programas y Ordenamientos Aplicables. 194
IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. 195
IV.1 Proceso para la Descripción del Entorno Ambiental. 195
IV.1.1 Conceptos generales. 195
IV.1.2 Delimitación del Sistema Ambiental (SA). 196
IV.1.3 Delimitación del Área de Influencia. 202
IV.1.4 Elaboración de la Cartografía Específica. 204
IV.1.5 Descripción de las Características del SA y el Sitio del Proyecto. 204
IV.2 Clima y Calidad del Aire. 207
IV.2.1 Tipo de clima. 207
IV.2.2 Temperatura promedio mensual, anual y extremas. 208
IV.2.3 Precipitación. 209
IV.2.4 Diagrama Umbrotérmico. 210
IV.2.5 Régimen de Vientos. 211
IV.2.6 Calidad del Aire. 221
IV.3 Entorno Acústico. 223
IV.4 Fisiografía. 227
IV.4.1 Provincia y subprovincias fisiográficas. 227
IV.4.2 Características del relieve. 228
IV.4.3 Sistemas de topoformas. 228
IV.5 Geología. 230

IV.5.1 Características litológicas del SA. 230
IV.6 Edafología. 237
IV.6.1 Tipos de suelos en el SA. 237
IV.7 Hidrología Superficial. 243
IV.7.1 Hidrografía y Cuencas. 243
IV.7.2 Red Hidrológica del SA. 244
IV.7.3 Coeficientes de Escurrimiento. 248
IV.8 Hidrología Subterránea. 249
IV.9 Características Oceanográficas del SA. 252
IV.9.1 Litoral. 252
IV.9.2 Batimetría General del Sistema. 253
IV.9.3 Oleaje. 253
IV.9.4 Mareas. 253
IV.9.5 Surgencias. 254
IV.9.6 Corrientes. 255
IV.9.7 Islas. 255
IV.10 Análisis del Material de Dragado. 256
IV.10.1 Parámetros Requeridos por la Legislación Nacional. 256
IV.10.2 Muestreos. 259
IV.10.3 Métodos. 266
IV.10.4 Resultados. 273
IV.10.5 Conclusiones y Recomendaciones. 318
IV.11 Calidad del Agua en la Bahía de Ohuira. 320
IV.11.1 Antecedentes. 320
IV.11.2 Muestreo realizado por el CIBNOR. 321
IV.11.3 Tamaño de la partícula en la columna de agua. 326
IV.12 Biodiversidad (Flora). 329
IV.12.1 Características Generales. 329
IV.12.2 Tipos de Vegetación del SA. 331
IV.12.3 Listados florísticos potenciales. 335
IV.12.4 Importancia comercial de algunas especies de flora. 336
IV.12.5 Levantamiento de datos de flora en campo. 336
IV.12.6 Vegetación sumergida. 349
IV.13 Biodiversidad (Fauna). 355
IV.13.1 Aspectos Generales. 355
IV.13.2 Aves. 356
IV.13.3 Mamíferos. 373
IV.13.4 Anfibios y Reptiles. 375
IV.13.5 Necton. 377
IV.13.6 Bentos. 387
IV.13.7 Plancton. 391
IV.14 Paisaje. 399
IV.15 Medio Socioeconómico. 408
IV.15.1 Aspectos Demográficos. 408
IV.15.2 Actividades Económicas. 410
IV.15.3 Aspectos económicos. 414
IV.15.4 Tipo de tenencia de los terrenos adyacentes. 417
IV.15.5 Aspectos culturales. 417
IV.15.6 Infraestructura y Servicios. 419
IV.15.7 Servicios Públicos. 422
IV.16 Diagnóstico Ambiental. 424
V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES. 429
V.1 Metodología para la Identificación de Impactos Ambientales. 429

V.1.1 Matriz de Interacciones. 429
V.1.2 Diagramas de interacción. 434
V.2 Identificación y Caracterización de los Impactos Ambientales. 435
V.3 Descripción de los Impactos Identificados. 438
V.3.1 Calidad del aire. 438
V.3.2 Entorno acústico. 439
V.3.3 Geología y Edafología. 445
V.3.4 Hidrología. 445
V.3.5 Vegetación. 446
V.3.6 Fauna. 448
V.3.7 Ecosistemas del SA. 449
V.3.8 Paisaje. 450
V.3.9 Medio Socioeconómico. 456
V.4 Resumen de los Impactos Ambientales por Etapa. 457
V.4.1 Selección del sitio. 457
V.4.2 Preparación del sitio. 457
V.4.3 Construcción. 458
V.4.4 Operación y Mantenimiento. 458
V.4.5 Abandono del Sitio. 458
VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES. 459
VI.1 Clasificación de las Medidas de Mitigación. 459
VI.2 Agrupación de los Impactos de Acuerdo con las Medidas de Mitigación Propuestas. 460
VI.3 Descripción de la Estrategia o Sistema de Medidas de Mitigación. 463
VI.3.1 Selección del Sitio. 463
VI.3.2 Preparación del sitio. 463
VI.3.3 Construcción. 464
VI.4 Medidas Aplicables No Relacionadas con Impactos Específicos. 465
VI.4.1 Maquinaria de construcción (Contaminación por hidrocarburos). 466
VI.4.2 Maquinaria de construcción (Almacenamiento de combustible). 468
VI.4.3 Generación de residuos peligrosos. 468
VI.5 Programa de Salud, Higiene y Medioambiente 470
VI.6 Programa General de Monitoreo. 471
VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS. 474
VII.1 Construcción de Escenarios. 474
VII.2 Conclusiones. 475
VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES. 478
VIII.1 Formatos de Presentación. 478
VIII.1.1 Fotografías. 478
VIII.1.2 Videos. 478
VIII.1.3 Planos del Proyecto. 478
VIII.2 Otros Anexos. 480
VIII.3 Glosario. 481
VIII.4 Bibliografía. 490

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura I.1. Coordenadas extremas del proyecto de depósito de material de dragado. 20
Figura I.2. Áreas donde se depositará el material de dragado. 22
Figura II.1. Áreas de dragado en las dársenas y canales. 28
Figura II.2. Plano de Conjunto de la zona de tiro. 30
Figura II.3. Ubicación de municipio de Ahome, en la porción noroeste del estado de Sinaloa. 34
Figura II.4. Ubicación de Topolobampo y Los Mochis, en el litoral de Ahome. 34
Figura II.5. Vías de acceso al sitio del proyecto. 35
Figura II.6. Usos de suelo de mayor relevancia en la porción sur del predio. 36
Figura II.7. Usos de suelo en Topolobampo, alrededor del sitio del proyecto (INEGI, Serie VI). 37
Figura II.8. Corte esquemático del material por dragar. 39
Figura II.9. Ubicación de otra opción para el depósito del material de dragado. 41
Figura II.10. Condiciones generales de los terrenos de la Opción B. 41
Figura II.11. Superficie disponible para las instalaciones provisionales. 43
Figura II.12. Levantamientos topobatimétricos previos al dragado (CAPSA, 2016). 48
Figura II.13. Desempaque de la draga (Canchola, 2009). 49
Figura II.14. Vista del cortador y la escala (Canchola, 2009). 49
Figura II.15. Tubería de acero para montaje de escala y motor (Canchola, 2009). 50
Figura II.16. Tanques ensamblados sobre tubería de acero para montaje de escala y motor (Canchola, 2009). 50
Figura II.17. Brida para conexión de tubería de succión (Canchola, 2009). 50
Figura II.18. Preparación para instalación de guías soportes de zancos (Canchola, 2009). 50
Figura II.19. Acomodo de tubería. 50
Figura II.20. Botado al agua (Canchola, 2009). 51
Figura II.21. Croquis de los trabajos de dragado. 52
Figura II.22. Estaciones de rebombeo flotantes para el dragado de la pasarela (estaciones 3 y 4). 55
Figura II.23. Trabajos de dragado (Canchola, 2009). 57
Figura II.24. Tubería flotante para el traslado de material producto del dragado. 57
Figura II.25. Draga autopropulsable. 60
Figura II.26. Draga autopropulsable descargando material a través de tubería flotante. 60
Figura II.27. Draga autopropulsable. 60
Figura II.28. Ruta de la tubería flotante a utilizar para los dragados de la pasarela y las dársenas. 64
Figura II.29. Tipo de tubería flotante a utilizar. 65
Figura II.30. Pontones de la draga. 65
Figura II.31. Remolcador auxiliando a draga hasta el lugar de la ejecución de los trabajos. 66
Figura II.32. Vista del apoyo de un remolcador auxiliando a embarcación. 66
Figura II.33. Remolcador utilizado como embarcación auxiliar para el dragado r. 66
Figura II.34. Lancha con motor fuera de borda, auxiliando en labores de dragado. 67
Figura II.35. Lancha con motor fuera de borda, auxiliando en labores de dragado. 67
Figura II.36. Sistema de barcazas portátiles (flexifloats). 68
Figura II.37. Sistema de barcazas portátiles (flexifloats). 68
Figura II.38. Sistema de barcazas portátiles (flexifloats). 68
Figura II.39. Chalan utilizado en transporte de materiales, mano de obra y equipo. 68
Figura II.40. Localización de Zonas de Tiro. 70
Figura II.41. Zonas de Tiro 01, usada como cancha deportiva para la población local. 71
Figura II.42. Vegetación halófila dispersa en la Zona de Tiro 01. 71
Figura II.43. Vegetación halófila en la Zona de Tiro 02 y estación de gas natural (izquierda). 72
Figura II.44. Aspecto de la Zona de Tiro 02, colindante a las instalaciones de PEMEX. 72
Figura II.45. Las Zonas de Tiro ZT-03 a ZT-06 están mayormente desprovistas de vegetación. 72
Figura II.46. Aspecto de la vegetación halófila en la Zona de Tiro 03. 72
Figura II.47. Infraestructura hidráulica en desuso y vegetación halófila en la ZT-07 y ZT-08. 74
Figura II.48. Acumulación de basura en las zonas de tiro ZT-07 y ZT-08. 74
Figura II.49. Sección tipo de zona de tiro a base de bordos perimetrales. 79
Figura II.50. Ejemplo de la conformación de bordos perimetrales. 79
Figura II.51. Ejemplo de la construcción de zona de tiro a base de bordos perimetrales. 79

Figura II.52. Ejemplo de la conformación de bordos perimetrales. 79
Figura II.53. Ubicación de la fosa de captación, en la base de las zonas de tiro. 80
Figura II.54. Banco de material en operación, frente al sitio del proyecto. 82
Figura II.55. Ejemplo de trabajos ejecutados confinando sedimento en suspensión con malla antiturbidez respecto al estado que presenta el mar. 96
Figura II.56. Vista de la malla antiturbidez instalada. 98
Figura II.57. Vista aérea de la utilización de la malla o barrera antiturbidez. 98
Figura II.58. Vista de los trabajos ejecutados confinados en la malla antiturbidez respecto al estado que presenta el mar. 98
Figura II.59. Vista aérea de la utilización de la malla antiturbidez. 98
Figura II.60. Composición de la malla antiturbidez. 98
Figura II.61. Organigrama de personal requerido para el proyecto. 102
Figura III.1. Unidades Biofísicas Ambientales y Sistema Ambiental. 114
Figura III.2. Estado inicial del ambiente en la UAB 32, correspondiente al año 2012. 114
Figura III.3. Escenario tendencial del SA a mediano plazo. 115
Figura III.4. Escenario tendencial del SA a largo plazo. 115
Figura III.5. Ubicación del sitio en el POEM del Golfo de California. 119
Figura III.6. Ubicación del proyecto en el área de acción del PPDU. 123
Figura III.7. Derogaciones derivadas del PPDU-CMT. 124
Figura III.8. Zonificación primaria de acuerdo al PPDU-CMT. 125
Figura III.9. Zonificación secundaria de acuerdo al PPDU-CMT. 126
Figura III.10. Detalle de la zonificación secundaria del PPDU en la zona del proyecto. 127
Figura III.11. Peligros hidrometeorológicos en el área del proyecto. 129
Figura III.12. Ubicación del terreno respecto al PPDU-CMT. 138
Figura III.13. Individuos de mangle alrededor de la alcantarilla cercana. 142
Figura III.14. Ubicación de los individuos de mangle en el extremo noreste del predio. 142
Figura III.15. Individuos de mangle en el extremo noreste del predio. 143
Figura III.16. Localidades indígenas en el Sistema Ambiental del proyecto. 152
Figura III.17. Ubicación del proyecto en el sitio Ramsar 2025. 155
Figura III.18. Infraestructura y actividades existentes cerca del límite del sitio Ramsar. 160
Figura III.19. Vegetación con mangle y predio del proyecto, con relación a la NOM-022-SEMARNAT-2003. 170
Figura III.20. Vegetación con mangle a lo largo de la ruta de la tubería, con relación a la NOM-022-SEMARNAT-2003. 171
Figura III.21. Individuos de *Avicennia germinans* bien desarrollados en el talud del ferrocarril. 171
Figura III.22. Plántulas de *Avicennia germinans* aisladas, en el talud del ferrocarril. 171
Figura III.23. En el talud el mangle se alterna con vegetación halófila y especies como *Tamarix sp*. 172
Figura III.24. Mangle en el límite de su distribución en el talud, a 400 m de la alcantarilla. 172
Figura III.25. Individuos de mangle en el bordo de la línea de alta tensión de CFE. 172
Figura III.26. Alcantarilla por donde cruzará la tubería hacia la zona de tiro. 172
Figura III.27. Ubicación del sitio en la región Noroeste y Alto Golfo de California de CONANP. 183
Figura III.28. ANP Islas del Golfo de California. 184
Figura III.29. Ubicación del sitio respecto al área natural protegida más cercana. 185
Figura III.30. Ubicación de la Isla Las Animas en relación con el sitio de la zona de tiro. 186
Figura III.31. Ubicación del proyecto respecto a la ZSCE Navachiste. 186
Figura III.32. Ubicación del proyecto respecto a la ANP municipal Cueva de Murciélagos. 187
Figura III.33. Ubicación del sitio en relación con RTPs, definidas por CONABIO. 188
Figura III.34. Ubicación del sitio en relación con AICAs, definidas por CONABIO. 190
Figura III.35. Ubicación del sitio en relación con la RMP más cercana, definida por CONABIO. 191
Figura III.36. Ubicación del sitio en relación con RHPs, definidas por CONABIO. 192
Figura IV.1. Límites de la subcuenca Bahía de Ohuira. 198
Figura IV.2. Límites de la subcuenca y división municipal. 199
Figura IV.3. Microcuencas que integran la subcuenca Bahía de Ohuira. 200
Figura IV.4. Delimitación del SA a partir de la subcuenca Bahía de Ohuira. 200
Figura IV.5. Límites del Sistema Ambiental (SA). 201

Figura IV.6. Microcuencas asociadas al sitio del proyecto. 203
Figura IV.7. Área de Influencia del proyecto. 203
Figura IV.8. Distribución de climas en la región y el SA. 207
Figura IV.9. Temperatura media, máxima y mínima anual en la estación 25116 (Los Mochis), en el periodo 1961 a 2018. 208
Figura IV.10. Precipitación media, máxima y mínima anual en la estación 25116 (Los Mochis) (periodo de 1961 a 2018). 209
Figura IV.11. Diagrama umbrotérmico (1961-2018) para la zona de estudio. 210
Figura IV.12. EMA 76320 Topolobampo, Sinaloa. 211
Figura IV.13. Ubicación de la EMA 76320 Topolobampo, Sinaloa. 212
Figura IV.14. Diagramas de frecuencias n (estacional, de 2005 a 2018). 213
Figura IV.15. Diagrama de frecuencias n (periodo, de 2005 a 2018). 214
Figura IV.16. Diagrama de agitación nv (estacional, de 2005 a 2018). 215
Figura IV.17. Diagrama de agitación nv (periodo, de 2005 a 2018). 216
Figura IV.18. Diagrama de velocidad máxima $v_{máx}$ (estacional, de 2005 a 2018). 217
Figura IV.19. Diagrama de velocidades máximas $v_{máx}$ (periodo, de 2005 a 2018). 218
Figura IV.20. Diagrama de velocidad máxima $v_{máx}^2$ (estacional, de 2005 a 2018). 219
Figura IV.21. Diagrama de velocidades máximas $v_{máx}^2$ (periodo, de 2005 a 2018). 220
Figura IV.22. Dispersión de contaminantes, febrero de 2015. 222
Figura IV.23. Dispersión de contaminantes, octubre de 2017. 222
Figura IV.24. Puntos de medición del ruido de fondo en el predio de PIT. 224
Figura IV.25. Provincia y subprovincia fisiográfica donde se localiza el SA. 227
Figura IV.26. Sistema de topoformas existentes en el SA. 229
Figura IV.27. Geología de la Bahía de Ohuira y sus alrededores. 230
Figura IV.28. Guía de interpretación de las claves de suelos. 237
Figura IV.29. Distribución de los tipos de suelo en el SA. 238
Figura IV.30. Ubicación de la cuenca de estudio en la Región Hidrológica 10. 243
Figura IV.31. SA y red Hidrológica de la Subcuenca B. de Ohuira. 244
Figura IV.32. Corrientes de agua alrededor en el predio de PIT. 245
Figura IV.33. Hidrogramas de los escurrimientos con influencia en el sitio de estudio para un año típico (a). 246
Figura IV.34. Microcuencas que influyen en el sitio de estudio. 246
Figura IV.35. Hidrogramas de los escurrimientos con influencia en el sitio de estudio para un año típico (b). 247
Figura IV.36. Coeficiente de escurrimiento en el SA. 248
Figura IV.37. Sistema Ambiental y aguas subterráneas. 250
Figura IV.38. Ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos. 262
Figura IV.39. Trabajo en la plataforma y uso del tubo Shelby para la obtención de muestras. 264
Figura IV.40. Toma de muestras de sedimento superficial para la obtención de agua intersticial empleada en la determinación de fosfatos, ortofosfatos, fósforo total, amonio, nitratos, nitritos y nitrógeno total. 265
Figura IV.41. Toma de muestras de sedimento superficial para la determinación de coliformes fecales. 265
Figura IV.42. Granulometría de fracciones finas y gruesas en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. Para cada estación de muestreo se muestra el nivel del cual fue tomada la muestra. 274
Figura IV.43. Detalle de la composición de la fracción fina en sus cuatro principales categorías: arcillas, limos, arenas y gravillas en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. Para cada estación de muestreo se muestra el nivel del cual fue tomada la muestra. 274
Figura IV.44. Diagrama de Shepard con la distribución granulométrica de las muestras de sedimento de Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 275
Figura IV.45. Valores de Densidad promedio en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 277
Figura IV.46. Porcentaje de materia orgánica contenida en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 278

Figura IV.47. Relación entre Densidad promedio de la partícula y cantidad de materia orgánica en muestras de sedimento. 278
Figura IV.48. Concentración de materia orgánica (%) en muestras de sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 279
Figura IV.49. Concentración de bacterias de coliformes fecales en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 280
Figura IV.50. Concentración de coliformes fecales (NMP) en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 281
Figura IV.51. Concentración de ortofosfatos en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 283
Figura IV.52. Concentración de fósforo total en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 284
Figura IV.53. Concentración de fósforo total (µM) en muestras de agua intersticial del sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 284
Figura IV.54. Concentración de nitritos en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 285
Figura IV.55. Concentración de nitratos en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 286
Figura IV.56. Concentración de nitrógeno total (µM) en muestras de agua intersticial del sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 287
Figura IV.57. Concentración de nitritos (µM) en muestras de agua intersticial del sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 287
Figura IV.58. Concentración de nitratos (µM) en muestras de agua intersticial del sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 288
Figura IV.59. Concentración de Amonio en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 289
Figura IV.60. Concentración de nutrientes (panel izquierdo) y nitrógeno total (panel derecho) en muestras de agua intersticial, en la Bahía de Ohuira (Fuente: CIBNOR, 2016). 290
Figura IV.61. Concentración de Nitrógeno total en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 291
Figura IV.62. Concentración de Fósforo total en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 292
Figura IV.63. Concentración de Nitritos en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 293
Figura IV.64. Concentración de Nitratos en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 293
Figura IV.65. Concentración de Amonio en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 294
Figura IV.66. Relación lineal entre la concentración de amonio y la profundidad de la muestra. .. 294
Figura IV.67. Relación polinomial de segundo orden entre la concentración de amonio y la profundidad de la muestra. 295
Figura IV.68. Concentración de Nitrógeno total en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 296
Figura IV.69. Concentración de Arsénico en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 301
Figura IV.70. Concentración de arsénico total en muestras de sedimento marino de Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016). 301
Figura IV.71. Concentración de Cadmio en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018, la línea continua muestra el valor mínimo cuantificable (VMC). 302
Figura IV.72. Concentración de Cobre en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 304
Figura IV.73. Concentración de cobre total en muestras de sedimento marino de Bahía Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016). 304
Figura IV.74. Concentración de cobre superficial (mg/kg) en muestras de sedimento de la Bahía de

Ohuira, en Topolobampo. 305
Figura IV.75. Concentración de Cromo en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 306
Figura IV.76. Concentración de cromo superficial (mg/kg) en muestras de sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 306
Figura IV.77. Concentración de cromo total en muestras de sedimento marino de Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016). 306
Figura IV.78. Concentración de Níquel en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 307
Figura IV.79. Concentración de níquel superficial (mg/kg) en muestras de sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 308
Figura IV.80. Concentración de Plomo en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 309
Figura IV.81. Concentración de plomo (mg/kg) en muestras de sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo. 309
Figura IV.82. Concentración de plomo total en muestras de sedimento marino de Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016). 309
Figura IV.83. Concentración de Zinc en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 310
Figura IV.84. Concentración de zinc total en muestras de sedimento marino de Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016). 311
Figura IV.85. Concentración de Mercurio en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. 312
Figura IV.86. Distribución espacial temperatura (A); Salinidad (B) y Fluorescencia como indicador de Clorofila (C) en la Bahía de Ohuira, en marzo de 2016. 322
Figura IV.87. Distribución espacial de Oxígeno disuelto (A); pH(B); Densidad (C) y Turbidez (D) en la Bahía de Ohuira, en marzo de 2016. 324
Figura IV.88. Concentración de clorofila a obtenidas en las estaciones de muestreo determinadas para el presente estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. 325
Figura IV.89. Tamaño de las partículas suspendidas en superficie y media agua en Bahía de Ohuira durante marzo de 2016. 327
Figura IV.90. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental (SA). 329
Figura IV.91. Uso de suelo y vegetación en el sitio del proyecto y su Área de Influencia (AI). 331
Figura IV.92. Ubicación de sitios de verificación de tipos de vegetación. 339
Figura IV.93. Clasificación de los métodos para medir la diversidad alfa. 342
Figura IV.94. Estaciones de muestreo de macroalgas de CIIDIR-IPN. 350
Figura IV.95. Panorámica de la cobertura vegetal frente al sitio de la terminal, con marea muy baja. 352
Figura IV.96. Masas de macroalgas de la zona somera, con presencia de *Ulva sp y Gracillaria spp*. 352
Figura IV.97. Macroalgas en la zona marina frente al predio donde se ubicarán la zona de tiro; *Ulva sp* (derecha) y masas de algas diversas entremezcladas con *Gracilaria sp* (izquierda). 353
Figura IV.98. AICAs dentro del área del Sistema Ambiental (SA). 358
Figura IV.99. Estado actual del sitio para el depósito del material de dragado. 360
Figura IV.100. Gaviota ploma (*Larus heermanni*), única ave registrada en el predio en marzo de 2019. 360
Figura IV.101. Sitio del proyecto, Área de Influencia y puntos de monitoreo de aves. 361
Figura IV.102. Observación de aves en punto de conteo. 362
Figura IV.103. Captura de ave en red de niebla. 363
Figura IV.104. Chorlo semipalmeado (*Charadrius semipalmatus*) en las vías del tren. 373
Figura IV.105. Pelicano café (*Pelecanus occidentalis*) en la bahía. 373
Figura IV.106. Área de estudio mostrando los sitios específicos para la toma de muestras de necton en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016). 378
Figura IV.107. Maniobra y tendido de chinchorro para la toma de muestras de necton en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. Panel A maniobra abordo. Panel B chinchorro tendido. 378
Figura IV.108. Maniobra con atarraya para la toma de muestras de necton en Bahía de Ohuira,

durante marzo de 2016. 379
Figura IV.109. Identificación de muestras de necton. Panel A ejemplo de registro fotográfico. Panel B identificación en laboratorio con ayuda de claves especializadas. 379
Figura IV.110. Transectos submarinos en área del proyecto. 383
Figura IV.111. Lanzamiento de atarraya y colocación de trampas nasas para peces. 383
Figura IV.112. Procesamiento de Peces para su identificación. 383
Figura IV.113. Porcentaje de especies de peces registradas en campo en comparación con las de distribución potencial (2016). 386
Figura IV.114. Porcentaje de especies de peces registradas en campo en comparación con las de distribución potencial (2017). 387
Figura IV.115. Análisis de identificación taxonómica de las muestras de bentos colectadas durante el trabajo de campo para el presente estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. 388
Figura IV.116. Riqueza específica (número de especies por Phylum) en muestras de bentos de la Bahía de Ohuira, en marzo de 2016. 389
Figura IV.117. Abundancia de organismos por Phylum en muestras de bentos obtenidas de la Bahía de Ohuira, en marzo de 2016. 389
Figura IV.118. Abundancia relativa por estación de muestreo, durante marzo de 2016. 390
Figura IV.119. Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica obtenida para este estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. 393
Figura IV.120. Diversidad de Shannon (H) y Equidad (J) de los grupos zooplanctónicos encontrados en cada estación de muestreo para este estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. .. 395
Figura IV.121. Abundancia relativa de los grupos zooplanctónicos obtenidos para este estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. 395
Figura IV.122. Abundancia relativa por estación de los grupos taxonómicos encontrados para el presente estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. 396
Figura IV.123. Distribución espacial de los grupos zooplanctónicos encontrados para este estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. 397
Figura IV.124. Panorámica del sitio desde el extremo norte, hacia el sur. 399
Figura IV.125. Vista de la Isla de Los Patos (al centro) desde el terreno. 400
Figura IV.126. Isla de los Patos. 400
Figura IV.127. Playa El Maviri. 401
Figura IV.128. Playa Rocosa en Lázaro Cárdenas. 401
Figura IV.129. Tanques elevados PEMEX. 402
Figura IV.130. Termoeléctrica Juan de Dios Batiz Paredes. 402
Figura IV.131. Bruma en la carretera Los Mochis – Topolobampo. 403
Figura IV.132. Cueva de los Murciélagos. 404
Figura IV.133. Cerro de la Memoria, al norte de Los Mochis. 404
Figura IV.134. Vista del Cerro de la Memoria, desde el sitio de depósito. 405
Figura IV.135. Actividades de pesca en la Bahía de Ohuira. 405
Figura IV.136. Campos de cultivo en el SA. 406
Figura IV.137. Infraestructura en el puerto de Topolobampo. 406
Figura V.1. Diagrama de interacciones para el proyecto de la zona de tiro. 435
Figura V.2. Modelación del ruido de la construcción de la zona de tiro (dBA). 443
Figura V.3. Modelación del ruido de la construcción en la laguna (dBA). 443
Figura V.4. Vegetación en la porción sur de la zona de tiro (al fondo a la derecha, terrenos de PEMEX). 447
Figura V.5. Porción oeste de la zona de tiro (al fondo el centro de capacitación de GPO). 447
Figura V.6. Ubicación de los puntos de observación para el análisis de la cuenca visual. 450
Figura V.7. Mapa topográfico con las curvas de nivel utilizadas para el MDE. 451
Figura V.8. Coberturas de vegetación utilizadas para el MDE. 451
Figura V.9. Modelo Digital de Elevación con altura topográfica y cobertura vegetal. 452
Figura V.10. Cuenca visual con un punto de observación en Rosendo G. Castro. 453
Figura V.11. Cuenca visual con punto en la carretera, en dirección a Los Mochis. 454
Figura V.12. Cuenca visual con punto en la carretera, en dirección a El Maviri. 454
Figura V.13. Cuenca visual con un punto de observación en un área elevada. 455

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla I.1. Localización del proyecto. 19
Tabla I.2. Superficie que ocupan las zonas de tiro. 19
Tabla I.3. Coordenadas extremas del proyecto. 20
Tabla I.4. Cuadro de construcción del predio propiedad de PIT. 21
Tabla I.5. Cuadro de construcción del área adicional en proceso de compra-venta 21
Tabla II.1. Superficie y secciones que ocuparán las zonas de tiro. 31
Tabla II.2. Calendario de actividades generales del proyecto. 32
Tabla II.3. Cuadro de construcción del predio propiedad de PIT. 33
Tabla II.4. Cuadro de construcción del área adicional en proceso de compra-venta 33
Tabla II.5. Cuadro de construcción de la superficie del polígono del dragado auxiliar de la pasarela. 53
Tabla II.6. Ubicación preliminar de las estaciones de rebombeo de sedimentos. 56
Tabla II.7. Superficie que ocupan las zonas de tiro. 71
Tabla II.8. Cuadro de construcción ZT-01 71
Tabla II.9. Cuadro de construcción ZT-02 72
Tabla II.10. Cuadro de construcción ZT-03, ZT-04, ZT-05, ZT-06 73
Tabla II.11. Cuadro de construcción ZT-07, ZT-08 73
Tabla II.12. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-01. 74
Tabla II.13. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-02. 75
Tabla II.14. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-03. 75
Tabla II.15. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-04. 75
Tabla II.16. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-05. 76
Tabla II.17. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-06. 77
Tabla II.18. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-07. 77
Tabla II.19. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-08. 78
Tabla II.20. Volumen de material de banco para la ZT-01 83
Tabla II.21. Volumen de material de banco para la ZT-02 84
Tabla II.22. Volumen de material de banco para la ZT-03 86
Tabla II.23. Volumen de material de banco para la ZT-04 91
Tabla II.24. Volumen de material de banco para la ZT-05 92
Tabla II.25. Volumen de material de banco para la ZT-06 93
Tabla II.26. Volumen de material de banco para la ZT-07 94
Tabla II.27. Volumen de material de banco para la ZT-08 94
Tabla II.28. Personal requerido para el proyecto de las zonas de tiro. 103
Tabla II.30. Material de banco para la conformación de bordos. 103
Tabla II.33. Maquinaria que se utilizará durante los trabajos. 105
Tabla II.34. Residuos sólidos (basura) generados en la obra. 106
Tabla II.35. Residuos peligrosos generados en la obra. 107
Tabla III.1. Relación del proyecto con los objetivos del Plan Estatal de Desarrollo de Sinaloa. 112
Tabla III.2. Políticas y Estrategias de la UAB 32. 116
Tabla III.3. Estrategias aplicables para la UAB 32 de acuerdo al POEGT. 116
Tabla III.4. Principales atributos ambientales que determinan la aptitud de la UGC 11. 120
Tabla III.5. Interacciones predominantes en la UGC 11. 120
Tabla III.6. Contexto regional de la UGC 11 del POEM del Golfo de California. 121
Tabla III.7. Aptitud sectorial en UA 2.2.4.21.1.7b de la UGC11. 122
Tabla III.8. Niveles de interacción sectorial en la UGC11. 122
Tabla III.9. Niveles de interacción total en la UGC11. 122
Tabla III.10. Niveles de presión, fragilidad y vulnerabilidad en la UGC11. 122
Tabla III.11. Niveles de presión, fragilidad promedio y prioridad general en el POEM-GC 122
Tabla III.12. Niveles de presión, fragilidad promedio y prioridad a nivel estatal. 122
Tabla III.13. Obligaciones del promovente dependiendo de su categoría de generador de residuos peligrosos. 144
Tabla III.14. Condiciones que debe tener un área de almacenamiento de residuos peligrosos, ya sea cerrada o abierta. 148

Tabla III.15. Criterios Ramsar del sitio 2025. 157
Tabla III.16. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003. 173
Tabla III.17. Aves del sitio del proyecto incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 180
Tabla III.18. Normas de posible aplicación a actividades del proyecto. 181
Tabla III.19. Áreas Protegidas, por categoría, en el Noroeste y Alto Golfo de California. 184
Tabla III.20. Principales tipos de vegetación y uso del suelo representados en la RTP 22. 189
Tabla III.21 Problemática de la RHP 19 e interacciones con el proyecto. 192
Tabla III.22. Programas y ordenamientos aplicables al área de estudio en evaluación. 194
Tabla IV.1. Temperatura (ºC) registrada en la estación 25116 (Los Mochis) de 1961 a 2018. . 208
Tabla IV.2. Precipitación (mm) registrada en la estación 25116 (Los Mochis) de 1961 a 2018. 209
Tabla IV.3. Análisis de frecuencias para Topolobampo, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018). 213
Tabla IV.4. Análisis de frecuencias para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018). 214
Tabla IV.5. Análisis de Lenz por estación para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018). 215
Tabla IV.6. Análisis de velocidades medias para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018). 216
Tabla IV.7. Análisis de velocidades máximas para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018). 217
Tabla IV.8. Análisis de velocidades máximas para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018). 218
Tabla IV.9. Análisis de velocidades máximas cuadráticas para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018). 219
Tabla IV.10. Análisis de velocidades máximas cuadráticas para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018). 220
Tabla IV.11. Características de los puntos de medición de ruido de fondo en los límites del predio. 224
Tabla IV.12. Resultados de la medición de ruido de fondo en los límites del predio. 225
Tabla IV.13. Máximos y mínimos (dB(A)) de ruido de fondo perimetral. 226
Tabla IV.14. Resultados de la medición de ruido de fondo perimetral. 226
Tabla IV.15. Cobertura de las topoformas existentes en el SA. 229
Tabla IV.16. Superficie y porcentaje ocupado por las entidades geológicas del SA. 231
Tabla IV.17. Características generales de los distintos tipos de roca del SA. 236
Tabla IV.18. Superficie de los grupos de suelo dominantes en el SA. 239
Tabla IV.23. Plaguicidas organoclorados y organofosforados determinados en muestras de sedimento de Bahía Ohuira. Se señala el método seguido en las determinaciones. 269
Tabla IV.24. Métodos empleados para la determinación de metales pesados en sedimento y límites de cuantificación (LDC) establecidos para el método correspondiente. 271
Tabla IV.25. Métodos empleados para la determinación de Hidrocarburos poliaromáticos (HAPs) en sedimento y límites de cuantificación (LDC) establecidos para el método correspondiente. 272
Tabla IV.26. Resultados obtenidos en muestras de agua intersticial en Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016). 290
Tabla IV.27. Valores de Fósforo Total (ppm) en distintos cuerpos acuáticos influenciados por zonas agrícolas. 292
Tabla IV.28. Valores comparativos de concentración de compuestos nitrogenados en sedimentos. 295
Tabla IV.30. Metales pesados en sedimentos marinos. Tomada de: Diagnóstico de los Puertos de Topolobampo y Mazatlán, Sinaloa., Guaymas, Sonora., Cabo San Lucas, Santa Rosalía y La Paz, Baja California Sur. 2017. Todos los datos corresponden a febrero de 2017. 303
Tabla IV.31. Concentraciones umbrales de límites máximos permisibles para remediación de suelos contaminados. Con base en los criterios establecidos de la NOM-147-SEMARNAT SSA1-2004 313
Tabla IV.32. Comparación entre los valores promedio obtenidos en este estudio con los valores umbrales de referencia nacionales e internacionales para contenido total de metales pesados en suelos o sedimentos 313

Tabla IV.33. Resultados de las determinaciones para Hidrocarburos poliaromáticos (HPAs) en muestras de sedimento de Bahía Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. Se incluye el límite de cuantificación (LDC) del método. 315
Tabla IV.34. Parámetros analizados que no fueron detectados en ninguna de las estaciones en Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016). 316
Tabla IV.36. Tabla comparativa de los valores observados *vs* valores reportados en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes. 324
Tabla IV.37. Cobertura de los tipos de vegetación presentes en el SA. 330
Tabla IV.38. Cobertura de los tipos de vegetación presentes en el AI. 330
Tabla IV.39. Coordenadas UTM 12 N de los centroides de los sitios de muestreo cuadrangulares (vegetación halófila xerófila). 337
Tabla IV.40. Coordenadas UTM 12 N inicial y final de los sitios de muestreo rectangulares. ... 337
..... 338
Tabla IV.41. Coordenadas UTM 12 N de los sitios de verificación (SV) 338
Tabla IV.42. Índice de Valor de Importancia de las especies presentes en el tipo de vegetación halófila xerófila. 344
Tabla IV.43. Índice de Valor de Importancia de las especies presentes en el tipo de vegetación de matorral sarcocaule. 345
Tabla IV.44. Riqueza de especies en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule. 346
Tabla IV.45. Número de individuos en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule. 346
Tabla IV.46. Dominancia en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule. 346
Tabla IV.47. Índice de Simpson en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule. 346
Tabla IV.48. Índice de Shannon en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule. 347
Tabla IV.49. Índice de Chao-1 en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule. 347
Tabla IV.50. Comparación de tipo de vegetación determinados por INEGI vs campo. 347
Tabla IV.51. Estaciones de muestreo de macroalgas de CIIDIR-IPN. 350
Tabla IV.52. Especies de macroalgas reportadas en los muestreos de CIIDIR-IPN. 350
Tabla IV.53. Especies de aves en el Sistema Ambiental, según su Orden. 357
Tabla IV.54. Riqueza potencial de avifauna silvestre para la porción costera del SA. 357
Tabla IV.55. Aves observadas en el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP). 363
Tabla IV.56. Especies de aves registradas en campo incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 366
Tabla IV.57. Especies registradas en el AP y su AI incluidas en la Lista Roja de la IUCN y en los Apéndices de la CITES. 367
Tabla IV.58. Especies del SAR incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010. 369
Tabla IV.59. Especies incluidas en la NOM-059, IUCN y CITES según su categoría. 370
Tabla IV.60. Especies incluidas en la NOM-059, de acuerdo a su hábitat. 371
Tabla IV.61. Especies del SA incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 de acuerdo a su estacionalidad. 372
Tabla IV.62. Especies de mamíferos registrados durante el trabajo de campo. 374
Tabla IV.63. Listado de reptiles registrados en campo. 376
Tabla IV.64. Listado filogenético de especies registradas en Bahía de Ohuira en marzo de 2016. 380
Tabla IV.65. Longitudes totales (LT) medidas en campo para los organismos colectados comparadas con su respectiva LT promedio reportada. 380
Tabla IV.66. Listado de peces registrados en 2017 en la Bahía de Ohuira. 384
Tabla IV.67. Abundancia relativa de los peces registrados en 2017 en la Bahía de Ohuira. 385
Tabla IV.68. Especies y número de organismos registrados en campo en el año 2016 y 2017. 386
Tabla IV.69. Grupos zooplanctónicos identificados por estación de muestreo en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016 394

Tabla IV.70. Abundancia relativa por estación de los grupos zooplanctónicos en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. 396
Tabla IV.71. Población y densidad poblacional de Ahome respecto a la estatal y la nacional. . 408
Tabla IV.72. Distribución de la población por sexo en las entidades consideradas. 408
Tabla IV.73. Tasa de crecimiento de población en el municipio Ahome, Sinaloa. 409
Tabla IV.74. Superficies sembrada y cosechada por tipo de cultivo (ha), en el 2014. 413
Tabla IV.75. Superficies sembradas y cosechadas, volumen y valor de la producción agrícola. 413
Tabla IV.76. Establecimientos de hospedaje registrados, según el tipo de alojamiento. 414
Tabla IV.77. Establecimientos de hospedaje registrados, según su categoría turística. 414
Tabla IV.78. Población económicamente activa de las entidades consideradas. 415
Tabla IV.79. Grado de marginación, 1980 al 2010, en el municipio de Ahome, Sin. 416
Tabla IV.80. Índice de Desarrollo Humano, 2005 416
Tabla IV.81. Indicadores de Desarrollo Humano Ahome, 2005 416
Tabla IV.82. Distribución de la población de acuerdo a la religión que profesa. 417
Tabla IV.83. Población de la zona de estudio de acuerdo a la lengua que habla. 418
Tabla IV.84. Población total por lugar de nacimiento según sexo, 2010. 418
Tabla IV.85. Viviendas habitadas y sus ocupantes según tipo de vivienda, 2015. 419
Tabla IV.86. Viviendas habitadas en el municipio, por tipo de vivienda. 419
Tabla IV.87. Longitud de la red carretera según tipo de camino (Kilómetros)..... 420
Tabla IV.88. Volumen de la carga marítima movida en Topolobampo (Miles de toneladas, 2016). 420
Tabla IV.89. Características del Aeropuerto Internacional de Los Mochis. 421
Tabla IV.90. Operaciones de aviación realizadas en los aeropuertos del Sistema Aeroportuario Mexicano por municipio según tipo de aviación2016. 422
Tabla IV.91. Condición de derechohabiencia en el municipio de Ahome..... 423
Tabla V.1. Acciones impactantes y factores impactados en el proyecto. 432
Tabla V.2. Matriz de Leopold modificada para el proyecto de la zona de tiro de PIT. 433
Tabla V.3. Caracterización de los principales impactos identificados, atribuibles al proyecto. .. 437
Tabla V.4. Nivel de intensidad del sonido. 440
Tabla V.5. Nivel de ruido característico para algunos equipos de construcción. 441
Tabla VI.1. Medidas de control y mitigación ambiental, aplicables al proyecto de depósito de material de dragado. 461
Tabla VI.2. Medidas de Gestión Ambiental no relacionadas con impactos específicos. 466
Tabla VI.3. Programas ambientales para aplicar en las distintas etapas del proyecto. 472
Tabla VII.1. Escenarios para el sitio del proyecto con o sin la zona de tiro. 474

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

I.1 Datos generales del Proyecto.

I.1.1 Nombre del proyecto.

[redacted]

I.1.2 Estudio de riesgo y su modalidad.

De acuerdo con el Primer Listado y el Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación del 28 de marzo de 1990 y del 4 de mayo de 1992 respectivamente, el proyecto a desarrollar no se considera una actividad altamente riesgosa debido a que en él no se manejará ninguna sustancia peligrosa y los sedimentos a dragar no están contaminados por ninguna sustancia incluida en los listados mencionados.

I.1.3 Ubicación del proyecto.

Calle y número:

Municipio

Entidad federativa:

Código postal:

[redacted]

I.1.4 Localización del sitio del proyecto.

El sitio propuesto para el proyecto se encuentra en el municipio de Ahome, en la porción noroeste del estado de Sinaloa. En la Tabla I.1 se presenta la localización general del sitio en coordenadas geográficas.

Tabla I.1. Localización del proyecto.



I.1.5 Dimensiones del proyecto.

El sitio para el depósito del material de dragado consiste de terrenos vendidos por el Gobierno del Estado de Sinaloa a la empresa *Puerto Industrial Topolobampo, S.A.P.I de C.V.* (PIT). El material será depositado en 8 zonas de tiro conformadas a base de bordos, que ocuparán una superficie total de 109.18 hectáreas. El diseño y dimensionamiento se ha realizado de tal forma que se evite la ocupación de áreas de valor ecológico dentro del sitio RAMSAR 2025 (Laguna Santa María-Topolobampo-Ohuira). El volumen estimado de material que se depositará es de 1'439,232.557 m^3 de sedimentos no contaminados provenientes de la Bahía de Ohuira.

Tabla I.2. Superficie que ocupan las zonas de tiro.

No.	Superficie
ZT-01	7.83 Ha.
ZT-02	4.16 Ha.
ZT-03 / ZT-04 / ZT-05 / ZT-06	55.13 Ha.
ZT-07 / ZT-08	42.06 Ha.
Total	**109.18 Ha.**

Además, temporalmente se colocará una tubería flexible para el rebombeo del material de dragado que recorre un trazo de aproximadamente 2,600 m en agua, desde el área de dragado hasta la orilla de la plataforma de la planta de amoniaco de GPO, siguiendo después un trazo de 2,000 m en tierra desde la planta de amoniaco hasta pasar por abajo del terraplén del ferrocarril. A partir de ese punto la tubería se bifurca dentro del sitio del proyecto para distribuir el material en las diferentes zonas de tiro.

I.1.6 Coordenadas extremas del proyecto.

Las coordenadas extremas de los elementos que integran el proyecto, incluyendo la ruta de la tubería que transporta el sedimento desde la zona a dragar y la zona de depósito del material de dragado, se presentan en la Tabla I.3 y la Figura I.1.



Figura I.1. Coordenadas extremas del proyecto de depósito de material de dragado.

Tabla I.3. Coordenadas extremas del proyecto.

Punto	Coordenadas UTM (zona 12)	
	X	Y
1	695,466	2,837,034
2	697,571	2,837,034
3	695,466	2,832,234
4	697,571	2,832,234

I.1.7 Cuadro construcción del polígono del proyecto.

El material de dragado se distribuirá en 8 zonas de tiro que ocupan una superficie total de 109.18 ha y que se ubicarán dentro de un área constituida por un predio propiedad de PIT y una superficie adicional propiedad del Gobierno del Estado de Sinaloa, en proceso de compra-venta. El cuadro de construcción del predio de PIT se presenta en la Tabla I.4 y el área adicional en la Tabla I.5. Los terrenos para el proyecto se presentan en la Figura I.2.

Tabla I.4. Cuadro de construcción del predio propiedad de PIT.

Vértice	Coordenadas		Vértice	Coordenadas	
	X	Y		X	Y
G31	696,558.56	2,836,175.70	G40	695,549.66	2,835,557.05
G32	695,921.56	2,834,927.79	G41	695,505.97	2,835,650.01
G33	695,905.52	2,834,937.00	G42	695,484.19	2,835,712.70
G34	695,891.78	2,834,913.04	G43	695,472.64	2,835,750.56
G35	695,848.94	2,834,936.57	G44	695,461.32	2,835,818.12
G36	695,702.39	2,835,240.26	G45	695,458.47	2,835,897.52
G37	695,787.72	2,835,282.17	G46	695,582.08	2,836,452.35
G38	695,705.72	2,835,452.19	G47	696,423.45	2,836,031.92
G39	695,620.13	2,835,410.91	G51	696,508.39	2,836,200.91

Tabla I.5. Cuadro de construcción del área adicional en proceso de compra-venta

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
Est	PV				Y	X
				42	2,837,025.9245	696,434.3664
42	43	S 61'45'52.03" W	425.213	43	2,836,824.7572	696,059.7493
43	44	S 61'45'52.03" W	437.708	44	2,836,617.6789	695,674.1244
44	41	S 14'42'43.67" W	196.207	41	2,836,427.9044	695,624.2951
41	46	S 63'26'55.34" E	457.018	46	2,836,223.6226	696,033.1042
46	47	N 61'45'52.03" E	307.870	47	2,836,369.2750	696,304.3407
47	48	N 61'45'52.03" E	406.098	48	2,836,561.3987	696,662.1167
48	49	N 60'21'16.75" W	256.587	49	2,836,688.3142	696,439.1161
49	42	N 00'48'21.65" W	337.644	42	2,837,025.9245	696,434.3664
SUPERFICIE = 414,163.727 m^2						

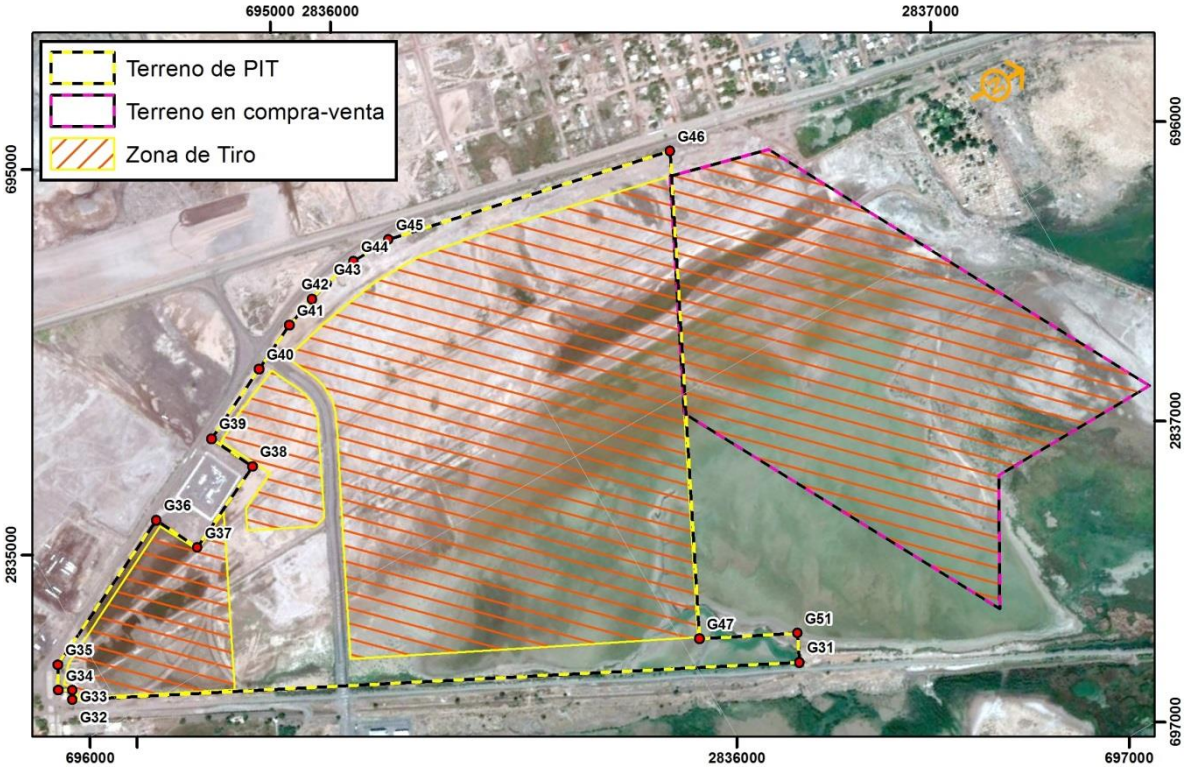


Figura I.2. Áreas donde se depositará el material de dragado.

I.2 Datos Generales del Promovente.

I.2.1 Nombre o Razón Social.

[redacted]

I.2.2 Registro Federal de Causantes (RFC).

[redacted]

I.2.3 Nombre del Representante Legal.

[redacted]

I.2.4 Cargo del Representante Legal.

[redacted]

I.2.5 RFC y CURP del Representante Legal.

[redacted]

I.2.6 Dirección del Promovente para Recibir u Oír Notificaciones.

Calle y número:

Colonia, barrio:

Código postal:

Entidad federativa:

Alcaldía:

Teléfono(s):

Correo electrónico:

[redacted]

I.3 Datos Generales del Responsable del Estudio de Impacto Ambiental.

I.3.1 Nombre o Razón Social.

[redacted]

I.3.2 Registro Federal de Contribuyentes.

[redacted]

I.3.3 Nombre del Responsable Técnico del Estudio.

[redacted]

I.3.4 Dirección del Responsable Técnico del Estudio.

Calle y número:

Colonia, barrio:

Código postal:

Entidad federativa:

Alcaldía:

Teléfono(s):

Correo electrónico:

[redacted]

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

II.1 Información General del Proyecto.

II.1.1 Naturaleza del proyecto.

La presente Manifestación de Impacto Ambiental se refiere al proyecto de la empresa Puerto Industrial Topolobampo, S.A.P.I de C.V. (PIT) para depositar el material proveniente del dragado de construcción de la Terminal Portuaria PIT (antes “Terminal Portuaria GPO”) en zonas de tiro en tierra. Los dragados requeridos para el proyecto producen grandes cantidades de material que requiere de una forma de disposición final que no afecte el medio ambiente. En este caso, la selección de la zona y el tipo de vertido se realizó tomando en cuenta tanto criterios medioambientales como económicos.

La Terminal Portuaria PIT, incluyendo el dragado de la dársena de operación, la dársena de maniobras y un canal auxiliar que se utilizará en la etapa de construcción, fue autorizada de manera condicionada por la DGIRA mediante el Resolutivo S.G.P.A./DGIRA/DG06597 de fecha 7 de septiembre de 2018. En el Término Sexto de dicho resolutivo se establece que “*SEXTO.- Dado que la presente resolución no se refiere a la autorización de la apertura de zonas de tiro, de manera previa al inicio de cualquier obra relacionada con esta actividad, el promovente deberá presentar ante la CONANP la ubicación de la zona de tiro pretendida con la finalidad de que dicha comisión determine la viabilidad del sitio; lo "anterior considerando que dicha comisión funge como autoridad designada ante la convención relativa a los humedales de importancia internacional; una vez aprobada la zona de tiro deberá informar por escrito a esta DGIRA, para que en el ámbito de sus atribución establezca lo relativo en materia de impacto ambiental*”.

Asimismo, la presente propuesta de la zona de tiro se realizó tomando en cuenta que la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas establece que si se requiere hacer el vertimiento al mar del material de dragado, debe solicitarse el permiso correspondiente ante la Secretaría de Marina, presentando una justificación que demuestre que no es posible otra alternativa. En este caso la zona de tiro en tierra es una de las alternativas al vertimiento en el mar analizadas para el proyecto.

Cabe señalar que a fin de decidir la forma en que se dispondrá del material de dragado, se hizo una evaluación de las posibles alternativas al vertimiento en el océano y también se ampliaron los alcances de la caracterización de los sedimentos a extraer en términos de sus características físicas y químicas. Asimismo, se hizo una modelación de la dispersión del material resuspendido, con el fin de conocer el área de dispersión y así diseñar medidas de mitigación efectivas.

En general, los dragados de construcción y de mantenimiento, así como la disposición final del material extraído pueden afectar los hábitats y representar un peligro importante para la salud humana y el medio ambiente por la resuspensión y/o depositación de sedimentos. El dragado y la eliminación del material dragado pueden provocar impactos en la calidad del agua debido al aumento de la turbidez y la liberación de contaminantes a la columna de agua debido a la resuspensión de sedimentos y/o cambios de ciertos compuestos químicos en los materiales dragados cuando se exponen a diferentes niveles de oxigenación. En el caso particular de la Terminal Portuaria PIT, el análisis de los sedimentos a extraer demuestra que no hay contaminantes que puedan liberarse al medio. Al mismo tiempo, la inclusión de barreras antiturbidez servirá para prevenir la reducción de la calidad del agua en el sistema lagunar.

Por otra parte, la eliminación de material de dragado en aguas marinas o de agua dulce puede resultar en la asfixia de hábitats bentónicos, una menor penetración de la luz que afecta a los organismos sensibles a la luz y los impactos en los lechos de algas marinas, algas y arrecifes de coral de las columnas de sedimentos suspendidos. Por esto se ha seleccionado un sitio en tierra sin características ecológicas excepcionales, que podrá ser recolonizado de manera natural por la vegetación halófila nativa. El depósito del material se hará dentro de un terreno donde actualmente no existen otras instalaciones ni usos productivos.

II.1.2 Características generales.

El proyecto consiste en establecer en tierra un área de depósito para el material de dragado proveniente de la construcción de la Terminal Portuaria PIT. Los trabajos de dragado ya están autorizados pero se ha buscado una alternativa al vertimiento del material en el mar. Los dragados (Figura II.1) se harán en las áreas previamente autorizadas.

Sin embargo, originalmente se planteó que material producto de dragado sería depositado en tolvas montadas sobre un chalán, para ser remolcado hasta una zona de tiro ubicada en mar abierto, a una distancia aproximada de 39 km. Con el proyecto actual el material será bombeado por una tubería para llevarlo hasta el terreno de PIT. El material proviene de los dragados ya autorizados, que consisten de lo siguiente:

- **Dragado de las dársenas.** Se realizarán los trabajos de dragado de construcción de las áreas para la operación de la terminal. En la zona del muelle la dársena de atraque se extiende a ambos lados del mismo, con 208.23 m de ancho y 428.16 m de largo a una profundidad de 13.30 m; la dársena de maniobras tendrá 470.00 m de diámetro a una profundidad de 14.55 m; una zona de resguardo de talud de 33.30 m de largo por 208.23 m de ancho y 13.30 m de profundidad; una zona de transición de 39.90 m de ancho por 56.00 m de largo, desde una profundidad de 13.30 m hasta 3.00 m. Por último, es importante destacar que el canal de navegación, de 140.00 m de ancho por 556.87 m de longitud a una profundidad de 14.55 m no requiere de dragado, ya que la profundidad natural es suficiente para la operación.

Para este dragado originalmente se utilizaría una draga de succión con cortador autopropulsada con una capacidad de tolva de 1,000 m^3 la cual almacenaría el material producto de dragado, lo transportaría y lo depositaría en la zona de tiro ubicada en mar abierto. Este ciclo, sería repetitivo hasta desalojar por completo todo el material.

- **Dragado del canal auxiliar.** Para este concepto, se requerirá el dragado auxiliar en la pasarela, todo ello con el fin de obtener la profundidad necesaria para la operación de un chalán que soportará una grúa con la capacidad suficiente para el hincado de los pilotes en esta zona, además de la utilización de un chalán que suministrará los pilotes desde la zona de almacenamiento en tierra hasta la zona de hincado. Este dragado auxiliar tendrá 56 m de ancho y 1,349.08 m de largo con 3.00 m de profundidad. El volumen de dragado a extraer de dicha zona es de 157,351.013 m^3.

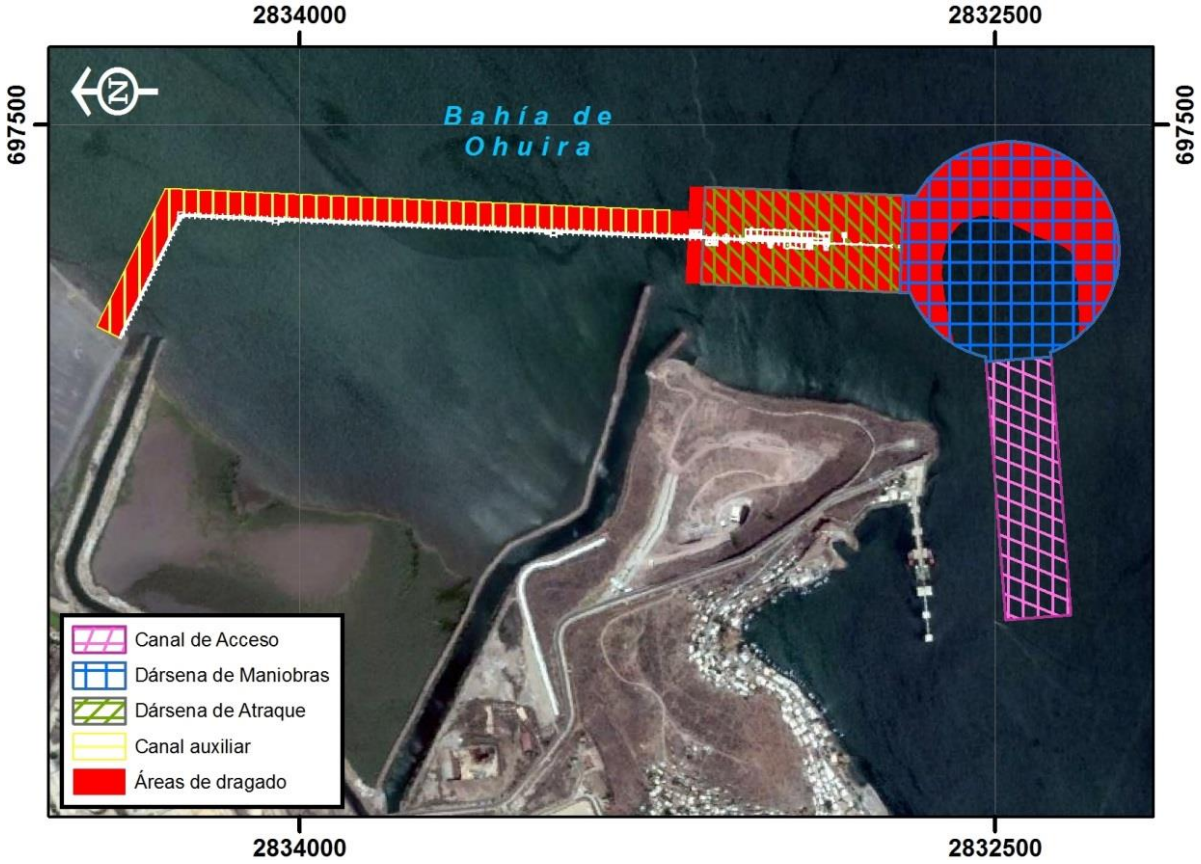


Figura II.1. Áreas de dragado en las dársenas y canales.

II.1.3 Justificación y objetivos.

El proyecto que se presenta aquí es parte de las obras necesarias para la construcción de la Terminal Portuaria PIT (antes “Terminal Portuaria GPO”).

La cantidad de equipo y los aspectos operativos se determinaron de acuerdo con las características del material a dragar y el área de trabajo, así como las condiciones naturales existentes. Es por esto que se requerirán dos dragas estacionarias de succión con cortador (dragas fijas) para el dragado en la zona baja de la pasarela y dos dragas autopropulsables que cargan material dragado en su tolva, para el dragado de la dársena de atraque y la dársena de maniobras.

La razón por la cual se proponen dos tipos de dragas corresponde al calado mínimo de la draga autopropulsable que es de 6.00 m, reiterando que el dragado en la pasarela se desarrollará en una zona somera. El material producto del dragado será conducido a través de tuberías de alta densidad, con estaciones de rebombeo a lo largo del trayecto hacia las zonas de tiro en tierra donde será vertido. Los objetivos del proyecto son:

- Evitar el vertimiento al mar del material de dragado que se extraiga durante la construcción de las dársenas y canales de la Terminal Portuaria PIT.

- Disponer en tierra de la totalidad del volumen autorizado de material de dragado, dentro de un terreno propiedad de la empresa.

- Establecer las zonas de tiro en un terreno que pueda ser ocupado sin afectar a los ecosistemas de la región.

- Desarrollar el proyecto sin contravenir los programas de ordenamiento vigentes y siguiendo las tendencias de desarrollo de la región.

II.1.4 Dimensiones del proyecto.

El proyecto incluye el establecimiento de 8 zonas de tiro conformadas a base de bordos que ocuparán una superficie total de 109.18 ha, distribuidas en cuatro secciones (Figura II.2 y Tabla II.1). El proyecto se desarrollará dentro de un terreno impactado por actividades antropogénicas como el relleno para la vía del ferrocarril y PEMEX, con presencia de infraestructura hidráulica en desuso y donde las posibles afectaciones a los elementos naturales (flora y fauna) no sean significativas.

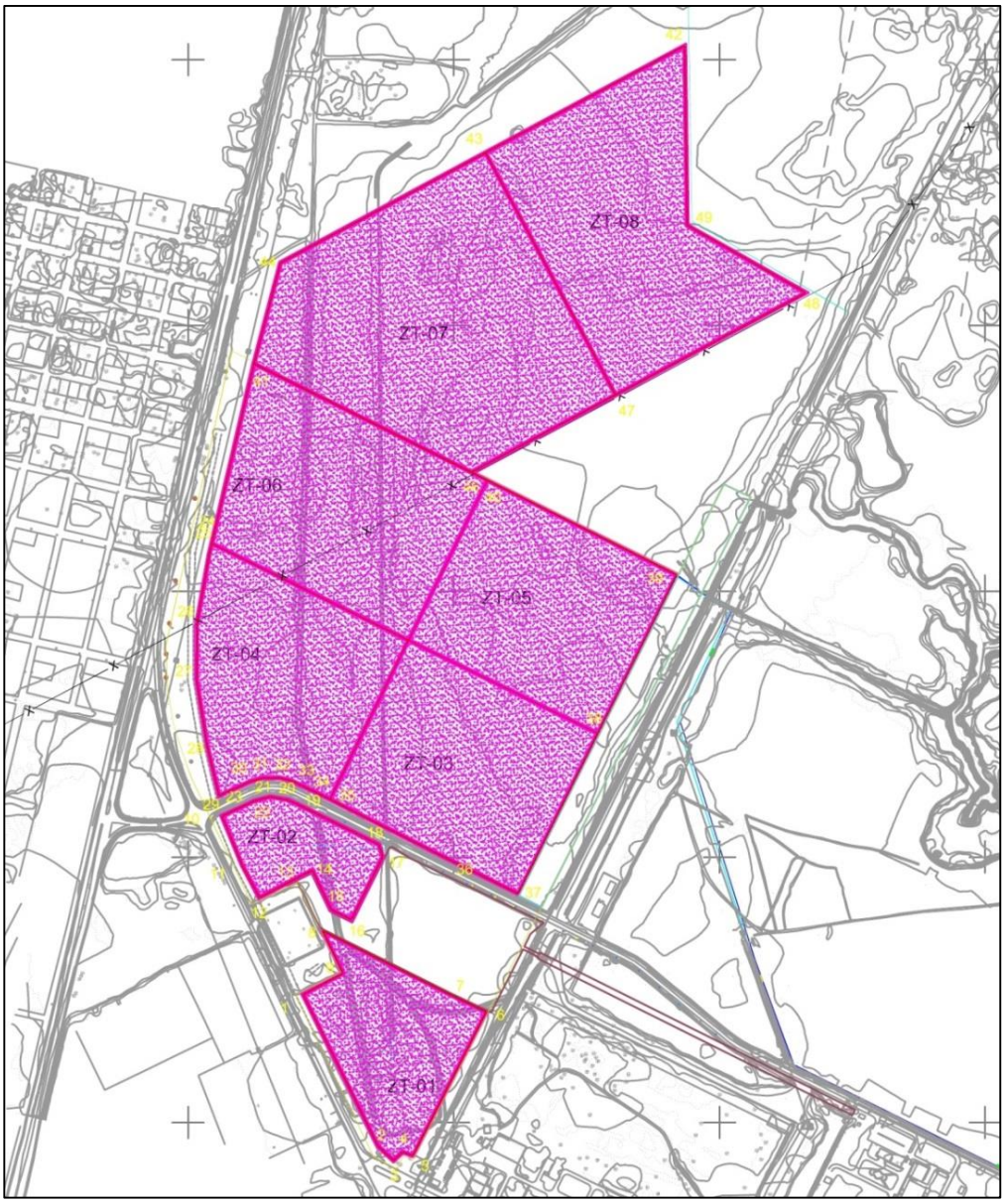


Figura II.2. Plano de Conjunto de la zona de tiro.

Tabla II.1. Superficie y secciones que ocuparán las zonas de tiro.

Sección No.	Superficie (ha)
ZT-01	7.83
ZT-02	4.16
ZT-03 / ZT-04 / ZT-05 / ZT-06	55.13
ZT-07 / ZT-08	42.06
Total =	**109.18**

II.1.5 Inversión requerida.

La inversión para la construcción de las zonas de tiro es de aproximadamente US$71,201,674.84 que representan alrededor de MXN$1,503,067,355.87, considerando el tipo de cambio (Fix) para solventar obligaciones denominadas en dólares de los EE.UU.A., pagaderas en la República Mexicana de MXN$21.11 del día 9 de marzo de 2020.

II.1.6 Programa general de trabajo.

El proyecto denominado “Depósito de Material de Dragado” contempla concluir sus etapas de preparación del sitio y construcción en un plazo de 12 meses (1 año) a partir de que se cuente con el 100% de autorizaciones para el inicio de obra. Las obras se realizarán a la par de los trabajos de construcción de la Terminal Portuaria PIT autorizadas anteriormente. El programa general consiste solamente de las siguientes etapas:

1. Selección del Sitio
2. Preparación del Sitio.
3. Construcción.
4. Abandono del Sitio.

Tabla II.2. Calendario de actividades generales del proyecto.

Actividad	MESES													
	A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Selección del Sitio [1]														
Obtención de autorizaciones [2]														
Instalación de campamento provisional														
Levantamientos topobatimétricos														
Dragado auxiliar en la pasarela [3]														
Dragado de dársenas [3]														
Manejo de material de bancos														
Conformación de bordos perimetrales														
Depósito del material														
Construcción de fosa de captación														
Colocación de barreras antiturbidez [4]														
Abandono del Sitio [5]														

1 Etapa previa al desarrollo de la MIA-P
2 Incluye la obtención de las autorizaciones municipales.
3 Incluye la movilización y el retito del equipo.
4 Incluye el suministro y colocación de malla antiturbidez en tramos de 3 m y 15 m.
5 Se retiran los equipos e instalaciones provisionales. El proyecto no incluye actividades de operación ni mantenimiento.

II.2 Sitio del Proyecto.

II.2.1 Localización del sitio.

El sitio para el proyecto propuesto se encuentra en el municipio de Ahome, en la porción noroeste del estado de Sinaloa (Figura II.3). En la Tabla II.3 y la Tabla II.4 se indican las coordenadas UTM de los predios en donde se pretende desarrollar el proyecto, que son propiedad de la empresa o en están proceso de contra-venta. Dentro de esta área se delimitarán las 8 zonas de tiro propuestas.

Tabla II.3. Cuadro de construcción del predio propiedad de PIT.

Vértice	Coordenadas		Vértice	Coordenadas	
	X	Y		X	Y
G31	696,558.56	2,836,175.70	G40	695,549.66	2,835,557.05
G32	695,921.56	2,834,927.79	G41	695,505.97	2,835,650.01
G33	695,905.52	2,834,937.00	G42	695,484.19	2,835,712.70
G34	695,891.78	2,834,913.04	G43	695,472.64	2,835,750.56
G35	695,848.94	2,834,936.57	G44	695,461.32	2,835,818.12
G36	695,702.39	2,835,240.26	G45	695,458.47	2,835,897.52
G37	695,787.72	2,835,282.17	G46	695,582.08	2,836,452.35
G38	695,705.72	2,835,452.19	G47	696,423.45	2,836,031.92
G39	695,620.13	2,835,410.91	G51	696,508.39	2,836,200.91

Tabla II.4. Cuadro de construcción del área adicional en proceso de compra-venta

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
Est	PV				Y	X
				42	2,837,025.9245	696,434.3664
42	43	S 61'45'52.03" W	425.213	43	2,836,824.7572	696,059.7493
43	44	S 61'45'52.03" W	437.708	44	2,836,617.6789	695,674.1244
44	41	S 14'42'43.67" W	196.207	41	2,836,427.9044	695,624.2951
41	46	S 63'26'55.34" E	457.018	46	2,836,223.6226	696,033.1042
46	47	N 61'45'52.03" E	307.870	47	2,836,369.2750	696,304.3407
47	48	N 61'45'52.03" E	406.098	48	2,836,561.3987	696,662.1167
48	49	N 60'21'16.75" W	256.587	49	2,836,688.3142	696,439.1161
49	42	N 00'48'21.65" W	337.644	42	2,837,025.9245	696,434.3664
SUPERFICIE = 414,163.727 m^2						

El municipio de Ahome posee una superficie de 4,342.89 km^2 y su cabecera municipal es la ciudad de Los Mochis. Este municipio posee grandes extensiones de tierras dedicadas a la agricultura y una gran extensión de humedales, incluyendo áreas de manglar.

Además de la agricultura, en la región se desarrollan actividades pesqueras, actividades industriales, un turismo incipiente, así como el movimiento de carga y pasajeros en el puerto de altura ubicado en la Bahía de Topolobampo. El puerto de Topolobampo se localiza al sur de Los Mochis (Figura II.4) y es, por el volumen de mercancía recibida y la carga transportada, el más importante de la costa de Sinaloa.

La actividad económica de la región se concentra en la ciudad de los Mochis y en el puerto de Topolobampo. La presencia del puerto y diversas industrias generan una tendencia de desarrollo que actualmente se busca complementar con estrategias de conservación del medio ambiente.

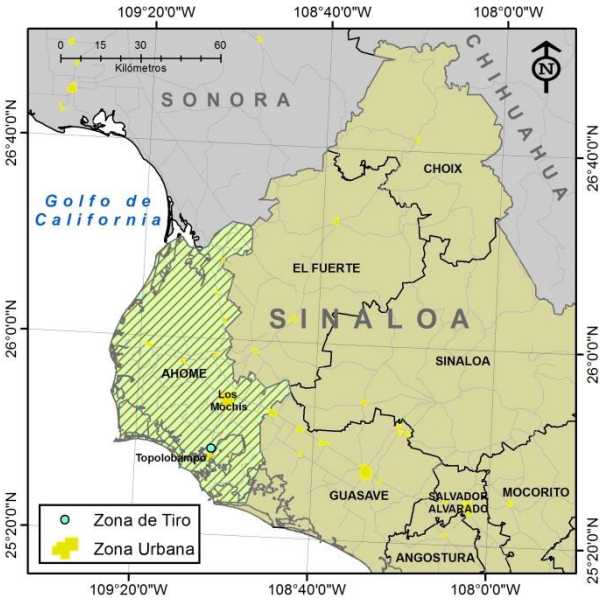


Figura II.3. Ubicación de municipio de Ahome, en la porción noroeste del estado de Sinaloa.

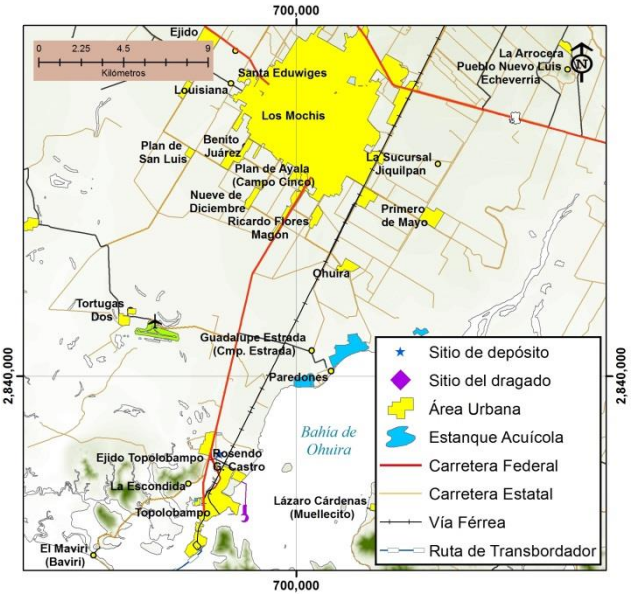


Figura II.4. Ubicación de Topolobampo y Los Mochis, en el litoral de Ahome.

II.2.2 Vías de Acceso.

El acceso al sitio para el depósito del material es por la carretera Los Mochis-Topolobampo y el camino de entrada a la zona industrial, que incluye a la planta de amoniaco y las instalaciones de PEMEX (Figura II.5). Estas vialidades están pavimentadas y son transitables todo el año.

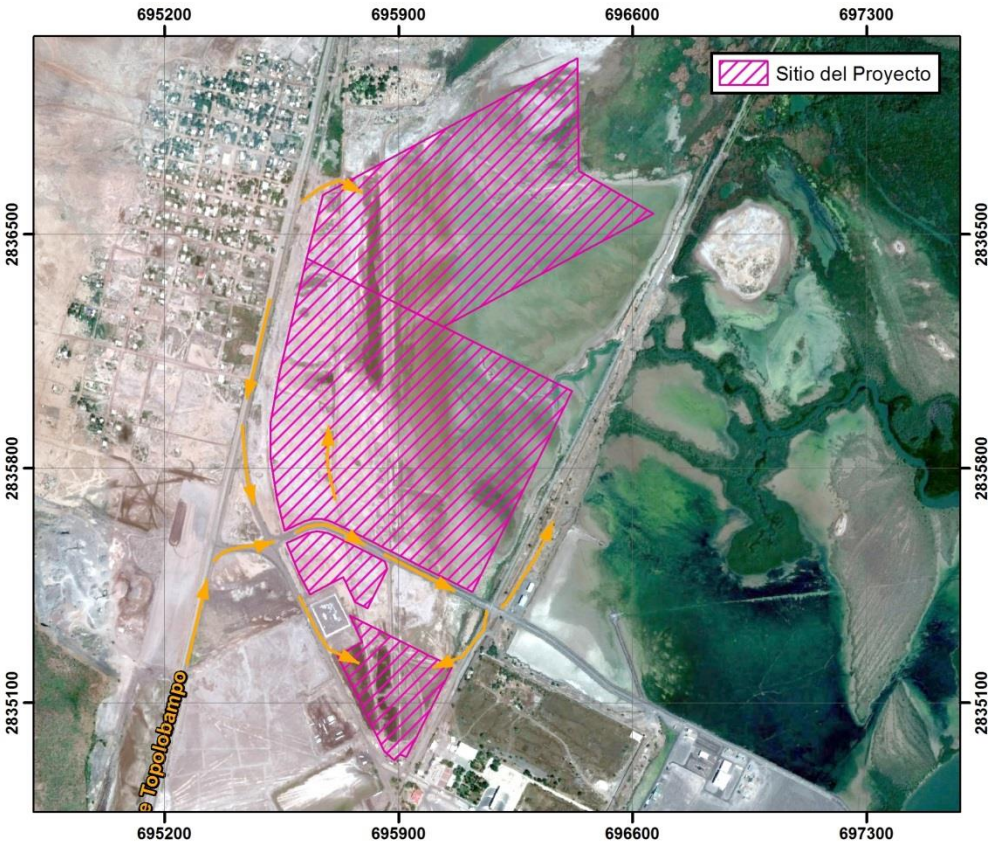


Figura II.5. Vías de acceso al sitio del proyecto.

II.2.3 Situación legal del sitio del proyecto y tipo de propiedad.

Los terrenos son propiedad privada adquiridos por la empresa al Gobierno del Estado a través del Fondo de Infraestructura para el Desarrollo Industrial de Sinaloa (Fideicomiso FOINFRA). Una parte de los terrenos está en proceso de compra-venta.

II.2.4 Uso actual de suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias.

Las áreas para las zonas de tiro actualmente no tienen ningún uso específico ya que en ellas no se desarrollan actividades agropecuarias ni hay infraestructura. Tampoco poseen características naturales excepcionales, ya que presenta suelos fuertemente salinos sin infauna ni cobertura vegetal o con vegetación halófila en parches. Parte del terreno colinda con áreas de uso industrial como son la estación de recepción de gas natural del gasoducto de Trans-Canada y las instalaciones de PEMEX. En una parte de la superficie donde se depositará el material se desarrollan actividades deportivas, con infraestructura muy limitada (Figura II.6). Al otro lado de la carretera Los Mochis-Topolobampo hay uso de suelo habitacional en la localidad Rosendo G. Castro. Hacia el este el predio colinda con el terraplén por donde pasa la vía del ferrocarril

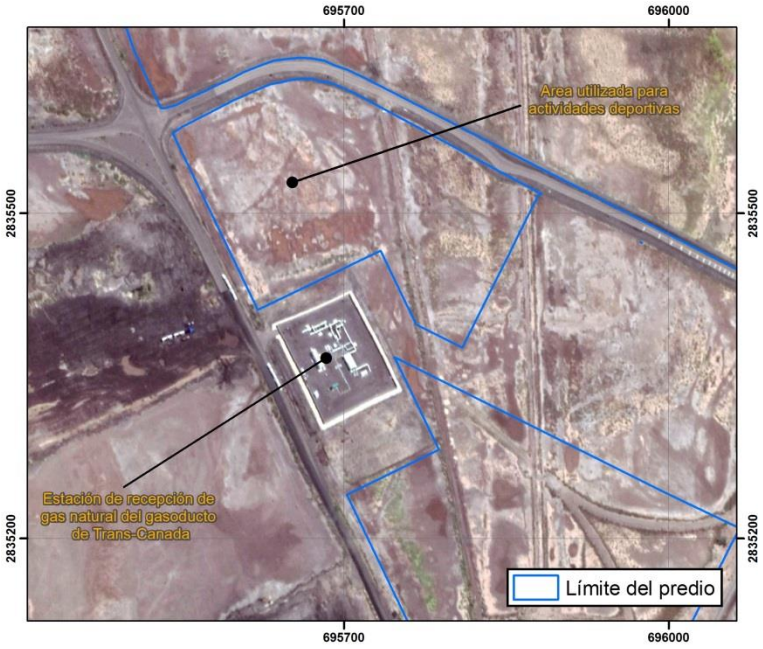


Figura II.6. Usos de suelo de mayor relevancia en la porción sur del predio.

Atravesando la porción central del predio y al oeste existen vialidades pavimentadas para acceder a la zona industrial. Cabe señalar que por la escala que utiliza la carta de Uso del Suelo y Vegetación (Serie VI), la clasificación del INEGI que se presenta en la Figura II.7 no describe a detalle los tipos de vegetación. Por eso, en el Capítulo IV de esta MIA-P se incluye un análisis detallado.

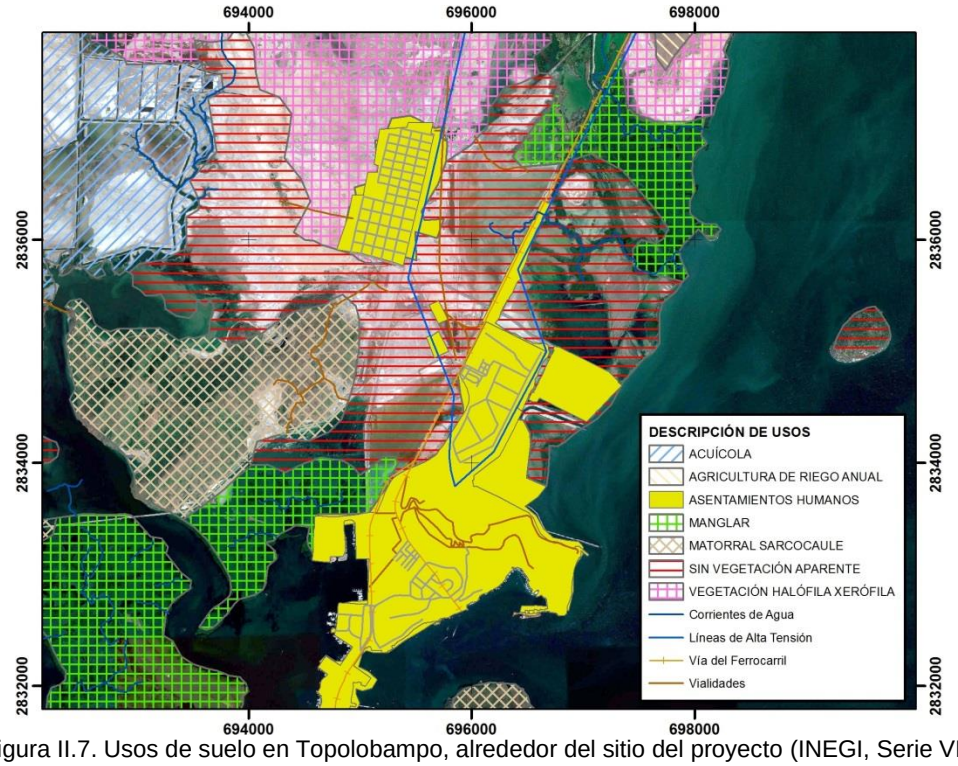


Figura II.7. Usos de suelo en Topolobampo, alrededor del sitio del proyecto (INEGI, Serie VI).

.

II.2.5 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos.

El sitio para el proyecto está en la periferia de la zona industrial de Topolobampo, frente a la localidad Rosendo G. Castro y a un lado de la carretera Los Mochis-Topolobampo. Por esta razón cuenta con fácil acceso a servicios público de electricidad, vías de comunicación, así como servicios de recolección y disposición de residuos sólidos.

El sitio del proyecto no cuenta con una toma de agua potable ni acceso a la red de drenaje municipal. Por tal motivo el proyecto cubrirá sus requerimientos de agua potable para consumo humano a partir de distribuidores de agua purificada de la localidad. Las aguas residuales que se generen en los sanitarios portátiles que se colocarán para los trabajadores en la etapa de construcción serán desalojadas por la misma empresa que los renta.

Dado que no habrá una etapa de operación, al concluir la etapa de construcción no se requerirá de ningún servicio público ni se generará ningún residuo.

II.2.6 Área natural protegida.

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 46 de la LGEEPA, el predio donde se desarrollará el proyecto no se encuentra dentro de ningún área natural protegida establecida mediante un decreto municipal, estatal o federal.

Sin embargo, una parte del terreno se encuentra en el Sitio Ramsar 2025, Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira, por lo que de acuerdo la Convención sobre los Humedales (realizada en 1971 en Ramsar, Irán,) un proyecto como el propuesto debe ser evaluado en materia de impacto ambiental. La información referente a este tema se ha desarrollado con mayor detalle en el Capítulo III de esta MIA-P.

Es importante señalar que los terrenos propuestos para el proyecto no presentan ninguna de las características naturales que dieron lugar a la inscripción del sitio Ramsar y que por el contario, el lugar presenta alteraciones previas por actividades humanas.

II.3 Selección del Sitio.

Con el fin de contar con alternativas al vertimiento en mar abierto se analizaron diversas opciones para la disposición del material dragado, mismas que a continuación se describen. Cabe señalar que, con base en los análisis realizados al material que se dragará, se considera que este podría ser aceptable para la disposición en aguas oceánicas si se hacen un estudio cuidadoso de las características del sitio y del modo de colocación.

II.3.1 Consideraciones geotécnicas.

Los suelos a extraer se encuentran estratificados y las capas no son de un espesor tal que puedan separarse después del dragado, por lo que el material extraído será una mezcla de aquellas. Los materiales predominantes son arenas sueltas con sedimentos finos. Las características del material limitan hasta cierto punto las opciones para la disposición del material.

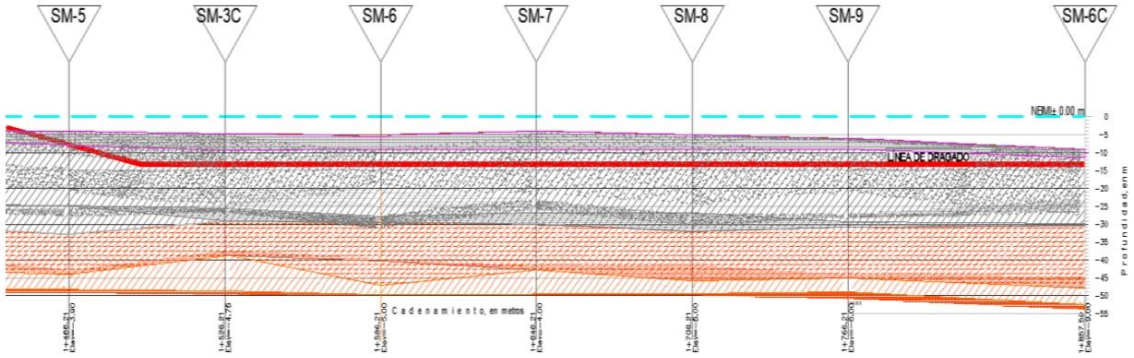


Figura II.8. Corte esquemático del material por dragar.

Cabe mencionar que las arenas son consideradas los materiales más valiosos procedentes de un dragado de apertura, ya que suelen estar libres de contaminación y no suelen presentar problemas geotécnicos. Los limos y las arcillas son materiales que deben ser drenados en un proceso normalmente largo y en ocasiones requieren de un almacenamiento temporal; son este tipo de materiales los que requieren una caracterización química más específica ya que pueden acumular una mayor cantidad de

contaminantes. Los estudios realizados al material que se dragará indican que no hay contaminación por metales pesados, plaguicidas ni hidrocarburos (ver Anexo F).

Considerando que el suelo con mayor porcentaje a dragar serán materiales finos y que el material por sí solo no es recomendable para utilizarlo en rellenos controlados, donde se busca contar con un relleno inerte, con baja deformabilidad ante las cargas impuestas por las estructuras que se desplantarán sobre éstos, se recomienda no utilizarlos como material para conformar algún tipo de relleno sobre del cual se piense edificar o desplantar cualquier tipo de cimentación.

II.3.2 Uso del material en obras de la API-Topolobampo.

Una de las alternativas evaluadas para el proyecto fue el uso del material de dragado para los rellenos incluidos en obras de ampliación de la infraestructura portuaria proyectadas por la API-Topolobampo.

Para esto, el 1 de febrero de 2017 se realizó un acercamiento con la API-Topolobampo, dependencia que requeriría material para sus obras de relleno. En respuesta, el 8 de febrero de 2017, la API-Topolobampo, emitió el Oficio APITOP-DG-034-/2017, mediante el cual manifiesta que no tenía inconveniente, en recibir en donación el material dragado, siempre y cuando se cumpliesen los requisitos establecidos por la SEMARNAT y la SEMAR. En el Anexo C se presenta el Oficio antes referido, con la cual se da constancia de lo aquí descrito.

Sin embargo, una vez realizados los estudios de mecánica de suelos en la zona del dragado, se encontró que el material no es adecuado para las obras de relleno que realizaría la API-Topolobampo, por lo que está opción no se consideró factible.

II.3.3 Vertimiento en una zona de tiro en la porción terrestre (Opción B en tierra).

Otra alternativa considerada para el vertimiento del material dragado, tiene que ver con la creación de una zona de tiro en otra zona terrestre cercana al sitio del proyecto, pero al oeste de la localidad Rosendo G. Castro. Esta otra opción (Opción B) se muestra en la

Figura II.9. Sin embargo, para esta opción no existe certeza sobre la posible adquisición de los terrenos y las obras podrían provocar molestias a la población local y una alteración temporal del tráfico de la carretera, al realizar el cruce de la tubería. En esos terrenos la vegetación existente es vegetación halófila y también se hacen vertimientos de basura sin control.

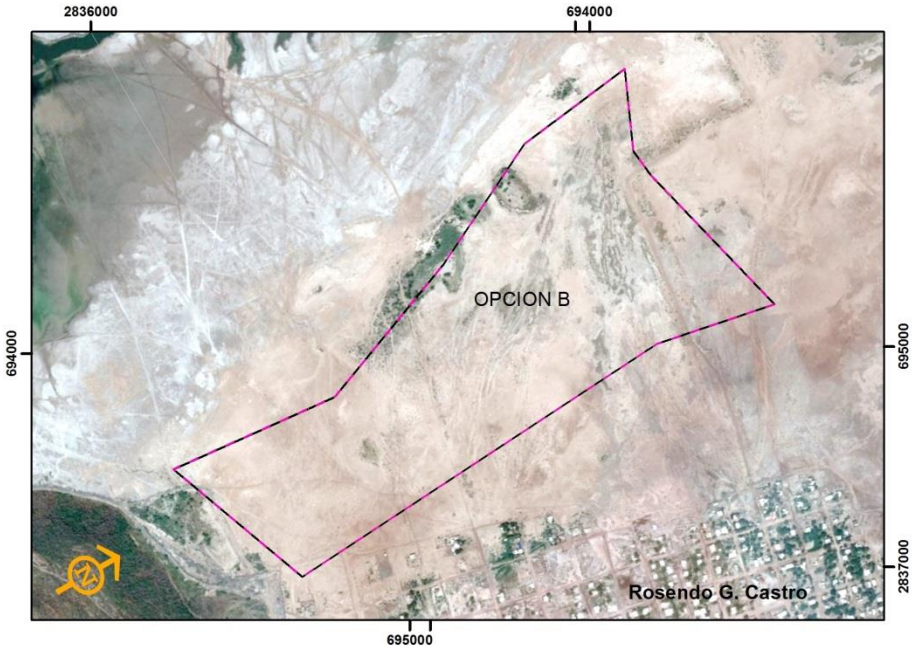


Figura II.9. Ubicación de otra opción para el depósito del material de dragado.



Figura II.10. Condiciones generales de los terrenos de la Opción B.

II.3.4 Donación de material dragado a la empresa CALSA.

Otra alternativa para el depósito del material se refiere al acuerdo que GPO había establecido con la empresa Constructora y Arrendadora López S.A. de C.V. (CALSA), a quien se le donaría el material dragado, para que ésta a su vez lo utilizase como material de relleno. Sin embargo dichos terrenos ya fueron rellenados y además no tenían la capacidad suficiente para el volumen del material generado por los dragados. En el Anexo D se presenta la carta donde se señala la disponibilidad de dichos terrenos.

II.3.5 Vertimiento al mar.

El objetivo del proyecto es evitar el vertimiento del material del dragado en el mar. Aunque se han realizado estudios de laboratorio que demuestran que el material de dragado no presenta ningún tipo de contaminación y que en ese sentido no representaría una amenaza al medio marino, el análisis de alternativas toma en cuenta lo que establece el Artículo 8 de la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas. Dicho artículo señala que si se requiere hacer el vertimiento al mar se debe presentar una justificación de la necesidad de efectuarlo, luego que se demuestre que no es posible otra alternativa.

Además, para elegir el sitio de vertimiento también se ha considerado el Oficio SGPA/DGIRA/DG/03580 (solicitud de información adicional de la MIA-R de la terminal portuaria), donde la DGIRA indica lo siguiente:

"*3) Respecto a la zona de tiro, deberá realizar una nueva propuesta; dado que, la zona propuesta inicialmente es aledaña a la Isla Farallón de San Ignacio, la cual sostiene y mantiene importantes poblaciones de especies de aves y mamíferos marinos en categoría de riesgo, además de que tanto la cuenca Farallón como el Cañón San Ignacio son objeto de importantes investigaciones científicas y de colaboración nacional e internacional para diversos temas*"

Sin embargo, por el momento no es necesario realizar una nueva propuesta para el vertimiento en el mar, ya que se considera viable el depósito del material en tierra. Por lo tanto, aunque en principio el vertimiento al mar podría ser factible, tampoco se han hecho los estudios necesarios para este fin, dando prioridad a otras alternativas.

II.4 Preparación del Sitio.

En la etapa de preparación del sitio se harán los preparativos para poder llevar a cabo la etapa de construcción de las instalaciones de la zona de tiro.

II.4.1 Instalación del campamento provisional.

Las obras provisionales son construcciones que no forman parte de la obra final, pero que son necesarias para el proceso constructivo y solo se hará uso de ellas durante la etapa de construcción. Como campamento provisional se utilizará un espacio de aproximadamente 1.30 hectáreas al suroeste de las zonas de tiro, en un área colindante con el Centro de Capacitación de GPO y el derecho de vía del ferrocarril (Figura II.11).

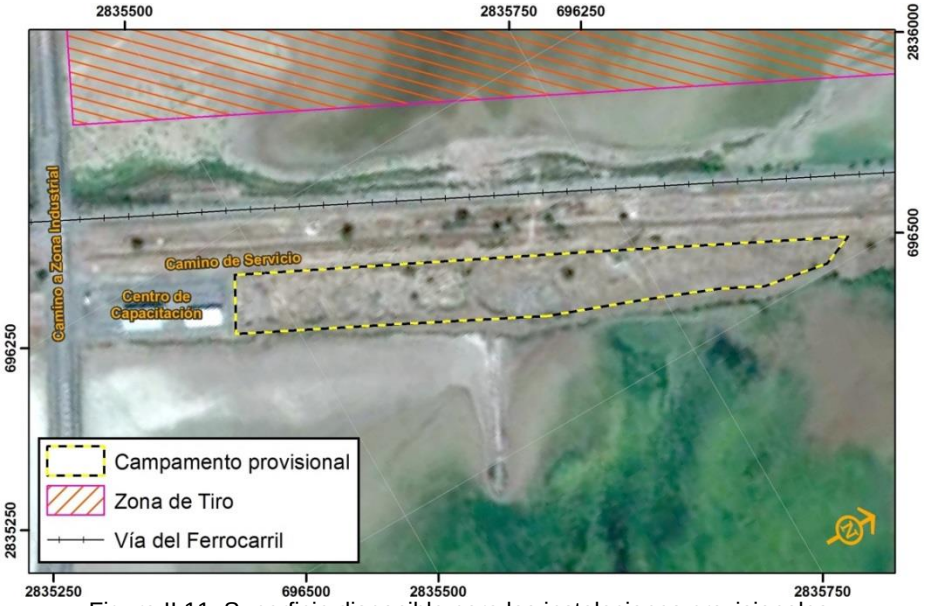


Figura II.11. Superficie disponible para las instalaciones provisionales.

Cuando la obra haya concluido, el campamento será retirado y se restaurará la zona a su estado original. Como obras provisionales, se incluyen las siguientes:

- Oficinas de ingeniería y administración.
- Estación de primeros auxilios, comedores y área de aseo para los trabajadores.
- Taller de mantenimiento.
- Almacén de herramientas y refacciones para maquinaria.

- Almacén al aire libre.
- Área para tanques de combustibles y lubricantes.
- Patio para servicios sanitarios portátiles, contenedores de basura y almacén temporal de residuos peligrosos.

II.4.1.1. Oficinas de ingeniería y administración de proyecto.

Es necesario establecer en el sitio del proyecto oficinas de dirección y administración de la obra, con el fin de realizar la planificación técnica y económica durante el tiempo que duren las diferentes etapas de ejecución. Al encontrarse en la cercanía del sitio es posible tener un mejor control mediante la revisión de procesos constructivos, la realización de mediciones y la valoración de los trabajos de proyecto. Contempla establecer oficinas móviles y estacionamiento para vehículos.

II.4.1.2. Estación de primeros auxilios, comedores y área de aseo para los trabajadores.

Con el fin de brindar al personal condiciones de salubridad y bienestar adecuados en el campamento provisional se incluye un área de servicios de primeros auxilios, así como un área de comedor que permita la elaboración higiénica de alimentos y de descanso para los trabajadores. Se implementará un sistema de suministro de agua potable para aseo y consumo.

II.4.1.3. Taller de maquinaria.

Se contará con un patio de maquinaria y equipo delimitada con una cerca. En esta área se realizará el mantenimiento y reparación de la maquinaria, equipos y vehículos utilizados para la construcción.

II.4.1.4. Almacén al aire libre para materiales.

Se contará con un patio de maquinaria y equipo delimitada con una cerca. En esta área se realizará el mantenimiento y reparación de la maquinaria, equipos y vehículos utilizados para la construcción.

II.4.1.5. Almacén al aire libre para materiales.

Para el almacenamiento de materiales de construcción como la tubería de alta densidad, será necesaria disponer de un área suficiente cerca del sitio de depósito y con acceso hacia la laguna. Ahí se colocarán los materiales que no sean afectados por la exposición a la intemperie.

.

II.4.1.6. Almacén de herramientas y refacciones para maquinaria.

En el campamento provisional se contará con contenedores que servirán como bodegas para herramientas y refacciones. Se requiere de la existencia de dicho almacén para resguardar y llevar un adecuado registro de la entrada y salida de materiales, herramientas, maquinaria y equipo adicional que se utilice durante las diferentes etapas de la obra.

II.4.1.7. Tanques de combustibles y lubricantes.

El suministro de estos materiales se hará a través de los establecimientos localizados en la población más cercana, como lo es Topolobampo o gasolineras en la carretera Los Mochis-Topolobampo.

Los combustibles como diésel o gasolina y los lubricantes, dependiendo de las demandas de la maquinaria, deberán encontrarse en el inventario permanente y almacenarse en un contenedor con capacidad suficiente.

Para evitar que se detengan los trabajos y se genere un incremento en los costos por falta de combustibles y lubricantes (en un tanque y tambos, respectivamente), se debe prever un depósito provisional para su almacenamiento temporal. Ambos deberán encontrarse en un área destinada en el que se encuentren los depósitos, por lo peligroso que puede tornarse trabajar con este tipo de materiales inflamables, se hacen algunas recomendaciones a continuación:

- El área de almacenamiento de combustible o lubricantes debe ser destinada exclusivamente para ese fin.

- Todos los depósitos de combustible deberán estar debidamente etiquetados para que los trabajadores estén informados de su contenido y puedan adoptar las medidas de prevención adecuadas.
- Es necesario almacenar estos depósitos en el exterior de los edificios, en zonas de obra correctamente delimitadas dotadas de canaletas perimetrales, para evitar derramamientos, separadas de otras dependencias, especialmente de los servicios higiénicos y de los locales de descanso.
- Debe de contar con suficiente ventilación evitando la acumulación de calor y vapores, esto con el fin de no generar atmosferas inflamables.
- Se debe garantizar que no existan derrames que puedan contaminar la zona y poner en peligro la flora o fauna del sitio.
- Deben ubicarse alejados de cuerpos de agua.
- Siempre deben encontrarse en lugares que no tengan cerca trabajos que pueda generar una llama o chispa.
- No deben existir instalaciones eléctricas dentro del almacén ni zonas aledañas.
- No es recomendable que se suministre de combustible en horas nocturnas.
- El área de almacenamiento debe encontrarse aseada y contar con un acceso fácil y rápido.
- Debe encontrarse aislada del proyecto y delinearse con cintas de precaución.
- Las paredes pueden construirse con malla eslabonada y recubierta con malla polisombra.
- En caso de que el contenedor de combustible quede por encima del nivel del suelo, este deberá estar sobre una mesa o soporte en material no combustible, de tal forma que garantice la estabilidad del contenedor.

II.4.1.8. Patio para servicios sanitarios, contenedores de basura y almacén temporal de residuos peligrosos.

En toda obra se debe proteger el medio ambiente del lugar, por tal motivo durante el desarrollo de los trabajos, se colocarán los sanitarios necesarios, botes de basura, se le explicara al personal los lineamientos con los que deben de cumplir dentro de la obra y que, de no acatarlos, estos traerán consecuencias laborales.

- Los servicios sanitarios consistirán de sanitarios portátiles contratados a una empresa especializada que se haga responsable de su mantenimiento, así como del retiro y disposición final de las aguas servidas. Una parte de los sanitarios portátiles estará ubicada en el área del campamento provisional y otros se colocarán cerca del frente de trabajo, en la orilla de la laguna, accesibles a los trabajadores. Como recomendación, debe instalarse al menos, uno por cada quince trabajadores y a los cuales se les deberá realizar el servicio de limpieza diario.

- Dos veces por semana se recolectara toda la basura de la obra y se llevara a depositar a los basureros municipales del lugar.

- En lo que respecta a residuos peligrosos, todos los aceites que se obtengan, de los servicios realizados a los equipos, se almacenarán en tambos sellados, que posteriormente se trasladarán por una empresa que se especialice en el tratado de estos residuos, no se verterá ningún líquido, ni en tierra ni en mar y se pondrá especial atención en que todo el personal cumpla con estas indicaciones.

En caso de que por alguna razón existiera un derrame de combustible o aceite en el área de trabajo, inmediatamente se realizará la remoción del material y éste se colocara en los depósitos que se tenga para residuos peligrosos.

II.4.2 Levantamientos topobatimétricos.

Los levantamientos topobatimétricos permiten conocer la configuración del fondo de la bahía y de las superficies de interés en tierra para poder delimitar la zona de tiro, las áreas de agua, así como los volúmenes que se van a dragar. La batimetría debe realizarse antes y después de efectuado el dragado para corroborar que el nivel de dragado es el que se indica en los planos del proyecto. Los planos que se generen a partir de los levantamientos, deben de contener: planta antes y después de efectuado el dragado, seccionamientos transversales obtenidos a cada 20 m de acuerdo a los ejes establecidos previamente para cada uno de ellos, (en toda la longitud del canal de acceso y dársenas), incluyendo el cálculo de los volúmenes a dragar y los ejecutados.

Se deben identificar los bancos de nivel necesarios para la ejecución de la obra, debiendo tomar las medidas que requiera para tener referencia de comprobación de trazos y niveles.



Figura II.12. Levantamientos topobatimétricos previos al dragado (CAPSA, 2016).

II.4.3 Procedimientos preventivos en las instalaciones provisionales.

Como finalidad primordial se cuidará y respetará el entorno ecológico de la zona. A continuación, se hacen las siguientes recomendaciones, como medidas preventivas y de mitigación durante el desarrollo de los trabajos a realizar:

- Se efectuará una adecuada recolección de los residuos tanto peligrosos como no peligrosos (basura) para depositarlos en los sitios indicados.
- Se impedirá el vertido de hidrocarburos en el suelo y cuerpos de agua durante el proceso de la obra.
- A los equipos que serán usados durante el proceso de la obra, se les dará mantenimiento periódico a fin de evitar cualquier derrame de combustibles a cuerpos de agua.
- La recolección de aceites gastados y grasas, así como las estopas se depositarán en contenedores durante el proceso de la obra.
- Se evitará la quema de cualquier tipo de material.
- Se evitará arrojar al mar o descargar en tierra posibles aguas residuales.

II.5 Construcción.

Los dragados de construcción de la Terminal Portuaria PIT, incluyendo el dragado de la dársena de operación, la dársena de maniobras y el canal auxiliar que se utilizará en la etapa de construcción, fueron autorizados de manera condicionada por la DGIRA mediante el Resolutivo S.G.P.A./DGIRA/DG06597 de fecha 7 de septiembre de 2018.

Las áreas a dragar y el propósito de los dragados no se han modificado, por lo en esta MIA-P la etapa de construcción se centra en las zonas de tiro que se emplearán para contener el material de dragado así como las técnicas y equipos de dragado, que se han adecuado para depositar el material en tierra, en lugar del vertimiento al mar originalmente considerado. Asimismo se detallan las medidas para controlar la dispersión los sedimentos.

II.5.1 Traslado de los equipos de dragado al sitio de la obra.

El traslado de los equipos de dragado y sus accesorios se deben considerar previo a los trabajos, para que no interfiera en los tiempos de ejecución de los mismos y se refiere a la movilización (fletes) de todos los equipos de dragado necesarios y sus accesorios. Estos equipos llegarán por vía marítima hasta el sitio del proyecto. La Figura II.13 a Figura II.19 presenta, a manera ilustrativa, ejemplos del tipo de operaciones que se realizan para el traslado e instalación de los equipos en hacia el sitio.



Figura II.13. Desempaque de la draga (Canchola, 2009).



Figura II.14. Vista del cortador y la escala (Canchola, 2009).



Figura II.15. Tubería de acero para montaje de escala y motor (Canchola, 2009).



Figura II.16. Tanques ensamblados sobre tubería de acero para montaje de escala y motor (Canchola, 2009).



Figura II.17. Brida para conexión de tubería de succión (Canchola, 2009).



Figura II.18. Preparación para instalación de guías soportes de zancos (Canchola, 2009).



Figura II.19. Acomodo de tubería.

II.5.2 Botado de los equipos de dragado.

Una vez en posición para ser lanzada al agua, la draga en la cama de varada queda en espera de una manera favorable para ser colocada con el agua suficiente para realizar un arranque de prueba.

En esta posición, se realiza el arranque de prueba y se colocan amarras a babor y a estribor, con la marea alta se avanza hacia el corte del canal de entrada y orientado hacia donde se debe avanzar con el dragado, se realizan las maniobras de anclaje y se colocan los cables de acero (traveses y andariveles).

Esta operación se realizará para cada una de las dragas a utilizar para la ejecución de los trabajos. Como ejemplo se presenta la Figura II.20.



Figura II.20. Botado al agua (Canchola, 2009).

II.5.3 Trabajos de Dragados.

A continuación, se muestra el croquis general de los trabajos de dragado (Figura II.21) de los que provendrá el material que se colocará en las zonas de tiro.

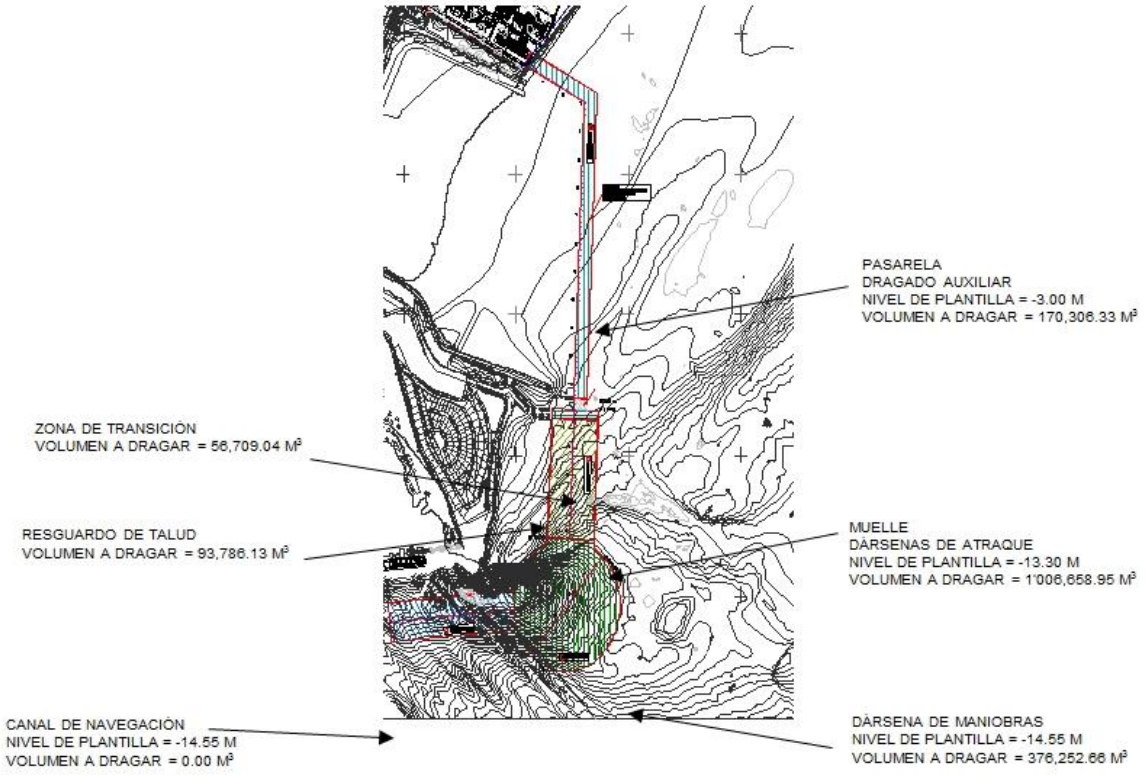


Figura II.21. Croquis de los trabajos de dragado.

Para depositar el material producto del dragado en las zonas de tiro, se tiene contemplado la utilización de cuatro dragas que trabajaran simultáneamente, razón por la cual, cada una tendrá sus tuberías o líneas de conducción del material producto del dragado. Por ello, se ha propuesto canalizar dicha tubería por las zonas donde no se maltrate la vegetación existente, teniendo especial cuidado cuando se realicen las maniobras de acoplamiento de la propia tubería.

II.5.4 Dragado auxiliar para la pasarela.

Debido a las condiciones topobatimétricas de esta zona baja y con el fin de obtener la profundidad necesaria para la operación de un chalan que suministrará los pilotes desde la zona de almacenamiento en tierra hasta la zona de hincado y otro chalan que soportará una grúa con la capacidad suficiente para el hincado de los mismos, se utilizarán dos dragas estacionarias de succión con cortador con tubería de carga y descarga de 18” de diámetro, mismas que dragará la zona baja, la primera desde el cadenamiento 0+000.00 y la otra

draga desde el cadenamiento 0+039.90 de la zona de transición, con el fin de encontrarse en un punto medio de la pasarela y mediante el uso de equipos de rebombeo con tubería de polietileno de alta densidad, depositar el material producto del dragado hasta la zona de tiro a base de bordos perimetrales con material de banco.

Este dragado auxiliar contemplará 56.00 m de ancho x 1,389.00 m de largo y 3.00 m de profundidad, con un talud de 3:1; cuyas coordenadas se presentan en la Tabla II.5, ya que las condiciones topobatimétricas de dicha zona baja, obligan a que el dragado lo realicen las dragas estacionarias de succión con cortador. El volumen de dragado a extraer, de dicha zona, es de 227,015.37 m^3.

Tabla II.5. Cuadro de construcción de la superficie del polígono del dragado auxiliar de la pasarela.

Lado		Rumbo	Distancia	v	Coordenadas	
EST	PV				Y	X
				1	2,834,437.81.96	697,065.1824
1	2	S 26º 33’ 03.24” W	56.000	2	2,834,387.7255	697,040.1508
2	3	S 63º 26’ 56.76” E	295.614	3	2,834,255.5883	697,304.5885
3	4	S 02º 27’ 52.97” W	1,093.388	4	2,834,163.2123	697,257.5684
4	5	S 87º 32’ 07.12” E	56.000	5	2,834,160.8041	697,313.5166
5	6	N 02º 27’ 52.97” E	1,129.694	6	2,834,289.4534	697,362.0981
6	1	N 63º 26’ 56.76” W	331.921	1	2,834,437.8196	697,065.1824
Superficie = 79,817.256 m^2						

También, se instalarán barreras antiturbidez de 3 metros de profundidad, considerando una envolvente que cubra las zonas de dragado de la pasarela y la transición, durante los tiempos que se requieran para que las partículas en suspensión se asienten en las zonas delimitadas por dichas barreras o mallas.

Las dragas estacionarias de succión están equipadas con escala de acero con cortador, bomba con suficiente potencia para disgregar y succionar el material sólido producto del dragado y conducirlo hasta la descarga o sitio de depósito, tuberías de succión y de descarga, anclas, zancos y traveses. Realizan el dragado a través de una tubería instalada sobre una estructura rígida (escala), su eficacia aumenta con la instalación de un cortador (cutter) en el extremo de la tubería de succión. El peso de la tubería de succión y de la

escala presionan al cortador contra el terreno, lo que unido al giro del cortador accionado por un motor, disgrega el material, que es succionado por la tubería.

Este conjunto de elementos, montados sobre una pontona dotada de spuds y cabrestantes, puente de mando, zonas de almacén, taller, comedor y otras dependencias, es lo que constituye a la draga. Se consideran dos dragas estacionarias de succión con cortador con las siguientes características:

- Eslora = 33.00 m.
- Ancho = 6.95 m.
- Calado = 1.80 m.
- Tubería de succión = 18” de diámetro.
- Tubería de descarga = 18” de diámetro.

Características de las Estaciones de rebombeo:

- Eslora = 12.00 m.
- Ancho = 4.00 m.
- Altura = 3.00 m.
- Peso máximo = 24 ton.
- Potencia de bombeo = 1,280 HP.
- Tubería para bombeo = 18” de diámetro.
- Tipo de combustible = Diésel.

Para las estaciones de rebombeo que se ubicarán en tierra, se considerará la construcción de un firme de concreto armado con pendiente del 2% hacia un extremo, con una canaleta receptora de líquidos para captar posibles derrames de combustibles y aceites, que conducirá a un pequeño cárcamo de donde se retiraran a los depósitos adecuados correspondientes; cuidando en todo momento el entorno ecológico y ubicando dichas bases en zonas que no afecten a la vegetación existente. Se contará además con un plan de contingencia ambiental por parte de la empresa contratista.

Se proponen dos frentes de trabajo simultáneos, donde el primero iniciará en el cadenamiento 0+000.00 de acuerdo al plano general de dragado de la pasarela (plano

PETC5-PGD-001 del Anexo E) y el otro frente iniciará en el cadenamiento 0+039.90 de la zona de transición hacia el norte, es decir que, en un punto medio de dicha pasarela, se encontraran y concluirán la actividad de dragado.

La distancia del punto más lejano de la pasarela y zona de transición hasta la zona de tiro en tierra, es aproximadamente de 4,170.00 metros, por lo que el proveedor recomienda que las distancias entre las estaciones de rebombeo tengan un rango de 800 a 900 metros entre cada una de ellas. Por tanto, al ser dos frentes de trabajo para este dragado, se contempla la utilización de 10 estaciones de rebombeo.

Por lo que las dragas estacionarias de succión con cortador se posicionarán sobre el trazo del corte mediante el apoyo de equipo satelital, al ubicarse en el sitio exacto, se fondeará el zanco de trabajo, quedando fija y en posición bajará la escala de dragado sobre el eje del corte, previamente localizado hasta la profundidad de corte y activará el cortador para succionar el material dragado mediante la bomba dragadora que impulsará el material por la tubería flotante hasta su descarga. Por lo que las dragas operaran mediante oscilaciones laterales (abanicos), sostenida por los traveses laterales para ir cortando el ancho y avanzar longitudinalmente hasta llegar a la profundidad requerida.

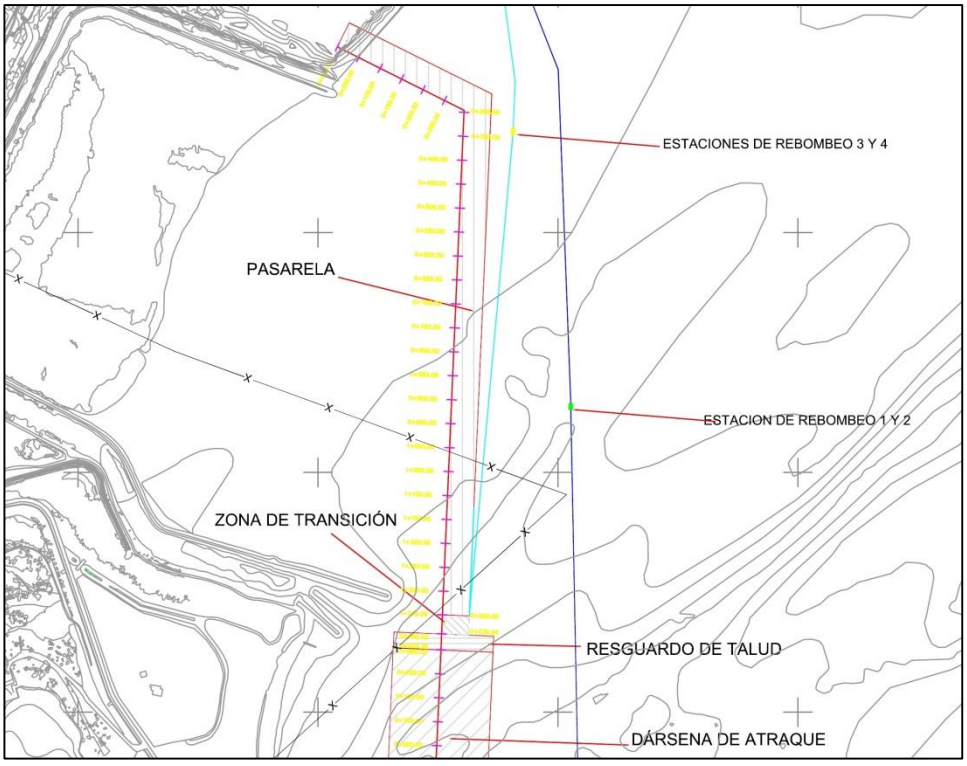


Figura II.22. Estaciones de rebombeo flotantes para el dragado de la pasarela (estaciones 3 y 4).

Enseguida la draga succionará el material a través de su tubería para trasladarlo mediante el uso de las estaciones de rebombeo hasta las zonas de tiro en tierra. Estas estaciones de rebombeo se colocarán en zonas estratégicamente planeadas a fin de cubrir la potencia que poseen, es decir, se colocaran en serie hasta llegar a las zonas de tiro en tierra cuidando las distancias que establece el fabricante. Por tal motivo, las ubicaciones en la Tabla II.6 son aproximadas y las definitivas se establecerán al realizar las obras. En todo momento se cuidará la preservación de la flora y fauna existente de la zona, cumpliendo los lineamientos, leyes y reglamentos establecidos para tal fin.

Tabla II.6. Ubicación preliminar de las estaciones de rebombeo de sedimentos.

Estaciones de Rebombeo	Coordenadas UTM	
	X	Y
ER 13 y 14	696,575	2,835,270
ER 21 y 22	696,130	2,836,275
ER 19 y 20	695,961	2,835,510
ER 17 y 18	696,414	2,836,019
ER 15 y 16	696,463	2,835,829
ER 1 y 2	697,473	2,833,002
ER 3 y 4	697,485	2,833,824
ER 5 y 6	697,387	2,834,024
ER 7 y 8	697,373	2,834,639
ER 9 y 10	697,238	2,834,801
ER 11 y 12	696,697	2,835,082

Ahora bien, considerando el rendimiento de las dragas propuestas, se tiene que:

- ✓ Rendimiento de draga = 234 m^3/h.
- ✓ Jornada considerada a 12 horas por día.
- ✓ Entonces, se tiene un rendimiento diario de 2,808 m^3.
- ✓ Si el volumen a dragar en esta zona es de 227,015.37 m^3,

Resulta que se tendrá el dragado en 80.85 días, sin embargo, se han propuesto dos frentes de trabajo, derivado de los tiempos permitidos por el cliente, luego entonces, podemos indicar que para cada frente se consideran 1.5 meses de manera simultánea. Aunado a lo anterior, se contempla el tiempo que incide antes, durante y después de los trabajos de dragado para la malla antiturbidez, con la finalidad de que las partículas

en suspensión decanten y no se salgan de la zona delimitada por la misma barrera. Dicha barrera quedara dos semanas más para asegurar el asentamiento de las partículas que han sido removidas durante los trabajos de dragado. Por lo que finalmente los tiempos de dragado para la pasarela son:

- Frente No. 1 = 8 semanas (2 meses).
- Frente No. 2 = 8 semanas (2 meses).

Es importante señalar que estos tiempos son simultáneos. Si durante la ejecución de los trabajos se encuentran obstáculos de proporciones y características tales que no puedan ser removidos con el equipo seleccionado por el contratista, será su obligación retirarlos por su cuenta empleando para ellos el procedimiento y equipos adecuados.

El dragado se ejecutará de acuerdo a las líneas, secciones y niveles establecidos en el proyecto o aprobados por el residente de obra y sin alterar las áreas fuera de las zonas de corte delimitadas. En caso de que las áreas cercanas a la zona de dragado presenten azolves generados por las operaciones propias del trabajo, el contratista las dragará y limpiará por su cuenta, hasta dejarlas como se encontraban originalmente.

Una vez terminado el dragado, los taludes y el fondo de las zonas dragadas serán afinados de acuerdo con la sección y la pendiente establecidas en el proyecto. A manera ilustrativa, la Figura II.23 y la Figura II.24 presentan ejemplos de cómo son los trabajos de dragado.



Figura II.23. Trabajos de dragado (Canchola, 2009).



Figura II.24. Tubería flotante para el traslado de material producto del dragado.

II.5.5 Dragado en el muelle y dársena de maniobras.

Se realizarán los trabajos de dragado en la zona del muelle, considerando la zona de resguardo de talud, con una profundidad de -13.30 m NBMI, por un ancho de 208.23 metros; la dársena de atraque con un talud 4:1 y una profundidad de -13.30 m NBMI; además de una dársena de maniobras de 470.00 m de diámetro aproximadamente con una profundidad de -14.55 m sobre el NBMI, el canal de navegación no será necesario dragarse, ya que cuenta con la profundidad adecuada.

Para este dragado, se utilizarán dos dragas de succión con cortador autopropulsadas con una capacidad de tolva de 2,130.00 m^3, la cual almacenará el material producto de dragado para que mediante el uso de estaciones de rebombeo y tubería de 28" de diámetro, el material producto del dragado sea conducido hasta la zona de tiro en tierra.

Para este dragado de construcción, se habilitará la barrera o malla antiturbidez de 15 metros de profundidad, que impedirán la filtración de sólidos en suspensión producidos durante los trabajos de dragado, con el fin de mitigar el impacto negativo que pudiera generar la obra, adicional a esta medida, se presentará un plan de contingencia que tendrá que cumplirse en caso de un derrame de combustible que pudiera ocurrir durante la ejecución de la obra, respetando los lineamientos establecidos por la normatividad correspondiente.

Las dragas de succión autopropulsadas consisten de una embarcación autoportante y autopropulsada de dimensiones variables, diseñada para dragar de forma continua elevados volúmenes de material de una forma sencilla y admitiendo condiciones marítimas adversas. El material es aspirado por un tubo dotado en su extremo de un cabezal de succión. A bordo de la embarcación se instala una bomba que crea el vacío necesario en el cabezal para poner en suspensión los materiales sueltos en el agua y se aspira la mezcla agua-material que se almacena en la cántara de la propia draga.

Durante el proceso de dragado, el barco sigue en movimiento. El material aspirado se vierte en la cántara, donde los sólidos decantan hacia el fondo y el agua que queda por encima se va evacuando a través de un dispositivo de rebose.

La capacidad necesaria de la cántara dependerá del trabajo a realizar, pudiendo variar desde 1.00 hasta 20,000 m^3. Una de las grandes ventajas de este tipo de dragas es la posibilidad de transportar el material dragado a grandes distancias. La descarga del material puede realizarse por apertura del fondo o por bombeo. En caso de no poder llegar hasta la zona de vertido debido al calado de la propia embarcación, el vertido solo podrá hacerse mediante tubería.

El número de bombas necesarias para succionar el material producto del dragado suele ser de 1 o 2 unidades por buque, con una potencia que puede llegar a los 2,500 o 3,000 KW (3,350 a 4,023 HP) por unidad. Actualmente estas bombas se incorporan en el tubo de succión, es decir, sumergidas, puesto que con ello se permite dragar a mayores profundidades sin disminuir la capacidad de succión, se obtiene un mayor peso específico de la mezcla y, por último, se consigue una mayor uniformidad en el proceso de succión.

La eficiencia de succión de la bomba de dragado depende de la velocidad de la mezcla, la profundidad del dragado, la profundidad a la que se ubica la bomba, el diámetro de la tubería y el tipo de terreno a dragar.

En la práctica, la draga será utilizada en una gran variedad de condiciones, por lo que el punto óptimo de posición de la bomba variará según el caso. Sin embargo, lo habitual es ubicar la bomba más profunda de lo necesario u óptimo para disminuir el riesgo de cavitación de la misma y su consiguiente parada. El resultado final es una mayor uniformidad en el proceso de dragado.

La elección del cabezal de dragado dependerá del tipo de material a dragar, existiendo un gran abanico de posibilidades que van desde la simple extensión de la tubería hasta elementos más complejos a los que se les incorpora elementos auxiliares para favorecer la suspensión o disgregación del sedimento en el fondo y aumentar la densidad de la pulpa. El cabezal tiene cierta libertad de movimiento en el plano vertical, de forma que puede adaptarse a la capa de terreno a dragar.

El proceso consiste en un ciclo de carga (dragando), transporte (navegando) y la etapa de descarga. El dragado se lleva a cabo por medio de uno o dos tubos de succión, instalados a los costados del barco. El material se afloja y se succiona por medio de los cabezales de

dragado, los cuales están ubicados al final del tubo de succión. Las bombas de dragado pueden estar integradas en los tubos de succión o en la misma embarcación, estas bombas levantan la mezcla de suelo y agua hasta la tolva. Después del dragado, las bombas se detienen, se levantan los tubos de succión y cabezales de dragado hasta la cubierta y se empieza la navegación hasta la zona de descarga, con una velocidad entre 5 y 15 nudos. A manera ilustrativa, la Figura II.25 y la Figura II.26 presentan ejemplos de dragas autopropulsables.



Figura II.25. Draga autopropulsable.



Figura II.26. Draga autopropulsable descargando material a través de tubería flotante.



Figura II.27. Draga autopropulsable.

Para estas obras se utilizarán dos dragas de succión autopropulsada con las siguientes características:

- Eslora = 79.00 m.

- Manga = 14.04 m.
- Capacidad de la cantara o tolva = 2,130.00 m^3.
- Calado = 4.05 m.
- Tubería de succión = 28” de diámetro.
- Velocidad de navegación cargada = 5.10 nudos.

Características de las estaciones de rebombeo:

- Eslora = 15.00 m.
- Ancho = 5.00 m.
- Altura = 3.00 m.
- Peso máximo = 37 ton.
- Potencia de bombeo = 1,792 HP.
- Tubería para bombeo = 28” de diámetro.
- Tipo de combustible = Diésel.

Para las estaciones de rebombeo que se ubicarán en tierra, se considerará la construcción de un firme de concreto armado con pendiente del 2% hacia un extremo, con una canaleta receptora de líquidos para captar posibles derrames de combustibles y aceites, que conducirá a un pequeño cárcamo de donde se retiraran a los depósitos adecuados correspondientes; cuidando en todo momento el entorno ecológico y ubicando dichas bases en zonas que no afecten a la vegetación existente.se contará además con un plan de contingencia ambiental por parte de la empresa contratista.

Se proponen dos frentes de trabajo simultáneos, donde el primero iniciará en el cadenamiento 0+000.00 de acuerdo al plano general de Dragado (plano *PETC5-PGD-001* del Anexo E) del Resguardo de talud y el otro frente iniciará en el cadenamiento 0+428.16 de la dársena de atraque hacia el norte, es decir que, en un punto medio de dicha dársena, se encontraran y concluirán la actividad de dragado en estas zonas.

Posteriormente, ambas dragas se trasladarán a la dársena de maniobras e iniciarán el dragado en el cadenamiento 0+000.00.

Lo anterior se ha propuesto de esa manera, ya que la prioridad la tiene la dársena de atraque, ya que, en esa zona, se llevará a cabo el hincado de pilotes y en la dársena de maniobras no existe hincado alguno.

La distancia del punto más lejano de la dársena de maniobras hasta la zona de tiro en tierra, es aproximadamente de 4,900.00 metros, por lo que el proveedor recomienda que las distancias entre las estaciones de rebombeo tengan un rango de 800 a 900 metros entre cada una de ellas. Por tanto, al ser dos frentes de trabajo para este dragado, se contempla la utilización de 12 estaciones de rebombeo.

Los recorridos que la draga realizará serán longitudinales, con el fin de recoger el material o cortar y extraer material a la profundidad de proyecto. La tolva se lleva con una mezcla de agua y suelo por medio de las bombas de dragado.

La capacidad de succión de las bombas se utiliza al máximo para llenar la tolva en el menor tiempo posible. La velocidad de la draga, la presión de los cabezales sobre el fondo y el tipo de cabezal, se adecuan al tipo de suelo que se está dragando para obtener la máxima concentración de sólidos. El comportamiento de la mezcla de agua–suelo al entrar a la tolva, dependerá del tipo del suelo que se trate.

El proceso de dragado se controla por medio de un sistema computarizado automático muy sofisticado junto con operadores altamente calificados. El timonel y el operador trabajarán en conjunto durante el proceso de dragado.

Los recorridos que realicen las dragas, serán hasta donde permita el calado de las mismas, razón por la cual se han propuesto ese número de estaciones de rebombeo.

Ahora bien, calcularemos el tiempo estimado para la ejecución de los trabajos de dragado, tomando en cuenta los siguientes datos:

- ✓ Capacidad de la cántara = 2,130.00 m^3.
- ✓ El tiempo de llenado de la cántara es de 2.50 horas.
- ✓ Para la jornada se consideran 12 horas.
- ✓ Entonces se tiene un rendimiento diario de 10,224.00 m^3.

- ✓ El volumen total a dragar es de 1’476,697.74 m^3, resultando la ejecución de estos trabajos en 144.43 días, sin embargo, se han propuesto dos frentes de trabajo, derivado de los tiempos permitidos por el cliente, luego entonces, podemos indicar que para cada frente se consideran 2.5 meses de manera simultánea.

.

Aunado a lo anterior, se contempla el tiempo que incide antes, durante y después de los trabajos de dragado para la malla antiturbidez, con la finalidad de que las partículas en suspensión decanten y no se salgan de la zona delimitada por la misma barrera. Por lo que dicha barrera quedara instalada dos semanas más, posteriores a la ejecución del dragado.

Por lo que, finalmente, los tiempos de dragado para las dársenas de atraque, maniobras y el resguardo de talud son:

- Frente No. 1 = 12 semanas (3 meses).
- Frente No. 2 = 12 semanas (3 meses).

Es importante señalar que estos tiempos son simultáneos. El dragado se ejecutará de acuerdo a las líneas, secciones y niveles establecidos en el proyecto o aprobados por el residente de obra y sin alterar las áreas fuera de las zonas de corte delimitadas.

En caso de que las áreas cercanas a la zona de dragado presenten azolves generados por las operaciones propias del trabajo, el contratista las dragará y limpiará, hasta dejarlas como se encontraban originalmente.

II.5.6 Tubería de descarga flotante.

Se debe realizar el tendido de la tubería flotante de 18” de diámetro, que como su nombre lo dice, es la tubería montada sobre flotadores o flotante por sí misma, con sistemas radiales para unir sus tramos, en la cantidad suficiente desde la draga estacionaria hacia cada estación de rebombeo para llegar a la zona de tiro en tierra. El tendido de estas tuberías se hará paralelo al trazo de la terminal portuaria (Figura II.28).



Figura II.28. Ruta de la tubería flotante a utilizar para los dragados de la pasarela y las dársenas.

A manera ilustrativa, la Figura II.29 y la Figura II.30 presentan ejemplos de cómo son las tuberías y los pontones que se utilizarán en el proyecto.



Figura II.29. Tipo de tubería flotante a utilizar.



Figura II.30. Pontones de la draga.

II.5.7 Embarcaciones auxiliares.

Siendo más específico en cuanto a estas embarcaciones auxiliares, se tiene que un remolcador es un tipo de barco, especializado en el apoyo de maniobras de otros buques o barcos, mediante el empuje o tirando hacia si con ayuda de cabos, procediendo al arrastre de los mismos. Las funciones de una embarcación auxiliar son entre otras: asistir a la draga en las maniobras de atraque y desatraque; ayudar a la draga en el reviro de un espacio limitado; dar el apoyo necesario para contrarrestar la acción del viento; del oleaje o de las corrientes en las situaciones en las que la draga navega a baja velocidad; en las que la

eficacia del motor propulsor y del timón es baja; ayudar a parar a la draga; remolcar, empujar o auxiliar a la draga que se ha quedado sin medios de propulsión o gobierno; transportar artefactos flotantes de un lugar a otro.

La capacidad y facilidad de maniobras de un remolcador son fundamentales para el desarrollo de sus funciones, ya que, en maniobras con grandes buques en espacios reducidos, es necesario disponer de una buena capacidad de maniobra para poder moverse en todas las direcciones. En cuanto a la potencia requerida para el remolcador, ésta será la suma de la potencia necesaria para mover el remolque y el propio remolcador. La potencia que necesita el remolcador para alcanzar una determinada velocidad es del 9 al 10% de la potencia total necesaria para efectuar el remolque. Dentro del concepto de la potencia del remolcador se debe resaltar el de tracción a punto fijo, valor de las restantes funciones desarrolladas por ellos y especialmente con las maniobras a realizar con los buques en puertos y áreas restringidas. A manera ilustrativa, la Figura II.31 a la Figura II.33 presentan ejemplos de los distintos tipos de embarcaciones auxiliares.



Figura II.31. Remolcador auxiliando a draga hasta el lugar de la ejecución de los trabajos.



Figura II.32. Vista del apoyo de un remolcador auxiliando a embarcación.



Figura II.33. Remolcador utilizado como embarcación auxiliar para el dragado r.

También se utilizan lanchas con motor fuera de borda para transportar al personal de las dragas, transportar equipo ligero, consumibles, llevar alimentos al personal a bordo de las dragas a lo largo de los diferentes turnos, etc. Dichas lanchas cuentan con mayor estabilidad, cascos ligeros y resistentes, excelente navegabilidad, generalmente se utilizan lanchas de fibra de vidrio de eslora de 28.87 pies, manga de 7.60 pies, puntal de 2.96 pies, capacidad máxima de carga de 2.50 ton, con peso promedio de 640 kg. En cuanto a los motores compatibles corresponden a fuera de borda de 100 HP a 220 HP a dos tiempos, monocilíndrico 2 tiempos refrigerados por agua, cilindrada 50 cc, arranque manual. La Figura II.34 y Figura II.35 presentan ejemplos de este tipo de embarcaciones.



Figura II.34. Lancha con motor fuera de borda, auxiliando en labores de dragado.



Figura II.35. Lancha con motor fuera de borda, auxiliando en labores de dragado.

El sistema de barcazas portátiles, comúnmente conocidos como pontones tipo flexifloats, son elementos modulares de acero soldado, construidos con precisión, diseñados específicamente para entornos de aguas someras y profundas.

Cada unidad flexifloat tiene un único grillete de elevación empotrado ubicado en el centro de equilibrio y soldado en la estructura de la plataforma. Esto proporciona una conexión de elevación de un solo punto de fácil acceso para manejar la unidad. Un simple sistema de bloqueo integral permite que los módulos se conecten fácilmente de lado a lado o de extremo a extremo para formar plataformas más grandes de varias formas que sean adecuadas para muchos tipos de transporte marítimo y aplicaciones de construcción.

A manera ilustrativa, la Figura II.36 a la Figura II.39 presentan ejemplos de cómo son los flexiboats y los chalanes.



Figura II.36. Sistema de barcazas portátiles (flexifloats).



Figura II.37. Sistema de barcazas portátiles (flexifloats).



Figura II.38. Sistema de barcazas portátiles (flexifloats).



Figura II.39. Chalan utilizado en transporte de materiales, mano de obra y equipo.

Los chalanes se utilizan también para el transporte de personal, material, tubería flotante, etc. de tierra a cada una las dragas. Son embarcaciones pequeñas con esloras de 15 a 20 m.

II.5.8 Conformación de las zonas de tiro.

Existen tres maneras en las que se puede disponer del material de dragado: mediante zonas de tiro en tierra, zonas de tiro en agua o con vertimientos en mar abierto. En este proyecto la disposición se realizará mediante el vertimiento del material producto del dragado en zonas de tiro en tierra, con bordos perimetrales.

Estos depósitos para confinar el material producto del dragado se encuentran limitados por muros de cierre construidos sobre tierra firme. La estructura perimetral que constituye el depósito se cimienta sobre terreno natural no sumergido. En ocasiones, se realiza una excavación previa del terreno para aumentar la capacidad de almacenamiento, lo cual no se hará este caso. La principal característica de este tipo de recintos para el material procedente de dragados es que una vez depositado, este siempre estará por encima del nivel freático.

La ventaja de este tipo de zonas de tiro es que al estar ubicados fuera del medio acuático es posible realizar su seguimiento y control ambiental con mayor sencillez y precisión. Así como también, durante la etapa de construcción, los trabajos sobre tierra se realizan con mayor comodidad y economía que sobre el medio acuático.

Toda vez que se han analizado las diversas opciones para determinar el tipo de zona de tiro a construir, se ha optado por la más conveniente de ellas: la contención perimetral mediante un talud conformado por material de banco y un proceso de compactación.

Como ya se ha mencionado, no se ejecutará ningún trabajo previo de limpieza de terreno, ni desmonte ni despalme, para la conformación de los bordos. Asimismo, para el depósito del material producto del dragado dentro de las zonas de tiro no se realizarán nivelaciones al terreno existente, por lo cual este material se depositará sobre el terreno en su estado actual.

Se construirán ocho polígonos irregulares mediante bordos perimetrales conformados con material de banco. Dichos bordos tienen un ancho de base de 6.00 metros, talud de 54°31’48” respecto a la base mayor, altura de 3.20 metros y corona de 1.70 metros. La longitud total de los bordos es de 9,469.63 metros.

El suministro de material de banco será por medio de camiones de volteo con capacidad de 14 m^3, cuyo material será colocado a tiro directo a un costado del eje del bordo a construir.

Para la conformación de los bordos de retención se propone utilizar tractores D8T Caterpillar o similares, excavadoras 312C Caterpillar o similar, los cuales trabajaran coordinadamente para llevar a cabo todo el movimiento de tierras. Dichos trabajos consistirán básicamente en remover el material con la excavadora y empujarlo con el tractor para ir construyendo por capas el terraplén que van formando las paredes que confinarán el material producto del dragado, así también, la excavadora realizará los afines de los taludes de los bordos.

Se contempla la utilización de vibrocompactadores CS 533E Caterpillar o similar, así como pipas que suministraran agua para la etapa de compactación de los bordos.



Figura II.40. Localización de Zonas de Tiro.

Tabla II.7. Superficie que ocupan las zonas de tiro.

No.	Superficie
ZT-01	7.83 Ha.
ZT-02	4.16 Ha.
ZT-03 / ZT-04 / ZT-05 / ZT-06	55.13 Ha.
ZT-07 / ZT-08	42.06 Ha.
Total =	**109.18 Ha.**

En la Tabla II.8 a la Tabla II.11 se presentan los cuadros de construcción y la superficie de las 4 áreas generales en las que se distribuyen las 8 zonas de tiro a desarrollar.

Tabla II.8. Cuadro de construcción ZT-01

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
Est	PV				Y	X
				1	2,835,240.7054	695,716.8395
1	2	S 2617'57.41" E	317.642	2	2,834,955.9419	695,857.5739
2	3	S 46'33'43.38" E	40.025	3	2,834,928.4217	695,886.6371
3	4	N 46'37'19.35" E	23.452	4	2,834,944.5289	695,903.6831
4	5	S 70'33'36.72" E	20.711	5	2,834,937.6358	695,923.2136
5	6	N 27'01'24.96" E	303.698	6	2,835,208.1758	696,061.2010
6	7	N 64'30'32.26" W	73.026	7	2,835,239.6040	695,995.2838
7	8	N 63'26'45.45" W	270.506.	8	2,835,360.5316	695,753.3124
8	9	S 25'42'56.42" E	88.397	9	2,835,280.8892	695,791.6686
9	1	S 61'45'49.72" W	84.936	1	2,835,240.7054	695,716.8395
SUPERFICIE = 74,596.327 m^2						



Figura II.41. Zonas de Tiro 01, usada como cancha deportiva para la población local.



Figura II.42. Vegetación halófila dispersa en la Zona de Tiro 01.

Tabla II.9. Cuadro de construcción ZT-02

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
Est	PV				Y	X
				10	2,835,576.8541	695,564.0988
10	11	S 2218'40.18" E	99.533	11	2,835,484.7722	695,601.8853
11	12	S 27'51'03.65" E	69.567	12	2,835,423.2638	695,634.3850
12	13	N 62'22'11.01" E	76.964	13	2,835,458.9571	695,702.5724
13	14	N 63'27'08.90" E	35.418	14	2,835,474.7868	695,734.2558
14	15	S 25'21'21.14" E	81.921	15	2,835,400.7572	695,769.3378
15	16	S 63'34'39.80" E	42.720	16	2,835,381.7474	695,807.5955
16	17	N 26'20'08.30" E	131.985	17	2,835,500.0335	695,866.1477
17	18	N 17'00'11.09" W	23.871	18	2,835,522.8614	695,859.1672
18	19	N 63'34'24.46" W	162.212	19	2,835,595.0538	695,713.9055
19	20	N 65'05'17.30" W	28.375	20	2,835,607.0060	695,688.1708
20	21	N 80'03'07.29" W	34.077	21	2,835,612.8930	695,654.6056
21	22	S 7529'19.49" W	30.613	22	2,835,605.2222	695,624.9691
22	23	S 6478'12.94" W	32.161	23	2,835,591.3616	695,595.9484
23	10	S 65'30'38.44" W	34.998	10	2,835,576.8541	695,564.0988



Figura II.43. Vegetación halófila en la Zona de Tiro 02 y estación de gas natural (izquierda).



Figura II.44. Aspecto de la Zona de Tiro 02, colindante a las instalaciones de PEMEX.



Figura II.45. Las Zonas de Tiro ZT-03 a ZT-06 están mayormente desprovistas de vegetación.



Figura II.46. Aspecto de la vegetación halófila en la Zona de Tiro 03.

Tabla II.10. Cuadro de construcción ZT-03, ZT-04, ZT-05, ZT-06

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
Est	PV				Y	X
				24	2,836,089.7496	695,544.9703
24	25	S 1312'06.53" W	21.562	25	2,836,068.7573	695,540.0459
25	26	S 10'04'02.53" W	137.539	26	2,835,933.3358	695,516.0032
26	27	S 00'02'32.62" E	99.022	27	2,835,834.3138	695,516.0765
27	28	S 0911'54.33" E	126.962	28	2,835,708.9842	695,536.3719
28	29	S 13'15'49.61" E	96.540	29	2,835,615.0197	695,558.5215
29	30	N 65'41'56.83" E	63.974	30	2,835,641.3466	695,616.8268
30	31	N 72'16'12.58" E	23.545	31	2,835,648.5168	695,639.2537
31	32	N 89'22'41.77" E	33.060	32	2,835,648.8756	695,672.3122
32	33	S 7516'51.48" E	22.470	33	2,835,643.1665	695,694.0446
33	34	S 65'02'13.96" E	54.791	34	2,835,620.0429	695,743.7174
34	35	S 6310'29.38" E	26.463	35	2,835,608.1008	695,767.3330
35	36	S 6310'29.38" E	240.855	36	2,835,499.4103	695,982.2689
36	37	S 63'41'14.83" E	154.962	37	2,835,430.7208	696,121.1749
37	38	N 26'26'14.94" E	336.448	38	2,835,731.9830	696,270.9684
38	39	N 26'26'14.94" E	333.464	39	2,836,030.5737	696,419.4337
39	40	N 63'26'55.34" W	398.192	40	2,836,208.5650	696,063.2373
40	41	N 63'26'55.34" W	490.693	41	2,836,427.9044	695,624.2951
41	24	S 1312'06.53" W	347.334	24	2,836,089.7496	695,544.9703
SUPERFICIE = 542,271.077 m^2						

Tabla II.11. Cuadro de construcción ZT-07, ZT-08

Lado		Rumbo	Distancia	V	Coordenadas	
Est	PV				Y	X
				42	2,837,025.9245	696,434.3664
42	43	S 61'45'52.03" W	425.213	43	2,836,824.7572	696,059.7493
43	44	S 61'45'52.03" W	437.708	44	2,836,617.6789	695,674.1244
44	41	S 14'42'43.67" W	196.207	41	2,836,427.9044	695,624.2951
41	46	S 63'26'55.34" E	457.018	46	2,836,223.6226	696,033.1042
46	47	N 61'45'52.03" E	307.870	47	2,836,369.2750	696,304.3407
47	48	N 61'45'52.03" E	406.098	48	2,836,561.3987	696,662.1167
48	49	N 60'21'16.75" W	256.587	49	2,836,688.3142	696,439.1161
49	42	N 00'48'21.65" W	337.644	42	2,837,025.9245	696,434.3664
SUPERFICIE = 414,163.727 m^2						

En la Tabla II.12 a la Tabla II.19 se presentan los cálculos del volumen a alojar en las zonas de tiro, tomando en cuenta que se han considerado de las 8 zonas de tiro en 4 áreas generales. A continuación, se presentan los cálculos del volumen a alojar en cada una de las zonas de tiro.



Figura II.47. Infraestructura hidráulica en desuso y vegetación halófila en la ZT-07 y ZT-08.



Figura II.48. Acumulación de basura en las zonas de tiro ZT-07 y ZT-08.

Tabla II.12. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-01.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	-	-	-	-	-
0+020.00	36.550	36.550	10.000	365.500	365.500
0+040.00	91.670	128.220	10.000	1,282.200	1,647.700
0+060.00	218.380	310.050	10.000	3,100.500	4,748.200
0+080.00	269.180	487.560	10.000	4,875.600	9,623.800
0+100.00	313.150	582.330	10.000	5,823.300	15,447.100
0+120.00	362.810	675.960	10.000	6,759.600	22,206.700
0+140.00	378.590	741.400	10.000	7,414.000	29,620.700
0+160.00	384.890	763.480	10.000	7,634.800	37,255.500
0+180.00	456.160	841.050	10.000	8,410.500	45,666.000
0+200.00	423.710	879.870	10.000	8,798.700	54,464.700
0+220.00	442.290	866.000	10.000	8,660.000	63,124.700
0+240.00	420.660	862.950	10.000	8,629.500	71,754.200
0+260.00	388.450	809.110	10.000	8,091.100	79,845.300
0+280.00	375.550	764.000	10.000	7,640.000	87,485.300
0+300.00	361.600	737.150	10.000	7,371.500	94,856.800
0+320.00	330.130	691.730	10.000	6,917.300	101,774.100
0+340.00	302.030	632.160	10.000	6,321.600	108,095.700
0+360.00	269.560	571.590	10.000	5,715.900	113,811.600
0+380.00	79.340	348.900	10.000	3,489.000	117,300.600
0+400.00	46.430	125.770	10.000	1,257.700	118,558.300
0+420.00	33.940	80.370	10.000	803.700	119,362.000
0+440.00	14.820	48.760	10.000	487.600	119,849.600
0+461.78	-	14.820	10.890	161.390	120,010.990

Tabla II.13. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-02.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	-	-	-	-	-
0+020.00	57.260	57.260	10.000	572.600	572.600
0+040.00	112.610	169.870	10.000	1,698.700	2,271.300
0+060.00	157.500	270.110	10.000	2,701.100	4,972.400
0+080.00	193.450	350.950	10.000	3,509.500	8,481.900
0+100.00	205.220	398.670	10.000	3,986.700	12,468.600
0+120.00	379.950	585.170	10.000	5,851.700	18,320.300
0+140.00	358.710	738.660	10.000	7,386.600	25,706.900
0+160.00	336.710	695.420	10.000	6,954.200	32,661.100
0+180.00	312.220	648.930	10.000	6,489.300	39,150.400
0+200.00	279.550	591.770	10.000	5,917.700	45,068.100
0+220.00	256.750	536.300	10.000	5,363.000	50,431.100
0+240.00	230.120	486.870	10.000	4,868.700	55,299.800
0+260.00	196.910	427.030	10.000	4,270.300	59,570.100
0+279.84	-	196.910	9.920	1,953.347	61,523.447

Tabla II.14. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-03.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	-	-	-	-	-
0+020.00	634.850	634.850	10.000	6,348.500	6,348.500
0+040.00	631.980	1,266.830	10.000	12,668.300	19,016.800
0+060.00	629.620	1,261.600	10.000	12,616.000	31,632.800
0+080.00	628.440	1,258.060	10.000	12,580.600	44,213.400
0+100.00	624.990	1,253.430	10.000	12,534.300	56,747.700
0+120.00	620.170	1,245.160	10.000	12,451.600	69,199.300
0+140.00	609.460	1,229.630	10.000	12,296.300	81,495.600
0+160.00	595.980	1,205.440	10.000	12,054.400	93,550.000
0+180.00	589.540	1,185.520	10.000	11,855.200	105,405.200
0+200.00	586.600	1,176.140	10.000	11,761.400	117,166.600
0+220.00	579.810	1,166.410	10.000	11,664.100	128,830.700
0+240.00	571.820	1,151.630	10.000	11,516.300	140,347.000
0+260.00	544.710	1,116.530	10.000	11,165.300	151,512.300
0+280.00	512.970	1,057.680	10.000	10,576.800	162,089.100
0+300.00	501.370	1,014.340	10.000	10,143.400	172,232.500
0+320.00	493.000	994.370	10.000	9,943.700	182,176.200
0+340.00	478.640	971.640	10.000	9,716.400	191,892.600
0+360.00	474.790	953.430	10.000	9,534.300	201,426.900
0+380.00	484.770	959.560	10.000	9,595.600	211,022.500
0+394.70	-	484.770	7.350	3,563.060	214,585.560

Tabla II.15. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-04.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	-	-	-	-	-
0+020.00	472.480	472.480	10.000	4,724.800	4,724.800
0+040.00	456.820	929.300	10.000	9,293.000	14,017.800

Tabla II.15. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-04.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+060.00	444.930	901.750	10.000	9,017.500	23,035.300
0+080.00	442.400	887.330	10.000	8,873.300	31,908.600
0+100.00	419.350	861.750	10.000	8,617.500	40,526.100
0+120.00	409.450	828.800	10.000	8,288.000	48,814.100
0+140.00	437.450	846.900	10.000	8,469.000	57,283.100
0+160.00	437.340	874.790	10.000	8,747.900	66,031.000
0+180.00	463.000	900.340	10.000	9,003.400	75,034.400
0+200.00	458.170	921.170	10.000	9,211.700	84,246.100
0+220.00	446.470	904.640	10.000	9,046.400	93,292.500
0+240.00	457.630	904.100	10.000	9,041.000	102,333.500
0+260.00	423.730	881.360	10.000	8,813.600	111,147.100
0+280.00	394.040	817.770	10.000	8,177.700	119,324.800
0+300.00	373.270	767.310	10.000	7,673.100	126,997.900
0+320.00	340.320	713.590	10.000	7,135.900	134,133.800
0+340.00	284.100	624.420	10.000	6,244.200	140,378.000
0+360.00	235.870	519.970	10.000	5,199.700	145,577.700
0+380.00	163.040	398.910	10.000	3,989.100	149,566.800
0+400.00	61.470	224.510	10.000	2,245.100	151,811.900
0+410.44	-	61.470	5.220	320.873	152,132.773

Tabla II.16. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-05.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	-	-	-	-	-
0+020.00	646.870	646.870	10.000	6,468.700	6,468.700
0+040.00	638.960	1,285.830	10.000	12,858.300	19,327.000
0+060.00	638.810	1,277.770	10.000	12,777.700	32,104.700
0+080.00	646.830	1,285.640	10.000	12,856.400	44,961.100
0+100.00	653.880	1,300.710	10.000	13,007.100	57,968.200
0+120.00	650.830	1,304.710	10.000	13,047.100	71,015.300
0+140.00	649.450	1,300.280	10.000	13,002.800	84,018.100
0+160.00	662.160	1,311.610	10.000	13,116.100	97,134.200
0+180.00	674.970	1,337.130	10.000	13,371.300	110,505.500
0+200.00	668.580	1,343.550	10.000	13,435.500	123,941.000
0+220.00	653.750	1,322.330	10.000	13,223.300	137,164.300
0+240.00	643.720	1,297.470	10.000	12,974.700	150,139.000
0+260.00	636.200	1,279.920	10.000	12,799.200	162,938.200
0+280.00	627.430	1,263.630	10.000	12,636.300	175,574.500
0+300.00	622.690	1,250.120	10.000	12,501.200	188,075.700
0+320.00	620.640	1,243.330	10.000	12,433.300	200,509.000
0+340.00	619.080	1,239.720	10.000	12,397.200	212,906.200
0+360.00	612.900	1,231.980	10.000	12,319.800	225,226.000
0+380.00	605.060	1,217.960	10.000	12,179.600	237,405.600
0+395.89	-	605.060	7.950	4,810.227	242,215.827

Tabla II.17. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-06.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	-				
0+020.00	646.870	646.870	10.000	6,468.700	6,468.700
0+040.00	638.960	1,285.830	10.000	12,858.300	19,327.000
0+060.00	638.810	1,277.770	10.000	12,777.700	32,104.700
0+080.00	646.830	1,285.640	10.000	12,856.400	44,961.100
0+100.00	653.880	1,300.710	10.000	13,007.100	57,968.200
0+120.00	650.830	1,304.710	10.000	13,047.100	71,015.300
0+140.00	649.450	1,300.280	10.000	13,002.800	84,018.100
0+160.00	662.160	1,311.610	10.000	13,116.100	97,134.200
0+180.00	674.970	1,337.130	10.000	13,371.300	110,505.500
0+200.00	668.580	1,343.550	10.000	13,435.500	123,941.000
0+220.00	653.750	1,322.330	10.000	13,223.300	137,164.300
0+240.00	643.720	1,297.470	10.000	12,974.700	150,139.000
0+260.00	636.200	1,279.920	10.000	12,799.200	162,938.200
0+280.00	627.430	1,263.630	10.000	12,636.300	175,574.500
0+300.00	622.690	1,250.120	10.000	12,501.200	188,075.700
0+320.00	620.640	1,243.330	10.000	12,433.300	200,509.000
0+340.00	619.080	1,239.720	10.000	12,397.200	212,906.200
0+360.00	612.900	1,231.980	10.000	12,319.800	225,226.000
0+380.00	607.310	1,220.210	10.000	12,202.100	237,428.100
0+395.89	-	607.310	7.945	4,825.078	242,253.178

Tabla II.18. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-07.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	-				
0+020.00	636.890	636.890	10.000	6,368.900	6,368.900
0+040.00	660.820	1,297.710	10.000	12,977.100	19,346.000
0+060.00	683.340	1,344.160	10.000	13,441.600	32,787.600
0+080.00	705.410	1,388.750	10.000	13,887.500	46,675.100
0+100.00	726.580	1,431.990	10.000	14,319.900	60,995.000
0+120.00	747.100	1,473.680	10.000	14,736.800	75,731.800
0+140.00	766.480	1,513.580	10.000	15,135.800	90,867.600
0+160.00	784.750	1,551.230	10.000	15,512.300	106,379.900
0+180.00	799.550	1,584.300	10.000	15,843.000	122,222.900
0+200.00	814.220	1,613.770	10.000	16,137.700	138,360.600
0+220.00	829.650	1,643.870	10.000	16,438.700	154,799.300
0+240.00	849.110	1,678.760	10.000	16,787.600	171,586.900
0+260.00	862.930	1,712.040	10.000	17,120.400	188,707.300
0+280.00	874.530	1,737.460	10.000	17,374.600	206,081.900
0+300.00	868.400	1,742.930	10.000	17,429.300	223,511.200
0+320.00	867.940	1,736.340	10.000	17,363.400	240,874.600
0+340.00	871.340	1,739.280	10.000	17,392.800	258,267.400
0+360.00	883.560	1,754.900	10.000	17,549.000	275,816.400
0+380.00	877.960	1,761.520	10.000	17,615.200	293,431.600

Tabla II.18. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-07.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+400.00	852.140	1,730.100	10.000	17,301.000	310,732.600
0+420.00	829.100	1,681.240	10.000	16,812.400	327,545.000
0+440.00	798.680	1,627.780	10.000	16,277.800	343,822.800
0+460.00	768.890	1,567.570	10.000	15,675.700	359,498.500
0+480.00	726.640	1,495.530	10.000	14,955.300	374,453.800
0+500.00	675.080	1,401.720	10.000	14,017.200	388,471.000
0+513.30	-	675.080	6.650	4,489.282	392,960.282

Tabla II.19. Volumen a depositar en la Zona de Tiro ZT-08.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	-	-	-	-	-
0+020.00	808.770	808.770	10.000	8,087.700	8,087.700
0+040.00	781.260	1,590.030	10.000	15,900.300	23,988.000
0+060.00	753.320	1,534.580	10.000	15,345.800	39,333.800
0+080.00	718.280	1,471.600	10.000	14,716.000	54,049.800
0+100.00	683.640	1,401.920	10.000	14,019.200	68,069.000
0+120.00	659.240	1,342.880	10.000	13,428.800	81,497.800
0+140.00	618.630	1,277.870	10.000	12,778.700	94,276.500
0+160.00	579.240	1,197.870	10.000	11,978.700	106,255.200
0+180.00	545.030	1,124.270	10.000	11,242.700	117,497.900
0+200.00	514.650	1,059.680	10.000	10,596.800	128,094.700
0+220.00	488.640	1,003.290	10.000	10,032.900	138,127.600
0+240.00	487.560	976.200	10.000	9,762.000	147,889.600
0+260.00	496.230	983.790	10.000	9,837.900	157,727.500
0+280.00	513.450	1,009.680	10.000	10,096.800	167,824.300
0+300.00	535.210	1,048.660	10.000	10,486.600	178,310.900
0+320.00	560.650	1,095.860	10.000	10,958.600	189,269.500
0+340.00	580.980	1,141.630	10.000	11,416.300	200,685.800
0+360.00	597.630	1,178.610	10.000	11,786.100	212,471.900
0+380.00	614.180	1,211.810	10.000	12,118.100	224,590.000
0+400.00	629.680	1,243.860	10.000	12,438.600	237,028.600
0+420.00	644.010	1,273.690	10.000	12,736.900	249,765.500
0+440.00	657.940	1,301.950	10.000	13,019.500	262,785.000
0+460.00	671.770	1,329.710	10.000	13,297.100	276,082.100
0+480.00	685.460	1,357.230	10.000	13,572.300	289,654.400
0+500.00	696.840	1,382.300	10.000	13,823.000	303,477.400
0+515.30	-	696.840	7.650	5,330.826	308,808.226

Por lo tanto, la suma de los volúmenes a alojar en las zonas de tiro es de 1’734,490.28 m^3, siendo lo suficiente para albergar el material producto del dragado que corresponde a 1’703,713.11 m^3. La Figura II.49 y Figura II.50 presentan la sección tipo y la conformación de los bordos perimetrales.

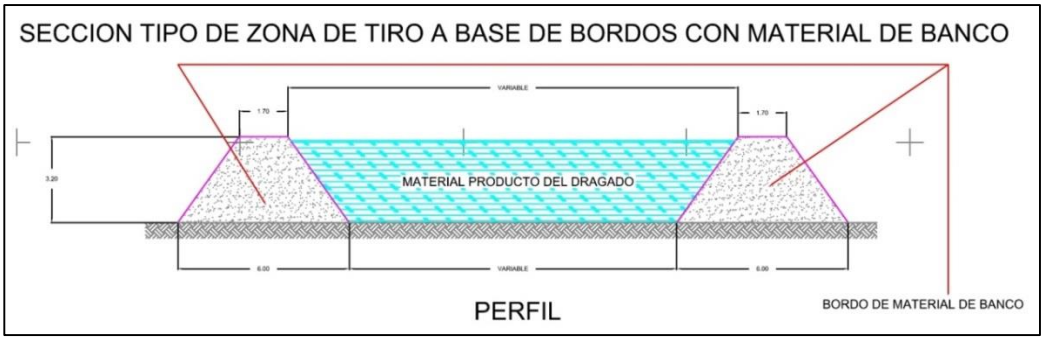


Figura II.49. Sección tipo de zona de tiro a base de bordos perimetrales.

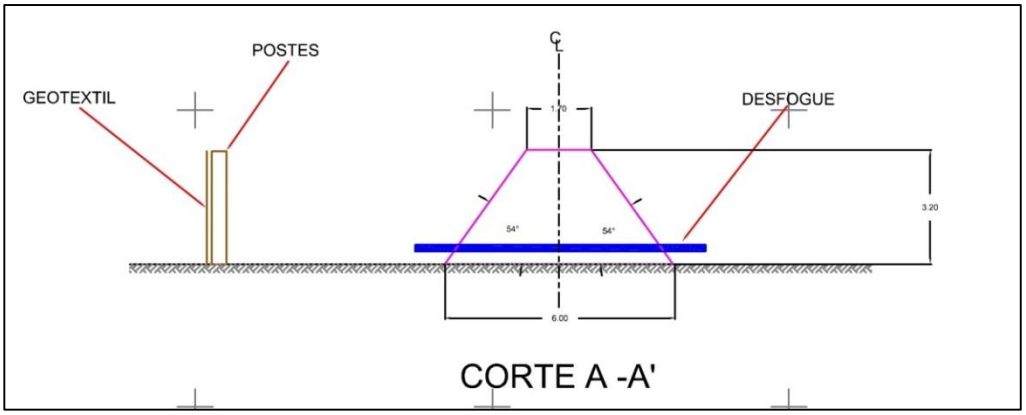


Figura II.50. Ejemplo de la conformación de bordos perimetrales.

Es importante mencionar que se consideran actividades simultáneas para cumplir en tiempo y forma respecto al programa de ejecución de los trabajos establecido. La Figura II.51 y Figura II.52 muestran el proceso de construcción de este tipo de bordos, a manera de ejemplo.



Figura II.51. Ejemplo de la construcción de zona de tiro a base de bordos perimetrales.



Figura II.52. Ejemplo de la conformación de bordos perimetrales.

II.5.9 Construcción de la fosa de captación.

Para el caso del desagüe de estas zonas de tiro, en las esquinas de las mismas, donde la pendiente natural se dirija hacia las zonas bajas, se plantea la colocación de un arco de geotextil Pavitex 275T o similar, sostenido por medio de postes de concreto armado con sección de 0.15 x 0.15 metros a cada 1.50 metros de distancia entre ellos. Su función es la de permitir la percolación de agua proveniente del material producto del dragado a través de la misma, la cual se desfogará a través de tubos de 14” de diámetro de acero al carbón colocados en la base de los bordos. Todos los drenes tendrán la pendiente suficiente para conducir el agua hacia la fosa de captación de sólidos (ver Figura II.53 y el plano No. PETC5-PG-BP-ZT-01 del Anexo E).

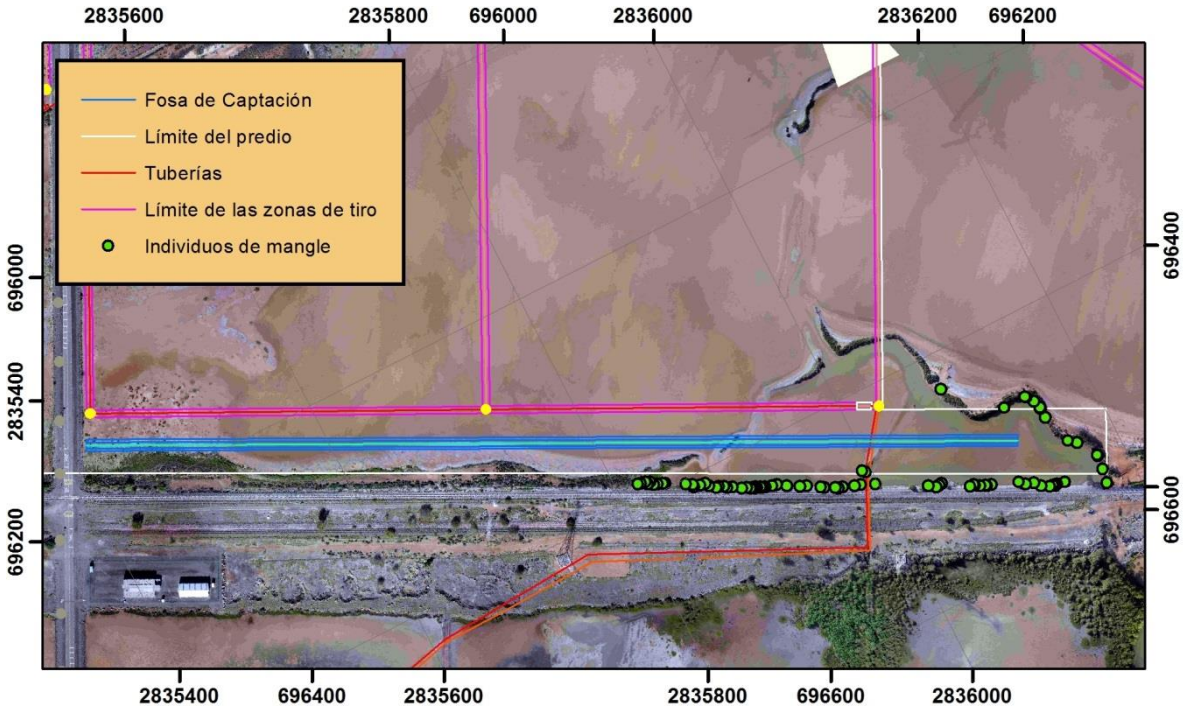


Figura II.53. Ubicación de la fosa de captación, en la base de las zonas de tiro.

Esta fosa de captación tendrá las dimensiones de una sección trapezoidal invertida con base menor de 5.00 metros, base mayor 10.00 metros y una longitud de 866.00 metros, con una profundidad de 1.00 metro; tendrá una pendiente de 0.0006 metros (en vertical) por cada metro lineal (horizontal).

La función de esta fosa es la de captar el material en suspensión, aun cuando se haya filtrado por los drenes de las zonas de tiro y que dicho material se decante, dando paso al escurrimiento de agua limpia hacia los canales que se comunican con la Laguna de Ohuira.

Esta fosa se construirá por medios mecánicos con el apoyo de excavadoras 312C Caterpillar o similar y cuyo material producto de la excavación, se colocará dentro de las zonas de tiro, junto con el material de dragado. El volumen aproximado del material a excavar es de 3,735 m^3.

II.5.10 Transporte y colocación de material de bancos.

Para la conformación de los bordos perimetrales el proyecto se requieren materiales pétreos. Esto plantea la necesidad de contar con un banco de materiales que proporcione materiales como suelos, rocas, gravas, arenas, etc. Para la construcción se requiere de uno o más de dichos bancos de materiales para el abastecimiento de los insumos pétreos.

En la zona ya existen bancos de materiales comerciales que cuentan con los permisos para explotación de materiales pétreos y sus correspondientes autorizaciones ambientales (Figura II.54). Estos bancos son susceptibles de ser utilizados para abastecer la demanda del material para el proyecto, por lo que no se requerirá de la explotación de bancos propios.



Figura II.54. Banco de material en operación, frente al sitio del proyecto.

Los materiales se transportarán al sitio del proyecto en camiones de 14 m^3 de capacidad, en un recorrido de entre 1 y 2 km sin pasar por áreas residenciales. Ahora bien, el cálculo para determinar el volumen de material de banco necesario para cada una de las ocho zonas de tiro se realizó mediante seccionamientos, mismos que se presentan de la Tabla II.20 a la Tabla II.27.

Tabla II.20. Volumen de material de banco para la ZT-01

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	1.473	-	-	-	-
0+020.00	2.163	3.636	10.000	36.360	36.360
0+040.00	1.982	4.145	10.000	41.450	77.810
0+060.00	5.717	7.699	10.000	76.990	154.800
0+080.00	6.908	12.625	10.000	126.250	281.050
0+100.00	5.309	12.217	10.000	122.170	403.220
0+120.00	1.779	7.088	10.000	70.880	474.100
0+140.00	3.628	5.407	10.000	54.070	528.170
0+160.00	4.378	8.006	10.000	80.060	608.230
0+180.00	4.339	8.717	10.000	87.170	695.400
0+200.00	2.707	7.046	10.000	70.460	765.860
0+220.00	2.848	5.555	10.000	55.550	821.410
0+240.00	4.414	7.262	10.000	72.620	894.030
0+260.00	5.037	9.451	10.000	94.510	988.540
0+280.00	4.791	9.828	10.000	98.280	1,086.820
0+300.00	4.355	9.146	10.000	91.460	1,178.280
0+303.69	4.207	8.562	1.845	15.797	1,194.077
0+320.00	2.143	6.350	8.155	51.784	1,245.861
0+340.00	4.477	6.620	10.000	66.200	1,312.061
0+360.00	6.594	11.071	10.000	110.710	1,422.771
0+380.00	6.625	13.219	10.000	132.190	1,554.961
0+400.00	6.605	13.230	10.000	132.300	1,687.261
0+420.00	6.520	13.125	10.000	131.250	1,818.511
0+440.00	6.420	12.940	10.000	129.400	1,947.911
0+460.00	6.409	12.829	10.000	128.290	2,076.201
0+480.00	6.173	12.582	10.000	125.820	2,202.021
0+500.00	5.002	11.175	10.000	111.750	2,313.771
0+520.00	6.928	11.930	10.000	119.300	2,433.071
0+540.00	6.549	13.477	10.000	134.770	2,567.841
0+560.00	6.376	12.925	10.000	129.250	2,697.091
0+580.00	6.028	12.404	10.000	124.040	2,821.131
0+600.00	5.364	11.392	10.000	113.920	2,935.051
0+620.00	5.630	10.994	10.000	109.940	3,044.991
0+640.00	6.338	11.968	10.000	119.680	3,164.671
0+647.22	6.102	12.440	3.610	44.908	3,209.580
0+660.00	5.708	11.810	6.390	75.466	3,285.045
0+680.00	4.531	10.239	10.000	102.390	3,387.435
0+700.00	5.950	10.481	10.000	104.810	3,492.245
0+720.00	5.203	11.153	10.000	111.530	3,603.775
0+735.61	5.248	10.451	7.805	81.570	3,685.345
0+740.00	6.586	11.834	2.195	25.976	3,711.321
0+760.00	6.654	13.240	10.000	132.400	3,843.721
0+780.00	6.547	13.201	10.000	132.010	3,975.731
0+800.00	6.237	12.784	10.000	127.840	4,103.571
0+820.00	6.327	12.564	10.000	125.640	4,229.211

Tabla II.20. Volumen de material de banco para la ZT-01

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+820.55	6.335	12.662	0.275	3.482	4,232.693
0+840.00	6.083	12.418	9.725	120.765	4,353.458
0+860.00	6.418	12.501	10.000	125.010	4,478.468
0+880.00	6.404	12.822	10.000	128.220	4,606.688
0+900.00	6.857	13.261	10.000	132.610	4,739.298
0+920.00	6.755	13.612	10.000	136.120	4,875.418
0+940.00	4.749	11.504	10.000	115.040	4,990.458
0+960.00	5.338	10.087	10.000	100.870	5,091.328
0+980.00	6.784	12.122	10.000	121.220	5,212.548
1+000.00	6.835	13.619	10.000	136.190	5,348.738
1+020.00	6.936	13.771	10.000	137.710	5,486.448
1+040.00	7.730	14.666	10.000	146.660	5,633.108
1+060.00	7.485	15.215	10.000	152.150	5,785.258
1+080.00	3.542	11.027	10.000	110.270	5,895.528
1+100.00	2.852	6.394	10.000	63.940	5,959.468
1+120.00	2.515	5.367	10.000	53.670	6,013.138
1+138.19	2.236	4.751	9.095	43.210	6,056.349
1+140.00	2.180	4.416	0.905	3.996	6,060.345
1+160.00	1.438	3.618	10.000	36.180	6,096.525
1+178.22	1.133	2.571	9.110	23.422	6,119.947
1+180.00	1.160	2.293	0.890	2.041	6,121.988
1+200.00	1.468	2.628	10.000	26.280	6,148.268
1+201.67	1.495	2.963	0.835	2.474	6,150.742
1+220.00	1.464	2.959	9.165	27.119	6,177.861
1+222.39	1.473	2.937	1.195	3.510	6,181.371

Tabla II.21. Volumen de material de banco para la ZT-02

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	6.515	6.515	-	-	-
0+020.00	5.865	12.380	10.000	123.800	123.800
0+040.00	5.935	11.800	10.000	118.000	241.800
0+060.00	6.244	12.179	10.000	121.790	363.590
0+080.00	6.250	12.494	10.000	124.940	488.530
0+100.00	5.621	11.871	10.000	118.710	607.240
0+120.00	5.266	10.887	10.000	108.870	716.110
0+131.98	4.775	10.041	5.990	60.146	776.256
0+140.00	5.252	10.027	4.010	40.208	816.464
0+155.85	4.998	10.250	7.925	81.231	897.695
0+160.00	5.097	10.095	2.075	20.947	918.642
0+180.00	5.899	10.996	10.000	109.960	1,028.602
0+200.00	5.236	11.135	10.000	111.350	1,139.952
0+220.00	4.652	9.888	10.000	98.880	1,238.832

Tabla II.21. Volumen de material de banco para la ZT-02

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+240.00	3.624	8.276	10.000	82.760	1,321.592
0+260.00	5.381	9.005	10.000	90.050	1,411.642
0+280.00	4.536	9.917	10.000	99.170	1,510.812
0+300.00	2.486	7.022	10.000	70.220	1,581.032
0+320.00	5.462	7.948	10.000	79.480	1,660.512
0+340.00	5.472	10.934	10.000	109.340	1,769.852
0+346.43	5.453	10.925	3.215	35.124	1,804.976
0+360.00	5.634	11.087	6.785	75.225	1,880.201
0+380.00	5.552	11.186	10.000	111.860	1,992.061
0+380.51	5.562	11.114	0.255	2.834	1,994.895
0+400.00	5.491	11.053	9.745	107.711	2,102.607
0+411.12	5.225	10.716	5.560	59.581	2,162.188
0+420.00	5.357	10.582	4.440	46.984	2,209.172
0+440.00	5.342	10.699	10.000	106.990	2,316.162
0+460.00	5.324	10.666	10.000	106.660	2,422.822
0+480.00	5.426	10.750	10.000	107.500	2,530.322
0+500.00	5.569	10.995	10.000	109.950	2,640.272
0+520.00	5.638	11.207	10.000	112.070	2,752.342
0+540.00	5.689	11.327	10.000	113.270	2,865.612
0+560.00	5.444	11.133	10.000	111.330	2,976.942
0+577.81	6.185	11.629	8.905	103.556	3,080.498
0+580.00	6.170	12.355	1.095	13.529	3,094.027
0+600.00	5.828	11.998	10.000	119.980	3,214.007
0+620.00	5.861	11.689	10.000	116.890	3,330.897
0+640.00	4.396	10.257	10.000	102.570	3,433.467
0+647.38	3.699	8.095	3.690	29.871	3,463.338
0+660.00	4.077	7.776	6.310	49.067	3,512.404
0+680.00	5.143	9.220	10.000	92.200	3,604.604
0+700.00	5.333	10.476	10.000	104.760	3,709.364
0+720.00	5.367	10.700	10.000	107.000	3,816.364
0+740.00	5.567	10.934	10.000	109.340	3,925.704
0+759.75	5.922	11.489	9.875	113.454	4,039.158
0+760.00	5.917	11.839	0.125	1.480	4,040.638
0+780.00	5.320	11.237	10.000	112.370	4,153.008
0+800.00	5.699	11.019	10.000	110.190	4,263.198
0+820.00	5.494	11.193	10.000	111.930	4,375.128
0+840.00	5.181	10.675	10.000	106.750	4,481.878
0+841.68	5.038	10.219	0.840	8.584	4,490.462
0+860.00	5.421	10.459	9.160	95.804	4,586.266
0+880.00	6.324	11.745	10.000	117.450	4,703.716
0+884.41	6.498	12.822	2.205	28.273	4,731.989

Tabla II.22. Volumen de material de banco para la ZT-03

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	5.986	-	-	-	-
0+020.00	6.194	12.180	10.000	121.800	121.800
0+040.00	6.193	12.387	10.000	123.870	245.670
0+060.00	6.247	12.440	10.000	124.400	370.070
0+080.00	6.271	12.518	10.000	125.180	495.250
0+100.00	6.294	12.565	10.000	125.650	620.900
0+120.00	6.429	12.723	10.000	127.230	748.130
0+140.00	6.590	13.019	10.000	130.190	878.320
0+160.00	6.728	13.318	10.000	133.180	1,011.500
0+180.00	6.761	13.489	10.000	134.890	1,146.390
0+200.00	6.815	13.576	10.000	135.760	1,282.150
0+220.00	6.881	13.696	10.000	136.960	1,419.110
0+240.00	6.854	13.735	10.000	137.350	1,556.460
0+260.00	6.800	13.654	10.000	136.540	1,693.000
0+280.00	6.764	13.564	10.000	135.640	1,828.640
0+300.00	6.654	13.418	10.000	134.180	1,962.820
0+320.00	6.967	13.621	10.000	136.210	2,099.030
0+340.00	7.044	14.011	10.000	140.110	2,239.140
0+360.00	7.057	14.101	10.000	141.010	2,380.150
0+379.79	6.868	13.925	9.895	137.788	2,517.938
0+380.00	6.866	13.734	0.105	1.442	2,519.380
0+400.00	6.720	13.586	10.000	135.860	2,655.240
0+420.00	6.763	13.483	10.000	134.830	2,790.070
0+440.00	6.948	13.711	10.000	137.110	2,927.180
0+460.00	7.049	13.997	10.000	139.970	3,067.150
0+480.00	7.142	14.191	10.000	141.910	3,209.060
0+500.00	7.278	14.420	10.000	144.200	3,353.260
0+520.00	7.217	14.495	10.000	144.950	3,498.210
0+540.00	7.186	14.403	10.000	144.030	3,642.240
0+560.00	7.143	14.329	10.000	143.290	3,785.530
0+580.00	7.110	14.253	10.000	142.530	3,928.060
0+600.00	6.999	14.109	10.000	141.090	4,069.150
0+620.00	6.291	13.290	10.000	132.900	4,202.050
0+640.00	6.235	12.526	10.000	125.260	4,327.310
0+660.00	6.514	12.749	10.000	127.490	4,454.800
0+669.91	6.597	13.111	4.955	64.965	4,519.765
0+680.00	6.457	13.054	5.045	65.857	4,585.622
0+700.00	6.126	12.583	10.000	125.830	4,711.452
0+720.00	5.684	11.810	10.000	118.100	4,829.552
0+740.00	6.115	11.799	10.000	117.990	4,947.542
0+760.00	6.582	12.697	10.000	126.970	5,074.512
0+780.00	6.680	13.262	10.000	132.620	5,207.132
0+800.00	6.538	13.218	10.000	132.180	5,339.312
0+820.00	6.428	12.966	10.000	129.660	5,468.972
0+840.00	6.722	13.150	10.000	131.500	5,600.472

Tabla II.22. Volumen de material de banco para la ZT-03

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+860.00	7.022	13.744	10.000	137.440	5,737.912
0+880.00	6.989	14.011	10.000	140.110	5,878.022
0+900.00	6.339	13.328	10.000	133.280	6,011.302
0+920.00	6.216	12.555	10.000	125.550	6,136.852
0+940.00	6.227	12.443	10.000	124.430	6,261.282
0+960.00	6.240	12.467	10.000	124.670	6,385.952
0+980.00	6.261	12.501	10.000	125.010	6,510.962
1+000.00	6.273	12.534	10.000	125.340	6,636.302
1+020.00	6.284	12.557	10.000	125.570	6,761.872
1+040.00	6.289	12.573	10.000	125.730	6,887.602
1+060.00	6.246	12.535	10.000	125.350	7,012.952
1+080.00	6.203	12.449	10.000	124.490	7,137.442
1+100.00	6.120	12.323	10.000	123.230	7,260.672
1+101.78	6.111	12.231	0.890	10.886	7,271.558
1+120.00	6.251	12.362	9.110	112.618	7,384.176
1+140.00	6.406	12.657	10.000	126.570	7,510.746
1+160.00	6.569	12.975	10.000	129.750	7,640.496
1+180.00	6.765	13.334	10.000	133.340	7,773.836
1+200.00	6.975	13.740	10.000	137.400	7,911.236
1+220.00	7.108	14.083	10.000	140.830	8,052.066
1+240.00	7.224	14.332	10.000	143.320	8,195.386
1+260.00	7.255	14.479	10.000	144.790	8,340.176
1+280.00	7.273	14.528	10.000	145.280	8,485.456
1+300.00	7.282	14.555	10.000	145.550	8,631.006
1+320.00	7.292	14.574	10.000	145.740	8,776.746
1+340.00	7.305	14.597	10.000	145.970	8,922.716
1+360.00	7.325	14.630	10.000	146.300	9,069.016
1+380.00	7.358	14.683	10.000	146.830	9,215.846
1+400.00	7.359	14.717	10.000	147.170	9,363.016
1+409.65	7.351	14.710	4.825	70.976	9,433.992
1+420.00	7.343	14.694	5.175	76.041	9,510.033
1+440.00	7.326	14.669	10.000	146.690	9,656.723
1+460.00	7.312	14.638	10.000	146.380	9,803.103
1+480.00	7.309	14.621	10.000	146.210	9,949.313
1+500.00	7.321	14.630	10.000	146.300	10,095.613
1+520.00	7.242	14.563	10.000	145.630	10,241.243
1+540.00	7.248	14.490	10.000	144.900	10,386.143
1+560.00	7.342	14.590	10.000	145.900	10,532.043
1+580.00	7.333	14.675	10.000	146.750	10,678.793
1+600.00	7.284	14.617	10.000	146.170	10,824.963
1+620.00	7.314	14.598	10.000	145.980	10,970.943
1+640.00	7.329	14.643	10.000	146.430	11,117.373
1+660.00	7.342	14.671	10.000	146.710	11,264.083
1+680.00	7.349	14.691	10.000	146.910	11,410.993
1+700.00	7.380	14.729	10.000	147.290	11,558.283

Tabla II.22. Volumen de material de banco para la ZT-03

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
1+720.00	7.415	14.795	10.000	147.950	11,706.233
1+740.00	7.405	14.820	10.000	148.200	11,854.433
1+760.00	7.369	14.774	10.000	147.740	12,002.173
1+780.00	7.340	14.709	10.000	147.090	12,149.263
1+800.00	7.312	14.652	10.000	146.520	12,295.783
1+815.75	7.272	14.584	7.875	114.849	12,410.632
1+820.00	7.288	14.560	2.125	30.940	12,441.572
1+840.00	7.233	14.521	10.000	145.210	12,586.782
1+860.00	7.189	14.422	10.000	144.220	12,731.002
1+880.00	7.147	14.336	10.000	143.360	12,874.362
1+900.00	7.060	14.207	10.000	142.070	13,016.432
1+920.00	6.985	14.045	10.000	140.450	13,156.882
1+940.00	6.958	13.943	10.000	139.430	13,296.312
1+960.00	6.971	13.929	10.000	139.290	13,435.602
1+980.00	6.120	13.091	10.000	130.910	13,566.512
2+000.00	5.676	11.796	10.000	117.960	13,684.472
2+020.00	5.566	11.242	10.000	112.420	13,796.892
2+040.00	5.088	10.654	10.000	106.540	13,903.432
2+060.00	4.979	10.067	10.000	100.670	14,004.102
2+072.34	4.894	9.873	6.170	60.916	14,065.018
2+080.00	4.832	9.726	3.830	37.251	14,102.269
2+100.00	4.832	9.664	10.000	96.640	14,198.909
2+120.00	4.832	9.664	10.000	96.640	14,295.549
2+140.00	4.832	9.664	10.000	96.640	14,392.189
2+160.00	4.832	9.664	10.000	96.640	14,488.829
2+180.00	4.832	9.664	10.000	96.640	14,585.469
2+200.00	4.832	9.664	10.000	96.640	14,682.109
2+220.00	4.832	9.664	10.000	96.640	14,778.749
2+240.00	4.832	9.664	10.000	96.640	14,875.389
2+260.00	4.832	9.664	10.000	96.640	14,972.029
2+280.00	4.832	9.664	10.000	96.640	15,068.669
2+300.00	4.832	9.664	10.000	96.640	15,165.309
2+320.00	4.832	9.664	10.000	96.640	15,261.949
2+340.00	4.832	9.664	10.000	96.640	15,358.589
2+360.00	4.832	9.664	10.000	96.640	15,455.229
2+380.00	4.832	9.664	10.000	96.640	15,551.869
2+400.00	4.832	9.664	10.000	96.640	15,648.509
2+409.98	4.832	9.664	4.990	48.223	15,696.732
2+420.00	4.832	9.664	5.010	48.417	15,745.149
2+440.00	4.832	9.664	10.000	96.640	15,841.789
2+460.00	4.832	9.664	10.000	96.640	15,938.429
2+480.00	4.832	9.664	10.000	96.640	16,035.069
2+500.00	4.832	9.664	10.000	96.640	16,131.709
2+520.00	4.832	9.664	10.000	96.640	16,228.349

Tabla II.22. Volumen de material de banco para la ZT-03

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
2+540.00	4.832	9.664	10.000	96.640	16,324.989
2+560.00	4.832	9.664	10.000	96.640	16,421.629
2+580.00	4.832	9.664	10.000	96.640	16,518.269
2+600.00	4.832	9.664	10.000	96.640	16,614.909
2+620.00	5.018	9.850	10.000	98.500	16,713.409
2+640.00	5.302	10.320	10.000	103.200	16,816.609
2+660.00	5.591	10.893	10.000	108.930	16,925.539
2+680.00	5.888	11.479	10.000	114.790	17,040.329
2+700.00	6.190	12.078	10.000	120.780	17,161.109
2+720.00	6.499	12.689	10.000	126.890	17,287.999
2+740.00	6.815	13.314	10.000	133.140	17,421.139
2+760.00	9.488	16.303	10.000	163.030	17,584.169
2+780.00	7.305	16.793	10.000	167.930	17,752.099
2+800.00	6.348	13.653	10.000	136.530	17,888.629
2+820.00	6.280	12.628	10.000	126.280	18,014.909
2+835.20	6.105	12.385	7.600	94.126	18,109.035
2+840.00	6.060	12.165	2.400	29.196	18,138.231
2+860.00	5.872	11.932	10.000	119.320	18,257.551
2+880.00	5.687	11.559	10.000	115.590	18,373.141
2+900.00	5.493	11.180	10.000	111.800	18,484.941
2+920.00	5.352	10.845	10.000	108.450	18,593.391
2+940.00	5.392	10.744	10.000	107.440	18,700.831
2+960.00	5.468	10.860	10.000	108.600	18,809.431
2+980.00	5.422	10.890	10.000	108.900	18,918.331
3+000.00	5.186	10.608	10.000	106.080	19,024.411
3+020.00	5.095	10.281	10.000	102.810	19,127.221
3+040.00	4.903	9.998	10.000	99.980	19,227.201
3+060.00	4.832	9.735	10.000	97.350	19,324.551
3+080.00	4.832	9.664	10.000	96.640	19,421.191
3+100.00	4.832	9.664	10.000	96.640	19,517.831
3+120.00	4.832	9.664	10.000	96.640	19,614.471
3+140.00	4.832	9.664	10.000	96.640	19,711.111
3+160.00	4.832	9.664	10.000	96.640	19,807.751
3+180.00	4.832	9.664	10.000	96.640	19,904.391
3+200.00	3.470	8.302	10.000	83.020	19,987.411
3+220.00	2.867	6.337	10.000	63.370	20,050.781
3+240.00	3.007	5.874	10.000	58.740	20,109.521
3+260.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,169.661
3+272.90	3.007	6.014	6.450	38.790	20,208.451
3+280.00	3.007	6.014	3.550	21.350	20,229.801
3+300.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,289.941
3+320.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,350.081
3+340.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,410.221
3+360.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,470.361
3+380.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,530.501

Tabla II.22. Volumen de material de banco para la ZT-03

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
3+400.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,590.641
3+420.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,650.781
3+440.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,710.921
3+460.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,771.061
3+469.11	3.007	6.014	4.555	27.394	20,798.455
3+480.00	3.007	6.014	5.445	32.746	20,831.201
3+500.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,891.341
3+520.00	3.007	6.014	10.000	60.140	20,951.481
3+540.00	3.007	6.014	10.000	60.140	21,011.621
3+560.00	3.007	6.014	10.000	60.140	21,071.761
3+580.00	3.007	6.014	10.000	60.140	21,131.901
3+600.00	3.007	6.014	10.000	60.140	21,192.041
3+620.00	3.009	6.016	10.000	60.160	21,252.201
3+640.00	3.080	6.089	10.000	60.890	21,313.091
3+660.00	3.238	6.318	10.000	63.180	21,376.271
3+680.00	3.648	6.886	10.000	68.860	21,445.131
3+700.00	4.071	7.719	10.000	77.190	21,522.321
3+720.00	4.362	8.433	10.000	84.330	21,606.651
3+740.00	4.540	8.902	10.000	89.020	21,695.671
3+760.00	4.281	8.821	10.000	88.210	21,783.881
3+780.00	4.904	9.185	10.000	91.850	21,875.731
3+800.00	5.590	10.494	10.000	104.940	21,980.671
3+816.44	5.698	11.288	8.220	92.787	22,073.458
3+820.00	5.673	11.371	1.780	20.240	22,093.699
3+840.00	5.501	11.174	10.000	111.740	22,205.439
3+860.00	5.252	10.753	10.000	107.530	22,312.969
3+880.00	5.099	10.351	10.000	103.510	22,416.479
3+900.00	4.648	9.747	10.000	97.470	22,513.949
3+920.00	4.313	8.961	10.000	89.610	22,603.559
3+940.00	4.141	8.454	10.000	84.540	22,688.099
3+960.00	4.066	8.207	10.000	82.070	22,770.169
3+975.52	4.006	8.072	7.760	62.639	22,832.807
3+980.00	4.055	8.061	2.240	18.057	22,850.864
4+000.00	3.937	7.992	10.000	79.920	22,930.784
4+020.00	3.819	7.756	10.000	77.560	23,008.344
4+040.00	3.996	7.815	10.000	78.150	23,086.494
4+060.00	4.461	8.457	10.000	84.570	23,171.064
4+074.54	4.639	9.100	7.270	66.157	23,237.221
4+080.00	4.615	9.254	2.730	25.263	23,262.485
4+100.00	4.430	9.045	10.000	90.450	23,352.935
4+120.00	4.242	8.672	10.000	86.720	23,439.655
4+140.00	4.066	8.308	10.000	83.080	23,522.735
4+160.00	4.421	8.487	10.000	84.870	23,607.605
4+180.00	4.788	9.209	10.000	92.090	23,699.695
4+200.00	5.167	9.955	10.000	99.550	23,799.245
4+201.50	5.179	10.346	0.750	7.760	23,807.004

Tabla II.22. Volumen de material de banco para la ZT-03

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
4+220.00	5.180	10.359	9.250	95.821	23,902.825
4+240.00	5.143	10.323	10.000	103.230	24,006.055
4+260.00	5.082	10.225	10.000	102.250	24,108.305
4+280.00	5.014	10.096	10.000	100.960	24,209.265
4+298.04	4.932	9.946	9.020	89.713	24,298.978
4+300.00	4.908	9.840	0.980	9.643	24,308.621
4+320.00	4.664	9.572	10.000	95.720	24,404.341
4+340.00	4.410	9.074	10.000	90.740	24,495.081
4+360.00	4.277	8.687	10.000	86.870	24,581.951
4+362.02	4.313	8.590	1.010	8.676	24,590.627
4+380.00	4.655	8.968	8.990	80.622	24,671.249
4+385.56	4.763	9.418	2.780	26.182	24,697.431
4+400.00	4.927	9.690	7.220	69.962	24,767.393
4+420.00	5.019	9.946	10.000	99.460	24,866.853
4+440.00	5.234	10.253	10.000	102.530	24,969.383
4+441.09	5.230	10.464	0.545	5.703	24,975.086
4+460.00	5.100	10.330	9.455	97.670	25,072.756
4+480.00	3.023	8.123	10.000	81.230	25,153.986
4+500.00	4.725	7.748	10.000	77.480	25,231.466
4+520.00	4.417	9.142	10.000	91.420	25,322.886
4+540.00	4.875	9.292	10.000	92.920	25,415.806
4+560.00	4.683	9.558	10.000	95.580	25,511.386
4+580.00	5.030	9.713	10.000	97.130	25,608.516
4+600.00	5.442	10.472	10.000	104.720	25,713.236
4+620.00	5.574	11.016	10.000	110.160	25,823.396
4+640.00	6.287	11.861	10.000	118.610	25,942.006
4+660.00	4.793	11.080	10.000	110.800	26,052.806
4+680.00	4.852	9.645	10.000	96.450	26,149.256
4+700.00	4.970	9.822	10.000	98.220	26,247.476
4+720.00	5.104	10.074	10.000	100.740	26,348.216
4+740.00	4.979	10.083	10.000	100.830	26,449.046
4+760.00	5.023	10.002	10.000	100.020	26,549.066
4+780.00	5.295	10.318	10.000	103.180	26,652.246
4+800.00	5.795	11.090	10.000	110.900	26,763.146
4+820.00	5.927	11.722	10.000	117.220	26,880.366
4+840.00	5.964	11.891	10.000	118.910	26,999.276
4+860.00	6.067	12.031	10.000	120.310	27,119.586
4+880.00	6.102	12.169	10.000	121.690	27,241.276
4+900.00	6.151	12.253	10.000	122.530	27,363.806
4+918.19	5.986	12.137	9.095	110.386	27,474.192

Tabla II.23. Volumen de material de banco para la ZT-04.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	7.347	-	-	-	-
0+020.00	7.317	14.664	10.000	146.640	146.640

Tabla II.23. Volumen de material de banco para la ZT-04.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+040.00	7.287	14.604	10.000	146.040	292.680
0+060.00	7.262	14.549	10.000	145.490	438.170
0+080.00	7.275	14.537	10.000	145.370	583.540
0+100.00	7.288	14.563	10.000	145.630	729.170
0+120.00	7.305	14.593	10.000	145.930	875.100
0+140.00	7.333	14.638	10.000	146.380	1,021.480
0+160.00	7.407	14.740	10.000	147.400	1,168.880
0+180.00	7.401	14.808	10.000	148.080	1,316.960
0+200.00	7.308	14.709	10.000	147.090	1,464.050
0+220.00	7.210	14.518	10.000	145.180	1,609.230
0+240.00	6.604	13.814	10.000	138.140	1,747.370
0+260.00	6.074	12.678	10.000	126.780	1,874.150
0+280.00	6.350	12.424	10.000	124.240	1,998.390
0+300.00	6.762	13.112	10.000	131.120	2,129.510
0+320.00	6.992	13.754	10.000	137.540	2,267.050
0+340.00	6.992	13.984	10.000	139.840	2,406.890
0+360.00	6.992	13.984	10.000	139.840	2,546.730
0+380.00	6.992	13.984	10.000	139.840	2,686.570
0+400.00	6.992	13.984	10.000	139.840	2,826.410
0+420.00	6.992	13.984	10.000	139.840	2,966.250
0+440.00	6.992	13.984	10.000	139.840	3,106.090
0+460.00	6.992	13.984	10.000	139.840	3,245.930
0+480.00	6.871	13.863	10.000	138.630	3,384.560
0+500.00	6.416	13.287	10.000	132.870	3,517.430
0+515.30	6.171	12.587	7.650	96.291	3,613.721

Tabla II.24. Volumen de material de banco para la ZT-05.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	6.092	-	-	-	-
0+020.00	6.018	12.110	10.000	121.100	121.100
0+040.00	5.971	11.989	10.000	119.890	240.990
0+060.00	5.867	11.838	10.000	118.380	359.370
0+080.00	5.783	11.650	10.000	116.500	475.870
0+100.00	5.712	11.495	10.000	114.950	590.820
0+120.00	5.600	11.312	10.000	113.120	703.940
0+140.00	5.525	11.125	10.000	111.250	815.190
0+160.00	5.635	11.160	10.000	111.600	926.790
0+180.00	5.608	11.243	10.000	112.430	1,039.220
0+200.00	4.857	10.465	10.000	104.650	1,143.870
0+220.00	4.832	9.689	10.000	96.890	1,240.760
0+240.00	4.832	9.664	10.000	96.640	1,337.400
0+260.00	4.832	9.664	10.000	96.640	1,434.040
0+280.00	4.832	9.664	10.000	96.640	1,530.680

Tabla II.24. Volumen de material de banco para la ZT-05.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+300.00	4.832	9.664	10.000	96.640	1,627.320
0+320.00	4.832	9.664	10.000	96.640	1,723.960
0+340.00	1.519	6.351	10.000	63.510	1,787.470
0+360.00	3.007	4.526	10.000	45.260	1,832.730
0+380.00	3.007	6.014	10.000	60.140	1,892.870
0+400.00	3.007	6.014	10.000	60.140	1,953.010
0+420.00	3.007	6.014	10.000	60.140	2,013.150
0+440.00	3.007	6.014	10.000	60.140	2,073.290
0+455.69	3.007	6.014	7.845	47.180	2,120.470

Tabla II.25. Volumen de material de banco para la ZT-06

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	6.203	-	-	-	-
0+020.00	6.036	12.239	10.000	122.390	122.390
0+040.00	5.936	11.972	10.000	119.720	242.110
0+060.00	5.778	11.714	10.000	117.140	359.250
0+080.00	5.750	11.528	10.000	115.280	474.530
0+100.00	5.844	11.594	10.000	115.940	590.470
0+120.00	6.005	11.849	10.000	118.490	708.960
0+140.00	5.940	11.945	10.000	119.450	828.410
0+160.00	5.933	11.873	10.000	118.730	947.140
0+180.00	6.080	12.013	10.000	120.130	1,067.270
0+200.00	6.228	12.308	10.000	123.080	1,190.350
0+220.00	6.393	12.621	10.000	126.210	1,316.560
0+240.00	6.605	12.998	10.000	129.980	1,446.540
0+260.00	6.794	13.399	10.000	133.990	1,580.530
0+280.00	6.449	13.243	10.000	132.430	1,712.960
0+300.00	5.838	12.287	10.000	122.870	1,835.830
0+320.00	5.466	11.304	10.000	113.040	1,948.870
0+340.00	5.211	10.677	10.000	106.770	2,055.640
0+360.00	4.976	10.187	10.000	101.870	2,157.510
0+380.00	4.506	9.482	10.000	94.820	2,252.330
0+400.00	4.369	8.875	10.000	88.750	2,341.080
0+420.00	4.160	8.529	10.000	85.290	2,426.370
0+440.00	5.371	9.531	10.000	95.310	2,521.680
0+460.00	4.024	9.395	10.000	93.950	2,615.630
0+480.00	4.404	8.428	10.000	84.280	2,699.910
0+500.00	4.592	8.996	10.000	89.960	2,789.870
0+520.00	4.698	9.290	10.000	92.900	2,882.770
0+540.00	4.900	9.598	10.000	95.980	2,978.750
0+560.00	4.991	9.891	10.000	98.910	3,077.660
0+580.00	4.831	9.822	10.000	98.220	3,175.880

Tabla II.25. Volumen de material de banco para la ZT-06

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+600.00	4.677	9.508	10.000	95.080	3,270.960
0+620.00	4.678	9.355	10.000	93.550	3,364.510
0+640.00	4.888	9.566	10.000	95.660	3,460.170
0+660.00	5.130	10.018	10.000	100.180	3,560.350
0+667.71	4.771	9.901	3.855	38.168	3,598.518

Tabla II.26. Volumen de material de banco para la ZT-07.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m^3)	Volumen Acumulado (m^3)
0+000.00	7.015	-	-	-	-
0+020.00	6.855	13.870	10.000	138.700	138.700
0+040.00	6.755	13.610	10.000	136.100	274.800
0+060.00	6.789	13.544	10.000	135.440	410.240
0+080.00	6.832	13.621	10.000	136.210	546.450
0+100.00	6.803	13.635	10.000	136.350	682.800
0+120.00	6.812	13.615	10.000	136.150	818.950
0+140.00	6.825	13.637	10.000	136.370	955.320
0+160.00	6.900	13.725	10.000	137.250	1,092.570
0+180.00	7.113	14.013	10.000	140.130	1,232.700
0+200.00	7.018	14.131	10.000	141.310	1,374.010
0+220.00	6.924	13.942	10.000	139.420	1,513.430
0+240.00	6.834	13.758	10.000	137.580	1,651.010
0+260.00	6.517	13.351	10.000	133.510	1,784.520
0+280.00	6.084	12.601	10.000	126.010	1,910.530
0+300.00	5.942	12.026	10.000	120.260	2,030.790
0+320.00	5.880	11.822	10.000	118.220	2,149.010
0+340.00	5.790	11.670	10.000	116.700	2,265.710
0+360.00	5.620	11.410	10.000	114.100	2,379.810
0+380.00	5.512	11.132	10.000	111.320	2,491.130
0+395.30	5.306	10.818	7.650	82.758	2,573.888

Tabla II.27. Volumen de material de banco para la ZT-08.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m3)	Volumen Acumulado (m3)
0+000.00	5.239	-	-	-	-
0+020.00	4.939	10.178	10.000	101.780	101.780
0+040.00	4.585	9.524	10.000	95.240	197.020
0+060.00	4.264	8.849	10.000	88.490	285.510
0+080.00	4.648	8.912	10.000	89.120	374.630
0+100.00	5.266	9.914	10.000	99.140	473.770
0+120.00	5.289	10.555	10.000	105.550	579.320
0+140.00	5.064	10.353	10.000	103.530	682.850

Tabla II.27. Volumen de material de banco para la ZT-08.

Cadenamiento	Área	A1 + A2	Distancia (m)	Volumen Parcial (m3)	Volumen Acumulado (m3)
0+160.00	4.844	9.908	10.000	99.080	781.930
0+180.00	5.211	10.055	10.000	100.550	882.480
0+200.00	5.035	10.246	10.000	102.460	984.940
0+220.00	1.493	6.528	10.000	65.280	1,050.220
0+240.00	5.553	7.046	10.000	70.460	1,120.680
0+260.00	5.686	11.239	10.000	112.390	1,233.070
0+280.00	5.855	11.541	10.000	115.410	,348.480
0+300.00	5.945	11.800	10.000	118.000	1,466.480
0+320.00	5.837	11.782	10.000	117.820	1,584.300
0+340.00	5.799	11.636	10.000	116.360	1,700.660
0+360.00	5.775	11.574	10.000	115.740	1,816.400
0+380.00	5.659	11.434	10.000	114.340	1,930.740
0+400.00	5.708	11.367	10.000	113.670	2,044.410
0+410.64	5.701	11.409	5.320	60.696	2,105.106

El volumen total estimado de material es de 52,399 m^3. A este material se le considera un factor de abundamiento de 1.15, por lo tanto, el volumen de material de banco a ocupar para la conformación de los bordos perimetrales es de 60,259.14 m^3. Esto equivale aproximadamente a 4,305 cargas transportadas en los camiones de volteo en un plazo máximo de 3 meses, lo que equivaldría a entre 47 y 57 viajes por día en promedio.

II.5.11 Colocación de barreras antiturbidez.

El ejecutar los trabajos de dragado implica la remoción y resuspensión de sedimentos, y por consiguiente, un incremento de los niveles de turbidez que si no se controla puede generar una serie de afectaciones ambientales. Las barreras flotantes antiturbidez se utilizan para controlar y contener los sedimentos dentro del área inmediata al lugar de trabajo, lo que evita que migre más allá de espacio dragado y afecte la vida marina. Las barreras antiturbidez protegen el agua, la vida marina y el medio ambiente.

Durante el tiempo que dure el bombeo de material hacia las zonas de tiro se emplearán estas barreras antiturbidez. Tanto para el dragado auxiliar como para el dragado de construcción, se habilitará una barrera construida a base de geotextil y boyas, que impedirán la filtración de sólidos en suspensión producidos durante los trabajos de dragado, con el fin de mitigar el impacto negativo que pudiera generar la obra.

Para evaluar cualitativa y cuantitativamente el efecto de la resuspensión de sedimentos por el efecto de dragado se llevó a cabo una modelación tridimensional del transporte de sedimentos producto del dragado. Una vez conocida la pluma de material en suspensión, por la remoción del material que efectúen los equipos de dragado, será posible mejorar el control y contención de la dispersión de dicho material en áreas de trabajo inmediatas, delimitadas con el empleo de las barreras antiturbidez.



Figura II.55. Ejemplo de trabajos ejecutados confinando sedimento en suspensión con malla antiturbidez respecto al estado que presenta el mar.

La malla o barrera antiturbidez crea una separación entre el agua limpia y el agua turbia, por lo que su uso tiene el fin de controlar y confinar el sedimento dentro de dicha área de trabajo. Las mallas o barreras antiturbidez se han considerado de 3.00 metros de profundidad para el caso de la pasarela y de 15.00 metros de profundidad para las dársenas de atraque y maniobras. Dichas barreras se componen de:

- Flotes encapsulados en bolsillos de lona de PVC de 22 oz/yd^2.
- Lona fabricada de poliéster recubierto de PVC con aditivos para resistir rayos ultravioletas.
- Miembro tensor superior, la barrera cuenta con dos cables de acero inoxidable, uno sobre el flote y el otro debajo del mismo. estos cables corren a lo largo del tramo empezando en un conector y terminando en el otro, los cables están encapsulados dentro del tubo de PVC y este dentro de la lona para que forme parte integral de la barrera.
- Conectores/uniones. cada extremo de la barrera, cuenta con un conector de 36" ASTM tipo pesado, extruido de aluminio grado marino. dichos conectores contaran con ojillos en ambos lados para permitir que el sistema de anclaje sea sujetado.
- Parte central de barreras (permeable), el centro de la barrera es fabricado de dos materiales, el primero que va a todo alrededor es de poliéster de 6 onzas recubierto de PVC. el segundo material en el área de filtración es de geotextil de filtración con monofilamentos de polipropileno. Además cuenta con cuerda de polipropileno de 3/8" encapsulada en lona, empezando por el conector y terminando un poco antes del lastre.
- Parte inferior (lastre), cuenta con una cadena galvanizada de 3/8" como lastre y como miembro tensor inferior, dicha cadena esta encapsulada en un bolsillo de doble capa de lona de PVC. la cadena termina en platino y grillete de acero inoxidable para permitir que un tramo conecte a otro, transfiriendo cualquier tensión.

De acuerdo a la profundidad existente variará el lastre de dicha malla, es decir, entre más profunda sea la barrera será de mayor espesor la cadena galvanizada a utilizar. También se podrán colocar muertos y/o anclas para garantizar la estabilidad de la barrera antiturbidez. En ese sentido, se irá recorriendo dicha barrera o barreras según sea el caso, a las profundidades de acuerdo a proyecto.

La Figura II.56 a la Figura II.60 presentan con fines ilustrativos algunos ejemplos de barreras antiturbidez y su utilización en trabajos de dragado.



Figura II.56. Vista de la malla antiturbidez instalada.



Figura II.57. Vista aérea de la utilización de la malla o barrera antiturbidez.



Figura II.58. Vista de los trabajos ejecutados confinados en la malla antiturbidez respecto al estado que presenta el mar.



Figura II.59. Vista aérea de la utilización de la malla antiturbidez.



Figura II.60. Composición de la malla antiturbidez.

Para el caso de la pasarela, se ha considerado ocupar 141 tramos de la malla antiturbidez de 3 metros de longitud cada uno, esto por proponer dos frentes de trabajo.

En el caso de las dársenas (atraque y maniobras), así como el resguardo de talud, se ha considera ocupar 113 tramos de malla antiturbidez de 15 metros de longitud cada uno, de igual manera se han propuesto dos frentes de trabajo.

Además, como medida preventiva para evitar la dispersión hacia el interior de la Bahía de Ohuira de los sólidos en suspensión producidos por la turbulencia generada por la penetración de los pilotes en el fondo marino, se colocará una malla antiturbidez la cual cumplirá la función de contener todos aquellos solidos generados, los cuales están propensos a ser transportados por las corrientes marinas a otras zonas de la laguna, con la probabilidad de ocasionar en ella algún impacto ambiental adverso a la misma. Esta malla antiturbidez se compone de una barrera flotante de contención y una cortina antiturbidez inferior. La barrera de contención retiene líquidos y sólidos en toda su altura y la cortina antiturbidez deja pasar líquidos, pero no sólidos, para todos los frentes de hincado de pilotes, se confinarán completamente las áreas de trabajo con la malla antiturbidez.

Para el caso de la pasarela, se ha considerado ocupar 141 tramos de la malla antiturbidez de 3 metros de longitud cada uno, esto por proponer dos frentes de trabajo.

En el caso de las dársenas (atraque y maniobras), así como el resguardo de talud, se ha considerado ocupar 113 tramos de malla antiturbidez de 15 metros de longitud cada uno, de igual manera se han propuesto dos frentes de trabajo. Para el caso de la dársena de atraque, se ha considerado abarcar toda su periferia con la malla antiturbidez, esto con el fin de abatir tiempos y costos en la ejecución de estos trabajos.

II.5.12 Medidas adicionales de protección al ambiente.

Durante los trabajos de dragado, se tendrá especial cuidado en la preservación del entorno ecológico de la flora y la fauna, se cuidará que no caigan objetos o materiales al agua, se evitarán derrames de sustancias contaminantes al cuerpo de agua, se evitará la propagación de sólidos en suspensión fuera de las áreas de trabajo y que los ruidos producidos por la vibración e impacto de los equipos no sobrepasen los niveles de decibeles que pudieran perturbar a los animales marinos de la zona.

En lo que respecta al dragado, a la empresa encargada de la ejecución de los trabajos se le solicitará emplear medidas técnicas de absorción de sonido, así como aplicar medidas para alertar a los animales marinos del inicio de la hinca de pilotes (por ejemplo, dispositivos de disuasión acústica).

La empresa encargada de la ejecución de los trabajos, deberá cumplir con todas y cada una de las medidas de prevención y mitigación propuestas tanteo en la MIA-R de la Terminal Portuaria PIT como las propuestas en la presente Manifestación de Impacto Ambiental (MIA-P) del proyecto, las cuales se consideran que son viables de ser instrumentadas y congruentes con el tipo de afectación que se pretende prevenir y/o compensar, mismas que consisten en desarrollar un Programa de Rescate de Fauna Acuática, Restitución de la Vegetación en Zonas Afectadas y una serie de medidas adicionales orientadas a mitigar los impactos adversos al ambiente.

Así también la empresa encargada de la ejecución de los trabajos, presentará informes de cumplimiento de términos y condicionantes establecidas en el resolutivo y de las medidas de mitigación propuestas en esta MIA-P; para la ejecución de lo anterior deberá integrar un Plan de Manejo Ambiental, en donde especifique las actividades y procedimientos que aplicará en cada etapa del proyecto e impactos que se atenderán, además de dicho plan, deberá considerar los aspectos señalados en la condicionante del resolutivo.

Adicional a esta medida, se cuenta con un plan de contingencia que tendrá que cumplirse en caso de ocurrir un derrame de combustible durante la ejecución de la obra, en el que se respetan los lineamientos establecidos por la normatividad correspondiente.

II.6 Operación y mantenimiento.

En este proyecto no existe una etapa de operación debido a que no se contempla la realización de actividades adicionales una vez concluida la construcción de las zonas de tiro. Las zonas de tiro tampoco requieren mantenimiento, por lo que al finalizar las obras el terreno no tendrá alteraciones posteriores relacionadas con el presente proyecto.

II.7 Abandono del sitio.

En este proyecto el abandono del sitio ocurre al concluir el depósito del material de dragado. Una vez que se haya terminado de configurar las zonas de tiro y estas hayan sido ocupadas el terreno se mantendrá sin alteraciones adicionales de manera que se desarrolle una nueva capa de vegetación nativa.

De igual forma, el terreno podría ser utilizado posteriormente para el desarrollo de otros proyectos, para lo cual en su momento se solicitaría la autorización respectiva.

II.8 Requerimiento de Personal.

En relación con el personal empleado para la construcción de las zonas de tiro, se estima que habrá un máximo de 184 trabajadores, de acuerdo a lo que se presenta en Figura II.61 y la Tabla II.28.

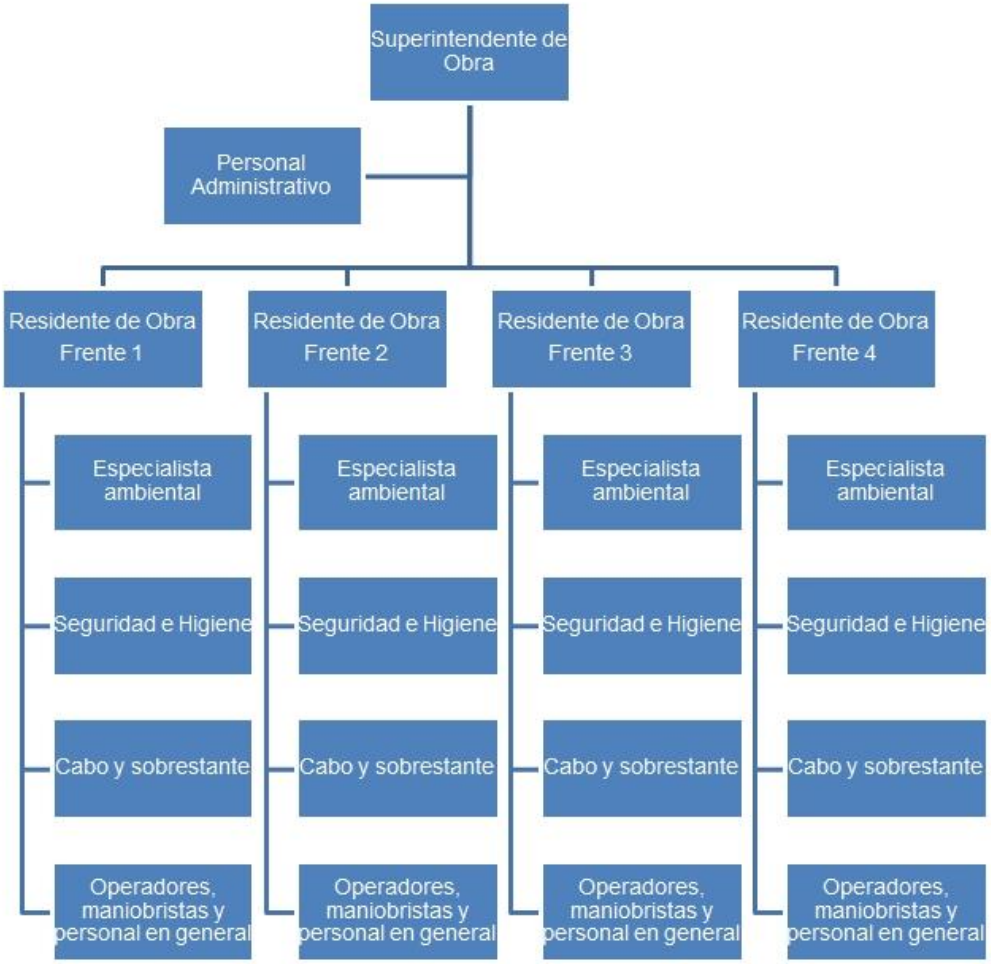


Figura II.61. Organigrama de personal requerido para el proyecto.

Cabe señalar que para el proyecto se tomarán en cuenta criterios como las adiciones a la Ley de Obras Publicas y Servicios Relacionados con las Mismas, Artículo 31, fracción XXI, que se considerará la utilización de la mano de obra local en un mínimo del 30% del total empleado.

También se contempla recurrir a una empresa especializada para obtener los servicios de seguridad y aseo.

Tabla II.28. Personal requerido para el proyecto de las zonas de tiro.

Categoría	Cantidad	Tiempo
Administración y Dirección	22	9 meses
Seguridad, Higiene y Medio ambiente	8	9 meses
Maniobristas	15	9 meses
Operadores de maquinaria	16	3.5 meses
Mantenimiento	5	3.5 meses
Servicios técnicos	14	9 meses
Cabos, Sobrestante	4	3.5 meses
Trabajadores en general	84	9 meses
Operadores de lanchas y remolcadores	16	5 meses
Total	**184**	

II.9 Insumos Requeridos.

II.9.1 Materiales requeridos.

Para la construcción de las zonas de tira y para el bombeo de los sedimentos hasta el sitio de depósito se requieren lo insumos que se presentan en la Tabla II.29. La Tabla II.30 presenta el volumen de material de banco que se emplearán.

Tabla II.29. Listado de los principales insumos requeridos.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
MA-MALL001	Malla antiturbidez tipo 3 de 3 m de profundidad	Tramo	141.00
MA-MALLA002	Malla antiturbidez tipo 3 de 15 m de profundidad	Tramo	113.00
MA-MATBCOBOR	Material de banco	m^3	60,252.24
MA-TUBDRAG002	Tubería de alta densidad de 28” diámetro	m	12,604.31
MA-TUBDRAG01	Tubería de alta densidad de 18” diámetro	m	9,376.26

Tabla II.30. Material de banco para la conformación de bordos.

Pos.	Descripción	Unidad	Volumen
1	**Material de bordos perimetrales**		
1.1	Material de banco limo arenoso	m^3	60,259.14

II.9.2 Combustibles.

La Tabla II.31 presenta el consumo estimado de combustibles requerido para el proyecto. Como se señaló en el Apartado II.4.1, el suministro de estos materiales se hará a través de los establecimientos localizados en la población más cercana, como lo es Topolobampo o gasolineras en la carretera Los Mochis-Topolobampo.

Tabla II.31. Listado de los combustibles requeridos para el proyecto.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
MA-DIÉSEL	Diésel	L	7’828,170.00
MA-GASOLINA	Gasolina	L	1’171,496.30
MA-LUBRICANTE	Lubricante	L	213,187.88

Los combustibles como diésel o gasolina y los lubricantes, dependiendo de las demandas de la maquinaria, deberán encontrarse en el inventario permanente y almacenarse en un contenedor con capacidad suficiente.

II.9.3 Electricidad.

Para la operación de los equipos en oficinas móviles será necesaria la generación de electricidad mediante el uso de generadores portátiles, mismos que será responsabilidad de la empresa contratista.

II.9.4 Agua.

Es de suma importancia considerar que, durante la ejecución de los trabajos, el consumo de agua es indispensable y se debe almacenar con el fin de no detener ninguna actividad por no tener una fuente de abastecimiento en el sitio. Los principales destinos de este recurso son para higiene del personal, la ingestión de agua y consumo de agua cruda.

Tabla II.32. Volumen de agua que se requerirá para el desarrollo del proyecto.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad
MA-AGUAPIPA	Agua de pipa	m^3	22,581.53

II.9.5 Utilización de explosivos.

El proyecto no requerirá del uso de explosivos.

II.10 Maquinaria y equipo.

Para la realización del proyecto se empleará la maquinaria que se presenta en la Tabla II.33, que corresponde a los equipos requeridos para movilizar el material de dragado y para conformar los bordos de contención.

Tabla II.33. Maquinaria que se utilizará durante los trabajos.

Equipo	Cantidad	Tiempo de uso	Combustible utilizado (L)	Niveles de Ruido (dB)
Draga estacionaria de succión con cortador	2	2 meses	1’565,634.00	120
Draga autopropulsable con cántara integrada	2	3 meses	1’565,634.00	130
Estaciones de rebombeo de 18” diámetro	10	3 meses	1’423,303.60	120
Estaciones de rebombeo de 28” diámetro	12	3 meses	1’707,964.32	130
Excavadora 312C	3	3.5 meses	521,877.99	74
Tractor D8	3	3.5 meses	521,877.99	114
Vibrocompactador CS533E	3	3.5 meses	521,877.99	107
Lanchas de fibra de vidrio de 115 HP	16	3 meses	1’171,496.30	105

Durante todo el tiempo que dure la obra, se debe prevenir o en determinada situación, reparar de inmediato cualquier daño, menoscabo, avería o accidente que la maquinaria sufriere, de ser necesario retirar y sustituir la maquinaria averiada por una en buenas condiciones para continuar con los trabajos establecidos.

Se deberá confiar el uso de la maquinaria a personal calificado con autorizaciones y permisos que se requieran para su uso, manipulación o conducción.

Cabe señalar que la contratista presentará, en su momento, un programa de mantenimiento menor de todas y cada una de las maquinarias utilizadas en las obras en ejecución y para lo cual, se tendrá un lugar destinado para tal fin dentro del área concedida para campamento e instalaciones provisionales. Dicho lugar cumplirá estrictamente con todas las medidas en el ámbito de ecología, seguridad, salud e higiene.

II.11 Residuos Generados.

II.11.1 Aguas residuales.

Los residuos líquidos que se generarán durante la construcción serán principalmente aquellos de los servicios sanitarios de los trabajadores. Para esto se utilizarán letrinas portátiles. La empresa a la que se renten estas unidades dispondrá de estos residuos de la forma y en el sitio que sea designado por el municipio para este fin, evitando las descargas directas al mar.

II.11.2 Residuos Sólidos.

Durante el desarrollo de la obra y en función a la cantidad de personal trabajando en la misma, así como del número de equipos y maquinarias operando, se tiene una estimado aproximado de la generación de residuos para toda la duración del proyecto (Tabla II.34).

Se generan en el proceso de construcción de las zonas de tiro y son generalmente por plásticos y cartones, procedentes de botellas de agua, refrescos, envolturas de accesorios, equipo de seguridad, etc., que en algún momento puede tener contacto con material a depositar o con lodo a causa de las temporadas de lluvia en la zona. Estos residuos, serán recolectados y se depositara en bolsas que estén debidamente selladas y depositadas en un tambor con el fin de no permitir el escurrimiento de lixiviados, hasta llegar a un basurero municipal o relleno sanitario de la zona. El área de mayor generación de residuos de almacenamiento temporal es el campamento provisional.

Tabla II.34. Residuos sólidos (basura) generados en la obra.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Disposición final
1	Basura	ton	24.98	Basurero municipal

II.11.3 Residuos peligrosos.

Con base en la NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación y los listados de los residuos peligrosos, así como la

consideración de que las disposiciones de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos son de orden público e interés social. Los residuos peligrosos, en cualquier estado físico, por sus características corrosivas, reactivas, inflamables, tóxicas, y biológico-infecciosas, y por su forma de manejo pueden representar un riesgo para el equilibrio ecológico, el ambiente y la salud de la población en general, por lo que es necesario determinar los criterios, procedimientos, características y listados que los identifiquen. En la etapa de construcción los residuos que se pueden generar incluyen:

Aceites gastados: se generan durante el mantenimiento preventivo en equipos, éstos serán almacenados en tambores de doscientos litros, debidamente cerrados, identificados, clasificados y en un lugar especial, para posteriormente ser transportados de manera adecuada y con los permisos correspondientes, por parte de la empresa especializada.

Estopa con aceite: En el caso de las estopas contaminadas con aceite o grasa, a consecuencia del uso en mantenimiento de equipos, su destino final estará a cargo de una empresa autorizada, la cual se encargará de su traslado y disposición final.

En función a la cantidad de personal trabajando en la misma, así como del número de equipos y maquinarias operando, se tiene un estimado aproximado de la generación de residuos peligrosos (Tabla II.35). El área de mayor generación de estos residuos son las estaciones de rebombeo, las áreas donde opera maquinaria pesada, el área de taller y los equipos de dragado. El almacenamiento temporal estará en el campamento provisional.

Tabla II.35. Residuos peligrosos generados en la obra.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Disposición final
1	Aceite quemado	L	2,800.00	En depósitos autorizados por la Dependencia correspondiente
2	Estopas, trapos impregnados con grasa	kg	1,000.00	En depósitos autorizados por la dependencia correspondiente

II.12 Políticas de seguridad, higiene y medio ambiente laboral.

Durante la construcción de las zonas de tiro y como parte de las políticas de seguridad que la empresa aplica en **todos** sus proyectos, las actividades del proyecto se someterán a una evaluación de riesgos laborales para identificar las condiciones óptimas de trabajo e implementar las medidas adecuadas.

La empresa tiene el compromiso de proveer un ambiente de trabajo sano y seguro para todos sus empleados y quienes laboren, entren o visiten las áreas de trabajo. La política de la empresa será administrar y consultar las operaciones y los negocios de forma tal que:

- Se eviten los incidentes que puedan dañar a las personas o afectar las propiedades y/o el medioambiente.

- Se proporcione un ambiente de trabajo libre de cualquier riesgo potencial conocido.

- Se proporcione un entrenamiento adecuado a los empleados para permitirles cumplir con su responsabilidad de trabajar de forma segura y protegiendo al medioambiente.

Se considera que el éxito del Programa de Salud, Higiene y Medioambiente ocurrirá y dependerá con apoyo de todos, empezando por el equipo de liderazgo o grupo núcleo hasta involucrar activamente a todos los empleados que laboren en el proyecto. La empresa está comprometida con destinar y proveer todos los recursos necesarios para promover e implementar este programa.

Por tanto, se establecerán mecanismos para solicitar y recibir de los empleados comentarios, información y asistencia en áreas donde intervenga la administración de riesgos, seguridad e higiene. Se cumplirá con toda la normatividad local en materia de seguridad e higiene y se adoptarán las mejores prácticas administrativas.

La empresa está comprometida con la salud, seguridad y sustentabilidad ambiental y tales consideraciones estarán incorporadas en todos los procesos y en la contabilidad del

negocio. Esta política aplica para todos los empleados y personas afectadas o asociadas en cualquier manera con las operaciones que se desarrollen.

De forma adicional, la empresa cree que para promover de manera efectiva el control de pérdidas y para mejorar el desempeño en seguridad hace falta una filosofía deliberada y documentada, que debe ser aprendida, internalizada y aplicada por cada empleado en sus operaciones. La Filosofía de Seguridad e Higiene presentada a continuación establece los principios rectores para la conducción día a día de PIT. Estos son como se describe a continuación:

a) Todas las lesiones y enfermedades laborales pueden ser prevenidas;

b) La administración es directamente responsable de lograrlo, con cada nivel rindiendo cuentas al nivel superior y responsable para con el nivel inferior;

c) Trabajar con seguridad es una condición continua del empleo.

d) La capacitación es esencial para la sustentabilidad de la seguridad e higiene en todas las áreas. La capacitación incluye el establecer para cada trabajo procedimientos y estándares de desempeño en seguridad.

e) Se deben realizar auditorías de seguridad.

f) Los riesgos potenciales deben ser identificados, evaluados y corregidos con prontitud mediante modificaciones, cambios en procedimientos, mejoras en la capacitación y/o disciplina constructiva.

g) Todos los incidentes y lesiones / enfermedades ocupacionales por prácticas no seguras serán investigadas. Esto incluye los casos que se logró evitar el daño.

h) La seguridad fuera del trabajo es tan importante como la seguridad en las labores.

i) La prevención de accidentes es redituable; el mayor costo es el sufrimiento humano.

j) La participación de los empleados es un elemento crítico en el programa de Prevención de Accidentes y Control de Pérdidas.

II.13 Planes de Desarrollo a Futuro.

En este momento no se cuenta con planes específicos para el desarrollo del área en que se establecerán las zonas de tiro.

Cuando se termine el depósito del material de dragado cesarán todas las actividades en las zonas de tiro y cualquier uso o actividad que posteriormente se realizase ahí será independiente de lo que se presenta en esta MIA-P.

- En el sitio podría desarrollarse cualquier tipo de proyecto que sea congruente con los programas de ordenamiento de la región, ya que el depósito de material no necesariamente representa un uso final del área.

- Posteriormente es posible realizar trabajos de mejoramiento y acondicionamiento del sitio con materiales importados de banco para mejorar sus características geotécnicas de manera que pueda ser utilizado para otros proyectos.

- En tal caso, cualquier proyecto subsecuente se sometería al proceso de autorización ante la autoridad correspondiente, según las características del mismo.

III. VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN SOBRE USO DEL SUELO.

III.1 Vinculación con las Políticas e Instrumentos de Planeación del Desarrollo en la Región.

lll.1.1 Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024.

El artículo 26 constitucional establece la existencia del PND al que se sujetarán obligatoriamente los programas de la Administración Pública Federal. El Ejecutivo Federal está facultado para establecer los procedimientos de participación y consulta popular en el sistema planeación, y los criterios para la formulación, instrumentación, control y evaluación del plan y los programas de desarrollo.

De igual forma, el texto constitucional determina que el Plan Nacional de Desarrollo deberá considerar la continuidad y adaptaciones necesarias de la política nacional para el desarrollo industrial, con vertientes sectoriales y regionales.

El proyecto no corresponde a ningún sector específico del Plan Nacional de Desarrollo, sino que complementa el desarrollo de las obras para llevar a cabo un proyecto de infraestructura, como lo es la Terminal Portuaria PIT. En ese sentido el proyecto puede relacionarse con el objetivo del PND de impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el empleo. El actual gobierno federal busca impulsar la reactivación económica y lograr que la economía vuelva a crecer a tasas aceptables.

La vigencia del Plan será exclusivamente por el periodo constitucional del Presidente de la República. No obstante, sin perjuicio de lo anterior, debe contener consideraciones y proyecciones de por lo menos veinte años, para lo cual tomará en consideración los objetivos generales de largo plazo que, en su caso, se establezcan conforme a los tratados internacionales y las leyes federales.

III.1.2 Plan Estatal de Desarrollo (PED) 2017-2021.

El Plan Estatal de Desarrollo (PED) de Sinaloa, publicado en el Periódico Oficial "El Estado de Sinaloa" del 30 de junio de 2017, establece una serie de acciones y políticas, las cuales están integradas en cinco ejes: Desarrollo Económico, Desarrollo Humano y Social, Desarrollo Sustentable e Infraestructura, Seguridad y Protección Civil y Gobierno Eficiente y Transparente. El proyecto de disposición del material de dragado que aquí se presenta forma parte del proyecto de construcción de la Terminal Portuaria PIT, que se relaciona con el eje de Desarrollo Sustentable e Infraestructura (Tabla III.1).

A pesar de que Sinaloa subió dos posiciones en competitividad nacional de 2012 a 2014, con un destacado papel de la entidad en producción primaria, no ha sido suficiente para contar con una economía fuerte que garantice su crecimiento y lo posicione mejor. Para impulsar a un sector agropecuario competitivo, rentable, sustentable y moderno, este Plan plantea promover prácticas de producción responsable y sustentable, en tres elementos: políticas de precios, de recursos y de acceso. Con dichos elementos se vincula el proyecto de depósito del material de dragado que forma parte del esquema integral de la planta de amoniaco, que facilitará el acceso a los insumos agrícolas.

Por otra parte, el aumento de las inversiones y el gasto en infraestructura reduce restricciones al desarrollo productivo, mitiga presiones inherentes a la urbanización y establece bases para la sustentabilidad.

Tabla III.1. Relación del proyecto con los objetivos del Plan Estatal de Desarrollo de Sinaloa.

Objetivo	Proyecto
Eje Estratégico I. Desarrollo Económico	
Eje Estratégico III. Desarrollo Sustentable e Infraestructura	
Tema 5. Infraestructura Competitiva e Incluyente **Objetivo 1:** Aumentar la competitividad del estado mediante la disponibilidad de infraestructura de calidad. **Estrategia 1.1:** Fortalecer el impacto de obras de infraestructura con el establecimiento de un organismo de planeación y la formulación de los estudios y proyectos para las obras prioritarias. **Línea de acción 1.1.2:** Establecer las obras de infraestructura prioritarias a corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta sus impactos en la competitividad, la calidad de vida y el desarrollo regional sustentable. **Línea de acción 1.1.3:** Gestionar estudios y proyectos para las obras de gran magnitud en el estado.	El establecimiento de un sitio para depositar el material de dragado de la construcción de la Terminal Portuaria PIT, permitirá que aumentar la competitividad del estado, al disponer de infraestructura de calidad que incremente el alcance del comercio internacional del estado. En ese sentido. Aunque el depósito del material de dragado no es por sí misma una obra prioritaria, en conjunto con el desarrollo previsto para Topolobampo en relación con el sector de los agroquímicos si contribuye a avanzar en la dirección que plantea este eje.

III.1.3 Plan Municipal de Desarrollo 2018 – 2021.

El Plan Municipal de Desarrollo (PMD) que regirá el gobierno municipal de Ahome de 2018-2021, señala que se busca construir un gobierno, democrático, honesto, transparente y eficiente. El Plan está articulado en cinco ejes temáticos, 18 objetivos transversales y 7 objetivos estratégicos, y da cuenta de la estructuración de políticas públicas transversales construidas a partir de diagnósticos precisos sobre la situación actual de los problemas públicos.

En particular, el proyecto complementa obras y actividades que inciden en el Eje III del PMD, correspondiente a la Promoción Económica y Medio Ambiente. En este caso, el Objetivo Transversal 8 busca impulsar el crecimiento de la economía a través de estrategias de desarrollo económico sostenibles, que garanticen las condiciones apropiadas para atraer y retener inversión pública y privada, así como la mejora continua en la calidad de vida de los habitantes del municipio con empleos decentes. La estrategia para esto sería el desarrollar y ejecutar estrategias y planes de acción que permitan de manera efectiva y medible la generación de condiciones óptimas en el municipio de Ahome para el desarrollo económico de sus sectores productivos de forma eficiente e innovadora.

III.2 Instrumentos de Planeación.

III.2.1 Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT).

El Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) está fundamentado en el artículo 26 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Ordenamiento Ecológico (RLGEEPA, última reforma DOF. 31 de octubre de 2014) y fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre del 2012.

Dicho ordenamiento está integrado por la regionalización ecológica que identifica las áreas de atención prioritaria y las áreas de aptitud sectorial, así como por los lineamientos y estrategias ecológicas para la preservación, protección, restauración y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. El POEGT regionaliza el territorio nacional en 145 unidades denominadas Unidades Ambientales Biofísicas (UAB).

De acuerdo con el POEGT todo el Sistema Ambiental (SA) y el sitio para el depósito de material de dragado se ubican en la UAB 32 denominada “Llanuras Costeras y Deltas de Sinaloa” (Figura III.1). Su superficie es de 17,424.36 km^2 y su población total era de 1,966,343 habitantes, entre los que se encuentran individuos de las etnias Mayo y Yaqui.

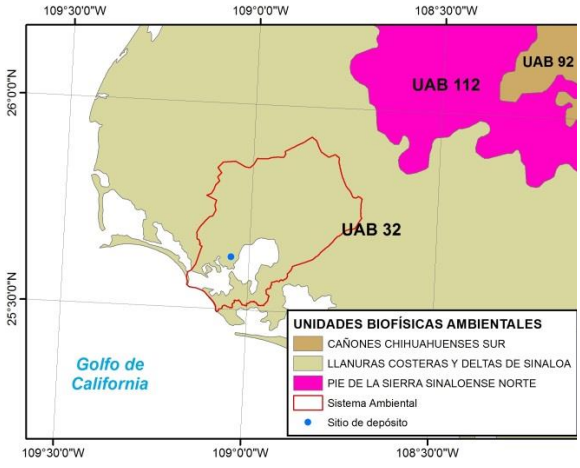


Figura III.1. Unidades Biofísicas Ambientales y Sistema Ambiental.

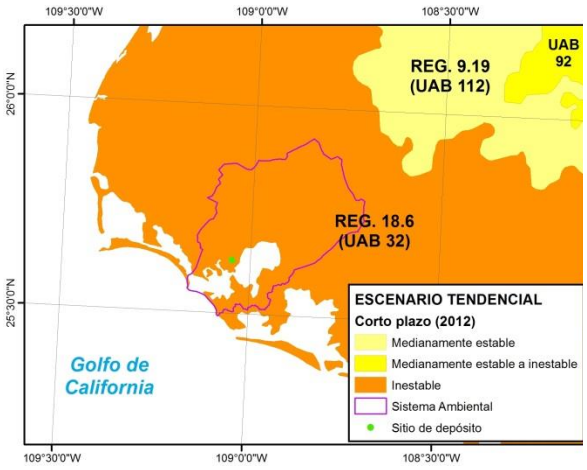


Figura III.2. Estado inicial del ambiente en la UAB 32, correspondiente al año 2012.

El estado actual del medio ambiente (Figura III.2) en esta región es considerado *Inestable*, con conflicto sectorial bajo y muy baja superficie de ANPs. Hay alta degradación de los suelos y muy alta degradación de la vegetación. El uso de suelo es agrícola, y con

disponibilidad de agua superficial y subterránea. La degradación por desertificación es Baja y la modificación antropogénica es de media a alta.

Para los escenarios tendenciales se considera el comportamiento del estado ambiental actual del territorio en una proyección futura a corto, mediano y largo plazo, si prevalecen las tendencias de los procesos negativos que originan los problemas ambientales, sociales, económicos y naturales relacionados con la utilización histórica del mismo. En el caso de la UAB 32, a corto y a mediano plazo se tiene el mismo escenario que el actual; sin embargo, a largo plazo se tiene un escenario de inestable a crítico (Figura III.4).

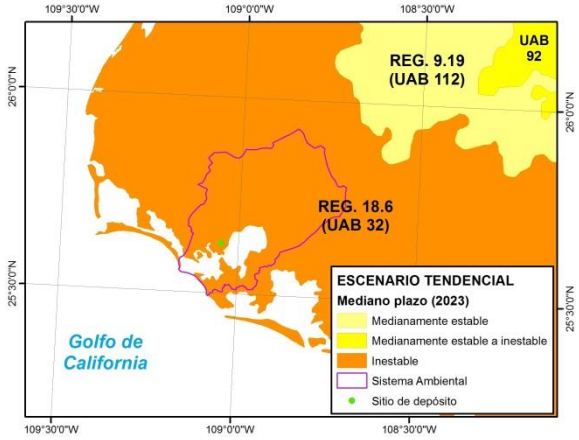


Figura III.3. Escenario tendencial del SA a mediano plazo.

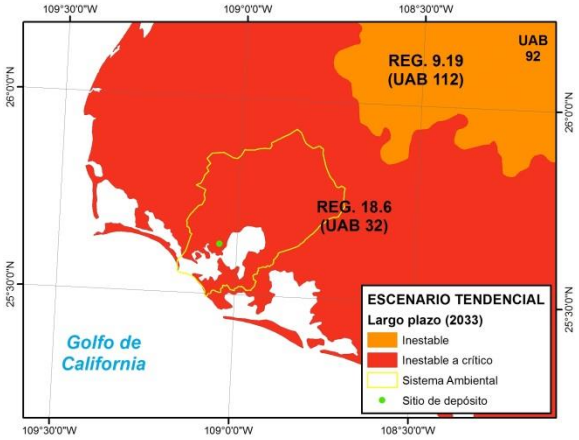


Figura III.4. Escenario tendencial del SA a largo plazo.

Por tal motivo, la política ambiental para esta UAB es de Restauración y Aprovechamiento Sustentable (Tabla III.2), con prioridad de atención Media. El aprovechamiento sustentable, como política, es la utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos. (LGEEPA, Artículo 3, fracción III). Por otra parte, la restauración es el conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. (LGEEPA, Artículos 3, fracción XXXIII).

El proyecto “Depósito de material de dragado”, se inserta dentro de una con tendencia al desarrollo industria regulado por ordenamientos locales, por la cual es completamente compatible con los rectores de desarrollo de la Región Ecológica (Agricultura – Industria).

Tabla III.2. Políticas y Estrategias de la UAB 32.

Política Ambiental: *Restauración y Aprovechamiento Sustentable.*					
UAB	Rectores del desarrollo	Coadyuvantes del desarrollo	Asociados del desarrollo	Otros sectores de interés	Estrategias sectoriales
32	Agricultura - Industria	Ganadería	Desarrollo Social	CFE	4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44

En la Tabla III.3 se presentan las estrategias específicas y cómo el proyecto se alinea con ellas.

Tabla III.3. Estrategias aplicables para la UAB 32 de acuerdo al POEGT.

Grupo I. Dirigidas a lograr la sustentabilidad ambiental del Territorio		
B) Aprovechamiento sustentable	4. Aprovechamiento sustentable de ecosistemas, especies, genes y recursos naturales. 5. Aprovechamiento sustentable de los suelos agrícolas y pecuarios. 6. Modernizar la infraestructura hidroagrícola y tecnificar las superficies agrícolas. 7. Aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. 8. Valoración de los servicios ambientales.	El proyecto se alinea completamente a estas estrategias, toda vez que respetará la integridad funcional del área donde se inserta incluyendo las áreas de manglar, que sólo serán atravesadas temporalmente por la tubería para conducir los sedimentos sin destruir ningún individuo de esta vegetación. También respeta el sistema lagunar, sin extraer recursos ni descargar residuos, por lo que no afectará la capacidad de carga de los ecosistemas. Además, el proyecto no se desarrolla ni afecta suelos pecuarios o agrícolas, ni tampoco se relaciona con infraestructura hidroagrícola ni hace uso de recursos forestales.
C) Protección de los recursos naturales	12. Protección de los ecosistemas. 13. Racionalizar el uso de agroquímicos y promover el uso de biofertilizantes.	El proyecto cumplirá la normatividad aplicable en materia de protección de los ecosistemas. No se requiere el uso de agroquímicos durante el desarrollo del proyecto.
E) Aprovechamiento sustentable de recursos naturales no renovables y actividades económicas de producción y servicios	16. Promover la reconversión de industrias básicas (textil-vestido, cuero-calzado, juguetes, entre otros), a fin de que se posicionen en los mercados doméstico e internacional. 17. Impulsar el escalamiento de la producción hacia manufacturas de alto valor agregado (automotriz, electrónica, autopartes, entre otras). 19. Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero.	El proyecto no promueve la reconversión de industrias;

Tabla III.3. Estrategias aplicables para la UAB 32 de acuerdo al POEGT.

	20. Mitigar el incremento en las emisiones de Gases Efecto Invernadero y reducir los efectos del Cambio Climático, promoviendo las tecnologías limpias de generación eléctrica y facilitando el desarrollo del mercado de bioenergéticos bajo condiciones competitivas, protegiendo la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental.	
Grupo II. Dirigidas al mejoramiento del sistema social e infraestructura urbana		
A) Suelo urbano y vivienda	24. Mejorar las condiciones de vivienda y entorno de los hogares en condiciones de pobreza para fortalecer su patrimonio.	El proyecto no incide en el desarrollo de la vivienda, pero promoverá la creación de empleos, temporales contribuyendo así a reducir la pobreza.
B) Zonas de riesgo y prevención de contingencias	25. Prevenir y atender los riesgos naturales en acciones coordinadas con la sociedad civil. 26. Promover la Reducción de la Vulnerabilidad Física.	El proyecto cumplirá con las normas de protección civil y buscará coordinarse con las autoridades pertinentes. Asimismo, se implementarán políticas y se aplicarán acciones para prevenir los riesgos físicos durante las etapas de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento.
C) Agua y saneamiento	27. Incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento de la región. 28. Consolidar la calidad del agua en la gestión integral del recurso hídrico. 29. Posicionar el tema del agua como un recurso estratégico y de seguridad nacional.	El proyecto no contempla la creación de infraestructura para el acceso público al agua pero tampoco la afecta.
D) Infraestructura y equipamiento urbano y regional	31. Generar e impulsar las condiciones necesarias para el desarrollo de ciudades y zonas metropolitanas seguras, competitivas, sustentables y menos costosas. 32. Frenar la expansión desordenada de las ciudades, dotarlas de suelo apto para el desarrollo urbano y aprovechar el dinamismo, la fortaleza y la riqueza de las mismas para impulsar el desarrollo regional.	El proyecto no está orientado a la creación de infraestructura urbana. Tampoco está orientado a desarrollar proyectos de planeación urbana.
E) Desarrollo Social	35. Inducir acciones de mejora de la seguridad social en la población rural para apoyar la producción rural ante impactos climatológicos adversos. 36. Promover la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y el aprovechamiento integral de la biomasa. Llevar a cabo una política alimentaria integral que permita mejorar la nutrición de las personas en situación de pobreza. 37. Integrar a mujeres, indígenas y grupos vulnerables al sector económico-productivo en núcleos agrarios y localidades rurales vinculadas. 38. Fomentar el desarrollo de capacidades básicas de las personas en condición de pobreza. 39. Incentivar el uso de los servicios de salud, especialmente de las mujeres y los niños de las familias en pobreza. 40. Atender desde el ámbito del desarrollo social, las necesidades de los adultos mayores mediante	El proyecto no contribuirá directamente, en su ámbito de acción, a la diversificación de las actividades productivas en el sector agroalimentario y a la promoción del desarrollo social.

Tabla III.3. Estrategias aplicables para la UAB 32 de acuerdo al POEGT.

	la integración social y la igualdad de oportunidades. Promover la asistencia social a los adultos mayores en condiciones de pobreza o vulnerabilidad, dando prioridad a la población de 70 años y más, que habita en comunidades rurales con los mayores índices de marginación. 41. Procurar el acceso a instancias de protección social a personas en situación de vulnerabilidad.	
Grupo III. Dirigidas al Fortalecimiento de la gestión y la coordinación institucional		
A) Marco Jurídico	42. Asegurara la definición y el respeto a los derechos de propiedad rural.	El proyecto no tiene conflictos con la propiedad rural ya que previamente era propiedad del Gobierno del estado de Sinaloa.
B) Planeación del Ordenamiento Territorial	43. Integrar, modernizar y mejorar el acceso al catastro rural y la información agraria para impulsar proyectos productivos. 44. Impulsar el ordenamiento territorial estatal y municipal y el desarrollo regional mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y concertadas con la sociedad civil.	El proyecto no se relaciona con el catastro rural o proyectos de producción rural. El proyecto podría ser un elemento a considerar en el proceso de desarrollo de un ordenamiento territorial municipal.

III.2.2 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California.

El sitio del proyecto se encuentra en la Unidad de Gestión Costera (UGC) 11 del Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (Figura III.5). Este ordenamiento es un instrumento de la política ambiental, a través del cual se pretende que el gobierno y la sociedad construyan de manera conjunta un proceso de planeación regional en el que se generen, instrumenten y evalúen las políticas públicas dirigidas a lograr un mejor balance entre las actividades productivas y la protección del ambiente.

Bajo este contexto, a lo largo del proceso **se deberán considerar los intereses y las necesidades de los diferentes actores sociales** para establecer, de manera justa, los mecanismos de consenso y negociación en el que converja una visión regional de desarrollo, bajo un esquema de sustentabilidad.

La zona litoral donde se encuentra el puerto de Topolobampo y el sitio del proyecto se localizan en la Unidad de Gestión Costera (UGC) 11 “Sinaloa Norte”, la cual abarca una superficie total de 5,939 km^2 y limita con el litoral del estado de Sinaloa que va de la parte sur de la Bahía de Agiabampo al sur de la Laguna de Navachiste. Sus principales centros de población son Los Mochis, Guasave, Ahome y Topolobampo.



Figura III.5. Ubicación del sitio en el POEM del Golfo de California.

Este ordenamiento presenta los resultados del cálculo diversos índices para establecer la aptitud sectorial. Dicha aptitud se refiere a las zonas donde se presentan aquellas características o condiciones del medio marino-costero que favorecen o permiten el desarrollo de las actividades sectoriales.

Así, **los valores de aptitud alta únicamente reflejan aquellas áreas del Golfo de California que a escala regional son más propicias para el desarrollo de las actividades productivas y de conservación, sin que esto signifique que las actividades con aptitud baja no se puedan desarrollar** o que desde la visión gubernamental se les dé menor importancia. Esto nos indica que el POEM no excluye la posibilidad de ocupar el área requerida para depositar el material dragado. Debe tomarse en cuenta que el programa actúa en una escala regional y no puntual como sería la escala del proyecto. Las actividades alrededor de las cuales gira el cálculo de índices son la conservación, la pesca ribereña, la pesca industrial y el turismo.

Las Tablas Tabla III.4 a la Tabla III.6 presentan los atributos ambientales, las interacciones y el contexto regional de la UGC 11.

Tabla III.4. Principales atributos ambientales que determinan la aptitud de la UGC 11.

Sectores con aptitud predominante	Principales atributos ambientales que determinan la aptitud
Conservación (aptitud alta)	- Alta biodiversidad. - Zonas de distribución de aves marinas. - Zonas de distribución de especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación conforme a la Ley General de Vida Silvestre, entre las que se encuentran la totoaba, el tiburón peregrino, el tiburón ballena, el tiburón blanco, la ballena jorobada y la ballena azul. - Bahías y lagunas costeras, entre las que se encuentran Bahía de Topolobampo - Ohuira, Bahía de Navachiste, parte sur de la Bahía de Agiabampo. - Humedales. - Áreas Naturales Protegidas: Islas San Ignacio, Vinorama, Macapule, Pájaros, Farallón, Santa María y Mazocahue, entre otras, que forman parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas de Golfo de California.
Pesca ribereña (aptitud alta)	- Zonas de pesca de camarón, de escama y de calamar. - Bahías y lagunas costeras, entre las que se encuentran Bahía de Topolobampo - Ohuira, Bahía de Navachiste, parte sur de la Bahía de Agiabampo.
Pesca industrial (aptitud alta)	- Zonas de pesca de camarón, corvina, de pelágicos menores y de calamar
Turismo (aptitud alta)	- Bahías y lagunas costeras, entre las que se encuentran Bahía de Topolobampo - Ohuira, Bahía de Navachiste, parte sur de la Bahía de Agiabampo. - Zonas de distribución de aves marinas. - Infraestructura hotelera y de comunicaciones y transportes. - Áreas Naturales Protegidas: Islas San Ignacio, Vinorama, Macapule, Pájaros, Farallón, Santa María y Mazocahue, entre otras, que forman parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas de Golfo de California.

Tabla III.5. Interacciones predominantes en la UGC 11.

Sectores	Interacciones predominantes
Pesca industrial y Pesca ribereña	- Uso de las mismas especies y/o espacios, particularmente en la pesquería del camarón y captura incidental de especies objetivo de la pesca ribereña por parte de la flota industrial
Pesca industrial y Conservación	- Impacto de la pesca de arrastre sobre el fondo marino y por la captura incidental de especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación conforme a la Ley General de Vida Silvestre. - Zona de pesca de pelágicos menores, recurso considerado como estratégico por el sector Conservación en la distribución de mamíferos marinos. Sinergia potencial si se acuerdan medidas de manejo concertadas.
Pesca ribereña y Conservación	- Captura incidental de especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación conforme a la Ley General de Vida Silvestre.

Tabla III.5. Interacciones predominantes en la UGC 11.

Sectores	Interacciones predominantes
	- Impacto de las artes de pesca (chinchorro de arrastre) sobre el fondo marino y en los sistemas lagunares costeros. - Uso de las islas para el establecimiento de campamento temporales, generando problemas de contaminación, introducción de especies exóticas y perturbación de la flora y fauna en general.

Tabla III.6. Contexto regional de la UGC 11 del POEM del Golfo de California.

Contexto regional	
Nivel de presión terrestre: medio en la parte norte y alto en la parte sur	Asociada principalmente al desarrollo urbano concentrado principalmente en Topolobampo, Los Mochis, Guasave y Ahome y a las actividades agrícola y acuícola (principalmente cultivo de camarón).
Nivel de vulnerabilidad: muy alto	Fragilidad: muy alta.
	Nivel de presión general: muy alto.

El lineamiento ecológico para esta UGC señala que las actividades productivas que se lleven a cabo en esta Unidad de Gestión Ambiental deberán desarrollarse de acuerdo con las acciones generales de sustentabilidad, con el objeto de mantener los atributos naturales que determinan las aptitudes sectoriales, particularmente las de los sectores de pesca ribereña, pesca industrial y conservación que presentan interacciones altas. En esta Unidad se deberá dar un énfasis especial a un enfoque de corrección que permita revertir las tendencias de presión muy alta, la cual está dada por un nivel de presión terrestre medio en la parte norte y alto en la parte sur, así como por un nivel de presión marina alto. En este sentido, en el sitio de depósito, después de la etapa de construcción no se generaran emisiones a la atmósfera ni descargas de agua, por lo que no habrá daños al sistema lagunar que pudiesen afectar las actividades ya mencionadas.

De manera particular, el sitio del proyecto se encuentra dentro de la Unidad Ambiental 2.2.4.21.1.7b, como lo describe el Anexo 2 del Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California, el cual contiene los principales atributos ambientales que determinan la aptitud sectorial de cada UGC.

La Tabla III.7 a la Tabla III.12 presentan las características de esta Unidad Ambiental.

Tabla III.7. Aptitud sectorial en UA 2.2.4.21.1.7b de la UGC11.

CLAVE_UA	Cobertura (%)	Turismo (IATUR)		Pesca Industrial (IAPIN)		Pesca Ribereña (IAPER)		Conservación (ICON)	
2.2.4.21.1.7b	3.5	0.209	Alto	0.908	Alto	0.811	Alto	0.82	Alto

Tabla III.8. Niveles de interacción sectorial en la UGC11.

CLAVE_UA	Cobertura (%)	Turismo - Pesca Industrial		Turismo - Pesca Ribereña		Turismo - Conservación		Pesca Industrial-Conservación		Pesca Ribereña - Conservación		Pesca Ribereña - Pesca Industrial	
2.2.4.21.1.7b	3.5	0.588	Medio	0.593	Medio	0.552	Medio	0.862	Alto	0.835	Alto	0.89	Alto

Tabla III.9. Niveles de interacción total en la UGC11.

CLAVE_UA	Cobertura (%)	Interacción Total	
2.2.4.21.1.7b	3.5	0.709	Alto

Tabla III.10. Niveles de presión, fragilidad y vulnerabilidad en la UGC11.

CLAVE_UA	Presión	Fragilidad	Vulnerabilidad	
2.2.4.21.1.7b	Alto	Alto	0.83	Alto

Tabla III.11. Niveles de presión, fragilidad promedio y prioridad general en el POEM-GC.

Fragilidad Promedio por UGA	Fragilidad Promedio Normalizada	Clases de Fragilidad	Presión Promedio por UGA	Presión Promedio Normalizada	Clases de Presión	Prioridad a nivel general del Golfo de California
0.63	0.83	Muy Alto	0.72	0.87	Muy Alto	Prioridad 1

Tabla III.12. Niveles de presión, fragilidad promedio y prioridad a nivel estatal.

Fragilidad UGA	Fragilidad (normalizado)	Clases de la fragilidad	Presión UGA	Presión (normalizado)	Clases de la presión	Prioridad a nivel estatal
0.63	1.00	Muy Alto	0.72	0.00	Bajo	Prioridad 1 a nivel estatal en Sinaloa

El depósito del material de dragado se hará en un área previamente transformada por acciones como el relleno de terrenos para las instalaciones de PEMEX, la construcción del acceso a la nueva planta de amoniaco, el terraplén del ferrocarril y la infraestructura hidráulica para conducir las aguas residuales y pluviales de la ciudad de Los Mochis, la cual recientemente recibió mantenimiento.

III.2.3 Plan Parcial de Desarrollo Urbano del Corredor Mochis-Topolobampo.

El sitio del proyecto se encuentra en la Zona de Acción del Plan Parcial de Desarrollo Urbano del Corredor Mochis-Topolobampo (PPDU), como se muestra en la Figura III.6.



Figura III.6. Ubicación del proyecto en el área de acción del PPDU.

Este Plan fue publicado 31 de octubre de 2018 en el No. 134 de *El Estado De Sinaloa*, que es el Órgano Oficial del Gobierno del Estado y en él se establecen políticas que tendrán como propósito establecer criterios para el ordenamiento y regulación territorial de un sistema de corredores de suelo productivo y logístico, por lo que este instrumento de planeación tendría como fines:

1. Delimitar el área y criterios para aplicar las políticas de este Plan Parcial.
2. Establecer medidas para la correcta aplicación de política en materia ambiental y prevención de riesgos.
3. Identificar zonas desarrollables y no desarrollables.

4. Proveer información sobre competencias de suelo y actividades ambientales y de riesgos.
5. Establecer normas para el aprovechamiento del suelo y diseño de sistemas de vialidades y comunicación.
6. Definir estructura de movilidad básica.
7. Identificar un Catálogo de infraestructura estratégica requerida.
8. Catálogo de proyectos y acciones de apoyo o complementarias.
9. Definición de atribuciones, responsabilidades, obligaciones y competencias.

Al entrar en vigencia este Plan se derogaron de forma parcial o total otros instrumentos de planeación que incidían en su zona de acción (Figura III.7). Para el sitio de depósito estas derogaciones incluyen al *Plan Director de Desarrollo Urbano de Topolobampo*, el *Plan Parcial de Desarrollo Urbano del Corredor Mochis-Topo* y el *Plan Regional Urbano Turístico de Topolobampo*.

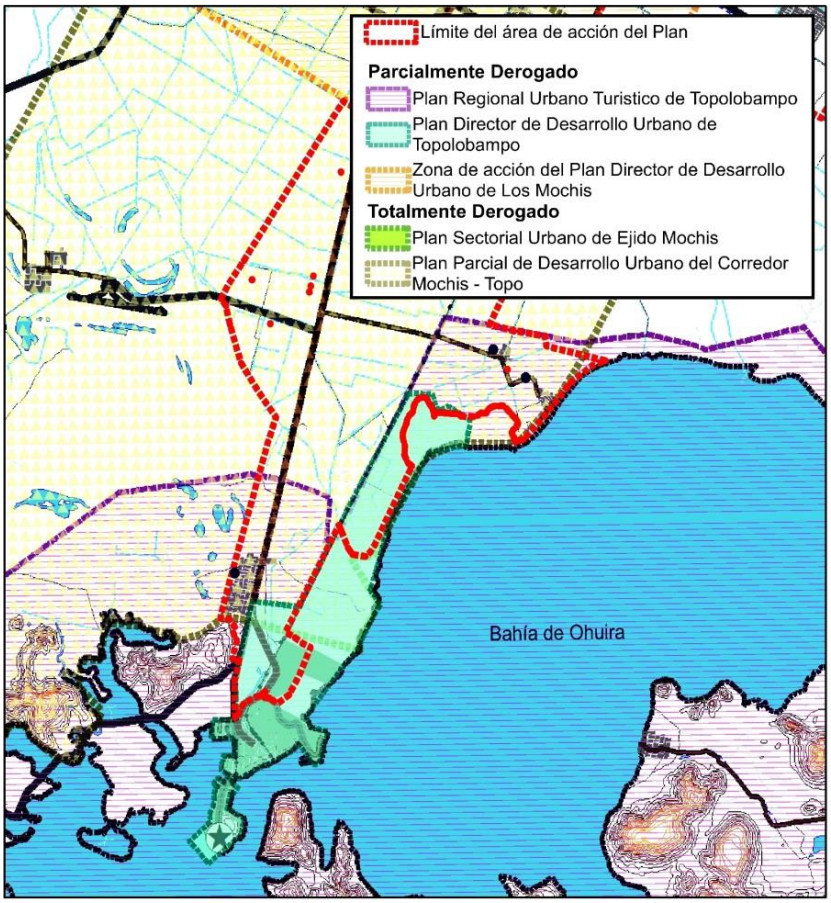


Figura III.7. Derogaciones derivadas del PPDU-CMT.

El PPDU establece como normas de zonificación la Zonificación Primaria y la Zonificación Secundaria. La Zonificación Primaria indica la superficie considerada como suelo regulado por el Plan Parcial; así como las aptitudes de aprovechamiento para el suelo. De acuerdo con esto el predio donde se pretende depositar el material de dragado se localiza en un área susceptible de desarrollo, en el extremo sur de la zona de acción del plan (Figura III.8). Las Áreas Susceptibles de Desarrollo son la superficie dentro de los límites del centro de población sujeta a acciones urbanas, apegándose a la normativa y directrices de este Plan Parcial.

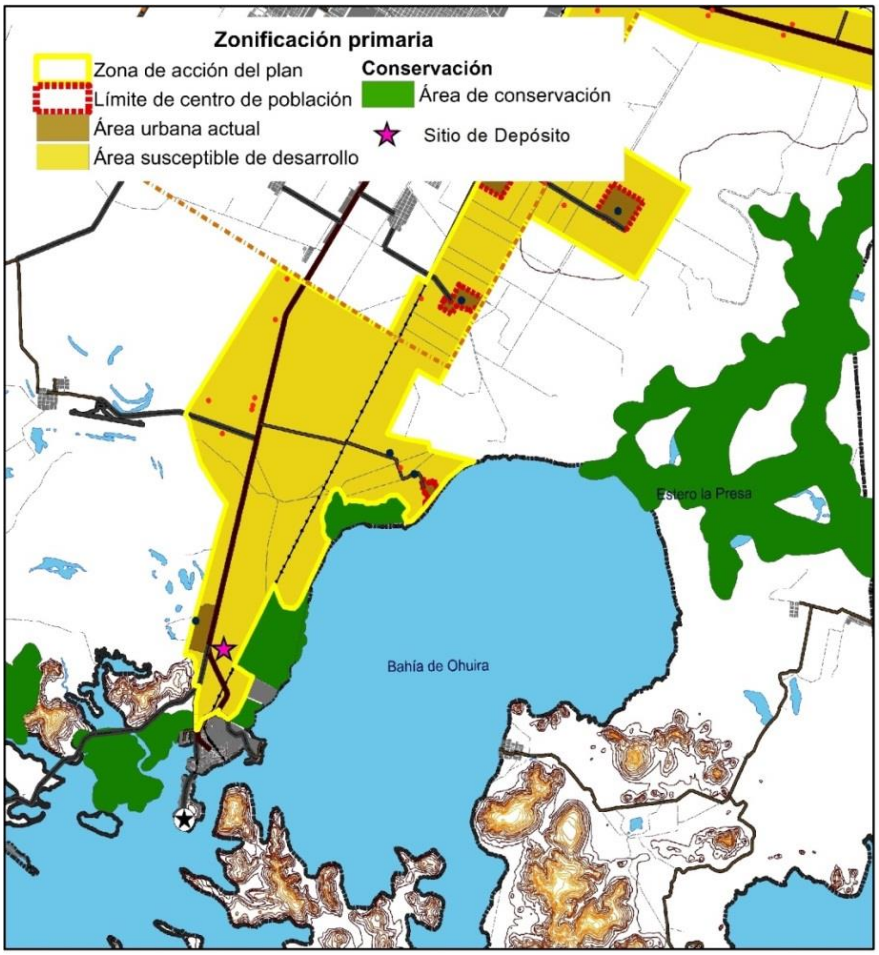


Figura III.8. Zonificación primaria de acuerdo al PPDU-CMT.

Por otra parte, la zonificación secundaria indica los perfiles de aprovechamiento de suelo o construcción de inmuebles promovidos por el PPDU, la cual es útil para establecer los criterios y reglas de mezclas y compatibilidades entre los distintos aprovechamientos. De

acuerdo con esta zonificación el predio se localiza en una zona de regulación controlada con un escenario B (Figura III.9).

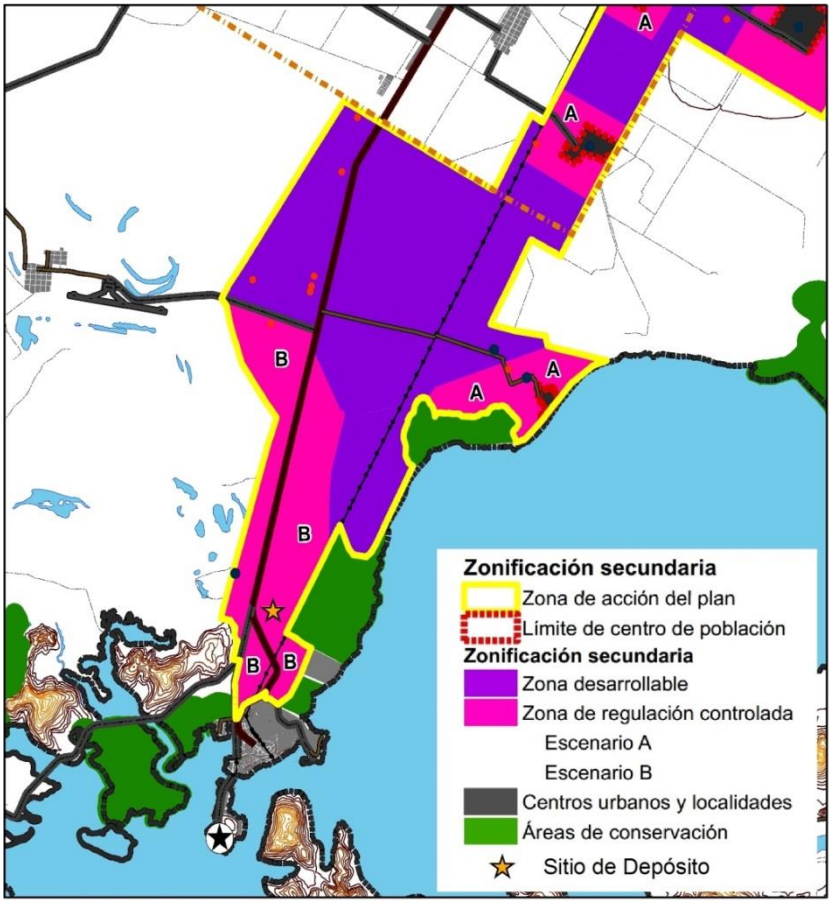


Figura III.9. Zonificación secundaria de acuerdo al PPDU-CMT.

Esto significa que el suelo se inscribe dentro de áreas bajo disposiciones del Gobierno Federal o cercanos a Centros de Población. El Escenario B corresponde a zonas bajas y federales inmediatas al Topolobampo (Figura III.10). En dicho escenario toda edificación para actividades productivas permitidas se sujetará para su aprobación y operación a:

- Las condiciones impuestas por el Ayuntamiento de Ahome a través de la Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano.
- Cuando sea el caso la acreditación positiva de las Autoridades de Gobierno Federal y Estatal.
- El cumplimiento y puesta en marcha de condiciones o medidas impuestas por las autoridades Municipales, Estatales y Federales.

Además, la tubería para el desplazamiento de los sedimentos cruzará un Área de Conservación, que es una de las zonas sujetas a las disposiciones en materia de protección y conservación ambiental del Gobierno Federal, no aprovechables para el desarrollo urbano o productivo. En esa zona el proyecto no instalará ninguna estructura permanente ni se hará ningún cambio de uso de suelo.

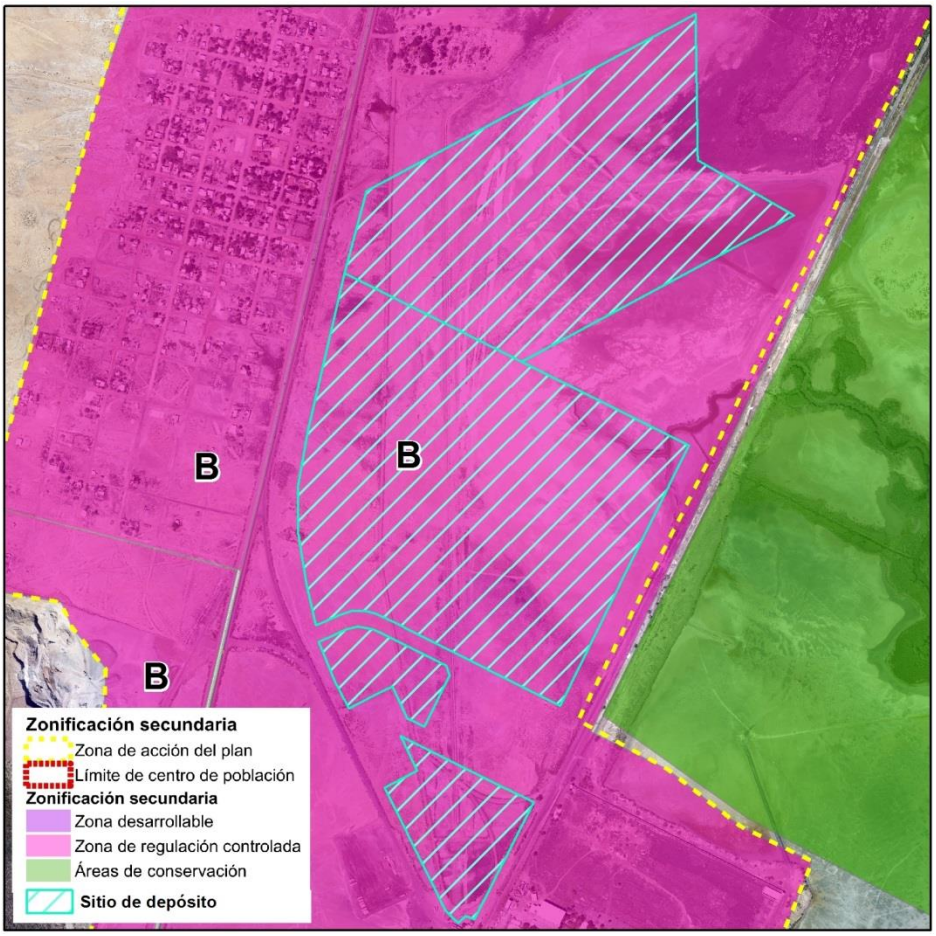


Figura III.10. Detalle de la zonificación secundaria del PPDU en la zona del proyecto.

III.2.4 Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Sinaloa 2007-2020.

Entre los objetivos de este Plan están el ordenar y regular el crecimiento urbano de la entidad; estimular el desarrollo urbano sustentable; alentar la permanencia de la población en localidades de dimensiones medias, rurales, rurales y urbanas en proceso de consolidación; asegurar las condiciones para el desarrollo óptimo de los centros urbanos

del estado; potencializar el desarrollo de localidades turísticas; definir una nueva división regional; y generar las políticas básicas sobre las que se basará el Plan de Ordenamiento Territorial.

De las líneas estratégicas territoriales se derivan cuatro líneas de acción identificadas como Sistema de Regiones, Sistema de Localidades Estructurales, Sistema Turístico y Sistema de Áreas Naturales Protegidas. Se proponen 5 regiones en el Estado: Región Norte, Región del Évora, Región Central, Región Elota - San Ignacio y Región Sur.

La Región Norte se compone por los municipios de Ahome, Choix, El Fuerte, Guasave y Sinaloa, su vocación es agropecuaria y representa el 52.7% del total de la superficie de riego del estado, sin embargo, sólo genera el 28.4% del PIB Estatal. En el sistema turístico, los Mochis está considerado en el polo de desarrollo denominado Barranca del Cobre, el cual vincula localidades como Los Mochis, Topolobampo, El Fuerte y Mochicahui, siendo los espacios turísticos Topolobampo y El Maviri, además de las presas Josefa Ortiz de Domínguez, Miguel Hidalgo y Huites, así como un turismo de corte cultural en El Fuerte. Topolobampo se incluye entre las localidades donde:

- Se define la necesidad de crear condiciones para un crecimiento enfocado, mediante la definición de las áreas susceptibles a este crecimiento. A través de una definición clara del uso del suelo, marcando la pauta para el desarrollo integral.

- Dado que estos espacios se manifiestan en expansión, es necesario definir los espacios de conservación sobre los que no se ejercerán presiones de habitación, canalizando el uso de las áreas previamente definidas, así mismo el estado demarcará aquellos espacios denominados como reservas debido a las apremiantes necesidades de mantener espacios que en el futuro fungirán como viviendas para el apoyo social.

- Con el objeto de contribuir al equilibrio ambiental, así como abastecer necesidades de la población, es necesario canalizar inversiones en sistemas de saneamiento y depósitos de basura, proyectos que pueden apoyarse de inversiones regionales.

Al respecto, se considera que para la zona de Topolobampo se deben establecer áreas de crecimiento que consideren no sólo la vocación turística sino también las necesidades de

crecimiento de sectores como el portuario e industrial. En este sentido, dado que no existen aún los programas específicos que requiere el Plan, no existen conflictos entre éste y el proyecto de construcción de la zona de tiro.

III.2.5 Atlas de Peligros Naturales del Municipio de Ahome.

Este documento proporciona información que permite a la comunidad una oportuna toma de decisiones frente a sucesos naturales que pueden afectar la integridad física y material dentro del Municipio de Ahome.

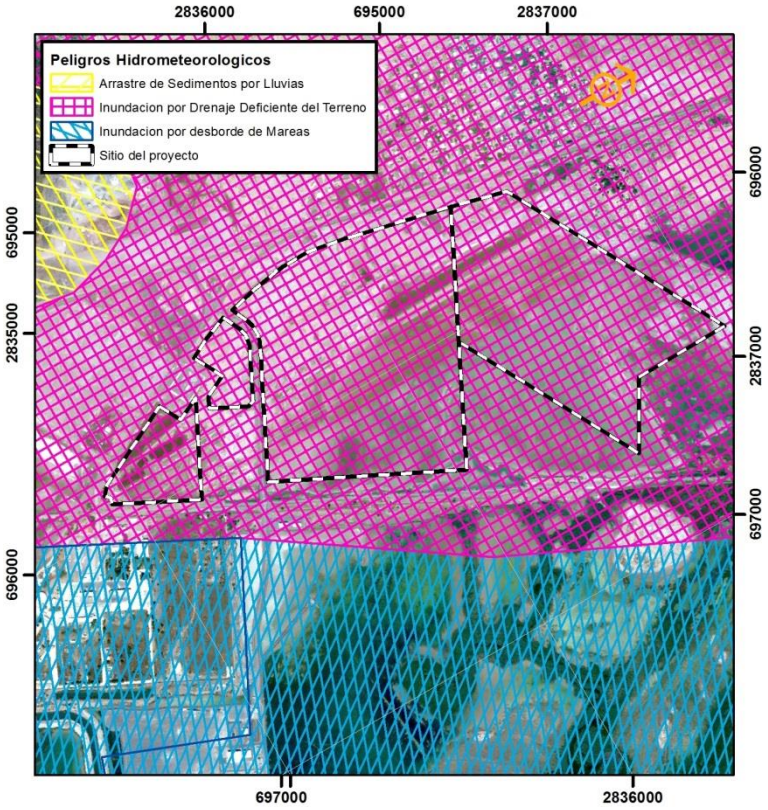


Figura III.11. Peligros hidrometeorológicos en el área del proyecto.

En el área donde se ubica el predio de la zona de tiro existe como peligro significativo una alta probabilidad de inundación por drenaje deficiente del terreno, ya que predomina la topografía plana y la concentración de arcilla que continuamente da lugar a campos inundados.

El terraplén por donde actualmente corre el ferrocarril y posteriormente la carretera Los Mochis-Topolobampo rompen la continuidad de la zona de inundación, dejando al predio

aislado de la mayor parte de los terrenos inundables, excepto por las alcantarillas que atraviesan las vialidades.

III.3 Análisis de los Instrumentos Normativos (Leyes y sus Reglamentos aplicables).

III.3.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, cuya última actualización se publicó en el Diario Oficial de la Federación del 15 de septiembre de 2017, es la ley fundamental a partir de la cual se establece el marco legal del país. En ella se establece la división de poderes con sus alcances, a la vez que garantiza derechos y libertades.

Considerando la composición pluricultural de México, sustentada principalmente en los pueblos indígenas, el Artículo 2 establece las obligaciones de las autoridades gubernamentales para abatir las carencias y rezagos que afectan a los pueblos y comunidades indígenas. Entre esas obligaciones destaca la de consultar a los pueblos indígenas en la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo y de los estatales y municipales y, en su caso, incorporar las recomendaciones y propuestas que realicen (inciso B fracción IX). En el caso de los programas de ordenamiento ecológico y de desarrollo urbano se incorporan sus aportaciones, y el promovente observará y acatará las que le sean aplicables.

Asimismo, el artículo 4 establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, que el Estado garantizará el respeto a este derecho y que el daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley. En ese sentido, el promovente observará y acatará las disposiciones en materia ambiental que establezcan las autoridades, y en caso que ocurra un evento que genere daño o deterioro ambiental durante el desarrollo de las actividades del proyecto, reconoce que se hará responsable del mismo.

También se establece que toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible, para lo cual el Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos,

estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines. En ese sentido, el promovente observará y acatará las disposiciones que le sean aplicables al proyecto en materia de agua y su manejo sustentable.

Por otra parte, el artículo 5 señala que a ninguna persona podrá impedírsele que se dedique a la profesión, industria, comercio o trabajo que le acomode, excepto por alguna determinación judicial, cuando se ataquen los derechos de terceros, o por resolución gubernativa, dictada en los términos que marque la ley, cuando se ofendan los derechos de la sociedad. Nadie puede ser privado del producto de su trabajo, sino por resolución judicial. En ese sentido, el promovente tiene la libertad de desarrollar las actividades del proyecto, siempre y cuando no afecte los derechos de terceros, incluyendo aquellos en materia ambiental.

En relación a los recursos naturales, el artículo 27 establece que la nación tendrá en todo momento el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad, entre otros objetivos. En relación al proyecto, el promovente observará y acatará todas las disposiciones emitidas por las autoridades competentes para la conservación de los elementos naturales y la preservación y restauración del equilibrio ecológico en la zona donde se instalará la zona de tiro.

III.3.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

Esta Ley, cuya última actualización se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018, contiene diversas disposiciones relacionadas con el desarrollo las obras y

actividades que integran el proyecto el establecimiento del sitio de depósito del material de dragado extraído durante la construcción de la Terminal Portuaria PIT. En el artículo 28 se enumeran las obras o actividades que requieren previa autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Las obras de dragado y la construcción de la terminal han sido previamente autorizadas, pero se requiere la autorización para el depósito en tierra del material. En ese sentido, el material se moviliza y transporta por tubería desde la Bahía de Ohuira, la cual es una laguna costera, por lo que la fracción aplicable al proyecto es la siguiente:

- La Fracción X, Obras y actividades en humedales, ecosistemas costeros, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.

Por otra parte, el Artículo 30 de la Ley señala que, para obtener la autorización mencionada, el promovente deberá presentar a la SEMARNAT una Manifestación de Impacto Ambiental (MIA); asimismo, establece que, si las obras o actividades se consideran altamente riesgosas, la MIA deberá incluir un estudio de riesgo. En virtud de lo anterior, para el desarrollo del proyecto de la zona de tiro, el promovente elaboró la presente MIA y la acompaña del Estudio de Riesgo Ambiental correspondiente, mismos que entregará a la SEMARNAT para su evaluación.

En concordancia con los artículos 79 y 83, el promovente preservará las especies de flora y fauna silvestres, así como su hábitat, en especial de aquellas que se encuentren bajo algún estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010, e implementará un programa para su rescate/reubicación de estas especies en caso de encontrarlas en el Área del Proyecto.
En conformidad con los criterios establecidos en el artículo 98, dirigidos a la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo, el promovente acatará las disposiciones emitidas en los Programas de Ordenamiento Ecológico y los Programas de Desarrollo Urbano, referentes al uso de suelo, de modo que se preserven sus condiciones.

En cuanto a los artículos 110 y 113, referentes a las emisiones de contaminantes a la atmósfera, es importante mencionar que sólo durante la etapa de construcción se operarán equipos que utilizan diésel o gasolina (incluyendo la draga y los equipos de rebombeo). Las

emisiones se controlarán mediante un programa de mantenimiento de maquinaria y equipos.

Para dar cumplimiento al artículo 117, destinado a evitar la contaminación de los cuerpos de agua, el promovente ha considerado la instalación en el terreno de baños portátiles durante toda la duración de las obras, para los cuales se contratará los servicios especializados de una empresa autorizada, que retirará las aguas residuales que ahí se generen, y las traslade a un sitio de disposición final para su tratamiento.

Para dar cumplimiento a los artículos 134, 136, 151 y 152 Bis, en relación al manejo de residuos peligrosos y la prevención de la contaminación del suelo, el promovente realizará la disposición temporal de los mismos dentro del predio de la zona de tiro, asimismo, contratará a una empresa autorizada por la SEMARNAT para su tratamiento y disposición final, bajo las condiciones establecidas en la normatividad vigente y aplicable. Por otra parte, mediante la Cédula de Operación Anual, el promovente hará del conocimiento de la SEMARNAT, la generación y manejo de los residuos peligrosos generados. Aunque el proyecto contará con diversos procedimientos encaminados a prevenir la contaminación causada por este tipo de residuos, el promovente está consiente que en caso de que de que se produzcan contaminación del suelo durante el desarrollo de las actividades del proyecto, él realizará las acciones necesarias para recuperar, remediar y restablecer las condiciones del mismo, de acuerdo a la normatividad aplicable y vigente.

De acuerdo al artículo 147 Bis, el promovente no contratará un seguro de riesgo ambiental, ya que la operación de la zona de tiro no representa una actividad altamente riesgosa.

Respecto al artículo 155, referente a las emisiones de ruido, vibraciones, energía lumínica y contaminación visual, el promovente implementará las medidas preventivas y correctivas, e instalará los dispositivos necesarios, para que dichas emisiones no superen los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente y aplicable, especialmente durante la etapa de construcción, con la finalidad de mantener el equilibrio ecológico. No se prevén emisiones significativas de energía térmica.

III.3.3 Reglamento de la LGEEPA en materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Este Reglamento, cuya última actualización se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014, tiene por objeto reglamentar la LGEEPA en materia de evaluación del impacto ambiental a nivel federal.

El Artículo 5 establece una clasificación más precisa de las obras y actividades que requieren obtener de la SEMARNAT una autorización previa en materia de impacto ambiental. En ese sentido, el proyecto se relaciona con el inciso R, fracciones I y II, ya que se desarrolla en zona de humedales y corresponde a una obra civil. Al respecto, las obras de dragado y la construcción de la terminal ya han sido previamente autorizadas, pero se requiere la autorización para el depósito en tierra del material. En ese sentido, y dado que el material se moviliza y transporta por tubería desde la laguna costera denominada Bahía de Ohuira, es necesario solicitar la autorización correspondiente.

Del artículo 9 de este Reglamento proviene la obligación de presentar una Manifestación de Impacto Ambiental ante la SEMARNAT, para que evalúe el proyecto y otorgue la autorización en materia de impacto ambiental, si procede.

Es así que se establece que una MIA debe ser Particular si no cae en los siguientes supuestos:

> I. Parques industriales y acuícolas, granjas acuícolas de más de 500 hectáreas, carreteras y vías férreas, proyectos de generación de energía nuclear, presas y, en general, proyectos que alteren las cuencas hidrológicas;
>
> II. Un conjunto de obras o actividades que se encuentren incluidas en un plan o programa parcial de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que sea sometido a consideración de la Secretaría en los términos previstos por el artículo 22 de este reglamento;
>
> III. Un conjunto de proyectos de obras y actividades que pretendan realizarse en una región ecológica determinada, y
>
> IV. Proyectos que pretendan desarrollarse en sitios en los que, por su interacción con los diferentes componentes ambientales regionales, se prevean impactos acumulativos, sinérgicos o residuales que pudieran ocasionar la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

En ese sentido, el proyecto de la zona de tiro para el material de dragado no corresponde a ninguna de las actividades mencionadas en los incisos I, II y III, y debido a las transformaciones previas en el sitio, tampoco se prevén impactos que pudieran destruir, aislar o fragmentar los ecosistemas.

Por lo tanto, la modalidad que le corresponde a esta MIA es Particular (MIA-P); asimismo, el contenido de la misma está dividida en 8 capítulos, que se ajustan a los apartados mencionados en el artículo 12. En virtud de que el establecimiento de la zona de tiro no es una actividad altamente riesgosa, no es necesario elaborar un Estudio de Riesgo en los términos del Artículo 17.

III.3.4 Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

Este Reglamento, cuya última actualización se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014, tiene por objeto reglamentar la LGEEPA en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera.

Para dar cumplimiento a los criterios establecidos en el artículo 28, referente a las emisiones de fuentes móviles, el promovente verificará los automóviles utilizados durante todas las etapas del proyecto, en caso de que las emisiones generadas superen los límites máximos permisibles de contaminantes establecidos en la normatividad vigente y aplicable, realizará los ajustes necesarios, de modo que la calidad del aire sea óptima para mantener el bienestar de las poblaciones humanas y el equilibrio ecológico.

III.3.5 Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas.

Esta ley es de jurisdicción federal y fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de enero de 2014. Sus disposiciones son de orden público y tienen por objeto el control y la prevención de la contaminación o alteración del mar por vertimientos en las zonas marinas mexicanas.

Se relaciona con el proyecto, en virtud de que el Promovente realizará actividades de dragado, que, según la definición expuesta en el artículo 2 de la Ley, es cualquier "*retiro, movimiento o excavación de suelos cubiertos o saturados por agua, incluyendo la acción de ahondar y limpiar para mantener o incrementar las profundidades de puertos, vías navegables o terrenos saturados por agua*". La Ley establece que si se requiere hacer el vertimiento al mar del material de dragado, debe solicitarse el permiso correspondiente ante la Secretaría de Marina, para lo cual presentará una justificación bajo los siguientes términos, expuestos en el artículo 8:

- La necesidad de efectuar el vertimiento, posterior a que el interesado demuestre que no es posible otra alternativa;
- El tipo, naturaleza y cantidad de los desechos o materias que pretendan verterse y el peligro que puede representar para la salud humana o el medio ambiente,
- El método, frecuencia y la fecha en que deberá realizarse el vertimiento;
- La forma de almacenar, contener, cargar, transportar y descargar la sustancia o material a verter;
- La ubicación para el vertimiento, la distancia más próxima a la costa, profundidad en el área y técnica proporcionadas por el interesado;
- Los sitios predeterminados por la Secretaría para que se realice el vertimiento;
- La ruta que de acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes deberá seguir el buque o aeronave que transporte la sustancia al sitio de vertimiento;
- Las precauciones especiales que deban ser tomadas respecto de la carga, transporte y vertimiento de la sustancia;
- Los pormenores del proceso de producción y de las fuentes de desechos en dicho proceso, y
- La viabilidad de las técnicas para reducir o evitar la producción de desechos.

En ese sentido, el establecimiento de la zona de tiro en tierra busca establecer una alternativa que evite tener que disponer del material en el mar, como se expresa en el primer término del Artículo mencionado.

III.3.6 Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).

El presente análisis técnico forestal, se realizó para determinar sí el predio donde se pretende desarrollar el proyecto denominado **tiro de material de dragado en Topolobampo**, ubicado en el municipio de Ahome en el estado de Sinaloa, corresponde a un terreno forestal de acuerdo con las definiciones establecidas en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable publicada en el Diario Oficial de la Federación el 05 de junio de 2018. Lo anterior, con la finalidad de determinar las obligaciones normativas aplicables para su desarrollo. Dicha Ley tiene, entre otros objetivos, regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos.

De acuerdo al artículo 93 de la Ley, para realizar cambio de uso de suelo en terrenos forestales, se requiere elaborar un estudio técnico justificativo que demuestre que se mantendrá la biodiversidad de los ecosistemas afectados, y que se mitigarán la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua y/o su disminución en la captación en las áreas afectadas por la remoción de la vegetación forestal. Dicho estudio no es requerido si las áreas en cuestión no corresponden a terrenos forestales.

Por tal motivo, para determinar la naturaleza del tipo de terreno se realizó un análisis técnico-legal con base en información cartográfica, así como a los instrumentos de planeación urbana vigentes. Al respecto, se proporciona información de la ubicación del predio con relación a la zonificación primaria y secundaria del Plan Parcial de Desarrollo Urbano del Corredor Mochis Topolobampo y sí se ajusta a las políticas, estrategias y acciones de dicho Plan, así como de las condiciones generales del predio.

La localidad de Topolobampo, en el municipio de Ahome, estado de Sinaloa, cuenta con un Plan Parcial de Desarrollo Urbano, el cual fue realizado en dos polígonos y Publicado el 31 de octubre de 2018. Al respecto, el predio donde se pretende depositar el material de dragado, se ubica de acuerdo con la zonificación secundaria del plan parcial en una zona catalogada como de regulación controlada. Su ubicación en zonas bajas inmediatas a Topolobampo define un escenario b dentro de este tipo de regulación (Figura III.12), el cual establece que toda edificación para actividades productivas permitidas se sujetará para su aprobación y operación a:

- Las condiciones impuestas por el Ayuntamiento de Ahome a través de la Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo Urbano.
- Cuando sea el caso la acreditación positiva de las autoridades de Gobierno Federal y Estatal.
- El cumplimiento y puesta en marcha de condiciones o medidas impuestas por las autoridades municipales, estatales y federales.

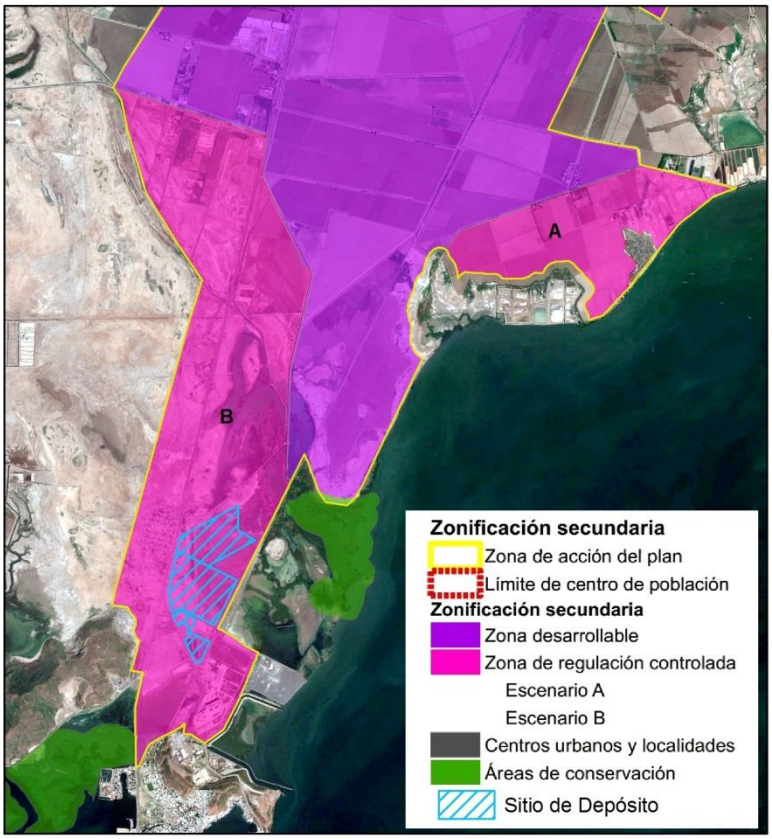


Figura III.12. Ubicación del terreno respecto al PPDU-CMT.

Para emitir el presente análisis técnico en materia forestal y definir la naturaleza de los terrenos en cuestión, es decir, sí son o no terrenos forestales, fue necesario apegarse a los conceptos previstos en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable publicada en el Diario Oficial de la Federación el 05 de junio de 2018, así como en su reglamento vigente.

De acuerdo a las definiciones del artículo 7 de la Ley, fracción LXXI, un **terreno forestal** es "*el que está cubierto por vegetación forestal y produce bienes y servicios forestales. No se considerará terreno forestal, para efectos de esta Ley, el que se localice dentro de los límites de los centros de población, en términos de la Ley General de Asentamientos Humanos,*

Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, con excepción de las áreas naturales protegidas". A su vez, la vegetación forestal es "*el conjunto de plantas y hongos que crecen y se desarrollan en forma natural, formando bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, y otros ecosistemas, dando lugar al desarrollo y convivencia equilibrada de otros recursos y procesos naturales*", mientras que **un terreno preferentemente forestal** se define como "*aquel que habiendo estado, en la actualidad no se encuentra cubierto por vegetación forestal, pero por sus condiciones de clima, suelo y topografía resulte más apto para el uso forestal que para otros usos alternativos, excluyendo aquéllos ya urbanizados*".

Asimismo, la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, establece lo siguiente en su Artículo 3, Fracción VI, que "Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

> *Centro de población: Las áreas constituidas por las zonas urbanizadas y las que se reservan para su expansión;*

Con base en dicha definición y en la ubicación del predio analizado en el presente análisis, se puede concluir que los trabajos a realizarse para el desarrollo del proyecto de Depósito de Material de Dragado, en Topolobampo, presentan dos condiciones por lo siguiente:

1. El predio donde se pretende realizar el proyecto, se ubica dentro del Ámbito de aplicación del **Plan Parcial de Desarrollo Urbano, del corredor Mochis Topolobampo**, cuya zonificación establece que para el área donde se ubica el predio el uso de suelo es de **regulación controlada** dentro de un escenario **B** (Figura III.9), el cual establece que toda edificación para actividades productivas permitidas se sujetará a evaluación para su aprobación y operación.

2. La totalidad de la superficie del predio donde se pretende realizar el proyecto (109.18 hectáreas) se ubican fuera de poligonales de áreas naturales protegidas de carácter federal, estatal y municipal.

En conclusión, la existencia de herramientas cartográficas y de instrumentos de planeación urbana, resulta de gran utilidad para definir la naturaleza del predio analizado en el presente análisis, es decir, sí son o no terrenos forestales.

Por lo anterior, se realizó un análisis técnico-legal con base en información cartográfica, así como en base a los instrumentos de planeación urbana vigentes y de acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que de la poligonal de 109.18 hectáreas que conforman el predio del proyecto, la totalidad no corresponden a terrenos forestales, de acuerdo con el Artículo 7 Fracción LXXI de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, ya que para dicha superficie se cumplen las disposiciones consistentes en que el terreno se ubique fuera de áreas naturales protegidas y se localicen dentro del ámbito de aplicación de programas o planes de desarrollo urbano de centros de población que en este caso corresponde al **Plan Parcial de Desarrollo Urbano, del corredor Mochis Topolobampo**, como se demuestra en los apartados IV y V del presente análisis.

Por lo expuesto anteriormente, de los terrenos del predio del proyecto no corresponden a terrenos forestales, por lo que no se encuentran dentro del supuesto que establece el artículo 93 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

III.3.7 Ley General de Vida Silvestre (LGVS).

Esta Ley, cuya última actualización se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 19 de enero de 2018, tiene por objeto establecer la concurrencia de los diferentes órdenes de gobierno, relativos a la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat en las zonas bajo jurisdicción federal.

En los artículos 4 y 18 se establece la obligación de los particulares de conservar la vida silvestre y su hábitat, por lo que queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación; en caso de que se realice aprovechamiento, deberá ser sustentable. Es importante mencionar que, durante el desarrollo de las actividades del proyecto, no se realizará ningún tipo de aprovechamiento de individuos de la vida silvestre presentes en el área del proyecto, en caso de que en algún momento se encuentren en el Área del Proyecto, el promovente llevará a cabo programas de rescate/reubicación de flora y fauna, contribuyendo de este modo, a conservar el hábitat. En caso de que se realice traslado de ejemplares vivos de vida silvestre, mantenimiento en cuarentena (si aplica) y su liberación al hábitat natural o al sitio que determine la SEMARNAT, especialmente de fauna, el

promovente observará y acatará lo dispuesto en los artículos 31, 33, 52, 76 y 79, con la finalidad de evitarles daños a los organismos.

Asimismo, vale la pena destacar que se realizaron muestreos de fauna, con el objeto de identificar las especies en el sitio, encontrándose que después de la limpieza de los drenes realizada por la CONAGUA, el flujo del agua en la zona se restableció. Esto provocó que el predio se secara nuevamente y que la avifauna que ahí se posaba se haya retirado del sitio. En este caso y dado que en el predio no hay fauna terrestre residente no se considera necesario un programa de rescate/reubicación para dar cumplimiento al Artículo 76, aunque previo al depósito de material se hará una inspección para actualizar el criterio de especies de flora que puedan transplantarse.

Por otra parte, aunque al interior del predio no existe vegetación de manglar, cerca de su límite si hay mangles creciendo sobre el bordo del ferrocarril. En relación al artículo 60 Ter, que establece lo siguiente:

> "*Queda prohibida la remoción, relleno, transplante, poda, o cualquier obra o actividad que afecte la integralidad del flujo hidrológico del manglar; del ecosistema y su zona de influencia; de su productividad natural; de la capacidad de carga natural del ecosistema para los proyectos turísticos; de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; o bien de las interacciones entre el manglar, los ríos, la duna, la zona marítima adyacente y los corales, o que provoque cambios en las características y servicios ecológicos*"

Como ya se señaló, dentro del predio y en particular en las áreas donde se hará el depósito del material de dragado no existe vegetación de manglar. Cerca del predio, pero afuera, únicamente existen algunos individuos de mangle entremezclados con el matorral halófilo-xerófilo alrededor de la alcantarilla que está frente al extremo noreste del terreno (Figura III.15, Figura III.14 y Figura III.15). Ninguno de estos individuos, ni los que se desarrollan fuera del predio sobre el talud del terraplén del ferrocarril será alterado.



Figura III.13. Individuos de mangle alrededor de la alcantarilla cercana.

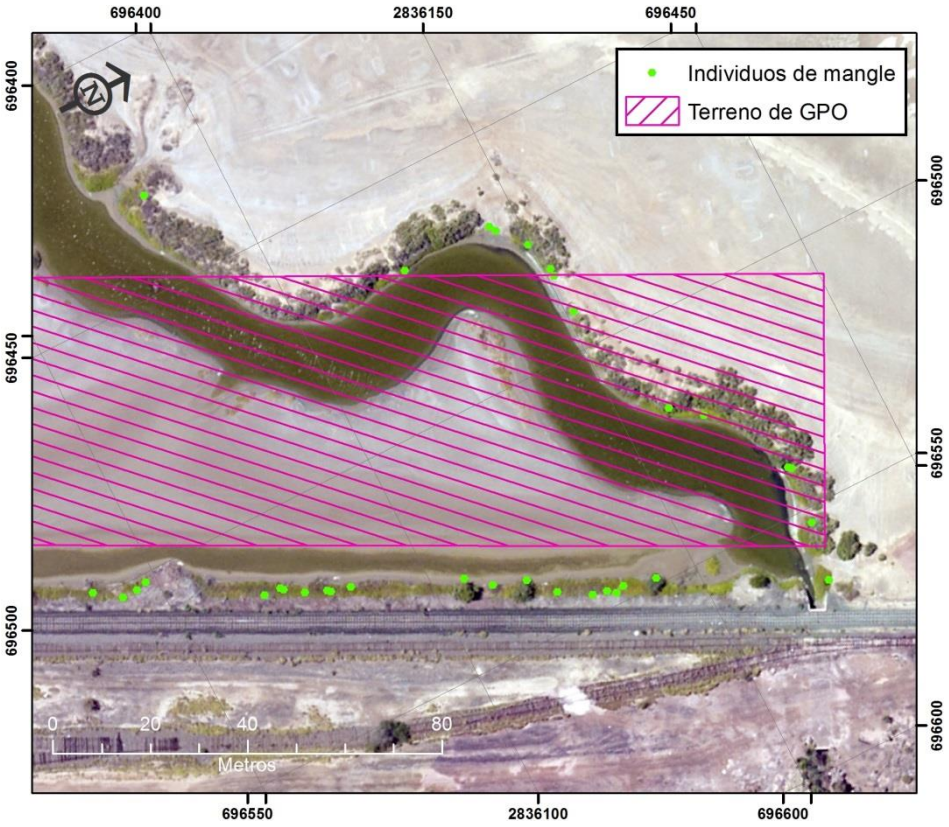


Figura III.14. Ubicación de los individuos de mangle en el extremo noreste del predio.

El proyecto tampoco modificará los flujos de aguas pluviales que desfogan a través de la alcantarilla para evitar alteraciones al régimen hídrico de estas plantas, ya que aunque se cambia la altura del terreno no se modifica la dirección del flujo, es decir, hacia la alcantarilla ya mencionada.



Figura III.15. Individuos de mangle en el extremo noreste del predio.

III.3.8 Reglamento de la LGVS.

Este Reglamento, cuya última actualización se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 9 de mayo de 2014, tiene por objeto reglamentar la LGVS.

En caso de que la SEMARNAT imponga alguna condicionante específica derivada de la autorización en materia de impacto ambiental, relacionada con la vida silvestre, el promovente solicitará la autorización correspondiente, incluyendo en dicha solicitud la información mencionada en el Artículo 12. En caso de ser aplicable, el promovente solicitará a la SEMARNAT, una autorización para la liberación de ejemplares de vida silvestre, la cual forma parte del plan de manejo que la misma autoridad determine, incluyendo en dicha solicitud la información mencionada en el artículo 83.

En caso de que la liberación o rehabilitación de los ejemplares no sea viable, se procederá a lo que señale la SEMARNAT o bien, se depositarán en algún Centro para la Conservación e Investigación de la Vida Silvestre (CIV) u otra instalación en condiciones adecuadas para su rehabilitación, en conformidad con lo establecido en los artículos 87 y 88.

III.3.9 Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR).

Está ley, cuya última reforma fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de enero de 2018, tiene por objeto la protección del ambiente y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial, prevenir la contaminación

de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación. Se relaciona con el proyecto, dado que el promovente generará residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial.

De acuerdo con la fracción IV del Artículo 19, donde se clasifican los residuos de manejo especial (salvo cuando se trate de residuos considerados como peligrosos en la Ley y en las normas oficiales mexicanas correspondientes) se incluye a los residuos de los servicios de transporte, así como los generados a consecuencia de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas.

En virtud de que el promovente generará residuos de manejo especial, los cuales están incluidos en una Norma Oficial Mexicana, formulará y ejecutará el plan de manejo correspondiente, para dar cumplimiento al Artículo 28 y derivado de la presente MIA-P.

Para dar cumplimiento al artículo 43, el promovente se registrará ante la SEMARNAT como generador de residuos peligrosos durante el desarrollo de las actividades del proyecto, en los términos establecidos en esta Ley y los que establezca la propia Secretaría. Dependiendo de la categoría de generador de residuos peligrosos, el Promovente deberá cumplir las obligaciones mencionadas en la Tabla III.13, las cuales se establecen en los artículos 46 y 47:

Tabla III.13. Obligaciones del promovente dependiendo de su categoría de generador de residuos peligrosos.

Gran generador	Pequeño generador
• Registrarse ante la SEMARNAT	• Registrarse ante la SEMARNAT
• Someter a su consideración el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos	• Sujetar sus residuos a planes de manejo (si aplica)
• Llevar una bitácora	• Llevar una bitácora con el registro de volumen anual de residuos peligrosos generados y sus modalidades de manejo
• Presentar un informe anual sobre la generación y modalidades de manejo de los residuos	
• Contar con un seguro ambiental	

Dado que, durante el desarrollo de las actividades del proyecto, el promovente realizará la identificación, clasificación, manejo y disposición temporal de residuos peligrosos, realizará las siguientes actividades para su manejo seguro y ambientalmente adecuado, y así dar cumplimiento a los artículos 41, 42, 45, 54, 56 y 67:

- Aplicará un tratamiento a los residuos líquidos o semisólidos para eliminar la humedad, neutralizarlos o estabilizarlos y lograr su solidificación.
- Instalará un almacén temporal para tales residuos en apego a las características señaladas en el artículo 82 del Reglamento de la presente Ley, que permitirá a la empresa resguardar con seguridad y por periodos de no más de 6 meses tales residuos.
- Realizará el almacenamiento temporal en contenedores separados, identificables con colores, rotulados y debidamente sellados para evitar la mezcla de residuos peligrosos, urbanos y de manejo especial, que puedan provocar una reacción que ponga en riesgo la salud, el ambiente o los recursos naturales.
- Contratará a una empresa autorizada por la SEMARNAT para realizar su recolección, traslado y disposición final de tales residuos, y observará que la empresa recolectora cumpla con las condiciones establecidas por dicha Secretaría y, cada vez que realice un servicio de recolección, entregue los documentos que acrediten que el promovente actuó observando en todo momento la normatividad vigente (la responsabilidad por el manejo y disposición final de los residuos peligrosos que asumirá la empresa contratada no exime al promovente de la responsabilidad por la generación).
- Abrirá una bitácora para registrar todas las actividades anteriores, y agregará un reporte de la misma a los informes que periódicamente ingrese a la SEMARNAT.

Asimismo, de acuerdo con lo establecido en el artículo 69, el promovente reconoce su obligación de remediar cualquier sitio que sea contaminado con materiales o residuos peligrosos, generados durante las actividades de preparación del sitio, así como la construcción, operación y mantenimiento de la zona de tiro.

III.3.10 Reglamento de la LGPGIR.

Este Reglamento, cuya última reforma se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 2014, tiene por objetivo reglamentar la LGPGIR. En este caso los residuos peligrosos que serán generados sólo son los que provienen del mantenimiento de los equipos empleados para mover los sedimentos desde el área a dragar hasta el sitio de depósito. Esto incluye lubricantes, materiales impregnados con grasas y aceites, así como recipientes vacíos.

Este reglamento también hace referencia a los residuos peligrosos generados por las actividades de dragado para la construcción y el mantenimiento de puertos, dársenas, ríos, canales, presas y drenajes, que serán manejados de acuerdo a las normas oficiales mexicanas que al efecto se expidan. Sin embargo, de acuerdo con la caracterización química del material a dragar, este no contiene ninguna sustancia contaminante, como metales pesados, hidrocarburos o plaguicidas en concentraciones tales que ocasionen que se considere un residuo peligroso.

De acuerdo a la clasificación establecida en el Artículo 42 y los datos estimados de generación de residuos peligrosos estimados, al proyecto le aplicará la categoría de pequeño generador, ya que la cantidad estimada de generación es mayor a 400 kilogramos y menor a 10 toneladas (2.52 ton de lubricantes gastados y 1 ton de estopas y trapos impregnados con grasa). Dada su obligación de registrarse ante la SEMARNAT como generador de residuos peligrosos, se sujetará al procedimiento establecido en el Artículo 43.

El promovente observará y acatará las siguientes obligaciones, de acuerdo a lo establecido en el artículo 46 y en las Leyes y Normas Oficiales Mexicanas aplicables:

I. *Identificar y clasificar los residuos peligrosos que generen;*
II. *Manejar separadamente los residuos peligrosos y no mezclar aquéllos que sean incompatibles entre sí, ni con residuos peligrosos reciclables o que tengan un poder de valorización para su utilización como materia prima o como combustible alterno, o bien, con residuos sólidos urbanos o de manejo especial;*
III. *Envasar los residuos peligrosos generados de acuerdo con su estado físico, en recipientes cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad para su manejo;*
IV. *Marcar o etiquetar los envases que contienen residuos peligrosos con rótulos que señalen nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén;*
V. *Almacenar adecuadamente, conforme a su categoría de generación, los residuos peligrosos en un área que reúna las condiciones señaladas en el artículo 82 del presente Reglamento;*

VI. Transportar sus residuos peligrosos a través de personas que la Secretaría autorice en el ámbito de su competencia y en vehículos que cuenten con carteles correspondientes de acuerdo con la normatividad aplicable;

VII. Llevar a cabo el manejo integral correspondiente a sus residuos peligrosos;

VIII. Elaborar y presentar a la Secretaría los avisos de cierre de sus instalaciones cuando éstas dejen de operar o cuando en las mismas ya no se realicen las actividades de generación de los residuos peligrosos, y

IX. Las demás previstas en este Reglamento y en otras disposiciones aplicables.

Asimismo, observará y acatará las siguientes condiciones básicas en el área de almacenamiento de residuos peligrosos, con fundamento en el artículo 82:

a) Estar separadas de las áreas de producción, servicios, oficinas y de almacenamiento de materias primas o productos terminados;

b) Estar ubicadas en zonas donde se reduzcan los riesgos por posibles emisiones, fugas, incendios, explosiones e inundaciones;

c) Contar con dispositivos para contener posibles derrames, tales como muros, pretiles de contención o fosas de retención para la captación de los residuos en estado líquido o de los lixiviados;

d) Cuando se almacenan residuos líquidos, se deberá contar en sus pisos con pendientes y, en su caso, con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención con capacidad para contener una quinta parte como mínimo de los residuos almacenados o del volumen del recipiente de mayor tamaño;

e) Contar con pasillos que permitan el tránsito de equipos mecánicos, eléctricos o manuales, así como el movimiento de grupos de seguridad y bomberos, en casos de emergencia;

f) Contar con sistemas de extinción de incendios y equipos de seguridad para atención de emergencias, acordes con el tipo y la cantidad de los residuos peligrosos almacenados;

g) Contar con señalamientos y letreros alusivos a la peligrosidad de los residuos peligrosos almacenados, en lugares y formas visibles;

h) El almacenamiento debe realizarse en recipientes identificados considerando las características de peligrosidad de los residuos, así como su in compatibilidad, previniendo fugas, derrames, emisiones, explosiones e incendios, y

i) La altura máxima de las estibas será de tres tambores en forma vertical.

Dependiendo si el área de almacenamiento es cerrada o abierta, el promovente observará y acatará las siguientes condiciones específicas (Tabla III.14):

Tabla III.14. Condiciones que debe tener un área de almacenamiento de residuos peligrosos, ya sea cerrada o abierta.

Área cerrada	Área abierta
a) No deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los líquidos fluyan fuera del área protegida;	a) Estar localizadas en sitios cuya altura sea, como mínimo, el resultado de aplicar un factor de seguridad de 1.5; al nivel de agua alcanzado en la mayor tormenta registrada en la zona,
b) Las paredes deben estar construidas con materiales no inflamables;	b) Los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos, y de material antiderrapante en los pasillos. Estos deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados;
c) Contar con ventilación natural o forzada. En los casos de ventilación forzada, debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora;	c) En los casos de áreas abiertas no techadas, no deberán almacenarse residuos peligrosos a granel, cuando éstos produzcan lixiviados, y
d) Estar cubiertas y protegidas de la intemperie y, en su caso, contar con ventilación suficiente para evitar acumulación de vapores peligrosos y con iluminación a prueba de explosión, y	d) En los casos de áreas no techadas, los residuos peligrosos deben estar cubiertos con algún material impermeable para evitar su dispersión por viento.
e) No rebasar la capacidad instalada del almacén.	

De acuerdo al artículo 129, en caso de que, durante el desarrollo de las actividades del proyecto, ocurriera algún evento fortuito de derrame, infiltración, descarga o vertido accidental de materiales o residuos peligrosos en un área de menos de un metro cúbico de extensión, el promovente aplicará las medidas que eviten su dispersión y realizará la limpieza del sitio, registrando todas estas acciones en una bitácora, las cuales incluirá adicionalmente en el Programa de Prevención de Accidentes elaborado para este tipo de eventos fortuitos.

Si los eventos fortuitos ocurrieran en un área mayor a un metro cúbico de extensión, el promovente además de lo anterior, dará aviso sobre el incidente a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y demás autoridades competentes, ejecutará las acciones que las mismas determinen, e iniciará, de ser aplicables, los trabajos para caracterizar el sitio y las acciones de remediación correspondientes, de acuerdo a lo establecido en el artículo 130.

III.3.11 Ley de Aguas Nacionales (LAN).

Esta Ley, cuya última actualización se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 24 de marzo de 2016, tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas

nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.

Es importante mencionar que el promovente no realizará descargas de aguas residuales, ni residuos sólidos, al mar, con lo cual se evitará su contaminación, tal y como lo establece el artículo 86 Bis 2. Las aguas residuales generadas en los sanitarios portátiles ubicados cerca de la zona de tiro se almacenarán temporalmente en sus propios tanques y posteriormente serán retirados por la empresa arrendadora.

En caso de que ocurriera una descarga fortuita de aguas residuales generadas durante el desarrollo de las actividades del proyecto, hacia cuerpos de agua considerados como bienes nacionales, el promovente dará aviso a las autoridades del agua y de la PROFEPA, en los términos establecidos en el Artículo 91 Bis 1, indicando las características específicas de dicha descarga.

III.3.12 Reglamento de la LAN.

Este Reglamento, cuya última actualización se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 25 de agosto de 2014, tiene por objeto reglamentar la LAN.

En caso de que, durante el desarrollo de las actividades del proyecto, ocurra una descarga fortuita de aguas residuales sobre cuerpos de agua nacionales, el promovente, además de realizar el aviso referido en el artículo 91 Bis 1 de la LAN, ejecutará las acciones de remoción y limpieza de los contaminantes en los cuerpos de agua afectados, de conformidad con lo establecido en el artículo 149 de este Reglamento.

Asimismo, realizará la disposición de los residuos generados durante el desarrollo de las actividades del proyecto, de acuerdo a la normatividad vigente y aplicable, evitando en todo momento su disposición en los cuerpos de agua nacionales, o en zonas donde puedan ser arrastrados hacia ellos, de acuerdo a lo establecido en el artículo 151.

III.3.13 Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.

Esta Ley, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 2013, tiene por objeto la protección, la preservación y restauración del ambiente y el equilibrio ecológico, para garantizar los derechos humanos a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de toda persona, y a la responsabilidad generada por el daño y el deterioro ambiental. Se vincula con el proyecto, en virtud de que el desarrollo de las actividades del proyecto causará impactos negativos al ambiente, y el promovente adquiere la responsabilidad de prevenir, reparar o compensar dichos impactos.

De acuerdo con el artículo 10, el promovente se hará responsable de los daños ambientales que pudieran ocasionar el desarrollo de las actividades de preparación del sitio, así como de la construcción de la zona de tiro. La información requerida para atender esta disposición, se integra en los Capítulos V (Impactos Ambientales) y VII (Estrategias para la Prevención y Mitigación de Impactos Ambientales), del presente documento, en los que se describe el detalle de las medidas de prevención, mitigación y compensación de dichos daños.

Asimismo, reconoce sus responsabilidades por los daños que ocasione el desarrollo de las actividades del proyecto, así como por las omisiones ilícitas a las excepciones y supuestos en lo referente a la responsabilidad ambiental, en el entendido de que dichas responsabilidades son subjetivas. También reconoce que puede hacerse acreedor a una sanción económica, en caso de incumplir alguna de las disposiciones señaladas por la normatividad ambiental aplicable, de acuerdo a lo establecido en el artículo 11.

Algunas actividades del proyecto pueden ocasionar daños al ambiente, en cuyo caso, se aplicarán medidas para compensar tales daños; por ejemplo, se establecerá un programa de reforestación.

Es importante destacar que las actividades de reparación se llevarán a cabo preferentemente en el sitio que fue impactado, como lo establece el artículo 13. Sin embargo, en relación a lo expuesto en el artículo 10 de esta Ley, si la autoridad ambiental determina que no es factible la recuperación en el sitio del impacto, se llevarán a cabo actividades de compensación en otro sitio, indicado por la misma autoridad.

En relación a las responsabilidades mencionadas en el artículo 24, el responsable del confinamiento de los residuos peligrosos será una empresa autorizada por la SEMARNAT, misma que será contratada por el promovente. Sin embargo, éste último sigue siendo el responsable por la generación de dichos residuos. En caso de eventos extraordinarios, se establece que no existirá responsabilidad alguna por los daños ambientales, ocasionados por eventos fortuitos o de fuerza mayor, tales como terremotos, inundaciones, etc.

III.3.14 Ley que Establece el Catálogo de Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Sinaloa.

Esta Ley fue publicada en el P.O. No. 031 del 09 de marzo de 2018, y en su Artículo 1 señala que los pueblos y comunidades de la entidad que tengan una población residente de 40 por ciento o más de sus habitantes de origen indígena, serán considerados como poblaciones indígenas para los efectos del desarrollo social. En el Artículo 2 se establece que la población indígena residente en una localidad o pueblo se determinará a través de dos métodos:

a) Considerando el número de hablantes se determinará el valor porcentual que resulte de multiplicar el número de hablantes de lengua indígena entre el número total de población que se registren en los más recientes censos y/o en los conteos de población que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

b) Considerando las tradiciones culturales se determinará el valor porcentual con el número que resulte de multiplicar el número de hablantes que se reconozcan como indígenas, porque conservan una o más de sus prácticas culturales tradicionales, entre el número total de población que se registren en los más recientes censos y/o en los conteos de población que realiza el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Para el reconocimiento de las prácticas culturales de una localidad o población, señaladas en el inciso b) se requiere de un estudio antropológico o sociológico realizado por especialistas de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, del Instituto Nacional de Antropología e Historia o de cualquier otra institución de prestigio académico, en materia de esta Ley.

En el Artículo 3 se indican cuáles son las localidades que se reconocen y declaran como pueblos y comunidades indígenas del Estado de Sinaloa. De acuerdo con esto, en el Sistema Ambiental existen cuatro localidades con estas características, las cuales son Lázaro Cárdenas, Ohuira, Cerro Cabezón y Carrizo Grande (Figura III.16). Dadas las características del proyecto, no se esperan interacciones entre este y las comunidades.

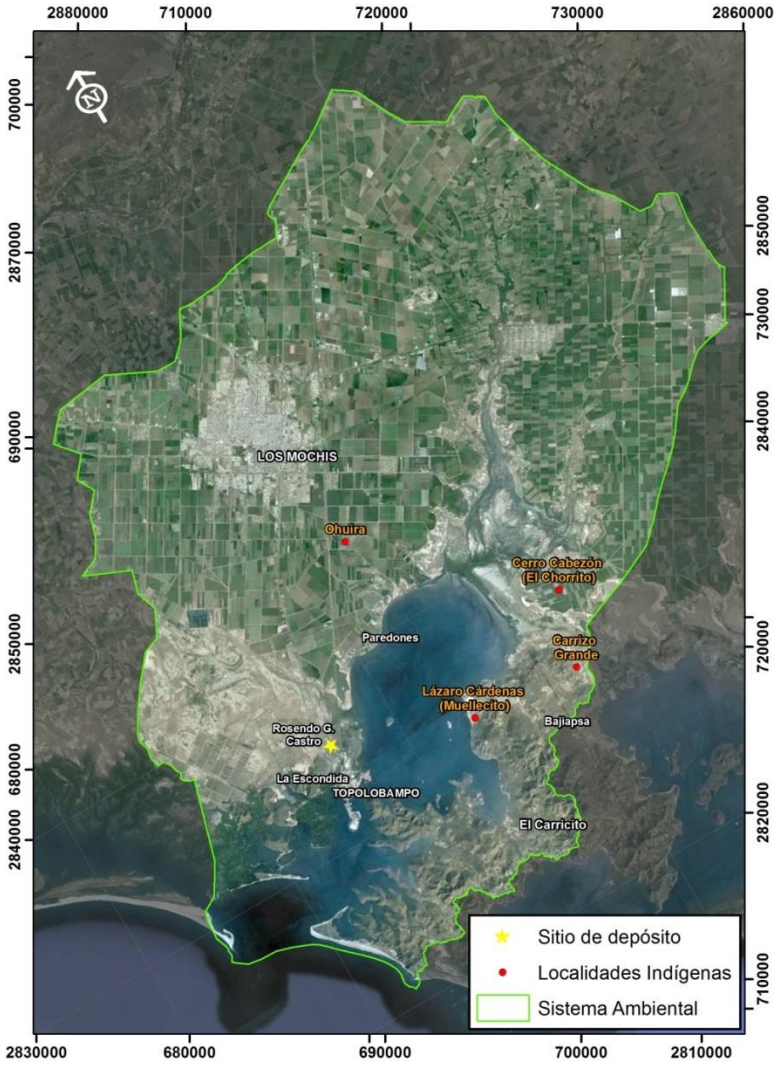


Figura III.16. Localidades indígenas en el Sistema Ambiental del proyecto.

Dado que el porcentaje de población que habla lengua indígena es muy bajo en todas esas localidades, su inclusión en la lista está relacionada con las prácticas culturales. En esas localidades se encuentran ubicados centros ceremoniales Yoremes, como el de Lázaro Cárdenas, que fue establecido por refundación, debido a que su población se trasladó a otras tierras. En Ohuira se encuentra un centro ceremonial de nueva creación, es decir, un centro formado sin presiones externas ni obligada su población a moverse de su

comunidad, que comenzó a figurar una vez que reunieron todos los elementos constitutivos de un complejo ceremonial.

III.3.15 Bando de Policía y Gobierno del Municipio de Ahome.

Este Reglamento, publicado en el Periódico Oficial del Estado de Sinaloa el 17 de febrero de 2014, tiene por objeto regular el ejercicio de los derechos y libertades ciudadanas, establece reglas de comportamiento y busca, entre otras cosas, atender y promover las condiciones que favorezcan el desarrollo humano sostenible, así como lograr el respeto de los derechos ambientales.

Para desarrollar las actividades de preparación del sitio y construcción, el promovente obtendrá la licencia correspondiente ante las autoridades municipales competentes; asimismo, depositará los residuos de la construcción dentro del predio de la zona de tiro, en caso contrario, solicitará el permiso correspondiente para su disposición temporal, instalará sanitarios para el personal que labora y visita la obra, y efectuará el lavado de llantas a los vehículos que salgan del predio para evitar la dispersión de barro en la vía pública. Con estas acciones se dará cumplimiento al artículo 76.

El promovente verificará que el ruido y otras emisiones a la atmósfera, originadas por vehículos utilizados durante las actividades del proyecto, así como dentro de la zona de tiro, se mantengan dentro de los niveles permisibles establecidos en la normatividad aplicable; en caso de que se superen, implementará las acciones y mecanismos pertinentes para reducirlas, y así dar cumplimiento a los artículos 109 y 122.

En relación al manejo de residuos sólidos y líquidos, el promovente realizará su separación, reciclaje, almacenamiento temporal de acuerdo con la normatividad aplicable, evitando en todo momento su dispersión hacia la vía pública; de esta manera se dará cumplimiento al artículo 110.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 124, para contribuir con la conservación y protección del agua, el promovente evitará el manejo y la disposición de materiales y residuos, tanto sólidos como líquidos, cerca de cualquier cuerpo de agua o de algún sistema de alcantarillado durante las actividades del proyecto.

III.3.16 Reglamento de Protección al Ambiente del Municipio de Ahome.

Este Reglamento, cuya última reforma se publicó en el Periódico Oficial del Estado de Sinaloa el 19 de junio de 2015, tiene la finalidad de establecer las bases para regular las acciones que, en materia de preservación y conservación del equilibrio ecológico, la protección al ambiente y el aprovechamiento racional de los recursos naturales, se realicen en bienes y zonas del Municipio de Ahome, entre otras acciones.

Para dar cumplimiento al artículo 112, el promovente realizará la disposición de los residuos sólidos urbanos dentro del predio de la zona de tiro, en contenedores destinados exclusivamente a este tipo de residuos, evitando que la basura sobrepase el 90% de su volumen. Para el transporte y disposición final, contratará a una empresa autorizada por las autoridades municipales, de acuerdo a lo establecido en el artículo 126.

Asimismo, depositará los residuos de la construcción de las zonas de tiro en un sitio autorizado por la Dirección de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Municipio de Ahome, para dar cumplimiento al artículo 119.

Por otra parte, de acuerdo al artículo 120, referente al transporte de materiales durante el desarrollo de las actividades del proyecto, el promovente cubrirá con una lona la carga que lleven los vehículos utilizados para mover el material de bancos que se use en los bordos, y recogerá cualquier material que se caiga durante el trayecto. Asimismo, reconoce su responsabilidad en caso de ocasionar algún daño.

Tal y como lo establece el artículo 139, el promovente instalará los mecanismos necesarios para reducir la contaminación por ruido en la zona de tiro y así dar cumplimiento a los niveles máximos permisibles establecidos en los artículos 138 y 141 (68 dB(A) de las seis a las veintidós horas, y de 65 dB(A) de las veintidós a las seis horas para fuentes fijas, así como de 95 DB (A) para actividades temporales en la vía pública).

III.4 Análisis de los Instrumentos Normativos (Convenios y Tratados).

III.4.1 Convención sobre los Humedales (Convención Ramsar).

El sitio propuesto para las zonas de tiro está ubicado dentro de los límites del sitio Ramsar 2025, Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira (Figura III.17), el cual se localiza en su totalidad en el municipio de Ahome, Sinaloa. Este sitio Ramsar abarca tres lagunas costeras entre los 25° 25' y 25° 50' de latitud norte y los 108° 50' y 109° 31' de longitud oeste. Su área total es de 46,328 ha[1], con un espejo de agua de 22,500 ha, de las cuales 4,000 corresponden a la Laguna Santa María, 6,000 a la Bahía de Topolobampo y 12,500 a la Bahía de Ohuira. Los límites del sitio Ramsar incluyen los frentes de playa y la vegetación de manglar del sistema lagunar.

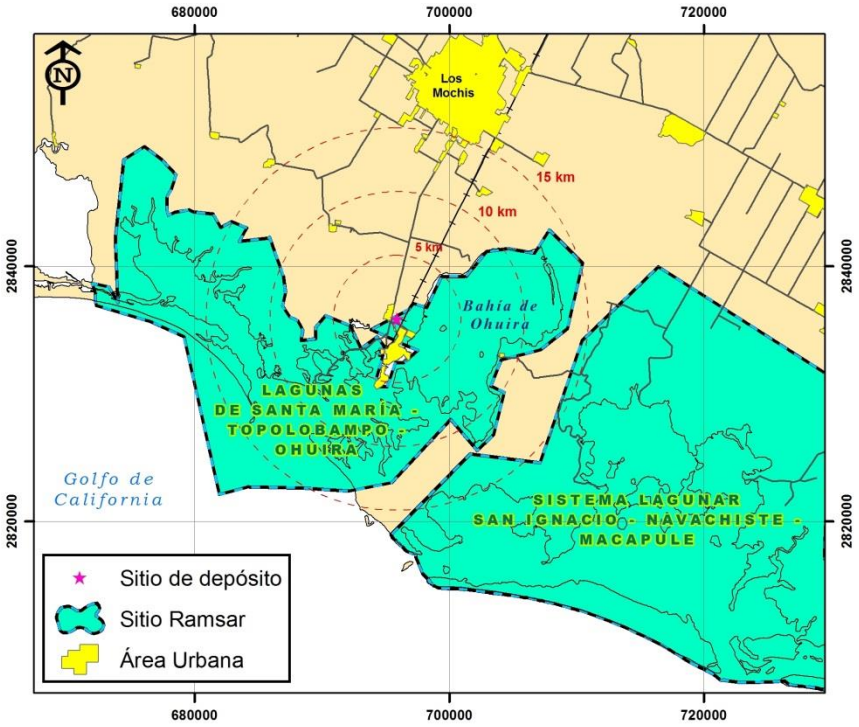


Figura III.17. Ubicación del proyecto en el sitio Ramsar 2025.

La Convención sobre los Humedales (realizada en 1971 en Ramsar, Irán,) es un tratado intergubernamental cuya misión es “la conservación y el uso racional de los humedales

[1] De acuerdo a la información cartográfica en:

mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo".

Para designar un sitio Ramsar no hace falta que el humedal de que se trate esté sujeto ya a alguna clase de régimen jurídico de área protegida, ni que se le confiera uno forzosamente después de su designación[2].

En junio de 2007 el total de naciones adheridas a la Convención como Partes Contratantes era de 155 y había más de 1,700 humedales de todo el mundo, con una superficie mayor de 151 millones de hectáreas, designados para su inclusión en la Lista de Humedales de Importancia Internacional de Ramsar.

En este documento se analizarán los criterios de inscripción del Sitio Ramsar "2025 - Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira" y a continuación se hará una revisión del proyecto con relación a los Nuevos Lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales. Dichos lineamientos sustituyen a los Lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales aprobados en la Resolución 5.7 de la COP5 en 1993 y publicados en el Manual núm. 8 de Ramsar (enero de 2000), el cual puede considerarse como uno de los instrumentos más importante de la convención en cuanto a su aplicación práctica.

Tal como define la Convención, en los humedales se incluye una amplia variedad de hábitat tales como pantanos, turberas, llanuras de inundación, ríos y lagos y áreas costeras tales como marismas, manglares y praderas de pastos marinos, pero también arrecifes de coral y otras áreas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, así como humedales artificiales tales como estanques de tratamiento de aguas residuales y embalses.

La designación de sitios Ramsar se hace con base en nueve criterios divididos en dos grupos. El Grupo A incluye a los sitios que comprenden tipos de humedales representativos, raros o únicos. El Grupo B incluye a los sitios de importancia internacional para conservar

[2] Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010. *Designación de sitios Ramsar: Marco estratégico y lineamientos para el desarrollo futuro de la Lista de Humedales de Importancia Internacional*. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4ª edición, vol. 17. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).

la diversidad biológica. Los criterios Ramsar de inscripción de la zona de estudio incluyen el 2, 3, 4, 5, 6 y 8 (Tabla III.15):

Tabla III.15. Criterios Ramsar del sitio 2025.

No.	Criterios de Ramsar	Implicaciones al proyecto
2	En el complejo insular en estudio anida *Egretta rufescens*, la cual es un ave sujeta a protección especial por la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001). Aunque son pocos los estudios, dentro del sistema lagunar y en el mar adyacente se ha confirmado el uso como zona de alimentación y crianza para tortugas marinas en estadios de vida que van desde juveniles, inmaduros o subadultos y adultos de tortuga Golfina (*Lepidochelys olivacea*), de igual manera se confirmó la presencia de tortuga prieta (*Chelonia mydas agassizi*), tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y Carey (*Eretmochelys imbricata*) todas sujetas a protección especial por la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001) y presentes en la lista roja de la UICN como en peligro de extinción y las últimas dos consideradas en peligro crítico.	El predio de la zona de tiro no presenta conflicto con este criterio, ya que no se desarrolla en el complejo insular ni en zonas de anidación de *Egretta rufescens*. Tampoco incidirá en zonas de alimentación y crianza para tortugas marinas, ya que estas se ubican en el margen costero, y el proyecto se ubica a 1,380 m del margen costero.
3	En la flora de las islas se distribuyen varias especies catalogadas en diferentes categorías dentro de diferentes entidades como la NOM-059-ECOL-2001, así como en IUNC Species Survival Comission, y la CITES; destacándose los manglares (*Rhizophora mangle, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans y Conocarpus erectus*) con estatus de protección especial por su función durante la fase reproductiva de numerosas especies de importancia comercial como el camarón, el ostión y diversas especies de peces; así como una serie de cactáceas como el tasajo (*Peniocereus marianus*) y la viznaguita endémica de la región de Topolobampo (*Echinocereus sciurus var floresii*), la cual solo es reportada para la isla Mazocahui I. Es además el sitio de distribución más austral de *Lophocereus schottii*. Otras especies importantes para su conservación que se presentan en las islas son la saya (*Amoreuxia palmatifida*) y el guayacán (*Guaiacum coulteri*), y otras cactáceas de extraordinaria belleza como lo son: *Ferocactus townsendianus var. townsendianus; Mammillaria dioica, Mammillaria mazatlanensis: Opuntia burragiana, Opuntia fulgida, Opuntia puberula, Opuntia rileyi, Opuntia spraguei, Opuntia wilcoxii; Pachycereus pectenaborigenum; Stenocereus alamosensis y Stenocereus thurberi*. Adicionalmente, en el sitio se ha ubicado como poseedor de una especie endémica de la viznaguita *Echinocereus sciurus var floresii*.	El proyecto no presenta conflictos con este criterio, ya que se ubica en la parte continental, y no incide en las islas, de tal modo que no afecta la flora insular de la Bahía de Ohuira.
4	En el complejo insular en estudio las colonias anidantes más abundantes son *Pelecanus occidentalis, Phalacrocorax auritus y Fregata magnificens*. Sin embargo, también anidan *Egretta rufescens* y *Nyctanassa violacea*, las cuales son aves sujetas a protección especial por la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001). Es importante recalcar que aparte de ser zonas de anidación también es área de alimentación para algunas especies sujetas a protección especial como lo son: *Mycteria americana, Larus hermanni, Larus livens, Sternula antillarum y Thalasseus elegans* (Sánchez-Bon 2008)	El proyecto no presenta conflictos con este criterio, ya que se ubica a 1,380 m del margen costero, por lo que no afecta a las aves que habitan y/o anidan en las islas de la Bahía de Ohuira.
5	En el sistema lagunar también se cuenta con registros de parvadas de pelecánidos en sitios de descanso, anidación y alimentación, los cuales sobrepasan los 20,000 individuos, particularmente en la Isla Patos, en donde se han contabilizado 20,000 aves del orden de los pelecaniformes correspondientes a las especies de *Pelecanus Occidentales y Phalacrocórax auritus*. (Sánchez-Bon, 2009).	Durante los estudios de campo se observaron algunos individuos de *Pelecanus occidentalis*, principalmente en la franja costera. No se observaron en la zona donde se pretende instalar la zona de tiro, ya que no hay sitios de descanso ni de anidación. En el

Tabla III.15. Criterios Ramsar del sitio 2025.

No.	Criterios de Ramsar	Implicaciones al proyecto
		resto de la Bahía de Ohuira hay varios sitios para ello, sobre todo en la franja costera y en las partes más someras, tal como Paredones que pueden ser empleados por las especies de aves playeras. Por otra parte, sus áreas de alimentación son extensas y usualmente se desplazan para alimentarse hasta a 50 km de sus zonas de anidación. No se observaron individuos de *Phalacrocorax auritus*. Por lo tanto, no se prevén afectaciones significativas sobre este grupo de especies.
6	Es el noveno de los 28 humedales prioritarios, identificados por DUMAC, que albergan al 84% de las aves acuáticas migratorias distribuidas en México durante el período invernal. En estos humedales habitan temporalmente el: 65% de las Cercetas de Alas Verdes (*Anas crecca*); 69% de los Patos golondrinos (*Anas acuta*); 84% de las Cercetas de Alas Azules (*Anas discors*); 68% de los Patos Cucharones (*Anas clypeata*); 76% de los Patos Pintos (*Anas strepera*); 77% de los Patos Calvos (*Anas americana*); 92% de los Patos Pijijes de Ala Blanca y Ala Negra (*Dendrocygna autumnalis* y *D. bicolor*); 91% de los Patos Cabeza Roja (*Aythya americana*); y 63% de los Patos Boludos (*Aythya affinis*; Dumac; 2007). Ocupa el cuarto lugar en importancia de los seis humedales que albergan más del 40% de las aves acuáticas migratorias invernantes en México, y es un área que tiene mayor importancia o está más ligada al Pato Calvo (*Anas americana*), la Branta Negra (*Branta bernicla*), y al pato friso (*Anas strepera*; DUMAC, 2007).	El proyecto no tiene conflicto con este criterio, ya que en la zona donde se desarrollará no se encuentran aves acuáticas migratorias de las especies señaladas en este criterio.
8	De acuerdo a los estudios realizados en la zona (Balart *et al*., 1992; Gutiérrez-Barreras, 1999), se pone de manifiesto la importancia de la zona como área de alimentación de estadios tempranos de recursos pesqueros importantes y reclutamiento de numerosas especies de peces, se han identificado un total de 109 especie y 76 géneros que representan a 45 familias. Las familias representadas con el número más grande de especies son: Sciaenidae (10 spp.), Haemulidae (10 spp.), Carangidae (9 spp.), Gerreidae (8 spp.), Paralichthyidae (7 spp.), Lutjanidae (6 spp.), y Engraulididae (5 spp.). Se sabe previamente de un rango geográfico que se extiende para *Ariopsis guatemalensis*, *Centropomus armatus*, *Trachinotus kennedy* y *Ophioscion scierus* (Balart, et al., 1992) y entre ellas algunas especies de alto valor económico como *Anchoa spp*, *Paralabrax nebulifer* y *Paralabrax maculatofasciatus* (De Silva et al, 2005). El área funciona como zona de crianza de y alimentación de postlarvas de camarones donde las especies más abundantes son *Farfantepenaeus californiensis* (74%), seguidas de las postlarvas del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (15%), blanco *Litopenaeus vannamei* (10%) y rojo *Farfantepenaeus brevirostris* (1%), registrándose arribadas de postlarvas en verano de hasta 46 PL/100 m^3.	El proyecto no tiene conflicto con este criterio, ya que se ubica a 1,380 m del margen costero, y no incide en las zonas de alimentación y de reclutamiento de los recursos pesqueros tales como los peces y los crustáceos.
* La nomenclatura actual de la NOM-059-ECOL-2001 es NOM-059-SEMARNAT-2010.		

De acuerdo con la ficha de inscripción, el sistema lagunar Topolobampo-Ohuira-Santa María está compuesto por tres cuerpos costeros localizados en el noroeste del estado de Sinaloa. La Bahía de Santa María, conocida también como Bahía Lechuguilla o Estero San Esteban (Gilmartin y Revelante, 1978), es una laguna costera típica que se extiende en forma paralela a la costa en dirección noroeste, y se encuentra separada de la Bahía de Topolobampo por un canal de 800 metros de ancho. Este sistema tiene 15 kilómetros de largo y 2 a 3 kilómetros de ancho y cuenta con un área de aproximadamente 40 km^2 (Escobedo-Urías, 1997). La Bahía de Topolobampo es uno de los puertos naturales más importantes del Pacífico mexicano y posee un área de aproximadamente 60 km^2. Se encuentra separada del Golfo de California por las barras de arena de la Isla Santa María en el noroeste y Punta Copas en el Sureste. Estas tienen un promedio de 2 kilómetros de ancho y están en partes cubiertas por dunas de arena.

El sitio se consideró con importancia internacional por tener, además de valores ecológicos relevantes, ejemplos de valores culturales significativos.

- **Sitios que ofrecen un modelo de uso racional de humedales, que demuestren la aplicación de conocimiento tradicional y métodos de manejo y uso que mantengan las características ecológicas de los humedales:** El principal uso de los recursos naturales en el sitio es la pesca, misma que ha evolucionado a lo largo de los años, de prácticas destructivas a un uso cada vez más sustentable por parte de los pescadores organizados, ya que por acuerdo en la zona sólo se utilizan las artes de pesca que aseguren la captura de las especies de la talla comercial reglamentaria, así como se evite la destrucción del hábitat tanto litoral como bentónico.

- **Sitios donde las características ecológicas del humedal dependen de la interacción con las comunidades locales o los pueblos indígenas:** Debido a la creciente degradación ambiental que ha sufrido el sistema lagunar, y con la finalidad de coadyuvar en las tareas de conservación de los recursos naturales de la zona, tanto las 3 federaciones de pescadores que existen localmente como los principales prestadores de servicios turísticos se han integrado al subcomité asesor zona norte de la CONANP para el adecuado manejo del APFF “Islas del Golfo de California”. Aunado a lo anterior se suma la estrecha colaboración de los pobladores con las instituciones que realizan permanentemente investigación científica en la región.

El proyecto no interfiere con ninguno de los valores ecológicos importantes señalados, aunque si implica tomar en consideración otros usos y tendencias de desarrollo de la región por la presencia de actividades portuarias e industriales. A continuación, se revisa el proyecto con relación al Sitio Ramsar “2025 - Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira” y los Nuevos Lineamientos para la planificación del manejo de los sitios Ramsar y otros humedales. Es importante destacar que dentro del sitio Ramsar existe infraestructura y se realizan diversas actividades (Figura III.18). Los lineamientos considerados aportan orientaciones adicionales sobre evaluación del impacto ambiental, social y económico y análisis de costos-beneficios, zonificación y uso múltiple, creación y mantenimiento de zonas de amortiguación y la aplicación del enfoque de precaución.



Figura III.18. Infraestructura y actividades existentes cerca del límite del sitio Ramsar.

Dado que los sitios Ramsar oscilan en tamaño entre una y más de seis millones de hectáreas, estos lineamientos indican que deben aplicarse con flexibilidad teniendo en cuenta las características y circunstancias particulares de cada Sitio Ramsar u otro humedal.

Uno de los aspectos considerados en la propuesta del proyecto es que aun dentro de un Sitio Ramsar puede haber unidades de manejo, zonificación y zonas de amortiguación que permitan el desarrollo de otras actividades adicionales a la conservación.

Los lineamientos indican que, por regla general, los procesos de planificación del manejo y el plan de manejo debieran abarcar todo el sitio. No obstante, cuando el humedal se compone de más un subsitio rodeado de zonas donde la tierra se destina a otros usos (por ejemplo, distintos humedales adyacentes a la llanura inundable de un río importante), es conveniente contar con un plan para cada subsitio. Ahora bien, los planes para estos subsitios deben enmarcarse en un plan global que ha de elaborarse antes que los de los subsitios. Aunque dentro del sistema Santa María-Topolobampo-Ohuira podrían identificarse subsitios, también es cierto que el Sitio Ramsar es muy extenso, abarcando 46,328 ha.

En estos casos, cuando el humedal es muy extenso, los lineamientos indican que es conveniente subdividir el sitio en sectores o zonas contiguas y elaborar planes de manejo distintos para cada uno de ellos en el marco de un plan global preestablecido. Las características del sitio y su relación con otros usos de la tierra en las zonas adyacentes, incluyendo el puerto de Topolobampo y la propuesta del proyecto, también pueden justificar zonificarlos de otra manera.

En general, los sitios Ramsar oscilan entre los que corresponden únicamente a la zona del humedal propiamente dicho y los que abarcan extensas zonas colindantes de hábitats distintos, donde las tierras a menudo se destinan a múltiples usos. Esta gran variedad por lo que respecta a lo que queda comprendido dentro de los límites de los sitios Ramsar significa que todo régimen de zonificación aplicado en el marco de la Convención ha de ser lo bastante versátil y flexible como para dar cabida a esta variedad de características de los sitios.

Cuando el sitio propiamente dicho no comprende un área de amortiguamiento, para efectos de la planificación del manejo, se puede definir y establecer un área alrededor de la zona húmeda central definida dentro del Sitio Ramsar u otro humedal. La zona de amortiguamiento debería corresponder a la que rodea el humedal y donde se realicen actividades de aprovechamiento de las tierras capaces de afectar directamente a las características ecológicas del humedal y el objetivo de uso de la tierra en la zona de amortiguación ha de ser que la ordenación del ecosistema asegure su carácter sostenible y su compatibilidad con las características ecológicas del humedal. Si éste se compone de varios subsitios distintos deberá establecerse una zona de amortiguación para cada uno de ellos, comprendida, cuando proceda, la zona que los separa. En este caso, la zona de amortiguamiento puede incluir aquellas áreas con interacciones con otras actividades que serán monitoreadas y donde se pueden aplicar, por ejemplo, condiciones particulares parea descarga o medidas de compensación.

Los lineamientos señalan que la ubicación de la zona de amortiguamiento en relación con la zona central de los sitios Ramsar variará en función de los ecosistemas que se hallen dentro de sus límites. Si el sitio comprende el humedal y sus alrededores, la zona de amortiguación deberá extenderse desde los límites del sitio designado hasta una “zona central”, posiblemente el propio ecosistema del humedal, definida dentro del sitio.

Aun cuando muchos sitios Ramsar se hallan dentro de áreas protegidas, donde las tierras se destinan sobre todo a la conservación del humedal, al igual que las reservas de biosfera, muchos son sitios de usos múltiples, como es el caso del Sitio Ramsar 2025, que rodea instalaciones portuarias e industriales. En sitios de este tipo el objetivo del manejo respecto del uso de **la parte central del humedal** es, en general, velar por el mantenimiento o fortalecimiento de las características ecológicas del humedal de forma que sus valores y funciones sigan estando al servicio de la conservación de la biodiversidad y de la población como fuente de sustento.

Los lineamientos señalan que todo régimen de zonificación deberá tener en cuenta los actuales usos múltiples de los sitios Ramsar y de sus alrededores y velar por que los objetivos de manejo fijados en la zona central se conciban sobre todo para mantener las características ecológicas del humedal y de forma que los que se fijen respecto de cualquier clase de zona de amortiguación adyacente sean compatibles con el mantenimiento de

dichas características. Al respecto cabe señalar que el desarrollo del proyecto no altera ni reduce las características ecológicas contempladas en los criterios de inscripción.

La zonificación es un aspecto importante de la delimitación y gestión de las Reservas de la Biósfera como sitios de usos múltiples, demuestra que la zonificación contribuye en grado apreciable a reducir los conflictos separando las actividades potencialmente conflictivas y que al mismo tiempo asegura que las tierras se puedan seguir utilizando para fines legítimos con un mínimo de discordia.

Todo régimen de zonificación deberá implantarse con la participación de los interesados directos desde un principio, pues muchos conflictos aparecen a la hora de fijar los límites entre los distintos sectores. La fijación de objetivos de zonificación y manejo para cada sector (lo que supone especificar qué actividades debieran autorizarse en ellos y cuáles no) es un aspecto importante del proceso para conseguir que las comunidades, los pueblos indígenas y otros interesados directos participen de cerca en el manejo del humedal. Al respecto debe tomarse en cuenta que a pesar de la presencia del puerto y la zona industrial de Topolobampo, la definición de los límites del Sitio Ramsar no incluyó un proceso de consulta previo.

Otro aspecto considerado en los lineamientos de manejo son las funciones de la planificación del manejo de los humedales, con las que se considera que el proyecto puede ser compatible. Las funciones más importantes del proceso de planificación del manejo de los humedales y de un plan de manejo son:

Función I.- Definir los objetivos de manejo del sitio. Esta es la función más importante del proceso de planificación. Es esencial definir los objetivos de manejo respecto de cada una de las características ecológicas importantes del sitio y de todo otro rasgo importante relacionado con las funciones y los valores del sitio, comprendidos los valores socioeconómicos, culturales y educativos. En este caso el sitio prácticamente abarca un puerto y una zona de actividad industrial con generación de energía eléctrica y manejo de combustibles que definen tendencias de desarrollo, por lo que se supondría que lo objetivos deben incluir la prevención del deterioro del Sitio Ramsar sin menoscabo de las actividades económicas. En particular, este sitio requiere también de acciones de restauración y no sólo de conservación.

Función II.- Determinar los factores que afectan o pueden afectar a las características. La capacidad de alcanzar los objetivos de uso racional y conservación de los humedales resultará afectada siempre en algún grado por diversos factores, como tendencias, restricciones y obligaciones y, de hecho, por todo aquello que haya influido, influya o pueda influir en los rasgos del sitio donde se fijen objetivos. Es esencial determinar todos los factores importantes y que se examine su impacto en el sitio, sobre todo en sus características ecológicas. Para esto, el presente proyecto constituye un elemento que influye y refleja una tendencia del desarrollo a largo plazo, sin afectar los criterios de inscripción del Sitio Ramsar. En este caso la evaluación del impacto ambiental (EIA) de este y otros factores significativos puede contribuir al proceso de planificación.

Función III.- Dirimir conflictos. En este caso como en la mayor parte de los sitios habrá conflictos de interés y dificultades para fijar prioridades. Es esencial que el proceso de planificación sea reconocido como foro para dirimir conflictos y formalizar compromisos cara al futuro. En este sentido el promovente del proyecto busca interactuar con las autoridades responsables del Sitio Ramsar y con la comunidad local para desarrollar las actividades de preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento, sin afectar el ambiente ni las actividades de otros usuarios del sistema.

Función IV.- Definir las necesidades de monitoreo. Una de las funciones del monitoreo, en el contexto de la planificación del manejo, es evaluar su eficacia. Es esencial saber que los objetivos se están alcanzando y poder demostrarlo a terceros. Se ha de reconocer pues que el monitoreo forma parte integrante del manejo y de la planificación. Éste debiera concebirse para identificar y manejar todo cambio en las características ecológicas del sitio. Al respecto, las actividades del Promovente incluyen un programa de monitoreo a largo plazo, que proporcionará información a las autoridades ambientales y la administración del sitio Ramsar en acerca de los cambios que puedan ocurrir en el sitio, con miras a prevenir cualquier tipo de deterioro. Adicionalmente, dichos programa de monitoreo podrá complementarse o integrarse con otros programas que existan en la zona para mejorar la cobertura y homologar la obtención de datos.

Función V.- Determinar y explicar qué gestión hace falta para alcanzar los objetivos. En la mayor parte de los casos de hábitat o especies que requieren protección será

necesario tomar medidas de alguna clase, esto es, gestionar. Según se ha explicado, el plan especifica los objetivos de la gestión y de esto se deriva que también deba determinar y describir las medidas requeridas y evaluar su costo. Dado que en el Sitio Ramsar “2025 - Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira” existen áreas que requieren acciones de restauración, se considera que quienes desarrollan actividades en el sitio pueden contribuir según sus posibilidades, a proponer medidas y aportar recursos para alcanzar los objetivos de manejo. También como parte de las gestiones se podría contemplar enlazar los programas de monitoreo que se realizan en el sitio para mejorar la información que se obtiene y facilitar el acceso a la misma.

Función VI.- Mantener la continuidad de un manejo efectivo. La continuidad de un manejo y monitoreo efectivos es esencial. Los procesos de gestión han de adaptarse para dar cabida a un amplio espectro de factores variables. Aun cuando la gestión variará cuando las circunstancias lo requieran, su finalidad debiera permanecer relativamente constante. Por esto hace falta mantener no sólo la continuidad de determinados procesos especificados, sino también la efectividad del manejo. La continuidad del monitoreo es tan importante como la del manejo. En este sentido, los programas de manejo ambiental que generalmente se requieren en las distintas autorizaciones de impacto ambiental podrían integrarse para tener programas de monitoreo constantes y de largo plazo.

Función VII.- Conseguir recursos. La planificación del manejo debe determinar y cuantificar los recursos necesarios para administrar el sitio y esto debe abarcar la elaboración de un presupuesto detallado. Esta información se puede emplear luego para respaldar y justificar solicitudes de recursos. Suele ser difícil, particularmente en los países en desarrollo, asignar fondos para ejecutar planes de manejo, pero es esencial que éstos especifiquen mecanismos para financiar el manejo. Estos mecanismos pueden comprender la generación de ingresos en el sitio, por ejemplo, gracias al turismo, al aprovechamiento de carrizos, a la pesca, etc., y/o al establecimiento de un fondo fiduciario u otro mecanismo de financiación a largo plazo para el sitio. En muchos casos tal vez sea necesario evaluar la capacidad de la organización encargada de ejecutar el plan de manejo en una de las primeras etapas de su preparación. En este caso puede buscarse la contribución de organismos privados con actividad en la zona, incluyendo al Promovente del presente proyecto o el desarrollo de medidas de compensación dentro de un programa general, que sería así financiado, por ejemplo, por el sector privado.

Función VIII. Hacer posible la comunicación en los sitios y entre ellos, las organizaciones y los interesados directos. La comunicación es esencial en todo organismo, así como entre organismos y personas. Los planes de manejo y el proceso de planificación del mismo son medios de exponer antecedentes de forma estructurada y asequible que informen a terceros sobre el sitio, las metas de la administración y los procesos de gestión. La planificación y el manejo para mantener las características ecológicas dependen sobre todo de la disponibilidad de información. Es asimismo importante que los encargados de elaborar el plan estén familiarizados con las técnicas y los procedimientos de manejo concebidos o perfeccionados en otros lugares. Los componentes de comunicaciones, educación y concienciación del público desde la puesta en marcha del plan hasta su ejecución plena debieran definirse claramente. Al respecto, el proyecto desarrolla actividades de comunicación con diversos actores locales y cuenta con mecanismos para recepción y atención de quejas que pueden facilitar el trabajo de la administración del Sitio Ramsar.

Función IX.- Demostrar que el manejo es efectivo y eficiente. Los encargados de elaborar el plan han de hallarse siempre en posición de demostrar que están empleando los recursos al máximo y que el manejo será efectivo. En otras palabras, el plan debiera sentar las bases para todo análisis de costos-beneficios. Es importante también que se reconozca la necesidad de rendir cuentas. Para esto, mediante acuerdos con los distintos usuarios del sistema sería posible integrar toda la información para verificar que no haya degradación del sistema o que si se presentase un problema este pueda ser corregido de forma rápida y eficiente.

Función X.- Asegurar el cumplimiento de las políticas locales, nacionales e internacionales Es esencial que el plan de manejo tenga presente un amplio espectro de políticas, estrategias y leyes y que se ciña a ellas. De vez en cuando las políticas pueden ser contradictorias y por ende una de las funciones del plan ha de ser integrar las distintas políticas. Una Política Nacional de Humedales y los planes y políticas nacionales de biodiversidad conexos representan el contexto y marco para elaborar planes de manejo de los sitios. En particular, el plan debiera contribuir a ejecutar la Política Nacional de Humedales y/o la estrategia nacional de biodiversidad y otros planes y políticas afines. Al respecto, el proyecto cumple con los requerimientos en materia de impacto ambiental y

cumplirá con la normatividad aplicable a fin de garantizar que no constituirá un factor de degradación del medio natural en el Sitio Ramsar y que no afecta los criterios de inscripción del mismo.

Otro aspecto muy importante relacionado con los puntos descritos anteriormente es que la Convención Ramsar no pretende sustituir la planeación y el ordenamiento de la zona costera exclusivamente con la inscripción de sitios Ramsar. En el Anexo de la Resolución VIII.4 por la Conferencia de las Partes Contratantes en su Octava Reunión en el 2002, la conferencia de las Partes Contratantes insta a las Partes Contratantes a velar por que los humedales costeros y sus valores y funciones para el bienestar humano, inclusive su función de mitigación de los impactos del cambio climático y aumento del nivel del mar y su importancia para que la conservación de la diversidad biológica, sean reconocidos plenamente en la planificación y la toma de decisiones en las zonas costeras, incluso impulsando iniciativas de **Manejo Integral de la Zona Costera** (MIZC), e insta además a las Partes Contratantes a cerciorarse de que los encargados de poner el MIZC en práctica en los planos local, regional y nacional en sus territorios tomen conocimiento de los Principios y lineamientos adjuntos a la Resolución y los apliquen. Los principios generales y la práctica del Manejo Integral de la Zona Costera reconocen que en general sus fines son:

i) Orientar el grado de los usos o intervenciones en las zonas costeras para no sobrepasar la capacidad de sustentación de la base de recursos determinando qué recursos es necesario aprovechar sin provocar su degradación o agotamiento y qué recursos es preciso renovar o rehabilitar para destinarlos a usos tradicionales o nuevos;
ii) Respetar los procesos dinámicos naturales fomentando los procesos provechosos y evitando las intervenciones perjudiciales;
iii) Reducir los riesgos para los recursos vulnerables;
iv) Asegurar la diversidad biológica de los ecosistemas costeros;
v) Fomentar las actividades complementarias en vez de competitivas;
vi) Velar por que los objetivos ambientales y económicos se alcancen con un costo aceptable para la sociedad;
vii) Proteger los usos y derechos tradicionales y el acceso equitativo a los recursos; y
viii) Resolver los problemas y conflictos sectoriales.

Así, se considera que la realización del proyecto y el desarrollo futuro de la zona, pueden integrase al plan de manejo del Sitio Ramsar, siempre y cuando incorporen medidas para la prevención del deterioro ambiental, y no se rebasen los límites de aprovechamiento que puedan provocar su degradación o agotamiento del sistema. En ese sentido serán de gran importancia los programas de monitoreo que se realicen y el uso que se dé a la información.

III.4.2 Convenio sobre Diversidad Biológica.

El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) tiene como objetivos "*la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios resultantes de la utilización de los recursos genéticos*". En el caso del proyecto de la zona de tiro no está involucrada ninguna de las actividades reguladas por esta convención, ya que no se hará uso de ninguna especie de flora o fauna, ni de su material genético.

México ratificó este convenio en el año de 1993. El convenio incluye tres protocolos, incluyendo el Protocolo de Cartagena (sobre seguridad de la biotecnología), ratificado en el año 2003, así como los protocolos de Nagoya (sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios) y el Protocolo Nagoya – Kuala Lumpur, de los cuales México no es signatario.

El Convenio es el primer acuerdo global para abordar todos los aspectos de la diversidad biológica: recursos genéticos, especies y ecosistemas, y el primero en reconocer que la conservación de la diversidad biológica es "una preocupación común de la humanidad", y una parte integral del proceso de desarrollo. Para alcanzar sus objetivos, el Convenio —de conformidad con el espíritu de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo— promueve constantemente la asociación entre países. Sus disposiciones sobre la cooperación científica y tecnológica, acceso a los recursos genéticos y la transferencia de tecnologías ambientalmente sanas, son la base de esta asociación, pero no son aplicables a las actividades a realizar en la zona de tiro de material de dragado.

III.4.3 Convención sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES).

La CITES somete el comercio internacional de especímenes de determinadas especies a ciertos controles. Toda importación, exportación, reexportación o introducción procedente del mar de especies amparadas por la Convención debe autorizarse mediante un sistema de concesión de licencias.

Asimismo, cada Parte en la Convención (incluyendo a México) debe designar una o más Autoridades Administrativas que se encargan de administrar el sistema de concesión de licencias y una o más Autoridades Científicas para prestar asesoramiento acerca de los efectos del comercio sobre la situación de las especies. Las especies amparadas por la CITES están incluidas en tres Apéndices, según el grado de protección que necesiten:

- En el Apéndice I se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio en especímenes de esas especies se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales.
- En el Apéndice II se incluyen especies que no se encuentran necesariamente en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia.
- En el Apéndice III se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio.

Es importante precisar que, durante el desarrollo de las actividades del proyecto, el promovente no realizará ninguna actividad de comercialización de vida silvestre, incluyendo las especies de los apéndices de CITES.

III.5 Análisis de los Instrumentos Normativos (Normas y Acuerdos).

III.5.1 NOM-022-SEMARNAT-2003.

Esta norma establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. Es de observancia general y obligatoria para las personas físicas y morales nacionales y extranjeras que pretendan llevar a cabo cualquier tipo de actividad en los humedales costeros mexicanos.

Las especificaciones establecidas en la NOM-022-SEMARNAT-2003, fueron consideradas en el proyecto debido a que las actividades de bombeo del material de dragado se realizarán a menos de 100 m de dicha vegetación. La Figura III.19 presenta la distribución de vegetación con mangle o asociada con mangle cerca del predio.

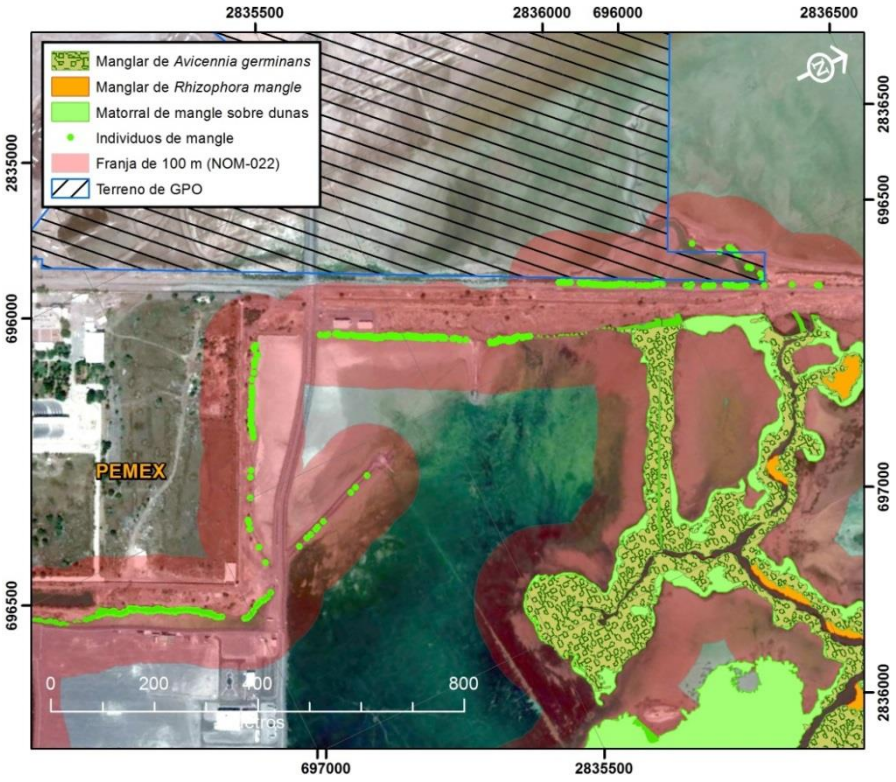


Figura III.19. Vegetación con mangle y predio del proyecto, con relación a la NOM-022-SEMARNAT-2003.

En el sitio de depósito no existe vegetación de manglar, aunque si hay individuos de *Avicennia germinans* a menos de 100 m del límite del predio. Dicho mangle esta constituidos por individuos que van desde plántulas a organismos bien desarrollados de

hasta 2.5 m de altura que crecen sobre el talud de la vía del ferrocarril. Estos organismos no forman una sola masa sino que se desarrollan en una distribución lineal donde alternan con arbustos de especies halófilas-xerófilas. El mangle sólo se llega a encontrar hasta a 400 m de la alcantarilla en dirección al camino de acceso a la zona industrial.

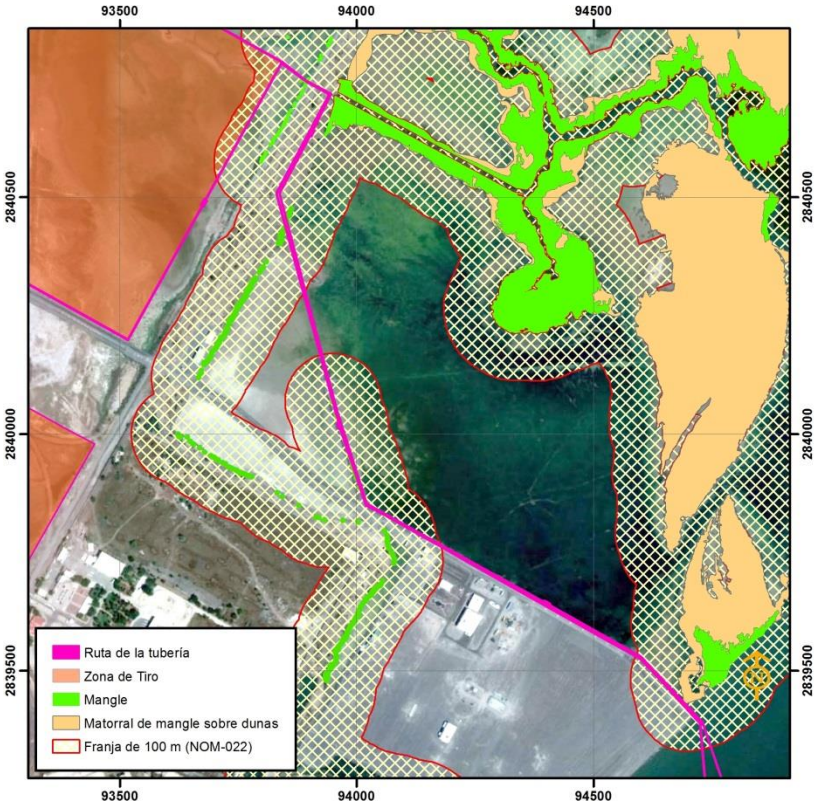


Figura III.20. Vegetación con mangle a lo largo de la ruta de la tubería, con relación a la NOM-022-SEMARNAT-2003.



Figura III.21. Individuos de *Avicennia germinans* bien desarrollados en el talud del ferrocarril.



Figura III.22. Plántulas de *Avicennia germinans* aisladas, en el talud del ferrocarril.



Figura III.23. En el talud el mangle se alterna con vegetación halófila y especies como *Tamarix sp*.



Figura III.24. Mangle en el límite de su distribución en el talud, a 400 m de la alcantarilla.

También hay mangle alrededor del trazo de la tubería de bombeo de sedimentos desde la laguna hacia el predio, el cual no será alterado ni afectado. La tubería pasa por el talud de la plataforma de la planta de amoniaco y sigue por el camino de acceso a la torre de alta tensión de la CFE, donde hay algunos individuos de mangle en su talud (Figura III.25). Después sigue por el derecho de vía de estas líneas y por el talud del ferrocarril hasta llegar a la alcantarilla, para pasar por debajo de las vías en dirección al sitio de depósito. Para la colocación de la tubería, que será temporal, no se realizarán obras permanentes ni excavaciones que modifiquen los flujos naturales de agua.



Figura III.25. Individuos de mangle en el bordo de la línea de alta tensión de CFE.



Figura III.26. Alcantarilla por donde cruzará la tubería hacia la zona de tiro.

En la siguiente tabla se analizan las especificaciones de la norma. La presencia de mangle se da únicamente en el exterior del predio, sobre el talud del terraplén del ferrocarril, mientras que en el resto del predio, en dirección a la carretera a Los Mochis no existe este tipo de vegetación.

Tabla III.16. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

No.	Especificación de la NOM-022-SEMARNAT-2003	Implicaciones en el Uso del territorio y/o el diseño de proyecto
4.0	Especificaciones: El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental se deberá garantizar en todos los casos la integridad del mismo, para ello se contemplarán los siguientes puntos: • La integridad del flujo hidrológico del humedal costero; • La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental; • Su productividad natural; • La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas; • Integridad de las zonas de anidación, reproducción, refugio, alimentación y alevinaje; • La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos (de superficie y subterráneos), la duna, la zona marina adyacente y los corales; • Cambio de las características ecológicas; • Servicios ecológicos; ecológicos y ecofisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros)."	El proyecto cumple esta especificación dado que no se realizarán obras sobre vegetación de manglar y tampoco afectará los flujos hacia los cuerpos de manglar cercanos, como el que se encuentra en el norte del predio de la empresa. El depósito de material de dragado en los terrenos del proyecto no afectará áreas con mangle. No se modificarán los volúmenes de agua que anualmente llegan a este tipo de vegetación, de forma que conservarán su flujo hidrológico. En relación con el estero que conecta a los manglares al norte del predio (pero fuera de este) con la Bahía de Ohuira y que son su principal abastecimiento de agua del manglar en esa zona, el proyecto no los modifica de ninguna manera. El proyecto no afectará la conexión de ningún manglar con la zona marina ni con su área de influencia en la plataforma continental, tampoco modifica la productividad natural ni realizará actividades turísticas. Dadas las condiciones del predio, sin ninguna vegetación en su mayor parte, no se afecta la integridad de zonas de anidación, reproducción, refugio, ni alevinaje. En el caso de la vegetación sobre los bordos no se afectarán las características y servicios ecológicos relacionados con la alimentación de aves que arriban cuando el terreno se inunda en la época de lluvias. Habrá un impacto limitado sobre el sistema regional sólo por la ocupación de terreno inundable, pero el alimento en el predio es de fuentes exógenas y el área afectada es muy baja respecto a las zonas inundables del SAR.
4.1	Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.	El cambio en el drenaje pluvial del terreno no pone en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros de la región. Esto se demuestra mediante la modelación hidrológica que forma parte de esta MIA y que incluye las zonas de inundación del sistema costero.
4.2	Construcción de canales que, en su caso, deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.	Dado que el proyecto no contempla la construcción de un canal para el agua de enfriamiento, no es aplicable esta especificación.

Tabla III.16. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

No.	Especificación de la NOM-022-SEMARNAT-2003	Implicaciones en el Uso del territorio y/o el diseño de proyecto
4.3	Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, asolvamiento y modificación del balance hidrológico.	Este criterio no aplica al proyecto debido a que no se requiere de la construcción del canal para agua de enfriamiento adicional al de la CFE, ya existente, y no se realizan obras en zonas de manglar.
4.4	El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.	La construcción de las zonas de tiro no afectará vegetación de manglar ni requerirá de rellenos en las áreas que definen la hidrología de los manglares.
4.5	Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural del agua hacia el humedal costero.	Las modificaciones en el terreno no estarán colindantes con el manglar y no cortarán los flujos hidráulicos. Además, el proyecto permitirá la circulación del agua entre los bordos de contención y el bordo con mangle.
4.6	Se debe evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y asolvamiento.	El proyecto no descargará contaminantes hacia manglares o esteros ni provocará la degradación de humedales ya que controlará las sustancias contaminantes que genere. Además, se aplicarán medidas para que las aguas pluviales que circulen a través de la alcantarilla estén libres de contaminantes y sedimentos. No habrá descargas de residuales.
4.7	La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.	No aplicaría al presente proyecto ya que no se utiliza agua de las cuencas que alimentan a los humedales de Topolobampo y Ohuira.
4.8	Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón metales pesados, solventes, grasas, aceites combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, centros pecuarios, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos y otras actividades productivas que se vierten a los humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.	El proyecto no hará ningún tipo de vertimiento a través de cuerpos de manglar ni directamente sobre estos. Durante la construcción, se instalarán letrinas portátiles y se contratará una empresa autorizada para que proporcione el servicio de retiro de las aguas residuales. Se buscará una empresa que garantice que el manejo que se dé a dichas aguas residuales cumpla con la normatividad ambiental vigente. Ninguna de estas aguas residuales será vertida a los humedales.
4.9	El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente, quien le fijará las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.	En ninguna de las diferentes etapas de desarrollo del proyecto se verterán aguas residuales a la unidad hidrológica.
4.10	La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe de garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación, evitando la intrusión de la cuña salina en el acuífero.	No aplica al presente proyecto, ya que no se contempla la extracción de agua subterránea.
4.11	Se debe evitar la introducción de ejemplares o poblaciones que se puedan tornar perjudiciales, en aquellos casos en donde existan evidencias de que algunas especies estén provocando un daño inminente a los humedales costeros en zona de manglar, la Secretaría evaluará el daño ambiental y dictará las medidas de control correspondientes.	El proyecto no contempla la introducción de ninguna especie animal o vegetal.

Tabla III.16. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

No.	Especificación de la NOM-022-SEMARNAT-2003	Implicaciones en el Uso del territorio y/o el diseño de proyecto
4.12	Se deberá considerar en los estudios de impacto ambiental, así como en los ordenamientos ecológicos el balance entre el aporte hídrico proveniente de la cuenca continental y el de las mareas, mismas que determinan la mezcla de aguas dulce y salada recreando las condiciones estuarinas, determinantes en los humedales costeros y las comunidades vegetales que soportan.	El estudio hidrológico de la Bahía de Ohuira ha considerado esta especificación.
4.13	En caso de que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada sobre pilotes que permitirán el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizarán métodos de construcción en fase (por sobreposición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.	El proyecto no contempla construir vías de comunicación que afecten el flujo hidráulico de humedales. Durante la construcción se tendrá cuidado que no se dañe el suelo del humedal y que se generen depósitos de material fuera del área que ocuparán las obras.
4.14	La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo del agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100 m (cien metros) como mínimo la cual se medirá a partir del límite del derecho de vía al límite de la comunidad vegetal y los taludes recubiertos con vegetación nativa que garanticen su estabilidad.	El proyecto no contempla construir vías de comunicación.
4.15	Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres y líneas, deberá ser dispuesto sobre el derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en el caso de cruzar el manglar procurar el menor impacto posible.	El proyecto no desarrollará este tipo de infraestructura a través o alrededor de áreas de manglar.
4.16	Las actividades productivas como la agropecuaria, acuícola intensiva o semi-intensiva, infraestructura urbana, o alguna otra que sea aledaña o colindante con la vegetación de un humedal costero, deberán dejar una distancia mínima de 100 m respecto al límite de la vegetación, en la cual no se permitirá actividades productivas o de apoyo.	En el caso del proyecto no será posible mantener esta distancia en relación con el manglar que crece en el bordo del canal de la CFE y la orilla de la Bahía de Ohuira. Por tal motivo se tomará en cuenta lo dispuesto en la especificación 4.43, incluyendo como medida de compensación la adquisición de terrenos con vegetación de mangle para establecer una zona de protección ambiental
4.17	La obtención del material para construcción, se deberá realizar de los bancos de préstamo señalados por la autoridad competente, los cuales estarán ubicados fuera del área que ocupan los manglares y en sitios que no tengan influencia sobre la dinámica ecológica de los ecosistemas que los contienen.	Los sitios donde se comprarán los materiales de construcción para el proyecto se encuentran cerca, pero tierra adentro y no tienen influencia sobre la dinámica ecológica de los manglares. No existirá conflicto con esta especificación.
4.18	Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos, o cualquier otra obra que implique pérdida de vegetación, que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo o, en su caso, el estudio de impacto ambiental.	El proyecto no se realizará en terrenos forestales o preferentemente forestales. El mangle que crece sobre los bordos alrededor de las instalaciones de PEMEX se ubica en zonas de infraestructura de uso industrial, donde antes de su construcción no crecía este o ningún otro tipo de vegetación.
4.19	Queda prohibida la ubicación de zonas de tiro o disposición del material de dragado dentro del manglar y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.	La selección del sitio para el depósito del material de dragado se hizo tomando en cuenta esta especificación.

Tabla III.16. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

No.	Especificación de la NOM-022-SEMARNAT-2003	Implicaciones en el Uso del territorio y/o el diseño de proyecto
4.20	Queda prohibida la disposición de residuos sólidos en humedales costeros.	En la planta se dará un manejo correcto a los residuos sólidos, sin que en ningún momento se disponga de ellos de manera tal que se afecte algún humedal. Los residuos que se generen se manejarán conforme lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y las normas aplicables.
4.21	Queda prohibida la instalación de granjas camaronícolas industriales intensivas o semintensivas en zonas de manglar y lagunas costeras y queda limitado a zonas de marismas y a terrenos más elevados sin vegetación primaria en los que la superficie del proyecto no exceda el equivalente de 10% de la superficie de la laguna costera receptora de sus efluentes en lo que se determina la capacidad de carga de la unidad hidrológica. Esta medida responde a la afectación que tienen las aguas residuales de las granjas camaronícolas en la calidad del agua, así como su tiempo de residencia en el humedal costero y el ecosistema.	Este criterio es aplicable a proyectos acuícolas. No aplica a proyectos como el del depósito de material de dragado.
4.22	No se permite la construcción de infraestructura acuícola en áreas cubiertas de vegetación de manglar, a excepción de canales de toma y descarga, los cuales deberán contar previamente con autorización en materia de impacto ambiental y de cambio de utilización de terrenos forestales.	Este criterio sólo es aplicable a proyectos acuícolas. No aplica a proyectos como el del depósito de material de dragado.
4.23	En los casos de autorización de canalización, el área de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.	Para el proyecto no se requiere actividades de rectificación o desviación de canales naturales.
4.24	Se favorecerán los proyectos de unidades de producción acuícola que utilicen tecnología de toma descarga de agua, diferente a la canalización.	No aplica a actividades no relacionadas a la acuicultura.
4.25	La actividad acuícola deberá contemplar preferentemente post-larvas de especies nativas producidas en laboratorio.	No aplica a actividades no relacionadas a la acuicultura.
4.26	Los canales de llamada que extraigan agua de la unidad hidrológica donde se ubique la zona de manglares deberá evitar, la remoción de larvas y juveniles de peces y moluscos.	El canal de la CFE, donde se tomará el agua para el proyecto se encuentra en la Bahía de Ohuira, pero fuera de las zonas de manglar que proporcionan refugio a estadios tempranos de distintas especies.
4.27	Las obras o actividades extractivas relacionadas con la producción de sal, sólo podrán ubicarse en salitrales naturales; los bordos no deberán exceder el límite natural del salitral, ni obstruir el flujo natural de agua en el ecosistema.	No aplica a actividades no relacionadas a la producción de sal.
4.28	La infraestructura turística ubicada dentro de un humedal costero debe ser de bajo impacto, con materiales locales, de preferencia en palafitos que no alteren el flujo superficial del agua, cuya conexión sea a través de veredas flotantes, en áreas lejanas de sitios de anidación y percha de aves acuáticas y requiere de zonificación, monitoreo y el informe preventivo.	No aplica a actividades no relacionadas a la construcción de infraestructura turística.
4.29	Las actividades de turismo náutico en los humedales costeros en zonas de manglar deben llevarse a acabo de tal forma que se evite cualquier daño al entorno ecológico, así como a las especies de fauna silvestre que en ellos se encuentran. Para ello, se establecerán zonas de embarque y desembarque, áreas específicas de restricción y áreas donde se reporte la presencia de especies en riesgo.	No aplica a actividades no relacionadas al turismo náutico.

Tabla III.16. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

No.	Especificación de la NOM-022-SEMARNAT-2003	Implicaciones en el Uso del territorio y/o el diseño de proyecto
4.30	En áreas restringidas los motores fuera de borda deberán ser operados con precaución, navegando a velocidades bajas (no mayor de 8 nudos) y evitando zonas donde haya especies en riesgo como el manatí.	No aplica a actividades del proyecto ya que no se contempla la navegación en áreas restringidas de la Bahía de Ohuira.
4.31	El turismo educativo, ecoturismo y observación de aves en el humedal costero deberán llevarse a cabo a través de veredas flotantes, evitando la compactación del sustrato y el potencial de riesgo de disturbio a zonas de anidación de aves, tortugas y otras especies.	El proyecto no incluye las actividades a las que se refiere esta especificación.
4.32	Deberá de evitarse la fragmentación del humedal costero mediante la reducción del número de caminos de acceso a la playa en centros turísticos y otros. Un humedal costero menor a 5 km de longitud del eje mayor, deberá tener un solo acceso a la playa y éste deberá ser ubicado en su periferia. Los accesos que crucen humedales costeros mayores a 5 km de longitud con respecto al eje mayor, deben estar ubicados como mínimo a una distancia de 30 km uno de otro.	No aplica al proyecto debido a que no se construyen caminos de acceso a través del humedal costero o que fragmente manglares.
4.33	La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.	No aplicará al proyecto ya que no se construirán canales.
4.34	Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultado del paso de ganado, personas, vehículos y otros factores antropogénicos.	No se tienen actividades que provoquen que los sedimentos de marismas u humedales costeros sean compactados fuera de los límites del proyecto.
4.35	Se dará preferencia a las obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.	Como una de las medidas propuestas por el proyecto están el conservar y proteger las zonas de manglar existentes en el perímetro del predio del proyecto, para lo cual se adquirirán dichos terrenos.
4.36	Se deberán restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo como se determinen en el Informe Preventivo.	El proyecto para la construcción de las zonas de tiro no es de restauración de humedales. Además, el proyecto contempla conservar el manglar cerca de los límites del terreno.
4.37	Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo las áreas que presenten potencial para ello.	En el caso de la planta, la construcción de la misma no alterará la unidad hidrológica aunque si ocupará una zona, en su mayor parte desprovista de vegetación, junto a la Bahía de Ohuira.
4.38	Los programas proyectos de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea de base para determinar las acciones a realizar.	No se contemplan proyectos de restauración de manglares. Sin embargo, en caso de que eventualmente se proponga el realizar restauración de manglar se tomará en cuenta esta especificación.
4.39	La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada, tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.	El proyecto no contempla la realización de obras de restauración de manglares. Si se realizarán este tipo de acciones como una contribución al mejoramiento ambiental de la zona, se consideraría el emplear *Avicennia germinans* y *Rhizophora mangle*.

Tabla III.16. Especificaciones de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

No.	Especificación de la NOM-022-SEMARNAT-2003	Implicaciones en el Uso del territorio y/o el diseño de proyecto
4.40	Queda estrictamente prohibido introducir especies exóticas para las actividades de restauración de los humedales costeros.	No se realizarán actividades de restauración ni la introducción de ninguna especie exótica hacia el humedal costero o sus colindancias, ni de flora ni de fauna silvestre.
4.41	La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos de tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.	El proyecto no incluye la creación o restauración de un humedal costero.
4.42	Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.	Para cumplir esto se ha realizado un estudio hidrológico y una modelación del sistema. Los resultados de dichos estudios se han considerado para el proyecto y se anexan a esta MIA-R.
4.43	La prohibición de obras y actividades estipuladas en los numerales 4.4 y 4.22 y los límites establecidos en los numerales 4.14 y 4.16 podrán exceptuarse siempre que el informe preventivo o en la manifestación de impacto ambiental, según sea el caso, se establezcan medidas de compensación en beneficio de los humedales y se obtenga la autorización de cambio de uso de suelo correspondiente.	El proyecto no realiza las actividades señaladas en el criterio 4.22 pero si en el criterio 4.4. Se proponen medidas de compensación dado que no es posible mantener la franja de 100 m entre la infraestructura y el mangle que crece en la base del bordo del canal de la CFE.

III.5.2 NOM-059-SEMARNAT-2010.

Esta norma se refiere a la 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.

La norma NOM-059-SEMARNAT-2010 consiste de dos elementos principales: en primer lugar, sirve para orientar las iniciativas de inclusión, exclusión o cambio de las especies o las poblaciones que tengan alguna categoría de riesgo y en segundo lugar proporciona una lista de especies en riesgo, incluidas en el Anexo Normativo III.

El objetivo descrito en el numeral 1 de la norma, señala que está tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción y es de observancia obligatoria en todo el Territorio Nacional, para las personas físicas o morales que promuevan la inclusión, exclusión o cambio de las especies o poblaciones silvestres en alguna de las categorías de riesgo, establecidas por dicha Norma.

En consecuencia, la aplicación de sus lineamientos sólo está dirigida a orientar las iniciativas de inclusión, exclusión o cambio de las especies o las poblaciones que tengan alguna categoría de riesgo, pero igualmente es aplicable precisamente cuando se tenga por objeto identificar el estatus de riesgo de dichas especies, destacando que la norma no contempla regulación, lineamiento o criterio alguno para el manejo o tratamiento de las especies que enlista. Resulta importante además destacar las definiciones que establecen los numerales 2.2.2, 2.2.3 y 2.2.4 para las categorías de riesgo de especies en peligro de extinción (P), Amenazadas (A) y sujetas a protección especial (Pr), conforme a lo siguiente:

Sujetas a protección especial (Pr): Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas. Aquí se incluye algunas de las aves que por su rango de distribución puede estar en la zona litoral.

Amenazadas (A): Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.

En peligro de extinción (P): Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.

En el sistema Santa María-Topolobampo-Ohuira, así como en el SA, se han reportado especies sujetas a protección especial, tales como la gaviota ploma (*Larus heermanni*), la garceta rojiza (*Egretta rufescens*), la cigüeña americana (*Mycteria americana*), la gaviota pata amarilla (*Larus livens*), el charrán mínimo (*Sternula antillarum*) y el charrán elegante (*Thalasseus elegans*). **Sin embargo, es importante aclarar que actualmente ninguna de estas especies está presente o tiene zonas de anidación en el predio.** En el Capítulo IV se presenta un listado completo de las especies de flora y fauna con distribución potencial dentro del Sistema Ambiental.

Antes de que las obras hidráulicas de esta zona recibieran mantenimiento, en el terreno

inundado se registraron las especies de aves que se presentan en la Tabla III.17 y que están dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010, sujetas a protección especial (Pr); ninguna de ellas es endémica. Sin embargo, ni ante ni ahora se observaron sitios de anidación ni de alimentación en dicha área. Durante los estudios realizados en el Área del Proyecto no se registraron especies de anfibios, reptiles o mamíferos bajo algún estatus en dicha norma.

Tabla III.17. Aves del sitio del proyecto incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Estatus
Podicipediformes	Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor Menor	Pr
Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta rufescens*	Garza Rojiza	Pr

En la zona de los manglares alrededor de la Bahía de Ohuira se presentan las cuatro especies vegetales en la categoría de Amenazadas: Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*). Este último también se encuentra en las comunidades terrestres, como un elemento más de la vegetación secundaria. En las colindancias del Área del Proyecto sólo se encuentran *Avicennia germinans*.

Las lagunas y el área marina adyacente son importantes para la alimentación y desarrollo de cuatro especies de tortuga marina: la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), la tortuga marina verde del Pacífico o prieta (*Chelonia agassizii* o *Chelonia mydas agassizii*) y la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*).

Actualmente estas cuatro especies se encuentran en categoría de especies en peligro, aunque cabe destacar que la zona de tiro se encuentra a más 1,4000 m del margen costero, por lo que no incide en sitios de alimentación o anidación de tortugas.

Por lo que se refiere a la atención, manejo y propuestas relacionadas a las especies mencionadas, el proyecto se apegará a lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y de su Reglamento. No habrá ningún tipo de actividad que dañen directamente a los individuos como captura o cacería.

III.5.3 Acuerdo Secretarial número 103 mediante el cual se expiden los formatos que establece la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas.

Este acuerdo fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de julio del 2014. En él se expiden los formatos que establece la Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas, de acuerdo al material que se pretenda verter. El proyecto para establecer el depósito en tierra del material de dragado de la Terminal Portuaria PIT busca evitar tener que realizar el vertimiento al mar. No obstante, para la determinación de los parámetros fisicoquímicos analizados en el sedimento se tomó en cuenta lo siguiente:

a) Formato # 1MPAD Material procedente de actividades de dragado;

III.5.4 Otras Normas Aplicables.

Existen otras normas aplicables a algunas actividades del proyecto, ya sean temporales o continuas. Hay ciertas actividades que serán desarrolladas por terceros, principalmente durante la construcción, por lo que la observancia y cumplimiento de ciertas normas les corresponderá a ellos.

Tabla III.18. Normas de posible aplicación a actividades del proyecto.

NORMA	ESPECIFICACIONES
Emisiones a la atmósfera	
NOM-041-SEMARNAT-2006. Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	En caso de que los vehículos de transporte que utilice el promovente durante las etapas de preparación del sitio, así como la construcción usen gasolina como combustible, se implementarán los mecanismos para que sus emisiones de contaminantes provenientes del escape no superen los límites máximos establecidos en esta NOM. Para tal efecto, su operación se realizará bajo los lineamientos de un estricto programa de mantenimiento preventivo, el cual quedará registrado en la bitácora de cada equipo, independientemente del cumplimiento de la obligación de someter a verificación aquellos vehículos que obligatoriamente tengan que someterse a esas rutinas ante la autoridad estatal competente. Al amparo de dicho programa se llevarán a cabo las revisiones periódicas, y se anexará una copia a los informes de cumplimiento de las medidas de mitigación que se presentará ante la DGIRA, de manera periódica.
NOM-045-SEMARNAT-2006. Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diésel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición.	En caso de que los vehículos de transporte que utilice el promovente durante las etapas de preparación del sitio, así como la construcción usen diésel como combustible, se implementarán los mecanismos para que el coeficiente de absorción de luz y el porcentaje de opacidad provenientes del escape no superen los límites máximos establecidos en esta NOM (tablas 1 y 2 de dicha norma).
NOM-050-SEMARNAT-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de	En caso de que el promovente y/o sus contratistas utilicen vehículos automotores que usen como combustibles gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, implementará las medidas necesarias para que las emisiones contaminantes de dichos vehículos no superen los límites máximos permisibles establecidos en esta NOM.

Tabla III.18. Normas de posible aplicación a actividades del proyecto.

NORMA	ESPECIFICACIONES
petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, como combustible.	
Residuos peligrosos, sólidos urbanos y de manejo especial	
NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos.	Durante las etapas de preparación del sitio y la construcción se prevé generar diversos tipos de residuos, algunos de los cuales se consideran peligrosos. Por tal motivo, el promovente procederá de acuerdo a sus lineamientos de esta NOM, para realizar la identificación y la clasificación de dichos residuos.
NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la norma oficial mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993.	En caso de que durante el desarrollo de las actividades de preparación del sitio y construcción se presente una mezcla de dos o más residuos peligrosos, que por sus características físico-químicas pudieran ser incompatibles, el promovente realizará el procedimiento establecido en el apartado 5 de esta norma para determinar la incompatibilidad eventual entre ellos.
NOM-161-SEMARNAT-2011. Que establece los criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo.	El promovente observará y se sujetará a los criterios establecidos en el apartado 6 para clasificar a los Residuos de Manejo Especial, que sean generados durante el desarrollo de las actividades del proyecto en las etapas de preparación del sitio y construcción, así como los establecidos en el apartado 7 y en el listado del anexo normativo para determinar aquellos que son sujetos a Plan de Manejo; también considerará los elementos que establece el apartado 9 para formular dichos Planes. De ser el caso, el promovente inscribirá su plan de manejo y llevará un registro de todas sus actuaciones.
Contaminación por ruido	
NOM-080-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación, y su método de medición.	El promovente observará los límites máximos permisibles de ruido establecidos en el apartado 5.9, y en caso de superarlos, implementará las medidas y mecanismos necesarios para que los vehículos automotores utilizados durante las etapas de preparación del sitio y la construcción, reduzcan dichas emisiones.

III.6 Sistema de Áreas Naturales Protegidas.

III.6.1 Áreas Naturales Protegidas con Decreto Federal.

La conservación de las áreas de interés biológico y/o ecológico es importante, ya sea por sus recursos naturales, por su alta biodiversidad, por la presencia de numerosas especies protegidas por algún instrumento legal o convenio internacional, por presentar especies endémicas de México o de la región, o bien porque no se han realizado estudios, entre otros factores.

Específicamente, las Áreas Naturales Protegidas (ANP) están establecidas por parte de alguna entidad gubernamental mediante un decreto, en el que se describen los lineamientos para su protección. La Región Noroeste y Alto Golfo de California está conformada por 9 Áreas Naturales Protegidas (Figura III.27 y Tabla III.19) reconocidas a nivel mundial por su alto valor ambiental, las cuales suman 2,398,925.06 hectáreas.

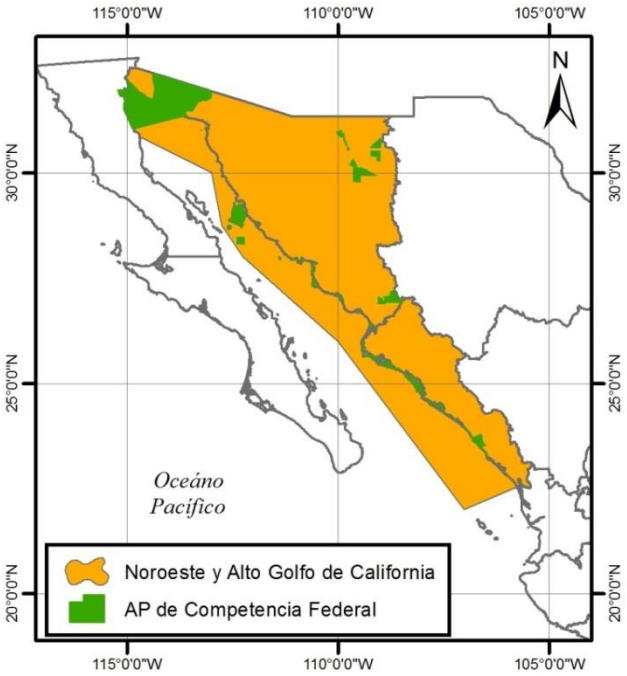


Figura III.27. Ubicación del sitio en la región Noroeste y Alto Golfo de California de CONANP.

El sitio para el depósito del material de dragado no forma parte ni se encuentra en colindancia inmediata con ninguna de las áreas naturales protegidas de competencia federal decretadas en la región Noroeste y Alto Golfo de California.

Tabla III.19. Áreas Protegidas, por categoría, en el Noroeste y Alto Golfo de California.

Categoría	Estado	Superficie (hectáreas)
Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	Son, BC	934,756.25
Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar	Son	714,556.50
Reserva de la Biosfera Isla San Pedro Mártir	Son	30,165.23
Área de Protección de Flora y Fauna Bavispe	Son	200,900.66
Área de Protección de Flora y Fauna Meseta de Cacaxtla	Sin	50,862.31
Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California	BC, BCS, Sin, Son	374,553.63
Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	Son	92,889.69
Santuario Playa Ceuta	Sin	144.15
Santuario Playa El Verde Camacho	Sin	96.64
Totales		**2,398,925.06**

Dentro de las lagunas Bahía de Topolobampo y Bahía de Ohuira se encuentran una serie de islas que forman parte del Área de Protección de Flora y Fauna “Islas del Golfo de California” (zona sur) con decreto del 7 de junio de 2000 (Figura III.28).

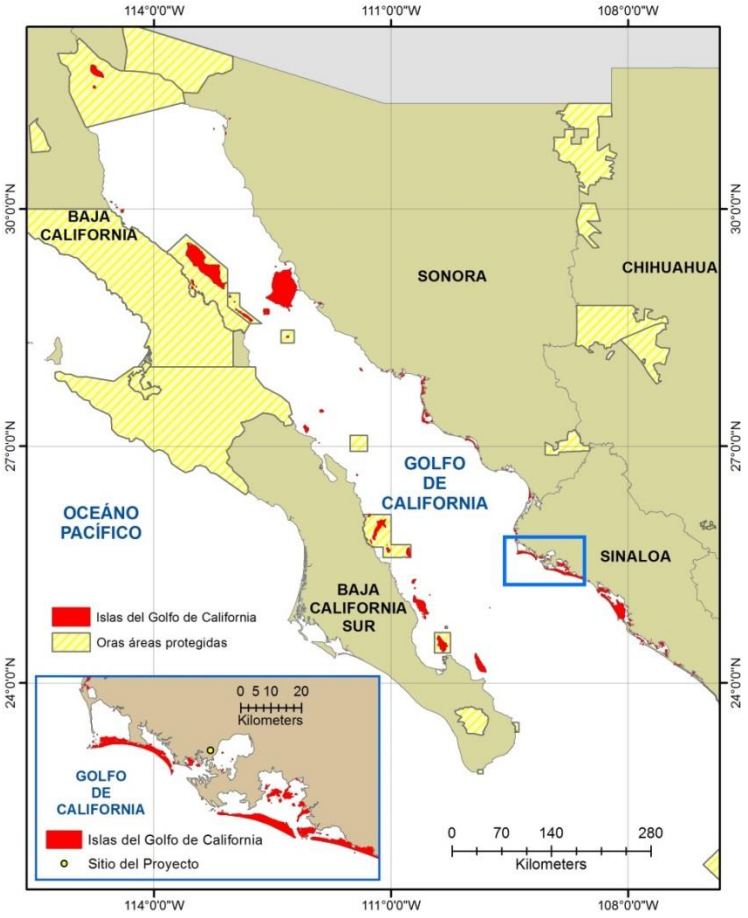


Figura III.28. ANP Islas del Golfo de California.

Algunos atributos ecológicos de este sistema insular son: alto número de endemismos especialmente en cactáceas y reptiles, presencia de numerosas e importantes colonias reproductoras de aves marinas, importancia como sitios de descanso de aves durante su migración, alto grado de vulnerabilidad a los impactos ocasionados por las actividades humanas (SEMARNAT, 2001). El proyecto no incluye actividades u obras que puedan afectar las islas de esta ANP, ya que la más cercana (Isla Patos) se ubica a 2,900 m del límite del predio, por lo que no hay conflicto con esta ANP (Figura III.29).

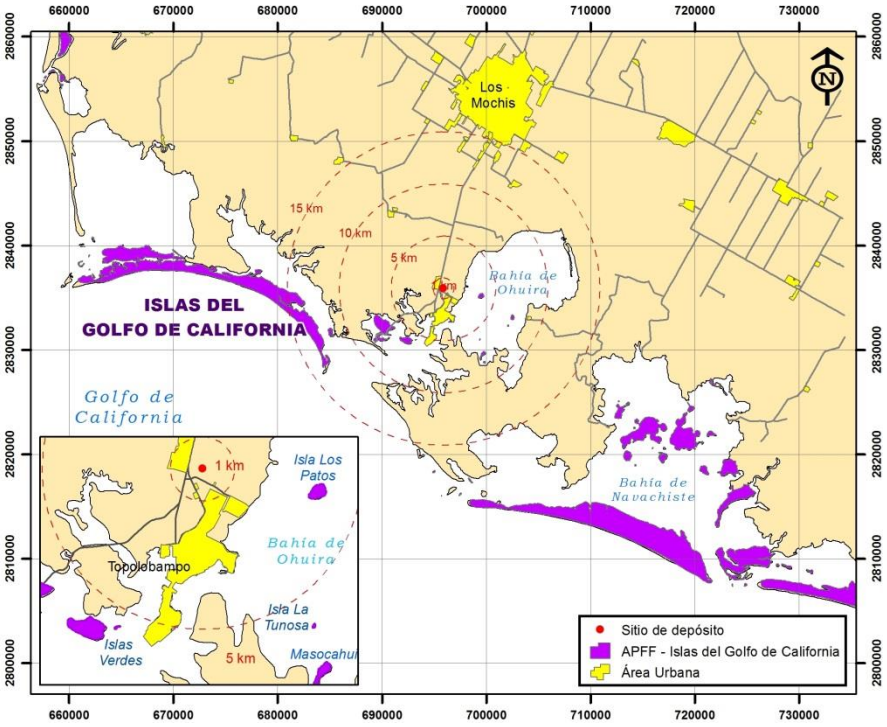


Figura III.29. Ubicación del sitio respecto al área natural protegida más cercana.

Por otra parte, aunque no se trata de un área natural protegida por decreto, en el municipio de Ahome la zona conocida como Isla Las Ánimas se destinó al servicio de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, con una superficie de 8,139,462.28 metros cuadrados de playa marítima (zona inundable), con el objeto de que se utilice para uso de protección.

Esto se hizo a través de un acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 15 de enero de 2016. Esta zona se encuentra a aproximadamente 7.0 km del predio para el depósito y no se realizará ninguna obra dentro de ella (Figura III.30).

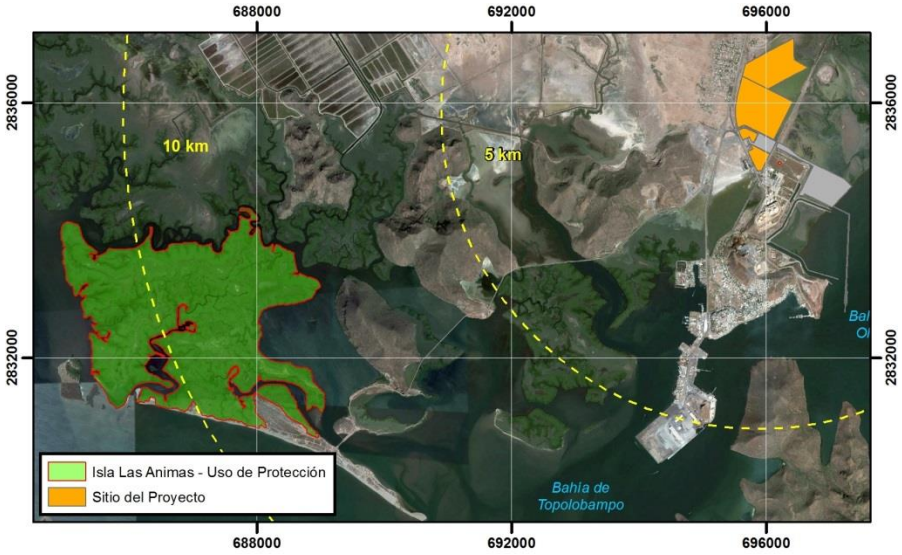


Figura III.30. Ubicación de la Isla Las Animas en relación con el sitio de la zona de tiro.

III.6.2 Áreas Naturales Protegidas con Decreto Estatal.

La zona natural con decreto de protección estatal más cercana al sitio del proyecto es la *Zona Sujeta a Conservación - Navachiste*, que abarca una superficie de 17,055 ha y se localiza entre los municipios de Ahome y Guasave (Figura III.31).

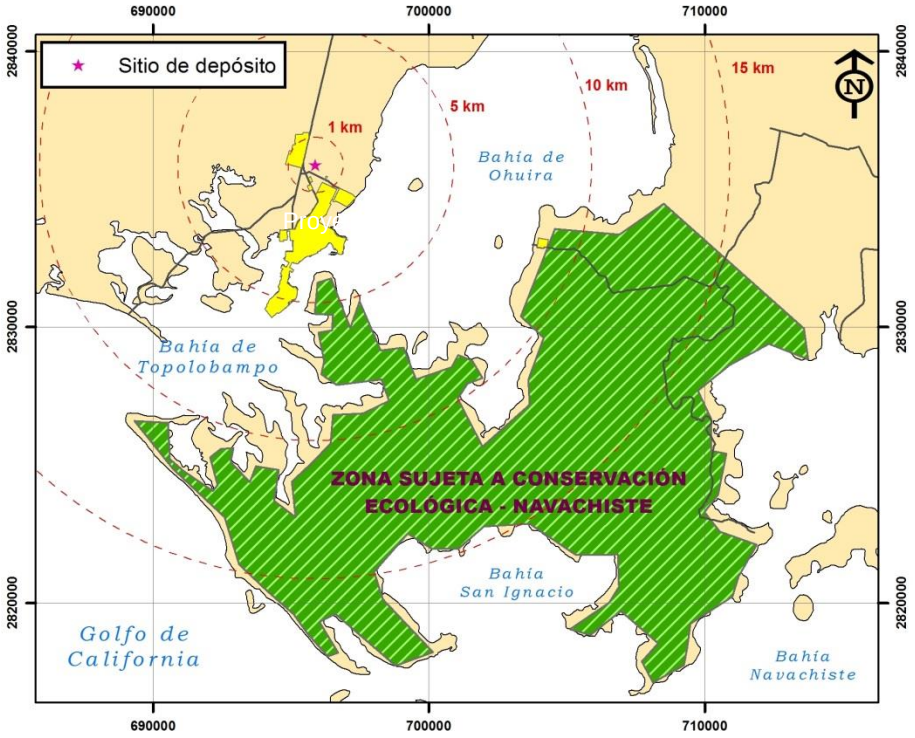


Figura III.31. Ubicación del proyecto respecto a la ZSCE Navachiste.

Esta zona se encuentra en la orilla contraria de la laguna y no tendrá ningún conflicto de uso de suelo con el proyecto.

III.6.3 Áreas Naturales Protegidas con Decreto Municipal.

El sitio del proyecto no se encuentra dentro o en colindancia inmediata con ninguna zona protegida con decreto municipal. La más cercana al proyecto es la denominada como La Cueva del Murciélago del Ejido Topo Viejo (Figura III.32), con carácter de zona de preservación ecológica de los centros de población, con una superficie de 6,020 m^2. Se ubica a 6.5 km del predio para la zona de tiro.

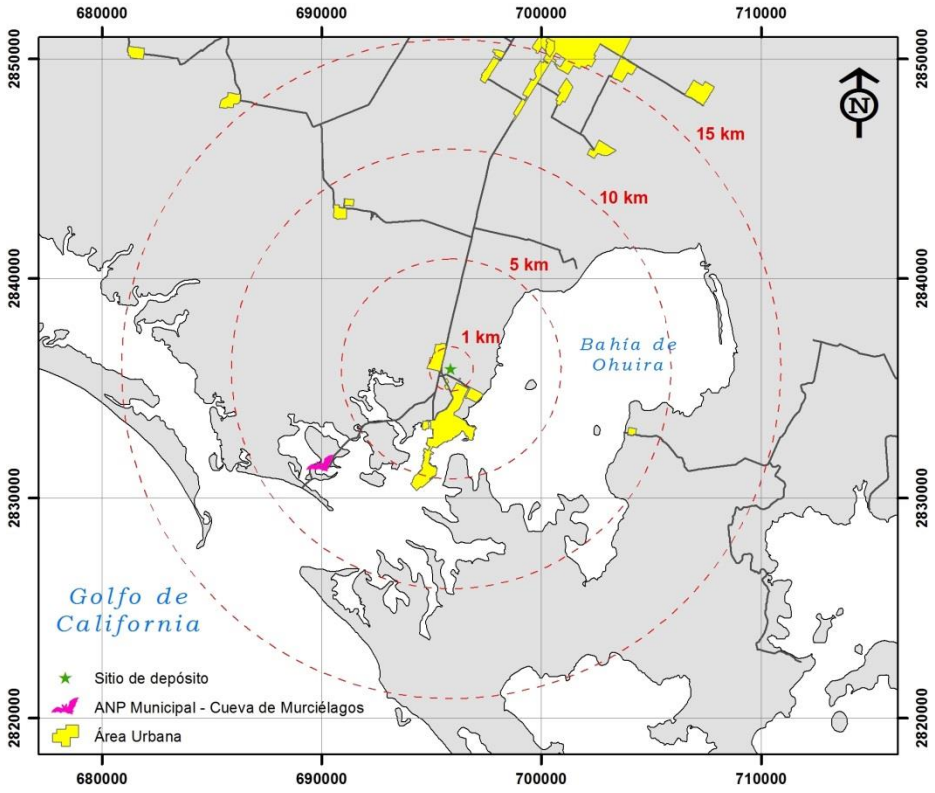


Figura III.32. Ubicación del proyecto respecto a la ANP municipal Cueva de Murciélagos.

Esta ANP está localizada cerca del sistema lagunar Topolobampo, a un lado de la carretera al Mavíri, y es un ecosistema que concentra una gran población de estos animales, los cuales son considerados importantes para el control de plagas en la agricultura y su contribución en la polinización en el Valle del Fuerte. El número de organismos en estas cuevas es de cientos de miles y el predio de PIT estaría dentro del rango de actividades de los murciélagos. Sin embargo, el proyecto no interfiere con las cavernas.

III.6.4 Regiones Terrestres Prioritarias.

Las 151 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) definidas por Arriaga *et al*. (2000) tienen como objetivo general la determinación de unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, que destaquen la presencia de una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que en el resto del país, así como una integridad ecológica funcional significativa y donde, además, se tenga una oportunidad real de conservación.

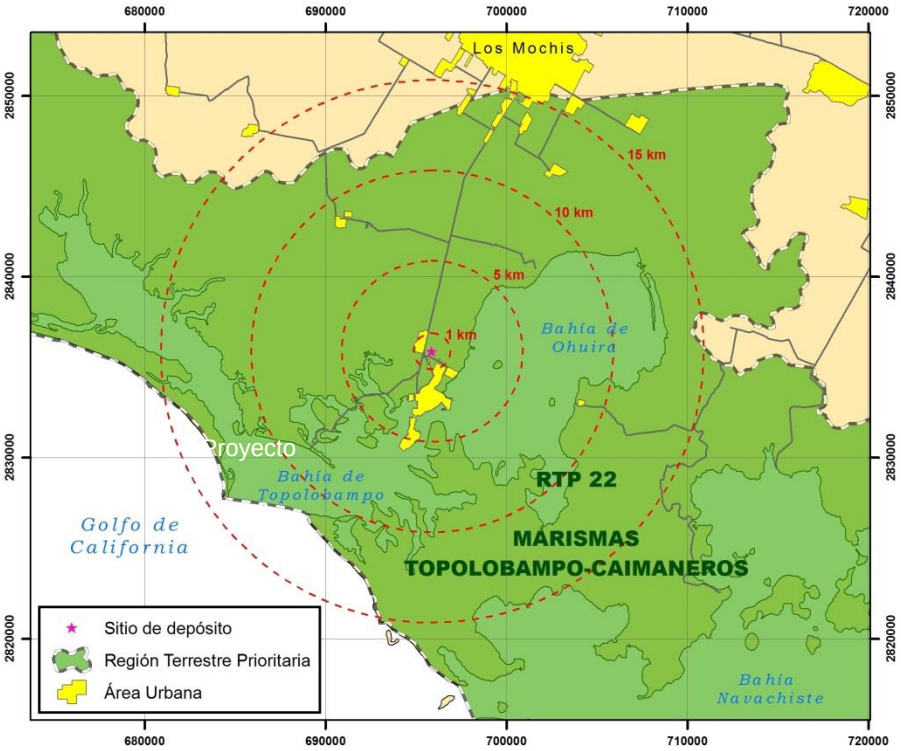


Figura III.33. Ubicación del sitio en relación con RTPs, definidas por CONABIO.

De acuerdo con la delimitación establecida por la CONABIO, el área del proyecto se encuentra en la RTP 22 (Marisma Topolobampo-Caimaneros), la cual ocupa parte de los municipios de Ahome, Angostura, Culiacán, Guasave y Mocorito, en el extremo noroeste del estado de Sinaloa. Las localidades de referencia son Los Mochis, Guamúchil, Guasave, y La Reforma. Posee una superficie de 4,203 km^2, siendo sus coordenadas extremas 24° 23' 24'' a 25° 50' 24'' de latitud norte y 107° 35' 24'' a 109° 26' 24'' de longitud oeste (Figura III.33).

Esta región se delimitó con base en los límites de la vegetación, la cual incluyó el tipo manglar y la vegetación halófila cercana a la línea de costa. Los límites extremos del noroeste y suroeste se ampliaron para abarcar la vegetación de manglar presente en la zona de lagunas, quedando incluidos como parte de la región estos cuerpos de agua.

Por su extensión (mayor a 1,000 km^2), esta RTP posee un valor para la conservación de 3 y se considera una región prioritaria en función de la presencia de ecosistemas con alta productividad acuática. La fauna asociada a sus manglares es de cocodrilos y aves acuáticas. Presenta vegetación de manglares y vegetación halófita con una problemática ambiental que radica en la desecación de pantanos.

Con relación a los aspectos bióticos, su valor para la conservación es 1 (bajo) y se refiere básicamente a los ambientes ligados a marismas o los relacionados con las lagunas costeras. Los principales tipos de vegetación y usos del suelo representados en esta región, así como su porcentaje de superficie se presentan en la Tabla III.20.

Tabla III.20. Principales tipos de vegetación y uso del suelo representados en la RTP 22.

Tipo de Vegetación	Características	Porcentaje
Vegetación halófila	Vegetación que se establece en suelos salinos	39%
Manglar	Vegetación halófila densa dominada por mangles en zonas costeras, estuarinas y fangosas, siempre zonas salobres. Pueden alcanzar los 25 m.	22%
Matorral crasicaule	Vegetación dominada por cactáceas de gran tamaño como nopaleras, chollas y sahuaros.	11%
Áreas sin vegetación aparente	Áreas áridas o erosionadas en donde la vegetación no representa más del 3%, se incluyen eriales, depósitos de litoral, jales, dunas y bancos de ríos.	10%
Agricultura, pecuario y forestal	Actividad que hace uso de los recursos forestales y ganaderos, puede ser permanente o de temporal.	8%
Matorral sarcocaule	Vegetación arbustiva de tallo carnoso y tallos con corteza papirácea. De zonas áridas y semiáridas.	7%
Selva baja espinosa	Comunidad vegetal de 4 a 15 m de altura con dominancia de especies espinosas.	3%

En el predio destinado a la zona de tiro se requerirá hacer remoción previa de la vegetación halófila antes de depositar el material. El proyecto no reducirá el valor ni afectará los objetivos de esta RTP.

III.6.5 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS).

El programa de las AICAS surgió con el propósito de crear una red regional de áreas importantes para la conservación de las aves. Este programa establece 230 AICAS, las cuales quedan clasificadas dentro de alguna de las 20 categorías definidas con base en criterios de la importancia de las áreas en la conservación de las aves. Para cada área o AICA fue desarrollada una descripción técnica que incluye su descripción biótica y abiótica, un listado avifaunístico con las especies registradas en la zona, su abundancia (en forma de categorías) y su estacionalidad en el área. El proyecto no se encuentra dentro de ninguna de estas AICAs, las más cercanas son Bahía Navachiste y Bahía Lechuguilla, ubicadas a 2,300 y 2,790 m del área de proyecto, respectivamente (Figura III.34). Cada una de estas AICAs reporta 230 especies de aves.

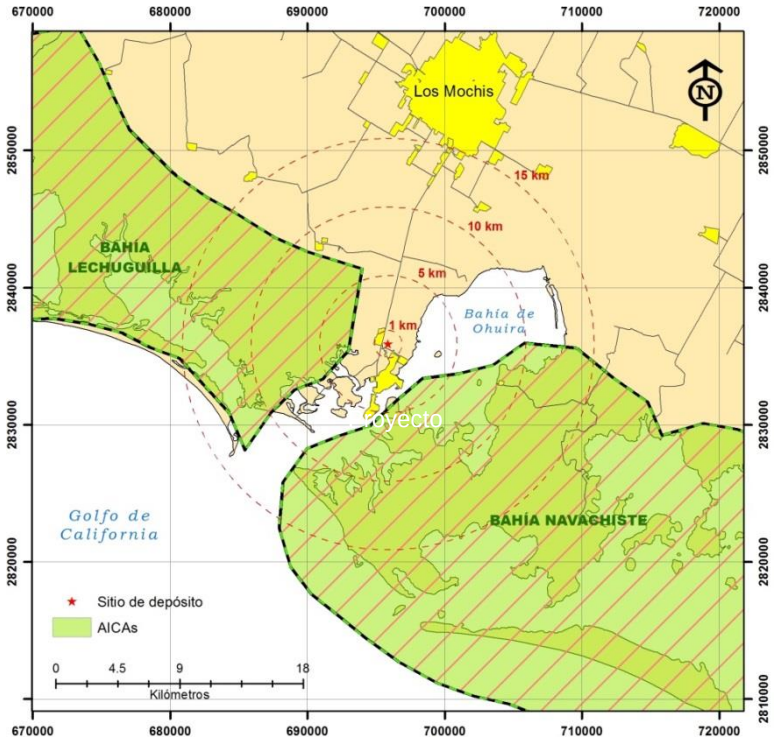


Figura III.34. Ubicación del sitio en relación con AICAs, definidas por CONABIO.

La distribución de las AICAS puede ser un indicador del hecho de que, a pesar que en los alrededores del sitio del proyecto pueden observarse aves, no existen ahí áreas de anidación o reproducción. Por otra parte, las otras zonas con mayor importancia para las aves son las islas que se encuentran de los cuerpos lagunares, las cuales están incluidas en el Área de Protección de Flora y Fauna “Islas del Golfo de California”.

III.6.6 Programa de Regiones Prioritarias Marinas de México.

De acuerdo con la delimitación y caracterización hecha por la CONABIO de 70 áreas costeras y oceánicas de México (Arriaga *et al.*, 1998a), el proyecto no incide sobre ninguna Región Prioritaria Marina, la más cercana (Lagunas de Sta. María la Reforma) se ubica a 71 kilómetros al sureste (Figura III.35).

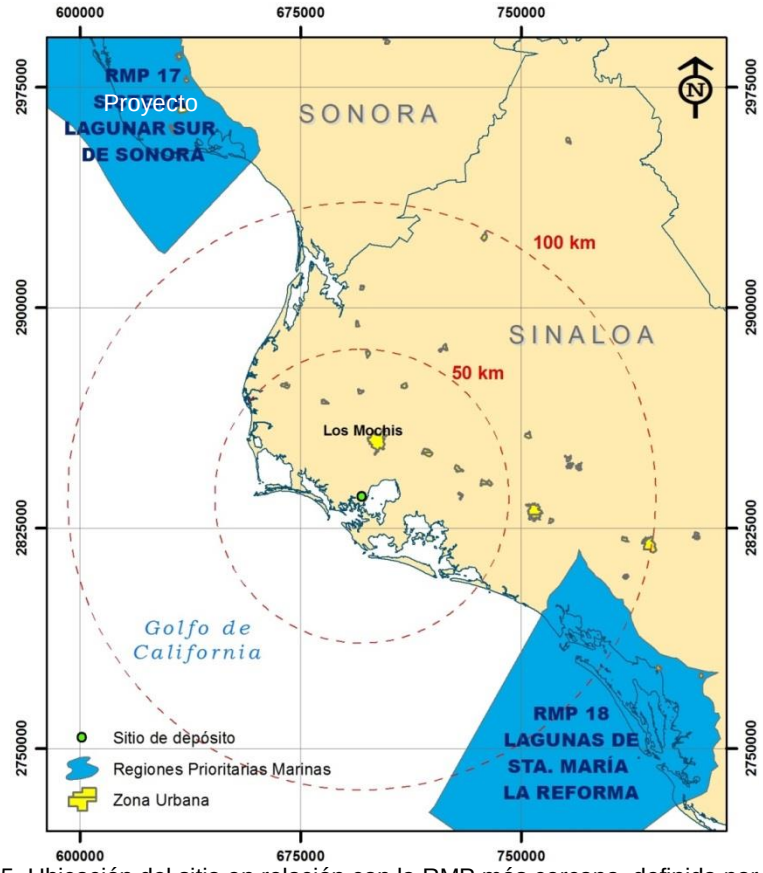


Figura III.35. Ubicación del sitio en relación con la RMP más cercana, definida por CONABIO.

III.6.7 Regiones Hidrológicas Prioritarias (Arriaga et al., 1998).

De acuerdo con la CONABIO, hay identificadas 110 regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad, de las cuales 82 corresponden a áreas de uso y 75 a áreas de alta riqueza biológica con potencial para su conservación; dentro de estas dos categorías, 75 presentaron algún tipo de amenaza.

Este programa, que está sintetizado en un mapa del territorio nacional (escala 1:1,000,000) y contiene fichas técnicas de cada área, establece las áreas prioritarias consensadas por

su biodiversidad, uso de recursos, carencia de información y potencial para la conservación. Para cada área se ha proporcionado información de tipo biológico y físico, problemática y sugerencias identificadas para su estudio, conservación y manejo.

El sitio donde se desarrollará el proyecto forma parte de la RHP 19, Bahía de Ohuira - Ensenada del Pabellón (Figura III.36), lo cual refleja como el desarrollo de diversas actividades humanas no han reducido totalmente el valor de esta zona para la conservación.

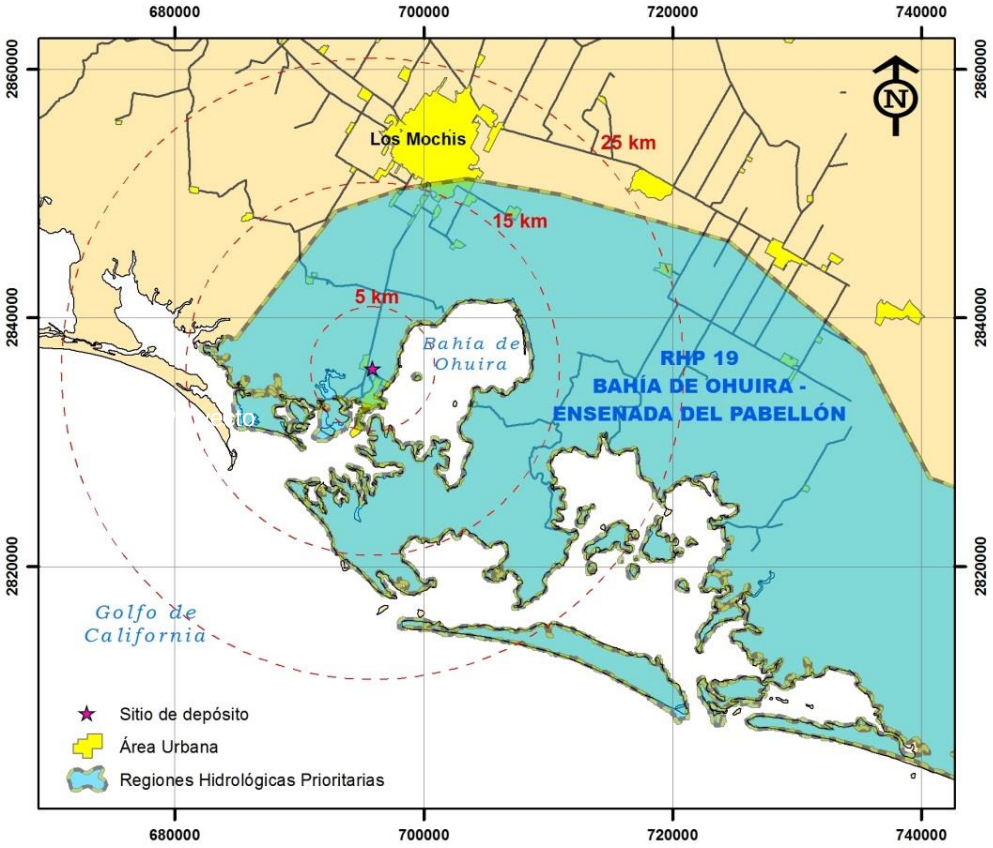


Figura III.36. Ubicación del sitio en relación con RHPs, definidas por CONABIO.

Tabla III.21 Problemática de la RHP 19 e interacciones con el proyecto.

Problemática	Efecto del Proyecto
Modificación del entorno por agricultura intensiva, construcción de presas, desforestación, asolvamiento acelerado por las tierras agrícolas, desecación de pantanos y canales para uso agrícola.	El proyecto no incrementa la problemática de la RHP descrita en este punto.
Contaminación: por trampas de agroquímicos y descargas de ingenios, aguas residuales domésticas y metales pesados.	El proyecto no descarga aguas residuales, por lo que no incrementa la problemática de la RHP descrita en este punto.

Tabla III.21 Problemática de la RHP 19 e interacciones con el proyecto.

Problemática	Efecto del Proyecto
Uso de recursos: especies de Anátidos y Ardeidos en riesgo. Especies introducidas de lirio acuático *Eichhornia crassipes* y tilapia azul *Oreochromis aureus*. Los manglares actúan como filtro de agroquímicos y metales pesados.	El proyecto no hará uso de especies de flora o fauna de la RHP. Tampoco introducirá ninguna especie exótica o hará uso de estas de ninguna manera.

La RHP 19 se encuentra en el estado de Sinaloa y abarca una superficie de 4 433.79 km^2 dentro de un polígono que va de la latitud 25° 45' 36'' a la 24° 18' 36'' N y de longitud 109° 10' 12'' a la 107° 22' 12'' W. Sus recursos hídricos principales son cuerpos lénticos en forma de llanuras de inundación, pantanos dulceacuícolas, lagunas, esteros mientras que los lóticos son los ríos Culiacán, Sinaloa y Mocorito (cuencas bajas), ríos temporales, arroyos, drenes agrícolas.

Los principales poblados son Topolobampo (cerca de donde se ubicará el proyecto), Guasave y Los Mochis. La actividad económica principal incluye la agricultura (ingenios azucareros, algodón), pesca (camarón, lisa, cazón, tiburón), salinas, conservación y enlatado de mariscos, empacadora de frutas, legumbres y carne. La Tabla III.21 presenta la problemática de esta RHP y la forma en que el proyecto interactuará con ella.

Con respecto a la conservación, preocupa el asolvamiento asociado con la reducción del hábitat, la alteración de la calidad del agua por actividades agropecuarias y domésticas, así como la posibilidad de problemas de ingestión de plomo (municiones). Se necesita un control de azolves, mejorar la calidad del agua y derecho de cuotas de agua, controlar la dinámica de agroquímicos e inventarios de flora y fauna acuáticas.

III.7 Resumen de Programas y Ordenamientos Aplicables.

En la siguiente Tabla se presentan los instrumentos aplicables al área de estudio:

Tabla III.22. Programas y ordenamientos aplicables al área de estudio en evaluación.

Instrumento	Sitio del Proyecto
Decreto de ANP Municipal	No
Decreto de ANP Estatal	No
Decreto de ANP Federal	No *
AICA (Áreas de Importancia para la Conservación de Aves)	No
Regiones Marinas Prioritarias de México	No
Regiones Terrestres Prioritarias de México	RTP 22 (Marismas Topolobampo-Caimaneros)
Regiones Hidrológicas Prioritarias de México	RHP 19 - Bahía de Ohuira - Ensenada del Pabellón
Sitio Ramsar	En parte (Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira)
Programas de Desarrollo Urbano	Plan Parcial de Desarrollo Urbano del Corredor Mochis-Topolobampo Plan Estatal de Desarrollo Urbano de Sinaloa Programa Municipal de Desarrollo Urbano de Ahome
Programas de Ordenamiento Ecológico	Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio
*Las islas en la Bahía de Ohuira forman parte del APFF Islas del Golfo de California.	

Después de analizar los Programas y Ordenamientos aplicables al proyecto (Tabla III.13), se concluye que el proyecto no tiene restricción alguna con ningún instrumento legal de planeación o protección de áreas naturales. En la actualidad, ningún instrumento de planeación vigente de carácter municipal o estatal prohíbe o limita la construcción de la zona de tiro.

Para el sitio del proyecto no hay un decreto de área natural protegida, de ninguno de los tres niveles de gobierno (municipal, estatal o federal), que pudiese provocar un conflicto con la construcción y operación de la zona de tiro. Sin embargo, por encontrarse dentro de un sitio Ramsar, el proyecto incluye acciones orientadas al mejoramiento del ambiente regional, tales como las acciones de restauración en la zona conocida como El Maviri.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.

IV.1 Proceso para la Descripción del Entorno Ambiental.

IV.1.1 Conceptos generales.

De acuerdo con lo que establece el Artículo 12 del Reglamento de la LGEEPA en Materia de Impacto Ambiental, en los estudios de impacto ambiental es necesario hacer una descripción del Sistema Ambiental en el que se insertará el proyecto. Dicha descripción abarca las características geográficas, geológicas, fisiográficas, climatológicas, edáficas, de vegetación e hidrológicas. También se consideran atributos florísticos y faunísticos del lugar; así como las tendencias y factores de deterioro dominantes, todo lo cual servirá para hacer la determinación del impacto ambiental del proyecto.

El Sistema Ambiental (SA) abarca tanto el Área de Influencia del Proyecto (AI), como el Sitio del Proyecto (SP), por lo que la correcta caracterización de los componentes seleccionados puede requerir diferentes escalas espaciales. A continuación se presenta la descripción de cada concepto:

- **Sistema Ambiental (SA).** Unidad geográfica de referencia para la toma de decisiones en materia de evaluación del impacto ambiental. Es considerado el límite de los ecosistemas presentes en el área donde va a establecerse el proyecto, mediante el cual es factible identificar y evaluar las interrelaciones e interdependencia que caracterizan la estructura y el funcionamiento de estos ecosistemas Esta información permite desarrollar previsiones respecto de los efectos de las interrelaciones entre el ambiente y el proyecto.

- **Área de Influencia (AI).** Es el territorio donde potencialmente se manifiestan los impactos del proyecto sobre los componentes ambientales naturales, sociales o económicos, derivados no sólo de las actividades directas del proyecto sino también de las actividades subsecuentes del mismo, de los cambios de accesibilidad, efectos físicos y otros. El AI incorpora a su vez dos conceptos: el área de impactos directos (AID) y el área de impactos indirectos (AII).

- **Sitio del proyecto (SP).** Es el ámbito geográfico donde se presentarán de manera evidente los impactos ambientales, que en este caso corresponde a la superficie donde se hará el depósito del material, como se describió en el Capítulo II. Se relaciona principalmente con los componentes ambientales de suelo, agua, aire, flora, fauna, infraestructura rural/urbana y población. Esta área forma parte del Área de Influencia Directa (AID) del proyecto.

Tomando en cuenta las definiciones anteriores, a continuación se hará la delimitación geográfica del SA y AI (incluyendo el AID y el AII), para posteriormente hacer la caracterización y descripción de sus componentes.

IV.1.2 Delimitación del Sistema Ambiental (SA).

Para entender el territorio y la importancia relativa del sitio, es necesario establecer un marco de referencia denominado Sistema Ambiental (SA). Esto se debe a que para el análisis de proyectos se consideran criterios globales que ayuden a interpretar los cambios de los sistemas ambientales en espacio y tiempo.

El SA sería entonces la unidad espacial básica en la que se presentan mecanismos de interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales). Esto define el entorno donde se establecerá un proyecto, sin que necesariamente experimente el proceso impacto-cambio-consecuencia en toda su extensión.

Al delimitar el SA se considera que este se determina a partir de Unidades Ambientales que engloban uno o varios ecosistemas con sus respectivos elementos y procesos ecológicos, los cuales comparten una problemática y destino ambiental. Para la delimitación del SA también se ha tomado en cuenta el concepto de cuenca descrito en la Ley de Aguas Nacionales en su artículo 3° fracción XVI que a la letra dice:

"XVI. Cuenca Hidrológica: Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar

u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas."

El siguiente paso consiste en establecer los límites del SA de forma que este sea lo suficientemente extenso para abarcar la zona del proyecto y los elementos con los que puede interactuar, pero lo suficientemente reducido para evitar que su importancia relativa se minimice. Así, se plantearon los siguientes criterios de delimitación:

- **Hidrológicos:** El proyecto se encuentra en la Región Hidrológica 10, la cual se sitúa al noroeste del país y abarca una superficie de 102,922 km^2. La hidrografía está caracterizada por corrientes que descienden de los flancos de la Sierra Madre Occidental y desembocan en el Océano Pacífico, siendo las principales el Río Fuerte, Río Elota, Río San Lorenzo, Río Culiacán, entre otros. A su vez, la cuenca se subdivide en tres subcuencas, Bahía Lechuguilla, Bahía Navachiste y Bahía de Ohuira, siendo esta última la que servirá de base para el SA (Figura IV.1), ya que ha sido incluida en el estudio hidrológico hecho para el proyecto. La parte alta de la subcuenca Ohuira se encuentra en la región árida y semiárida, mientras que en su parte alta se encuentra la zona de transición con la zona tropical subhúmeda.

- **Infraestructura y Centros de Población:** La presencia de la zona urbana de Topolobampo y Los Mochis, asentamientos rurales como Rosendo G. Castro, la zona portuaria y la infraestructura carretera se consideran como elementos importantes para el SA, debido a su potencial relacionarse con el proceso de desarrollo regional en el que se integra el proyecto. Además de ser los asentamientos humanos más importantes de la región, todos estos se ubican en la subcuenca Laguna de Ohuira, por lo que los límites de esta siguen siendo consistentes con el SA. Por otra parte, en cuanto a la infraestructura hidráulica, los canales de riego tienen una gran importancia en las actividades económicas de la región, sobre todo en la agricultura.

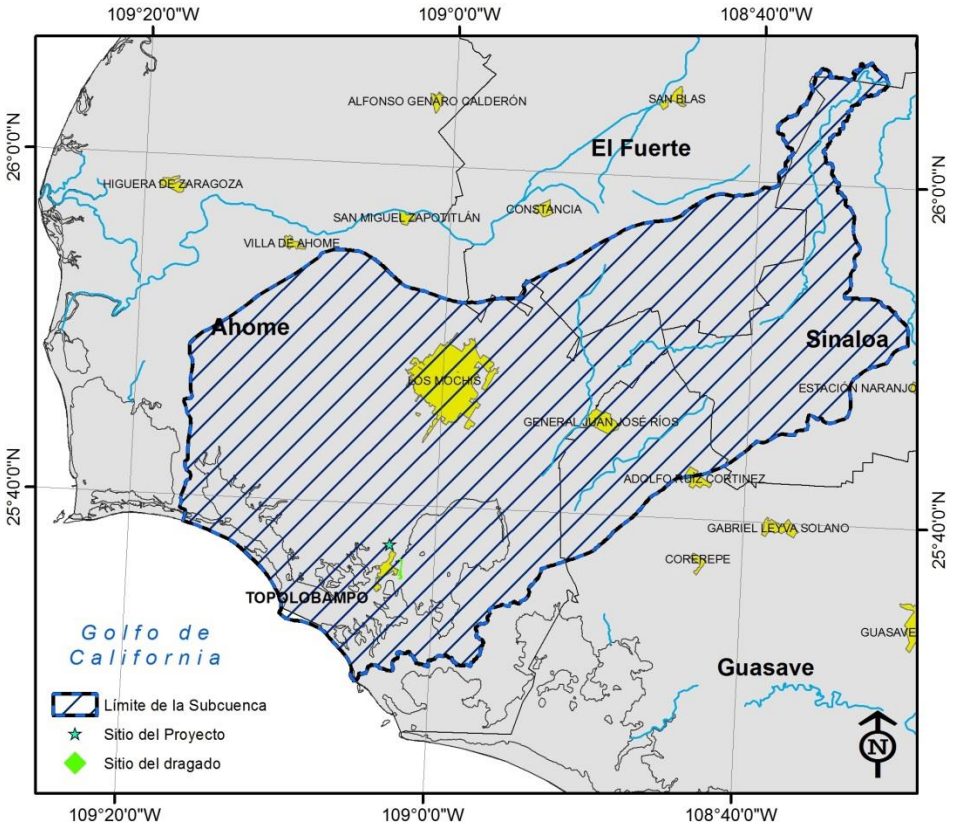


Figura IV.1. Límites de la subcuenca Bahía de Ohuira.

- **Vegetación y uso de suelo:** Para tener un marco de referencia se tomó en cuenta la delimitación de los tipos de vegetación, así como su grado de disturbio. La presencia de manglares está limitada a la zona litoral, aunque también hay grandes extensiones de terrenos sin vegetación aparente y áreas sujetas a inundación que son características de la subcuenca. Sin embargo, entre el litoral y la parte alta de la subcuenca los terrenos han sido transformados para el uso agrícola prácticamente en su totalidad. Esta alteración representa una interrupción en la transición de la región árida y semiárida a la región tropical subhúmeda. Así, a pesar de sus aportes de agua, se considera que la parte alta de la subcuenca no sería representativa del SA.

- **Límites administrativos:** Los límites administrativos, como son los límites municipales (Figura IV.2) no siempre coinciden con los atributos naturales de una región. En este sentido, para fines de la delimitación del SA, su utilidad puede ser limitada. En este caso la subcuenca abarca porciones de los municipios de Ahome, El Fuerte, Guasave y Sinaloa.

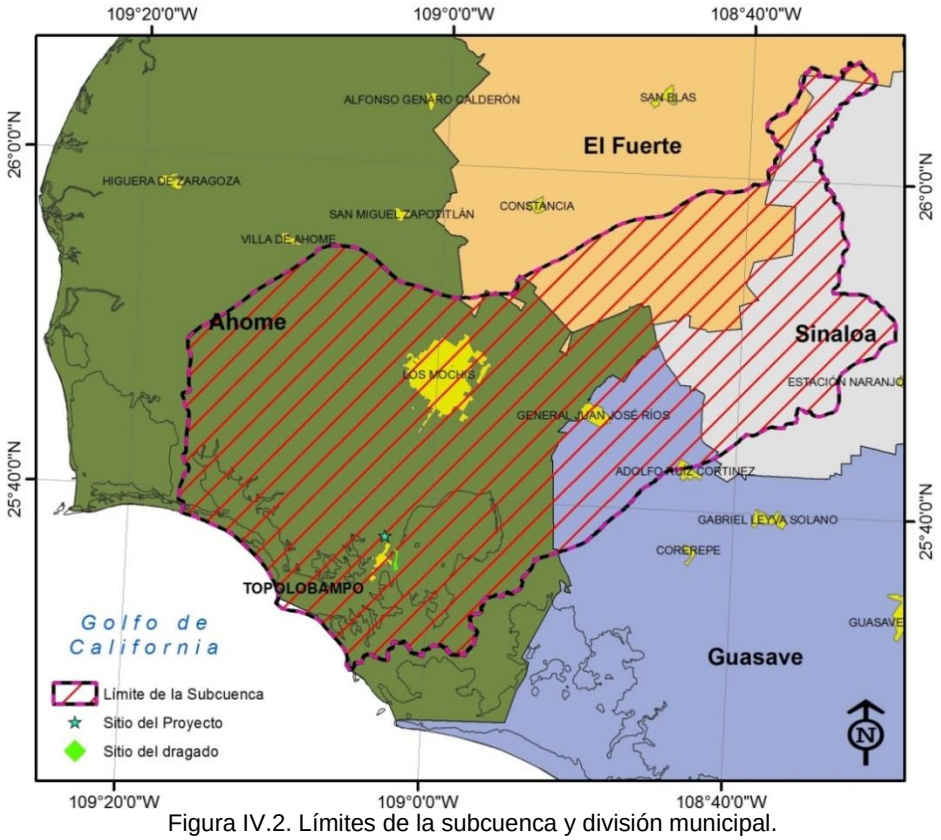


Figura IV.2. Límites de la subcuenca y división municipal.

- **Áreas naturales en algún régimen de protección:** Las bahías de Topolobampo y Ohuira no se encuentra dentro de los límites de ninguna ANP federal o estatal, aunque las islas de la Bahía de Ohuira sí forman parte de una. También se encuentran dentro de los límites del sitio Ramsar 2025 (ver el Capítulo III). Sin embargo, estos límites dejan fuera rasgos regionales importantes, por lo que no se consideran adecuados para delimitar el SA.

Tomando en cuenta los criterios ya mencionados, en primer lugar se delimitó el SA principalmente con base en la hidrología a nivel de subcuenca, considerando que este factor es determinante de las características ecológicas del lugar.

Sin embargo, se optó por reducir el área tomando en cuenta la distribución de las microcuencas (Figura IV.3) y dejando fuera del SA a la Bahía de Santa María, ya que a partir de los resultados de estudios de corrientes y mareas se comprobó que su comportamiento hidrodinámico es independiente de la Bahía de Ohuira (Figura IV.4).

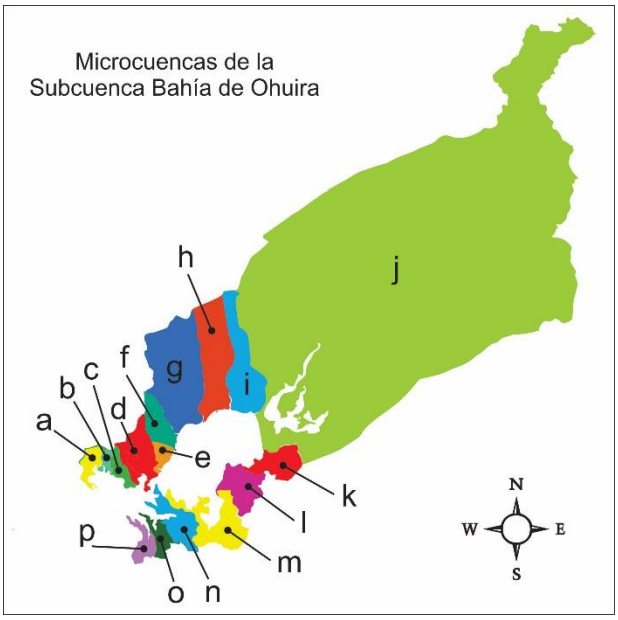


Figura IV.3. Microcuencas que integran la subcuenca Bahía de Ohuira.

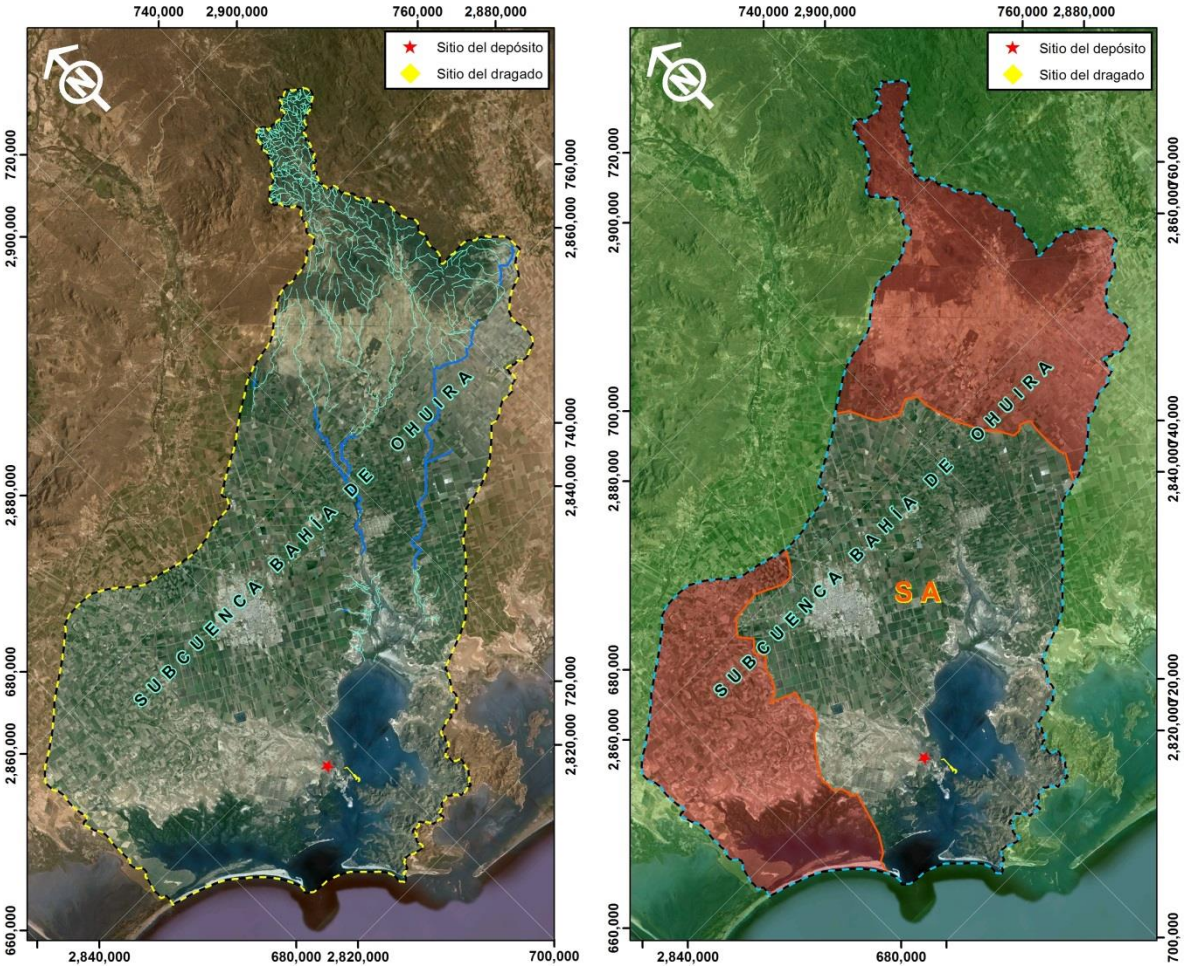


Figura IV.4. Delimitación del SA a partir de la subcuenca Bahía de Ohuira.

Los límites del SA, que abarca un área de aproximadamente 129,400.01 ha (1,294 km^2), se presentan en la Figura IV.5 siendo estos los siguientes:

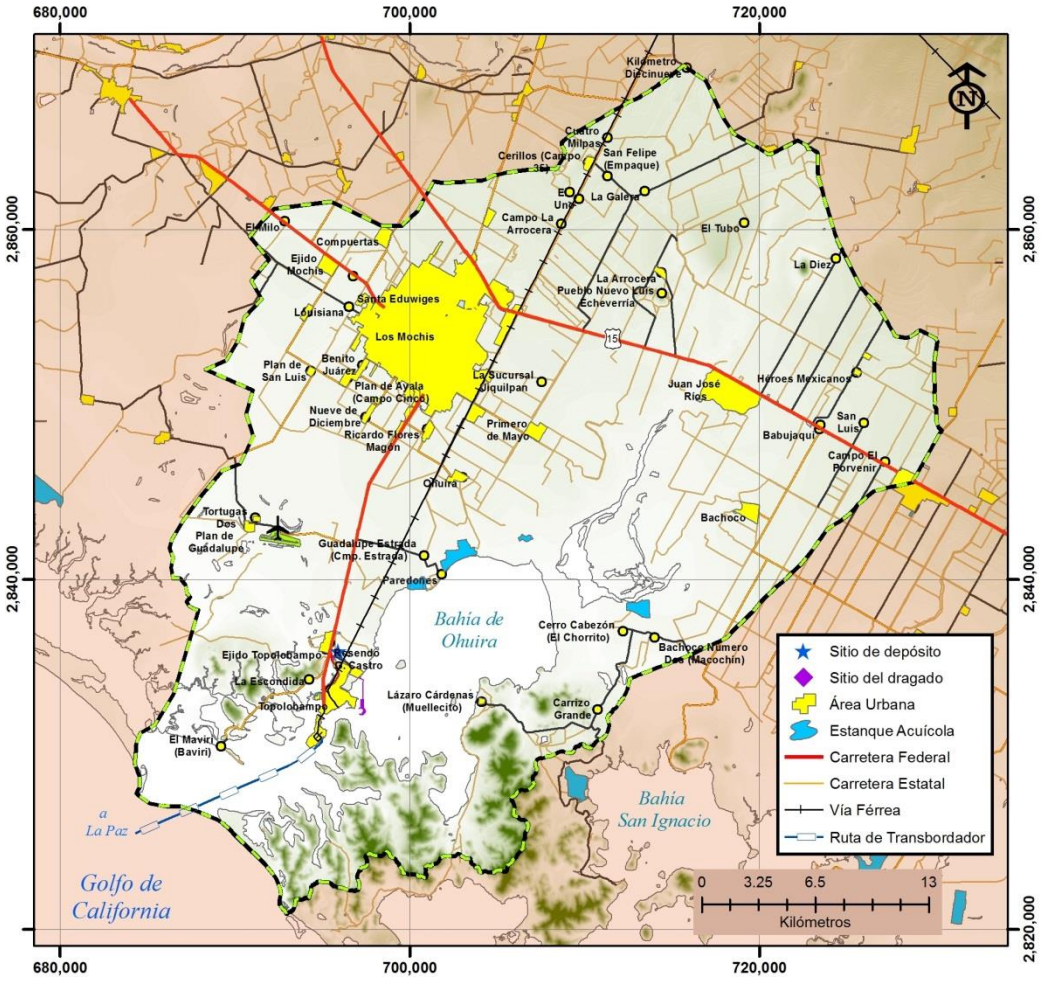


Figura IV.5. Límites del Sistema Ambiental (SA).

- El límite del SA hacia el sureste está formado por el límite de la subcuenca Bahía de Ohuira, iniciando en el Golfo de California y siguiendo en dirección noreste hasta llegar aproximadamente al límite de municipio de Sinaloa, donde se encuentra la zona de transición con la región Tropical Subhúmeda.

- El límite noreste del SA es el límite del municipio de Sinaloa, el cual queda excluido del SA. Este límite deja fuera del sistema las escorrentías de la parte más alta de la subcuenca pero no sus aportes, ya que estos confluyen en dos canales construidos para conducir el agua hacia las zonas agrícolas, donde son aprovechadas para riego.

- Al noroeste y el oeste el límite del SA está constituido en parte por los límites de 9 de las 16 microcuencas en que se subdivide la cuenca. Siete de estas microcuencas descargan sus aguas a la Bahía de Ohuira y dos a la Bahía de Topolobampo. Cabe destacar que el límite de la microcuenca *j* es también el límite de la subcuenca. Esta división por microcuencas segrega las aguas de la Bahía Santa María, en la cual el intercambio de agua con el mar pasa directamente a través de la boca del sistema lagunar y su problemática es diferente a la de la Bahía de Ohuira.

- Hacia el suroeste el límite del SA es el litoral, incluyendo la boca que comunica al sistema lagunar con el Golfo de California.

IV.1.3 Delimitación del Área de Influencia.

Una vez delimitado el SA que se utilizará como referencia general, se requiere de establecer los límites del Área de Influencia (AI), que se relaciona tanto con los espacios físicos que ocupará el proyecto como con las zonas que pueden ser directa o indirectamente afectadas. Asimismo, la definición de esta área sirve para hacer una distribución más efectiva de los trabajos de campo.

No existe una metodología estándar para establecer el AI, por lo que en este caso se consideró la zona aledaña al área del proyecto de depósito de material junto con el cuerpo de agua lagunar, que es de donde se extraerá el sedimento. En la parte terrestre la delimitación del área de influencia está estrechamente vinculada con las microcuencas de la subcuenca Ohuira, de las cuales dos, la *e* y la *d*, se han considerado de interés para el proyecto (Figura IV.6). Además, se ha incluido una franja de 100 m alrededor de la laguna, en la cual existen humedales que se tomarán en cuenta al analizar los impactos ambientales (Figura IV.7).

En el área de influencia (AI) pueden ocurrir efectos sobre los componentes ambientales no sólo por las actividades del proyecto, sino también por actividades temporales durante la etapa de construcción, sobre el terraplén del ferrocarril, al lado del centro de capacitación.

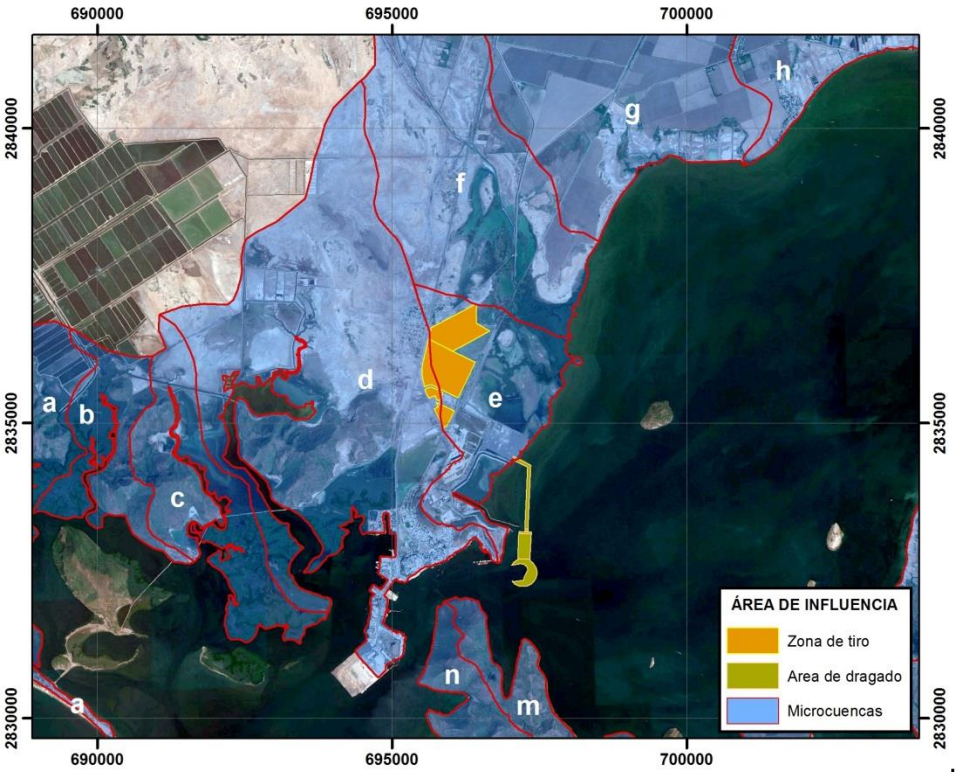


Figura IV.6. Microcuencas asociadas al sitio del proyecto.

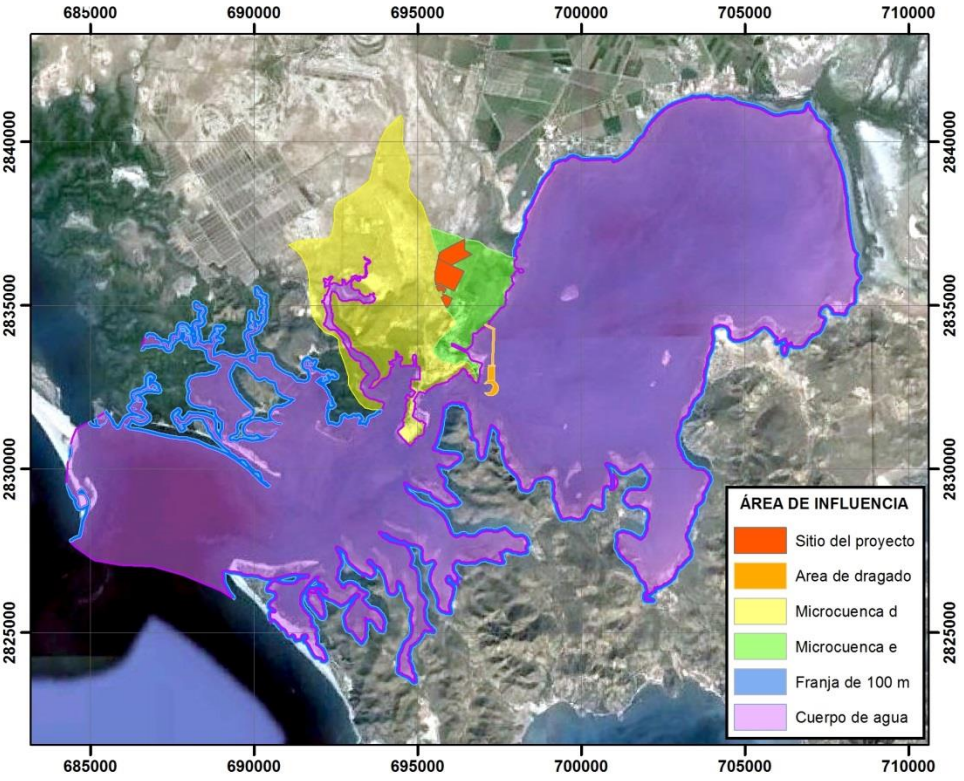


Figura IV.7. Área de Influencia del proyecto.

IV.1.4 Elaboración de la Cartografía Específica.

Una vez delimitados el SA y el Área de Influencia, el trabajo cartográfico y de campo se enfocó a obtener una serie de mapas del Sistema Ambiental con énfasis las áreas de interés y sus alrededores, buscando en todo momento la coherencia y coincidencia de contexto entre ambos trabajos.

a. **Interpretación.** La interpretación se realizó con fotografías aéreas a color de gran escala, así como imágenes satelitales en formato digital. El análisis se basó en las características o elementos de fotointerpretación como son: tono o color, textura, forma, sombra, patrones, asociación espacial. Las imágenes fueron procesadas directamente en un Sistema de Información Geográfica y en ellas se delimitaron y clasificaron las unidades según los tipos de cobertura vegetal que se observaron en la imagen.

b. **Verificación de campo.** La siguiente etapa consistió en verificar la delimitación y clasificación de las unidades fotointerpretadas en el terreno, para lo cual se efectuaron recorridos aprovechando las carreteras y caminos existentes en la región donde se ubica el sitio bajo estudio. Esta etapa fue realizada por el especialista en fotointerpretación, un especialista en botánica y otras personas que apoyaron la actividad. La visita a campo también tuvo la finalidad de recabar información sobre la estructura de la vegetación y de sus principales componentes florísticos.

c. **Reinterpretación e identificación de material botánico.** Con las observaciones y la información recabada en campo se detalló y modificó la delimitación y clasificación de la fotointerpretación, esto se realizó también en equipos de cómputo con el SIG.

IV.1.5 Descripción de las Características del SA y el Sitio del Proyecto.

Una vez que se tiene la delimitación geográfica del SA y AI (incluyendo el AID y el AII), es preciso hacer la caracterización de estas áreas, para lo cual se empleó la siguiente metodología, que incluye tres fases de análisis:

1. *Análisis territorial.* Se trata de la identificación y localización de los elementos bióticos y abióticos presentes en el territorio.

2. *Análisis funcional.* A partir del conocimiento de los elementos bióticos y abióticos, se realiza la interpretación del territorio con base en las expresiones y evidencias de los ciclos y procesos naturales que se llevan a cabo en el área, siendo este análisis es la base del concepto de Integridad Funcional del Ecosistema.

3. *Análisis de tendencias de desarrollo y deterioro de la región*. Considera escenarios de eventos y efectos a partir de los resultados de los análisis territorial y funcional, particularmente de la información socioeconómica, así como con las disposiciones de los instrumentos legales y las políticas de desarrollo aplicables a la región.

Con base en la cartografía generada se hizo una descripción de las características ambientales del SA y el área de estudio. Esto requirió el uso tanto de estudios generales como específicos de la región. En este caso existe información documental que se refiere al contexto regional y hay estudios particulares de la zona que sirvieron como complemento a la descripción que se realizó a partir de los trabajos de campo.

a. **Recopilación de referencias bibliográficas.** A partir de los datos geográficos del SA, tablas y gráficos de superficie fue posible conocer cuáles eran las categorías temáticas y los valores de las variables cuantitativas y se procedió a reunir el material bibliográfico relacionado a cada tema.

b. **Elaboración de la caracterización del SA.** La descripción de la caracterización se inició con los datos geográficos del SA, tablas, gráficos de superficie y material bibliográfico. Se elaboró una descripción textual del SA en los temas siguientes:

   - Clima.
   - Fisiografía.
   - Geología.
   - Suelos.

- Hidrología Superficial.
- Hidrología Subterránea.
- Características Oceanográficas del SA.
- Calidad del Agua en la Bahía de Ohuira.
- Vegetación.
- Fauna.

c. **Caracterización del Área de Influencia y Sitio del Proyecto.** La descripción de las características ambientales del AI y el SP se inició con la determinación y cuantificación de los datos geográficos del SA representados, generando nuevas tablas y gráficos de superficie. Los elementos de flora y fauna registrados en los trabajos de campo se georreferenciaron, a fin de poder representarlos en una carta temática especifica.

IV.2 Clima y Calidad del Aire.

IV.2.1 Tipo de clima.

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por E. García, el clima en casi la totalidad de la porción terrestre del SA (más del 99% de la superficie terrestre) es de tipo BW(h´)w, el cual corresponde a un clima muy seco cálido. Es muy cálido con una temperatura media anual mayor de 22°C y con temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Las lluvias de verano son de entre 5 y 10.2 mm (Figura IV.8). Sólo una mínima porción (alrededor de 0.15%) pertenece a clima BS0(h')w, que corresponde a seco cálido.

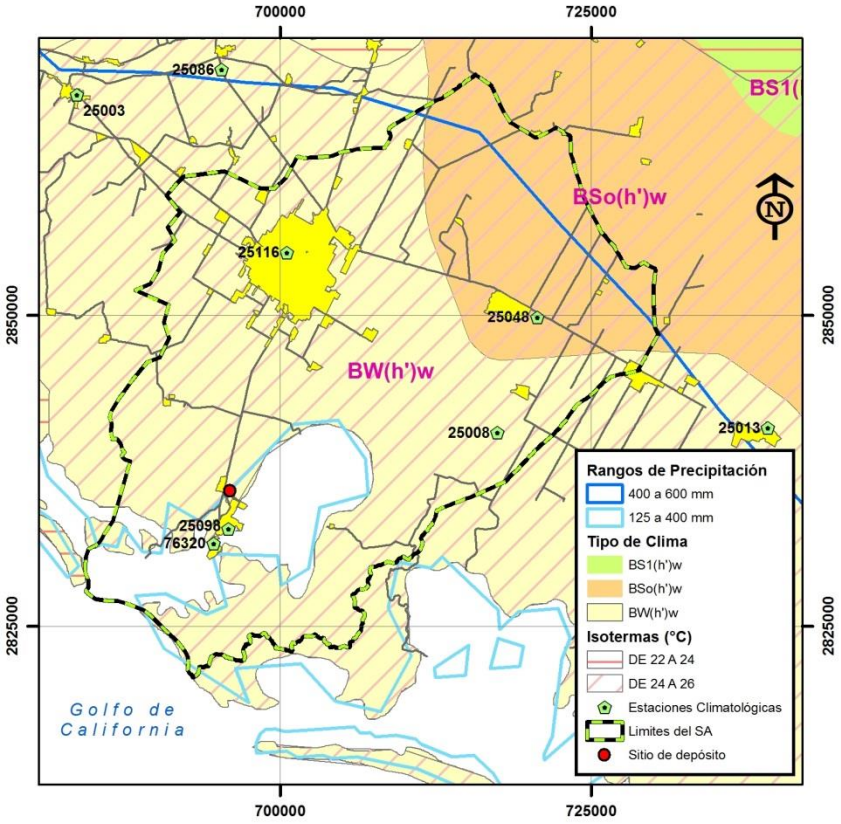


Figura IV.8. Distribución de climas en la región y el SA.

Sinaloa es muy importante como productor agrícola nacional, las principales áreas de cultivo se encuentran en los climas secos y semi-secos, por lo que requiere de riego, siendo los principales cultivos: maíz, frijol, papa, soya, algodón, sorgo, garbanzo, cártamo, entre otros.

IV.2.2 Temperatura promedio mensual, anual y extremas.

De acuerdo con datos de la estación climatológica 25116 Los Mochis, Las temperaturas extremas varían de 10.74°C a 32.58°C, correspondientes al mes de enero y al mes de julio, respectivamente, teniendo una temperatura media anual de 21.52°C, en los últimos 58 años relativos al periodo 1961-2018. La temperatura máxima promedio anual resulta de 26.66 °C, en tanto que la temperatura promedio anual mínima fue de 18.92 °C, como puede observarse en la Figura IV.9 y la Tabla IV.1.

En dicha estación, la temperatura media mensual mínima correspondió al mes de enero, siendo de 10.74 °C. La media mensual máxima fue de 26.66 °C y se registró para el mes de julio (Tabla IV.1 y Figura IV.9).

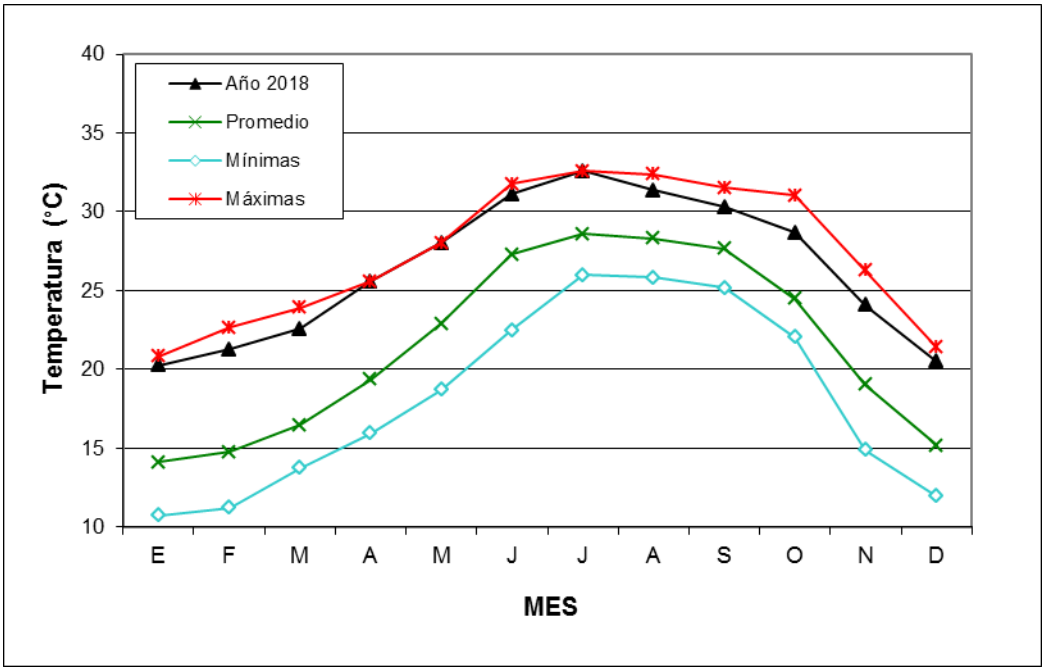


Figura IV.9. Temperatura media, máxima y mínima anual en la estación 25116 (Los Mochis), en el periodo 1961 a 2018.

Tabla IV.1. Temperatura (ºC) registrada en la estación 25116 (Los Mochis) de 1961 a 2018.

Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Promedio	14.12	14.78	16.49	19.37	22.92	27.31	28.59	28.33	27.64	24.50	19.05	15.16	21.52
Máximas	20.83	22.65	23.92	25.58	28.03	31.78	32.58	32.39	31.53	31.02	26.26	21.38	26.66
Mínimas	10.74	11.23	13.73	15.95	18.71	22.48	26.00	25.81	25.19	22.06	14.90	11.95	18.92

Fuente: SMN, 2018.

IV.2.3 Precipitación.

Las estadísticas de precipitación de la estación climatológica 25116 Los Mochis, correspondientes al periodo 1961-2018, señalan una precipitación media anual de 200.30 mm, con un valor promedio máximo mensual de 56.49 mm, en el mes de septiembre y el periodo de estiaje comprende los meses de marzo a junio con lluvias escasas (Tabla IV.2 y Figura IV.10). En la época de lluvias frecuentemente se presentan tormentas tropicales o pequeños chubascos provenientes del sur. La precipitación invernal es inferior al 5% del total. La evaporación es de aproximadamente 1,975.01 mm anuales. De acuerdo con esto, en la región se presenta un déficit hídrico.

Tabla IV.2. Precipitación (mm) registrada en la estación 25116 (Los Mochis) de 1961 a 2018.

Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Promedio	9.13	6.09	2.59	0.50	0.60	5.30	25.07	45.75	56.49	23.39	13.20	12.18	200.30
Máximas	112.10	37.27	39.50	4.50	14.50	86.50	153.58	275.04	325.71	211.00	113.00	71.40	1138.80
Mínimas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	6.00	0.70	0.00	0.00	0.00	66.60

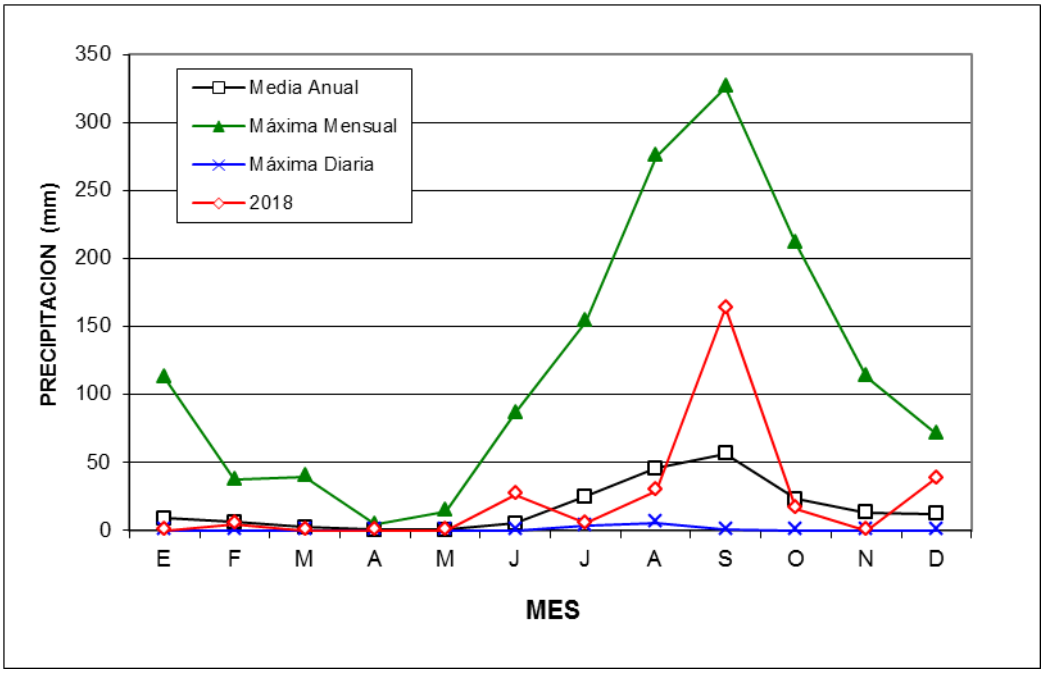


Figura IV.10. Precipitación media, máxima y mínima anual en la estación 25116 (Los Mochis) (periodo de 1961 a 2018).

IV.2.4 Diagrama Umbrotérmico.

La Figura IV.11 presenta el diagrama umbrotérmico construido a partir de los datos de la estación 25116 (Los Mochis). Este tipo de diagramas se basa en el método de Bagnouls, de acuerdo con el cual se califica a un mes como húmedo cuando la precipitación recibida, expresada en mm, es superior al doble de la temperatura expresada en grados centígrados.

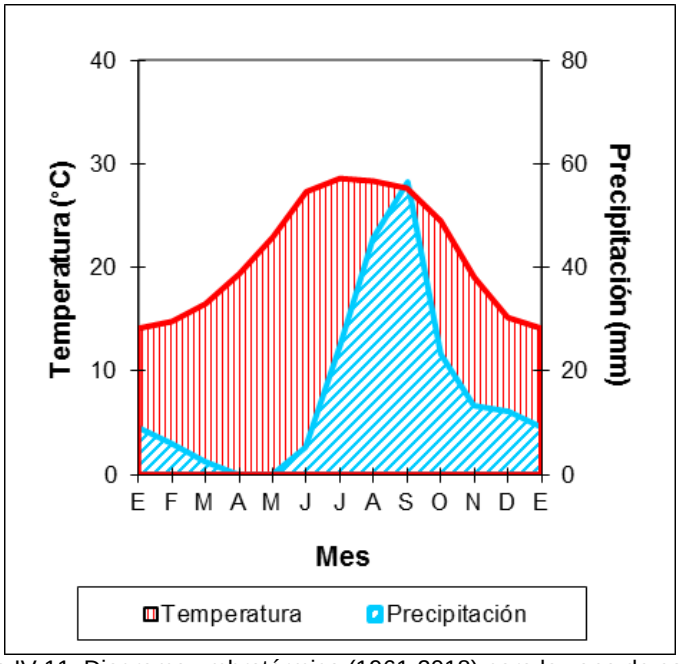


Figura IV.11. Diagrama umbrotérmico (1961-2018) para la zona de estudio.

Aun cuando se trata de un método empírico y convencional, su fácil representación gráfica permite apreciaciones comparativas inmediatas. En el diagrama, el área sombreada por encima de la curva de la temperatura promedio mensual representa los meses con un superávit hídrico, que en este caso, presenta únicamente un ligero superávit en septiembre. Por otra parte, la región sombreada por abajo de dicha curva representa la situación contraria.

IV.2.5 Régimen de Vientos.

Las fuerzas de generación de los vientos, es la suma armónica de las fuerzas de presión, fricción, centrífuga y de Coriolis.

Para entender mejor las condiciones que presenta el viento, se utilizan los diagramas de vientos, los cuales son representaciones vectoriales de las características que definen a un viento y se grafican comúnmente en rosas de vientos. La información que se plasma en los diagramas es representativa de los regímenes anual y estacional de los vientos registrados en la región de Topolobampo, mediante los registros de la Estación Meteorológica Automática de Superficie de la Secretaría de Marina con Clave OMM 76320 Topolobampo, Sinaloa (Figura IV.12), cuya situación geográfica es latitud 25°35'22.3" N, longitud 109°03'43.9" W y 3 msnm de elevación.

Una estación meteorológica automática, está conformada por un grupo de sensores que registran y transmiten información meteorológica de forma automática de los sitios donde están estratégicamente colocadas. Su función principal, es la recopilación y monitoreo de algunas variables meteorológicas para generar archivos del promedio de cada 15 minutos (SMN, 2016).



Figura IV.12. EMA 76320 Topolobampo, Sinaloa.



Figura IV.13. Ubicación de la EMA 76320 Topolobampo, Sinaloa.

IV.2.5.1 Diagramas de vientos.

Los diagramas de vientos son representaciones vectoriales de las características que definen a un viento, los cuales se grafican comúnmente en rosas de vientos de 16 direcciones. La información que se plasma en los diagramas puede ser representativa de regímenes mensual, trimestral, anual o de un periodo mayor de observación, para un determinado sitio (Frías V. & Moreno C., 1986). Para este proyecto, se obtuvieron en un régimen anual, estacional y del periodo de 13 años del 2005 al 2018, excluyendo 2008 ya que no se registró información de ese año.

IV.2.5.2 Diagramas de frecuencias.

Los diagramas de frecuencias representan el número de veces en que el viento incide de cierta dirección. Al viento que sopla con mayor frecuencia se le denomina viento reinante.

Tabla IV.3. Análisis de frecuencias para Topolobampo, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018).

Resumen de frecuencias estacionales n [%] (2005 - 2018)																
Categoría	**Dirección**															
	N	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSW**	**SW**	**WSW**	**W**	**WNW**	**NW**	**NNW**
n (Primavera)	2.18	2.04	3.29	3.34	1.48	1.52	5.74	7.01	9.18	9.53	16.48	12.68	6.43	6.36	7.98	4.76
n (Verano)	1.39	2.04	4.14	6.27	5.38	4.74	7.79	8.41	10.91	11.31	15.56	10.59	5.06	2.77	2.28	1.36
n (Otoño)	4.51	5.18	7.48	6.86	3.56	1.91	2.06	2.33	2.54	3.47	8.74	9.12	8.99	11.28	13.89	8.08
n (Invierno)	4.02	3.37	5.35	5.00	2.74	1.20	1.21	2.04	3.27	5.43	8.64	7.68	7.16	12.15	19.88	10.84

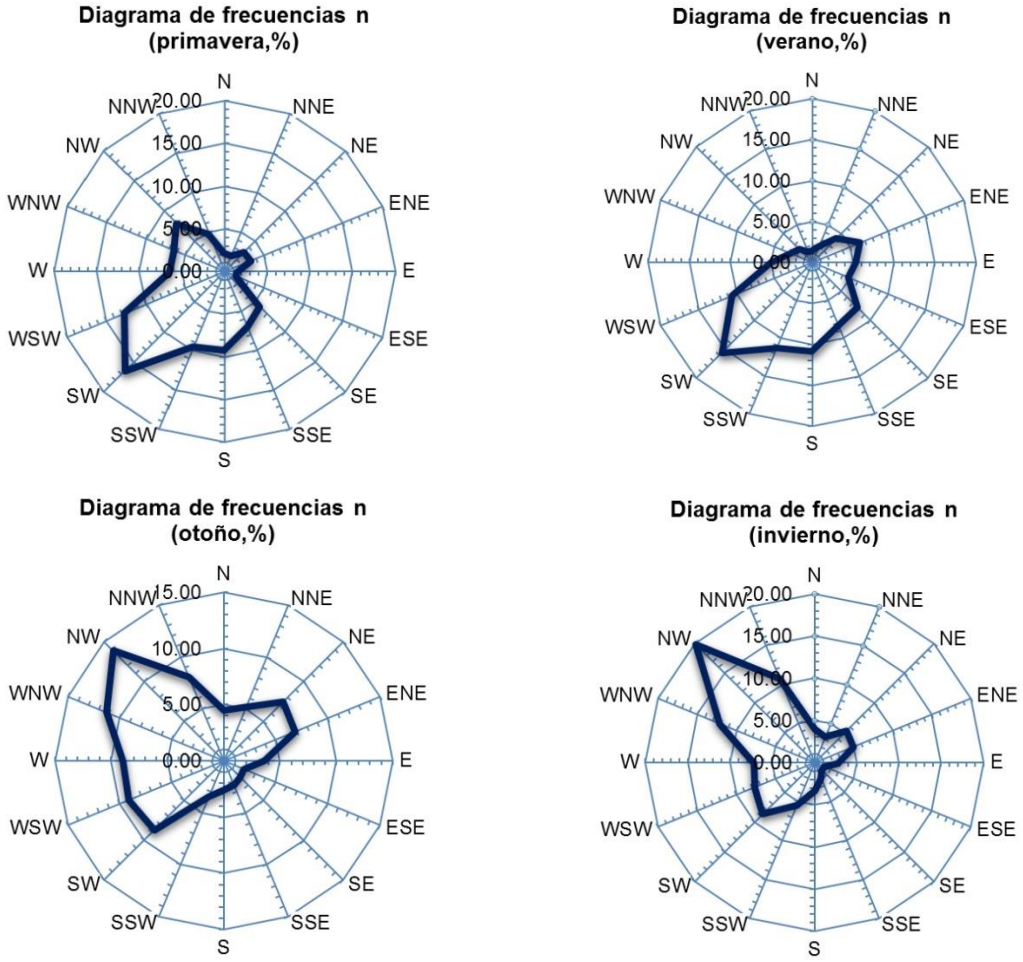


Figura IV.14. Diagramas de frecuencias n (estacional, de 2005 a 2018).

Se puede apreciar que en primavera y verano, el viento reinante proviene de la dirección suroeste SW con una frecuencia de 16.48% y 15.56%, respectivamente, en otoño e invierno, el viento incide con mayor frecuencia de la dirección noroeste NW con 13.89% y 19.88%, respectivamente.

Tabla IV.4. Análisis de frecuencias para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018).

Resumen de frecuencias n del periodo 2005 - 2018 [%]																
Categoría	**Dirección**															
	N	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSW**	**SW**	**WSW**	**W**	**WNW**	**NW**	**NNW**
n	2.96	3.13	5.04	5.43	3.40	2.47	4.41	5.13	6.70	7.60	12.53	10.07	6.83	7.83	10.45	6.02

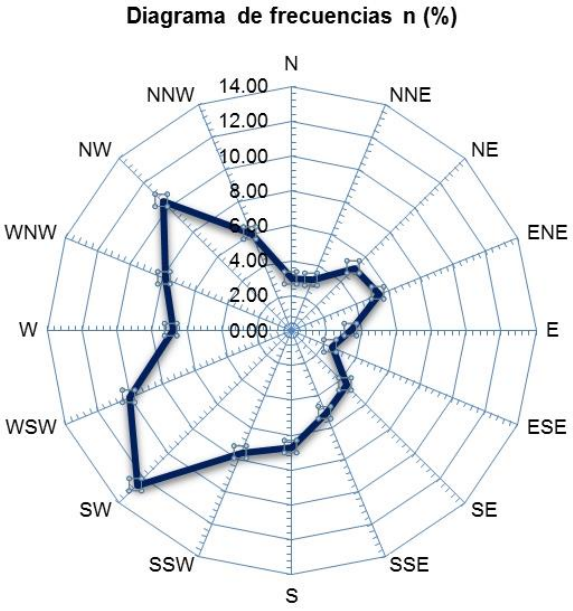


Figura IV.15. Diagrama de frecuencias n (periodo, de 2005 a 2018).

Del periodo analizado, se puede identificar que el viento reinante proviene de la dirección suroeste SW con 12.53%, seguida de la dirección noroeste NW con 10.45% y oeste-suroeste WSW con 10.07%.

IV.2.5.3 Diagramas de Lenz.

Se grafican en este diagrama los productos de las frecuencias (n) por las velocidades medias de presentación (v); se le conoce como diagrama de agitación o de Lenz.

Tabla IV.5. Análisis de Lenz por estación para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018).

Resumen de velocidades medias estacionales nv [km/h] (2005 - 2018)																
Categoría	**Dirección**															
	N	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSW**	**SW**	**WSW**	**W**	**WNW**	**NW**	**NNW**
nv (Prim.)	18.65	12.59	25.15	29.82	12.46	11.52	59.45	71.42	100.86	120.20	273.61	219.49	98.70	95.47	117.41	68.04
nv (Ver.)	8.75	14.06	42.76	81.41	78.07	53.37	80.53	90.96	128.90	174.77	280.75	182.39	65.33	27.52	22.47	11.11
nv (Oto.)	46.60	41.32	67.20	67.18	37.10	20.23	19.56	22.51	23.25	41.03	135.53	141.97	127.76	162.77	217.55	129.60
nv (Inv.)	48.81	28.94	46.35	47.03	24.20	9.44	9.32	16.54	30.32	60.12	118.72	118.01	103.61	194.85	358.45	198.31

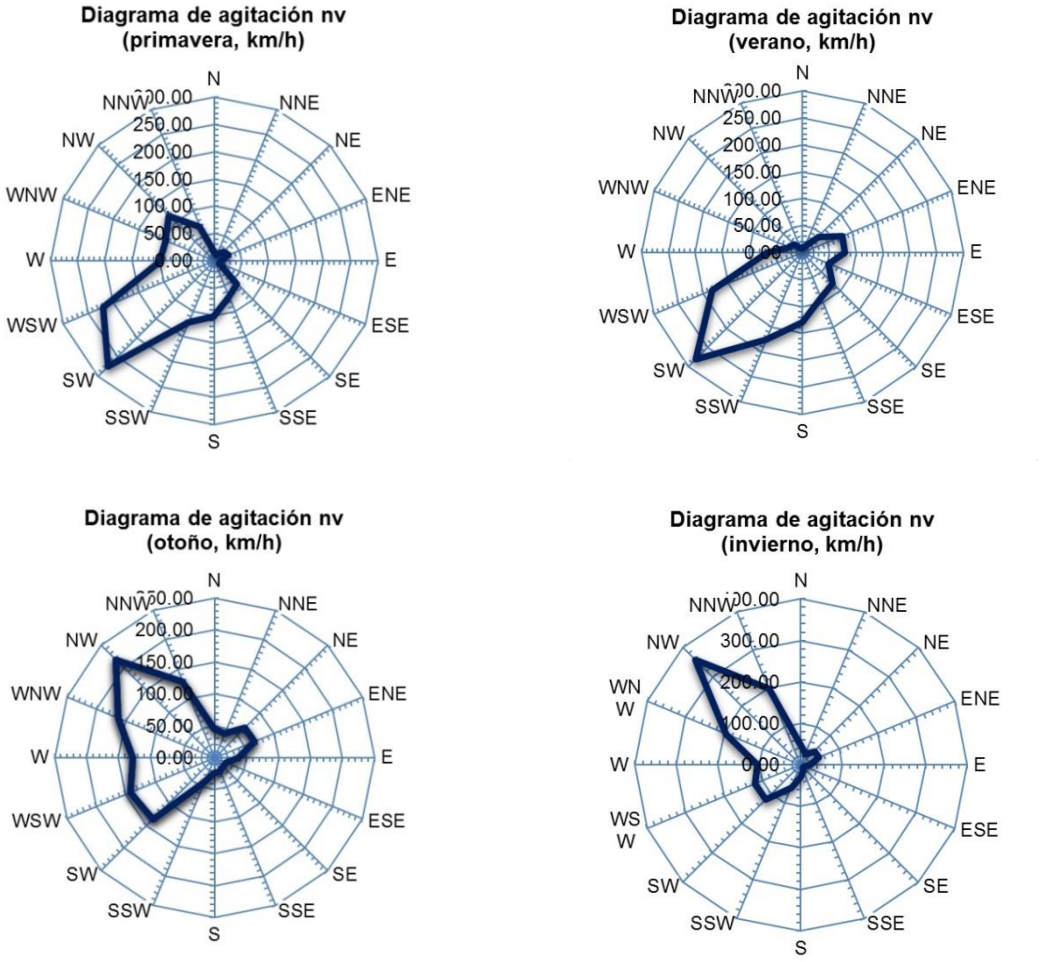


Figura IV.16. Diagrama de agitación nv (estacional, de 2005 a 2018).

Con base en el análisis, se identifica que para primavera y verano la dirección predominante es suroeste, para otoño e invierno el viento predominante proviene del noroeste. Estas características corresponden a la morfología de la región, en donde la región marítima

conformada por el mar de Cortés, está ubicada al oeste, mientras que en el este corresponde a la región continental.

Tabla IV.6. Análisis de velocidades medias para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018).

Resumen de velocidades medias nv del periodo 2005 - 2018 [km/h]																
Categoría	**Dirección**															
	N	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSW**	**SW**	**WSW**	**W**	**WNW**	**NW**	**NNW**
nv	29.68	23.84	45.43	57.8	40.1	25.29	44.42	52.61	73.78	102.59	206.58	166.77	97.35	114.40	167.98	96.54

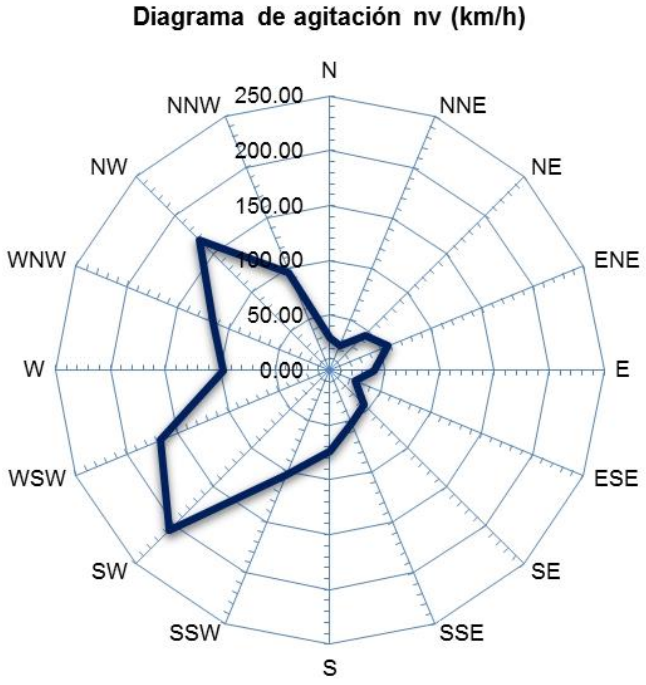


Figura IV.17. Diagrama de agitación nv (periodo, de 2005 a 2018).

Del periodo analizado, se puede identificar que el viento predominante proviene de la dirección suroeste SW seguida por las direcciones noroeste NW y oeste-suroeste WSW.

IV.2.5.4 Diagramas de velocidad máxima.

En este diagrama se contemplan los datos concernientes a la velocidad máxima de presentación, cuyo análisis se realiza a continuación.

Tabla IV.7. Análisis de velocidades máximas para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018).

Resumen de velocidades máximas estacionales $v_{máx}$ [km/h] (2005 - 2018)																
Categoría	**Dirección**															
	N	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSW**	**SW**	**WSW**	**W**	**WNW**	**NW**	**NNW**
$v_{máx}$ (P)	44.1	40.1	39.0	32.9	46.4	20.8	31.8	30.8	30.3	33.4	37.0	39.3	41.3	43.4	44.8	57.5
$v_{máx}$ (V)	26.0	32.3	47.8	54.8	71.7	51.1	44.8	42.5	38.9	35.1	37.7	36.90	50.8	33.20	37.20	30.70
$v_{máx}$ (O)	46.5	40.4	36.5	46.1	60.5	46.4	48.0	32.1	36.6	39.4	49.6	47.2	37.8	42.20	47.00	47.30
$v_{máx}$ (I)	44.3	41.0	31.1	29.8	48.9	31.7	39.6	28.4	30.5	40.4	38.7	44.9	39.2	45.5	56.0	51.7

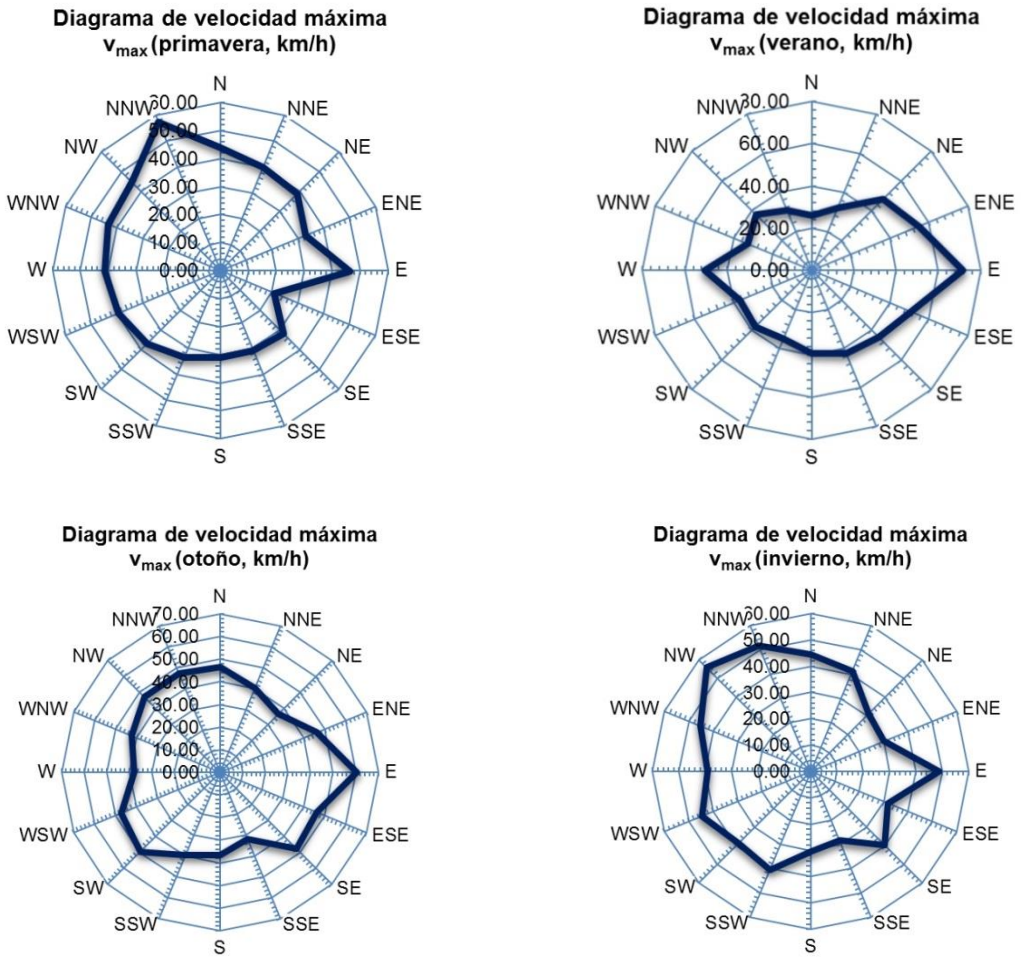


Figura IV.18. Diagrama de velocidad máxima $v_{máx}$ (estacional, de 2005 a 2018).

A partir de la serie de datos referentes a las velocidades máximas que se presentaron para cada una de las direcciones durante las diferentes estaciones, se determinó que en primavera, el viento que sopló con mayor intensidad provino del nor-noreste y alcanzó una velocidad máxima registrada de 57.50 km/h (15.97 m/s); en verano, la velocidad máxima

alcanzó los 71.70 km/h (19.92 m/s) y provino del este; en otoño, la velocidad máxima alcanzó los 60.50 km/h (16.81 m/s) y provino del este; por último, en invierno, la velocidad máxima alcanzó los 56.00 km/h (15.55 m/s) y provino del noroeste.

Tabla IV.8. Análisis de velocidades máximas para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018).

Resumen de velocidades máximas $v_{máx}$ del periodo 2005 - 2018 [km/h]																
Categoría	**Dirección**															
	N	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSW**	**SW**	**WSW**	**W**	**WNW**	**NW**	**NNW**
$v_{máx}$	46.5	41.0	47.8	54.8	71.7	51.1	48.0	42.5	38.9	40.4	49.6	47.2	50.8	45.5	56.0	57.5

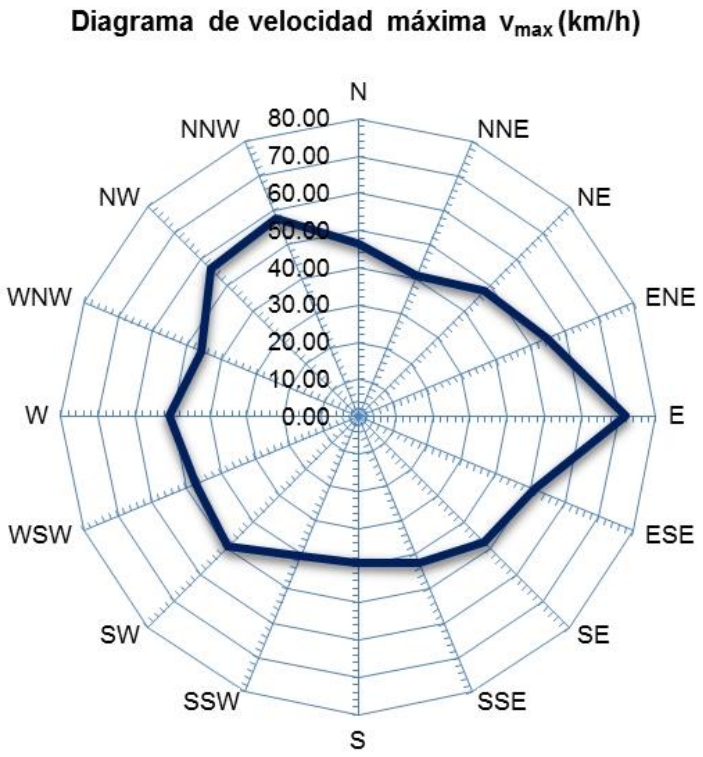


Figura IV.19. Diagrama de velocidades máximas $v_{máx}$ (periodo, de 2005 a 2018).

Como es evidente, el viento más intenso proviene del este y alcanza una velocidad de 71.70 km/h (19.92 m/s), seguida por la del nor-noroeste con 57.50 km/h (15.97 m/s) y del noroeste con 56.00 km/h (15.56 m/s).

IV.2.5.5 Diagramas de velocidad máxima cuadrática.

Este diagrama contempla los datos concernientes al cuadrado de la velocidad máxima de presentación; al viento que sopla con mayor intensidad se le llama viento dominante.

Tabla IV.9. Análisis de velocidades máximas cuadráticas para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018).

Resumen de velocidades máximas estacionales $v_{máx}^2$ [km/h] (2005 - 2018)																
Categoría	**Dirección**															
	N	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSW**	**SW**	**WSW**	**W**	**WNW**	**NW**	**NNW**
$v_{máx}^2$ (P)	1945	1608	1521	1082	2153	433	1011	949	918	1116	1369	1544	1706	1884	2007	3306
$v_{máx}^2$ (V)	676	1043	2285	3003	5141	2611	2007	1806	1513	1232	1421	1362	2581	1102	1384	942
$v_{máx}^2$ (O)	2162	1632	1332	2125	3660	2153	2304	1030	1340	1552	2460	2228	1429	1781	2209	2237
$v_{máx}^2$ (I)	1962	1681	967	888	2391	1005	1568	807	930	1632	1498	2016	1537	2070	3136	2673

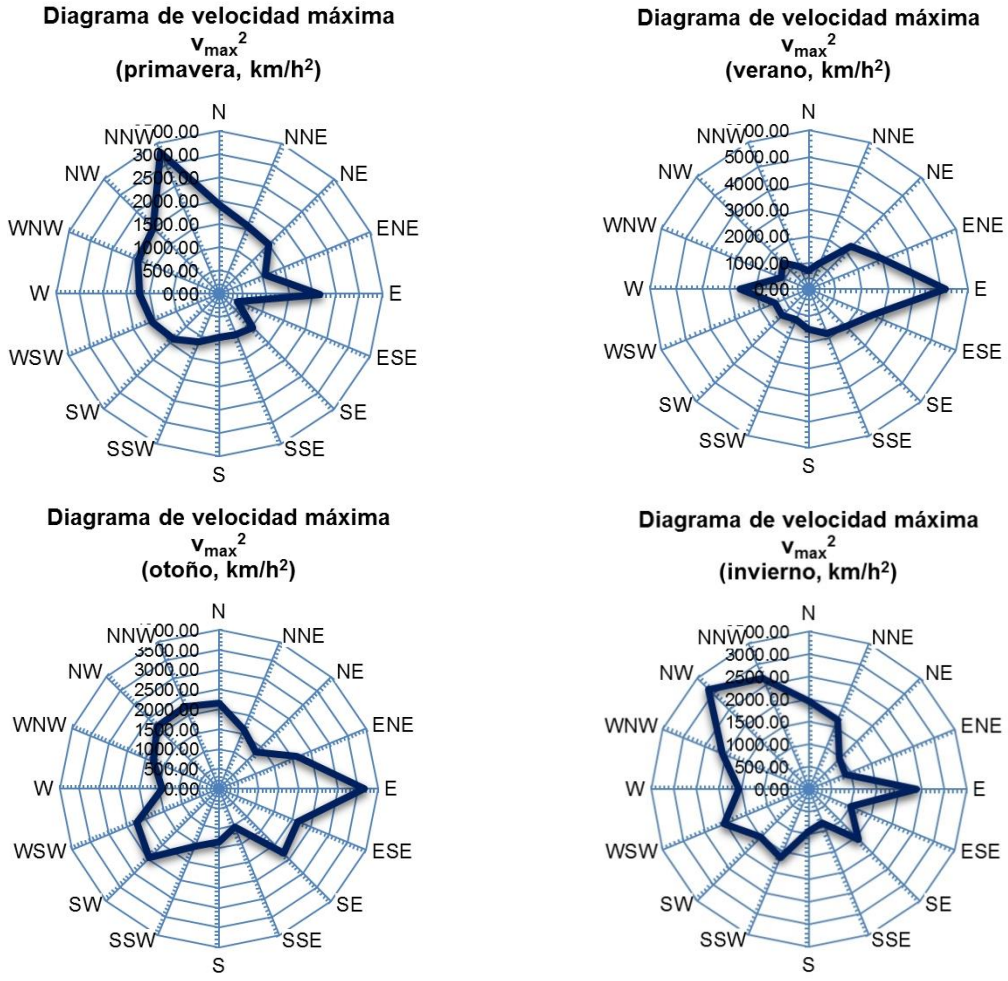


Figura IV.20. Diagrama de velocidad máxima $v_{máx}^2$ (estacional, de 2005 a 2018).

Como se aprecia, en primavera el viento dominante proviene del nor-noreste, en verano y otoño del este y en invierno del noroeste.

Tabla IV.10. Análisis de velocidades máximas cuadráticas para la región de Topolobampo, Sinaloa, de 2005 a 2018 (SEMAR, 2018).

Resumen de velocidades máximas $v_{máx}^2$ del periodo 2005 - 2018 [km/h]																
Categoría	**Dirección**															
	N	**NNE**	**NE**	**ENE**	**E**	**ESE**	**SE**	**SSE**	**S**	**SSW**	**SW**	**WSW**	**W**	**WNW**	**NW**	**NNW**
$v_{máx}^2$	2162	1681	2285	3003	5141	2611	2304	1806	1513	1632	2460	2228	2581	2070	3136	3306

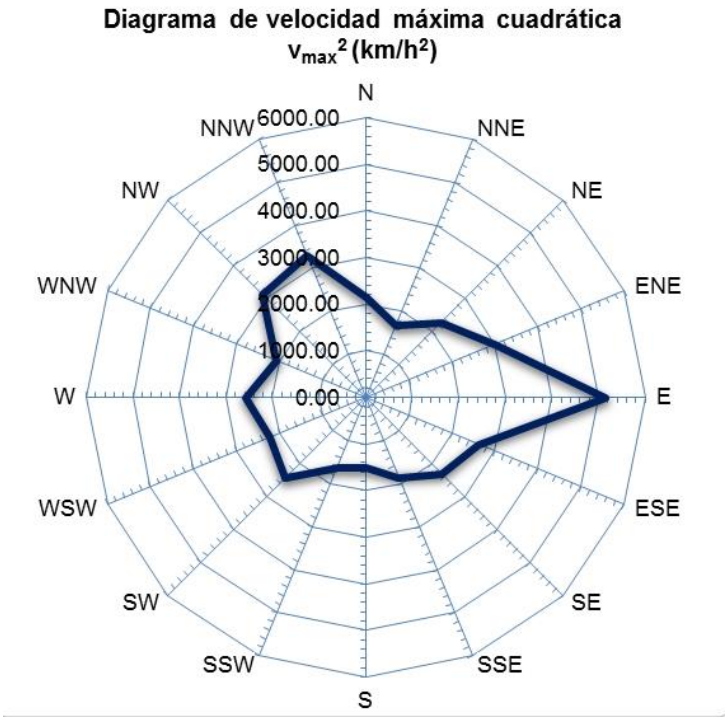


Figura IV.21. Diagrama de velocidades máximas $v_{máx}^2$ (periodo, de 2005 a 2018).

Como se puede observar en la Figura IV.21, para el régimen anual el viento dominante corresponde a la dirección este, esto indica que durante el verano los vientos de la región de Topolobampo presentan grandes velocidades, esto se debe a que es una época aún con presencia de eventos meteorológicos importantes como lo son los ciclones tropicales.

IV.2.6 Calidad del Aire.

Ni el municipio de Ahome en general ni Topolobampo en particular están consideradas como Zonas Críticas (ZC) por la calidad del aire, como se definen en la Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-2011, Contaminación Atmosférica-Niveles Máximos Permisibles de Emisión de los Equipos de Combustión de Calentamiento Indirecto y su Medición.

En general, las condiciones fluctuantes de velocidad y dirección del viento en la Bahías de Ohuira y Topolobampo, aunado con el hecho de que se encuentran en una llanura costera, favorecen la rápida dispersión de contaminantes. Sin embargo, en la zona urbana de Topolobampo se pueden presentar problemas relacionados más con la localización de las fuentes de emisión de contaminantes que con el volumen de los mismos (Figuras Figura IV.22 y Figura IV.23).



Figura IV.22. Dispersión de contaminantes, febrero de 2015.



Figura IV.23. Dispersión de contaminantes, octubre de 2017.

IV.3 Entorno Acústico.

La contaminación acústica es un problema asociado a un amplio rango de actividades humanas, tanto en áreas urbanas como en zonas con bajo desarrollo. En muchos casos el ruido se encuentra entre los impactos ambientales que más afectan a las comunidades, por lo que los estudios sociales lo valoran de forma importante.

Es importante señalar que físicamente, no hay distinción entre sonido y ruido. El sonido es energía mecánica transmitida por ondas de presión a través de un medio, como el aire, que produce una percepción sensorial provocada por procesos fisiológicos en el cerebro auditivo. Por otra parte, el ruido se puede definir como un sonido no deseado, molesto y desagradable, cuya clasificación no es tanto una cuestión acústica como psicológica, por lo que no es posible definir el ruido exclusivamente sobre la base de los parámetros físicos del sonido.

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994, que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición. Esta norma será aplicable al proyecto debido a que se para movilizar el material dragado se emplearán equipos que generarán ruido y en ella se señala que el nivel de emisión de ruido máximo permisible en fuentes fijas es de 68 dB (A) de las seis a las veintidós horas y de 65 dB (A) de las veintidós a las seis horas.

Para conocer las condiciones del entorno acústico antes del inicio del proyecto se midió el ruido de fondo en los límites del predio, tomando en cuenta los procedimientos establecidos en la norma ya mencionada. De acuerdo con esto, si la fuente fija no se halla limitada por confinamientos, pero se encuentran claramente establecidos los límites del predio (cercas, mojoneras, registros, etc.), los puntos de medición deben situarse lo más cerca posible a los límites exteriores del predio, a una altura del piso no inferior a 1.20 m.

Para la medición del ruido de fondo la norma recomienda que se hagan mediciones en por lo menos 5 puntos identificados con los números romanos I, II, III, IV y V, los cuales se presentan en la Figura IV.24 y la Tabla IV.11. Las mediciones se hicieron en un día laboral en que las fuentes de ruido alrededor del predio operaban con normalidad.

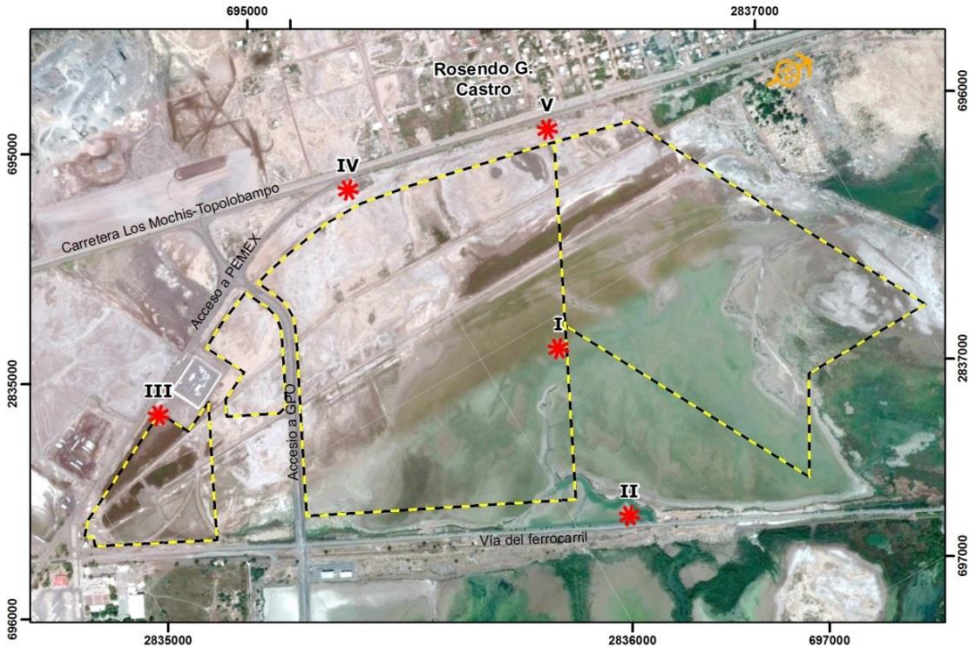


Figura IV.24. Puntos de medición del ruido de fondo en el predio de PIT.

Tabla IV.11. Características de los puntos de medición de ruido de fondo en los límites del predio.

Punto	Coordenadas UTM		Descripción
	X	Y	
I	696,074.43	2,836,180.56	Punto medio de la colindancia que va de la carretera hacia la vía del ferrocarril, atravesando un área no urbanizada. Por las características del terreno, en este punto se percibe el ruido de la carretera sin ningún amortiguamiento.
II	696,522.11	2,836,126.06	Junto a la alcantarilla que pasa por debajo de la vía del ferrocarril, siendo el punto más alejado de las vialidades que pasan cerca del predio.
III	695,720.90	2,835,236.60	Punto ubicado junto al camino de acceso a PEMEX, donde existe tráfico de vehículos pesados. En este punto también se percibe el ruido de los equipos empleados en un banco de material cercano.
IV	695,471.82	2,835,924.66	Ubicado en la esquina del predio frente a la confluencia del camino a PEMEX y la carretera Los Mochis-Topolobampo. En este punto hay tráfico ligero y pesado, incluyendo motocicletas.
V	695,589.51	2,836,428.81	Punto ubicado en el límite del predio localizado frente a la localidad de Rosendo G. Castro, donde hay un uso de suelo habitacional. El ruido ahí es producto de la carretera Los Mochis-Topolobampo, aunque también es frecuente el ruido de vehículos equipados con megáfonos utilizados con fines publicitarios.

La mediciones se hicieron empleando la Ponderación A, que es el nivel sonoro más utilizado, ya que es la que más protege al ser humano contra la agresión del ruido. Debido a que los niveles de sonido pueden variar notablemente en un corto período de tiempo, debe utilizarse un método para describir el carácter promedio del sonido. Más comúnmente,

los sonidos ambientales se describen en términos de un nivel promedio que tiene la misma energía acústica que la suma de todos los eventos que varían con el tiempo. Este descriptor de sonido/ruido de energía equivalente se refiere al nivel de presión de sonido variable equivalente indicado por N_{eq}.

$$N_{eq} = 10 \times \log \left\{ 1/m \sum_{m} 10^{(N/10)} \right\}$$

El período de promedio más común es por hora. Sin embargo, el L_{eq} puede describir cualquier serie de eventos para cualquier duración seleccionada, como el horario diurno (de 7 a.m. a 10 p.m.), la noche (10 p.m. a 7 a.m.) o la duración de 24 horas. El N_{eq} es particularmente útil para describir el cambio de sonido subjetivo en un entorno donde la fuente del sonido es la misma y pero hay cambios de nivel de actividad (Passchier, 2000).

A continuación se presentan los resultados de medición de ruido realizado en los 5 puntos de muestreo, que comprenden el área industrial, la zona habitacional y un área no desarrollada (Tabla IV.12).

De acuerdo con esto, los niveles equivalentes registrados para el ruido de fondo en la zona alcanzan 65.44 dB(A) cerca de la zona industrial y 62.03 dB(A) enfrente de la zona residencial. El área para el depósito del material de dragado se ubicaría entre las vías del ferrocarril, el camino de acceso a PEMEX y la carretera Los Mochis-Topolobampo, frente al poblado de Rosendo G. Castro, zonas que tienen los valores promedio de ruido de fondo más altos de las zonas industrial y habitacional, respectivamente.

Tabla IV.12. Resultados de la medición de ruido de fondo en los límites del predio.

Lectura	Punto de Medición									
	I		II		III		IV		V	
	Periodo	dB(A)	Periodo	dB(A)	Periodo	dB(A)	Periodo	dB(A)	Periodo	dB(A)
1	10:07:05	45.3	10:21:00	42	10:46:00	51.9	11:03:00	47.1	11:18:00	56.8
2	10:07:10	42.4	10:21:05	41.9	10:46:05	57.7	11:03:05	44.2	11:18:05	56.8
3	10:07:15	42	10:21:10	40.3	10:46:10	53.4	11:03:10	44	11:18:10	54.9
4	10:07:20	43.3	10:21:15	41.6	10:46:15	52.5	11:03:15	47.9	11:18:15	59.5
5	10:07:25	46.6	10:21:20	41.3	10:46:20	53.8	11:03:20	45.8	11:18:20	57.6
6	10:07:30	44.9	10:21:25	40.9	10:46:25	53.4	11:03:25	46.9	11:18:25	56.6
7	10:07:35	44.5	10:21:30	39.7	10:46:30	52.6	11:03:30	50.4	11:18:30	51.2
8	10:07:40	46.2	10:21:35	40.1	10:46:35	53.6	11:03:35	60.1	11:18:35	60.3
9	10:07:45	49	10:21:40	40	10:46:40	54.9	11:03:40	71.2	11:18:40	55.3
10	10:07:50	47.5	10:21:45	40.3	10:46:45	54.6	11:03:45	60.1	11:18:45	53.5
11	10:07:55	46.4	10:21:50	39.7	10:46:50	55.2	11:03:50	66.9	11:18:50	59.6

Tabla IV.12. Resultados de la medición de ruido de fondo en los límites del predio.

Lectura	Punto de Medición									
	I		II		III		IV		V	
	Periodo	dB(A)	Periodo	dB(A)	Periodo	dB(A)	Periodo	dB(A)	Periodo	dB(A)
12	10:08:00	46.2	10:21:55	39.4	10:46:55	56.1	11:03:55	65.4	11:18:55	58.8
13	10:08:05	47.1	10:22:00	40.1	10:47:00	54.4	11:04:00	74.9	11:19:00	60.2
14	10:08:10	45.8	10:22:05	42.8	10:47:05	51.8	11:04:05	56.3	11:19:05	26.6
15	10:08:15	47.1	10:22:10	45.2	10:47:10	55.5	11:04:10	51.7	11:19:10	58.4
16	10:08:20	45.1	10:22:15	42.9	10:47:15	53.4	11:04:15	48.7	11:19:15	61.2
17	10:08:25	44.3	10:22:20	41.8	10:47:20	55.5	11:04:20	48.8	11:19:20	55.5
18	10:08:30	44.4	10:22:25	41.3	10:47:25	53.6	11:04:25	46.1	11:19:25	57.9
19	10:08:35	42.8	10:22:30	40.9	10:47:30	52.2	11:04:30	44.3	11:19:30	59.4
20	10:08:40	43.2	10:22:35	41.9	10:47:35	52.7	11:04:35	44.8	11:19:35	56.8
21	10:08:45	46.4	10:22:40	41.4	10:47:40	54.3	11:04:40	44.2	11:19:40	62.9
22	10:08:50	44.8	10:22:45	42.1	10:47:45	53.9	11:04:45	46.9	11:19:45	65.1
23	10:08:55	46.9	10:22:50	40.4	10:47:50	54.7	11:04:50	53.1	11:19:50	64.6
24	10:09:00	45.2	10:22:55	40.5	10:47:55	59.3	11:04:55	56.5	11:19:55	68.1
25	10:09:05	43.9	10:23:00	40.9	10:48:00	72.5	11:05:00	49.2	11:20:00	66.6
26	10:09:10	43.8	10:23:05	41.4	10:48:05	77.7	11:05:05	48.8	11:20:05	62.4
27	10:09:15	43.9	10:23:10	40.6	10:48:10	63.4	11:05:10	47.4	11:20:10	63.6
28	10:09:20	44.7	10:23:15	40.7	10:48:15	50.8	11:05:15	47.8	11:20:15	70.4
29	10:09:25	46.4	10:23:20	42.6	10:48:20	76.7	11:05:20	48.1	11:20:20	70.7
30	10:09:30	45.3	10:23:25	43.1	10:48:25	64.7	11:05:25	49.5	11:20:25	59.8
31	10:09:35	43.6	10:23:30	43.9	10:48:30	59.1	11:05:30	48.8	11:20:30	59.4
32	10:09:40	45.5	10:23:35	42.9	10:48:35	58.3	11:05:35	66.3	11:20:35	58.2
33	10:09:45	43.8	10:23:40	42.6	10:48:40	59.1	11:05:40	70.3	11:20:40	57
34	10:09:50	43.3	10:23:45	41.2	10:48:45	55.8	11:05:45	61.2	11:20:45	54.6
35	10:09:55	43.8	10:23:50	43.3	10:48:50	55.6	11:05:50	58.7	11:20:50	52
36	10:10:00	42.2	10:23:55	42.8	10:48:55	54.4	11:05:55	55.1	11:20:55	52.7
37	10:10:05	42.4	10:24:00	42.1	10:49:00	53.6	11:06:00	52.7	11:21:00	59.2
38	10:10:10	41.6	10:24:05	41.2	10:49:05	54.3	11:06:05	48.4	11:21:05	60
39	10:10:15	41.4	10:24:10	41.5	10:49:10	56.2	11:06:10	47.7	11:21:10	55.8
40	10:10:20	41.1	10:24:15	41	10:49:15	53.2	11:06:15	67.2	11:21:15	54.3

Tabla IV.13. Máximos y mínimos (dB(A)) de ruido de fondo perimetral.

Valor	I	Ii	III	IV	V
Máximo	49	45.2	77.7	74.9	70.7
Mínimo	41.1	39.4	50.8	44	26.6

Tabla IV.14. Resultados de la medición de ruido de fondo perimetral.

Valores calculados	I	II	III	IV	V
N_{50}	44.603	41.508	56.660	53.338	58.358
σ	1.858	1.256	6.213	8.639	6.925
N_{10}	46.984	43.118	64.623	64.411	67.234
N_{eq}	44.991	41.696	65.443	63.001	62.038

IV.4 Fisiografía.

IV.4.1 Provincia y subprovincias fisiográficas.

La zona de estudio se encuentra en la Provincia Fisiográfica VII, Llanura Costera del Pacífico, en la subprovincia Llanuras Costeras y Deltas de Sonora y Sinaloa (Figura IV.25).

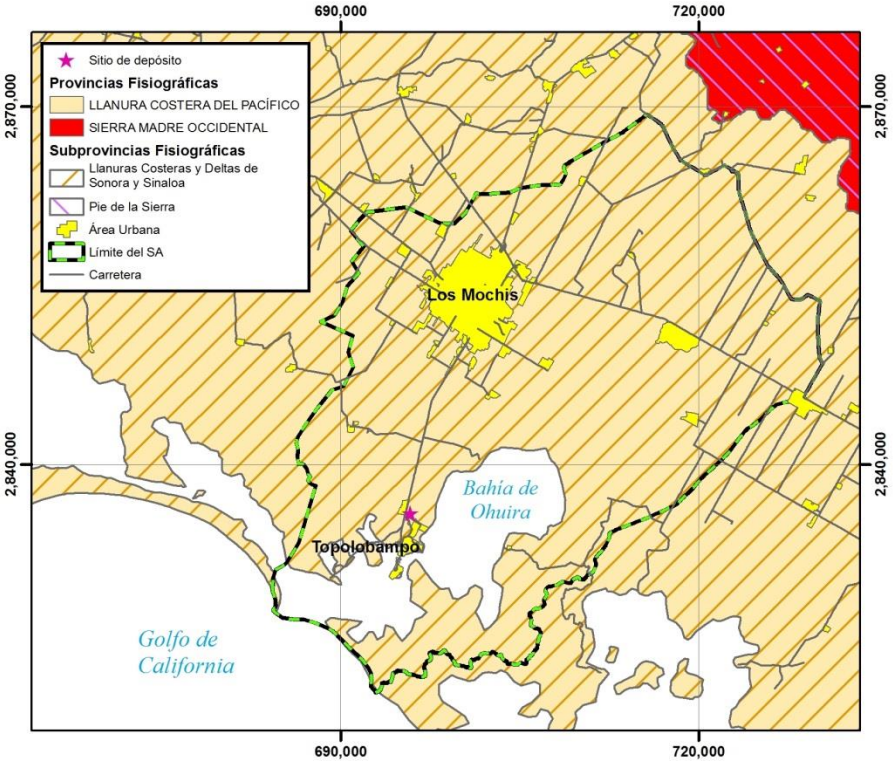


Figura IV.25. Provincia y subprovincia fisiográfica donde se localiza el SA.

La importancia de la información fisiográfica reside en proporcionar un panorama completo de las características paisajísticas de un área, lo cual facilita la comprensión del relieve indicando implícitamente los aspectos climáticos, edafológicos y de la vegetación.

La fisiografía ofrece una visión general del gran mosaico de formas del relieve que caracterizan el terreno, a través de conjuntos paisajísticos relativamente homogéneos, identificados y definidos a partir del análisis integral de información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica. La división fisiográfica muestra unidades y subunidades de información que abarcan extensiones considerables de terreno. La clasificación comprende la provincia, que es una gran área con características similares; la subprovincia, primera subdivisión en donde las condiciones paisajísticas son más recurrentes; los sistemas de topoformas que agrupan elementos y las topoformas, que constituyen el producto de la

interacción de los agentes formadores del relieve. El territorio mexicano es clasificado en 15 Provincia fisiográficas por el INEGI (1993).

IV.4.2 Características del relieve.

La configuración orográfica influye en forma directa en la determinación del clima, el tipo de suelos, la vegetación, en la distribución de especies zoológicas y en los asentamientos humanos. El Municipio de Ahome se encuentra en la Llanura Costera del Pacífico de la región noroeste del Estado de Sinaloa, por lo que su topografía es eminentemente plana, su configuración corresponde básicamente con los valles agrícolas del Fuerte y El Carrizo.

La excepción son dos pequeñas serranías secundarias de origen volcánico, al noreste la Sierra San Pablo o Balacachi que no sobrepasa los 300 metros de altura sobre el nivel medio del mar y al sureste la Sierra Navachiste entre las bahías de Ohuira y Navachiste - San Ignacio, aún de menor altura. Esta última sierra se encuentra en el extremo sur del SA. Además, hay cerros como el Cocodrilo, Baturi, Terome, Batequis, Tesagua, Memoria, Barobampo y Oteme que no tienen mayor importancia.

El proyecto no se desarrollará ni afectará ninguna de las áreas elevadas alrededor de la Bahía de Ohuira.

IV.4.3 Sistemas de topoformas.

En el SA predominan los sistemas de topoforma de llanuras, es decir un conjunto de áreas bajas y llanas, abarcando más del 90% del total de las topoformas (Figura IV.26 y Tabla IV.15); en menor proporción se encuentran las sierras bajas de laderas escarpadas. De manera particular, las topoformas dominantes en el SA y en los alrededores de la bahía de Ohuira son las Llanuras deltaicas y en menor grado las Llanuras costeras con ciénagas salinas, en esta última se ubican el Área del Proyecto y su Área de Influencia.

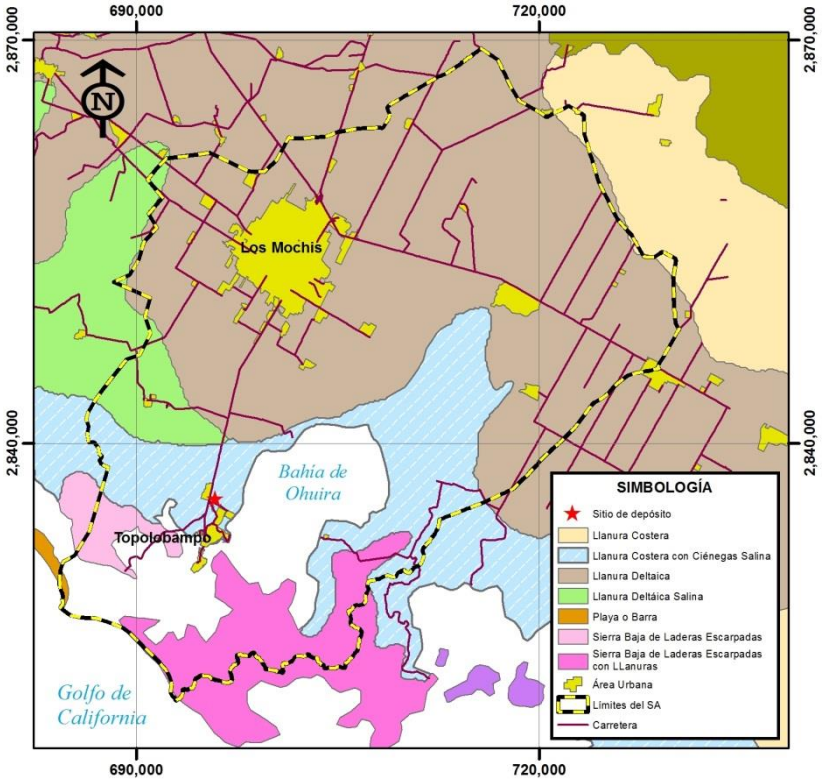


Figura IV.26. Sistema de topoformas existentes en el SA.

Tabla IV.15. Cobertura de las topoformas existentes en el SA.

Descripción	Área (ha)	Porcentaje
Llanura Deltaica	76323.1	58.93
Llanura Costera con Ciénagas Salina	20776.7	16.05
Sierra Baja de Laderas Escarpadas con Llanuras	8499.2	6.56
Llanura Deltaica Salina	4383.0	3.38
Sierra Baja de Laderas Escarpadas	1850.1	1.42
Llanura Costera	563.3	0.43
Playa O Barra	114.2	0.09
Cuerpos de Agua	16890.5	13.05
Total	**129,400**	**100**

IV.5 Geología.

IV.5.1 Características litológicas del SA.

Geológicamente, el SA está constituido en una gran proporción por sedimentos y rocas sedimentarias depositados en ambientes aluviales y lacustres (Figura IV.27 y Tabla IV.16). En el AI predomina el suelo lacustre, aunque también se tiene suelo aluvial y brecha basáltica; mientras que el Área del Proyecto se encuentra en su totalidad en una zona de suelo lacustre.

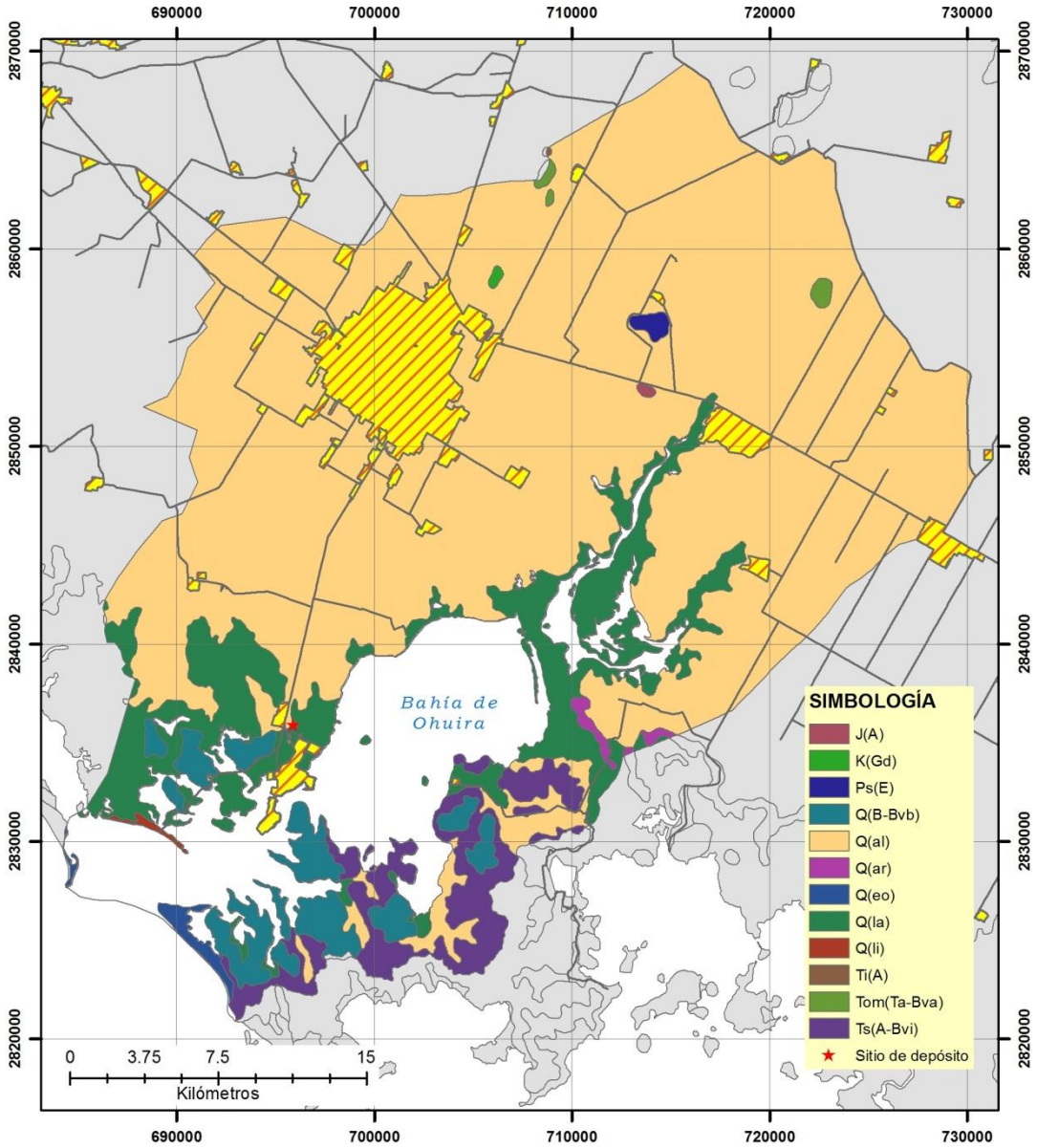


Figura IV.27. Geología de la Bahía de Ohuira y sus alrededores.

Las estructuras reconocidas en el área son de varios tipos y magnitudes; deformación y foliación de los sedimentos del Paleozoico Superior; pliegues de arrastre en la secuencia del Jurásico; pliegues tipo chevrón en los alrededores de Sinaloa de Leyva y estructura dómica formada por diapirismo en el cerro El Oro, en los sedimentos del Cretácico Inferior; deformaciones de las secuencias volcano-sedimentarias y volcánicas del Cretácico Superior y Terciario inferior respectivamente; fallas normales y fracturamientos en las rocas del Terciario así como las numerosas intrusiones de diabasa en forma de diques, mantos y lopolitos, que se encuentran en los alrededores del poblado de Sinaloa de Leyva, por último los cuerpos granodiorítico y granítico del Cretácico Superior y Terciario Inferior respectivamente. Los pliegues, fallas, fracturas y foliación, presentan orientación noroeste-sureste.

Tabla IV.16. Superficie y porcentaje ocupado por las entidades geológicas del SA.

Tipo	Clave	Área (Ha)	Porcentaje	Entidad
Aluvial	Q(al)	88,521.302	68.41	Suelo
Andesita	Ti(A)	8.64	0.01	Unidad Cronoestratigráfica
Andesita	J(A)	263.644	0.20	Unidad Cronoestratigráfica
Andesita-Brecha volcánica intermedia	Ts(A-Bvi)	4,624.187	3.57	Unidad Cronoestratigráfica
Arenisca	Q(ar)	293.786	0.23	Unidad Cronoestratigráfica
Basalto-Brecha volcánica básica	Q(B-Bvb)	4,522.669	3.50	Unidad Cronoestratigráfica
Eólico	Q(eo)	414.342	0.32	Suelo
Esquisto	Ps(E)	230.069	0.18	Unidad Cronoestratigráfica
Granodiorita	K(Gd)	53.393	0.04	Unidad Cronoestratigráfica
Lacustre	Q(la)	11,603.106	8.97	Suelo
Litoral	Q(li)	105.03	0.08	Suelo
Toba ácida-Brecha volcánica ácida	Tom(Ta-Bva)	257.707	0.20	Unidad Cronoestratigráfica
N/A	H2O	18,502.22	14.30	Cuerpo de Agua Perenne
		129,400.095	100	

En el área se distinguen tres períodos de deformación tectónica. El primero se relaciona a esfuerzos de compresión que plegaron y deformaron a las rocas del Paleozoico durante la orogenia Permo-Triásica. El segundo, a los esfuerzos de compresión que se originaron por la subducción de la Paleoplaca Farallón bajo la Americana durante la orogenia Laramide. Este evento ocasionó que se fusionara parcialmente la placa creando en el subsuelo un arco magmático activo. Los anteriores acontecimientos se manifiestan en: el plegamiento

de la secuencia del Mesozoico, diferentes tipos de metamorfismo, los efectos producidos por las intrusiones de cuerpos plutónicos e hipabisales y los eventos volcánicos que formaron la Sierra Madre Occidental, cuyo máximo crecimiento de material ignimbrítico fue del Oligoceno Superior a los inicios del Mioceno. Por último, el tercero se inicia a fines del Mioceno, cuando ocurre la subducción y se inicia la apertura del golfo de California, creando la fase distensiva que actúa hasta el Cuaternario y da lugar a los elementos orográficos actuales. Este periodo se caracteriza por la presencia de fallas normales y fracturamientos, por las emisiones y derrames básicos del Terciario Superior y Cuaternario y los sedimentos clásticos continentales que cubren a las rocas mencionadas anteriormente. Las unidades geológicas ubicadas en la zona Bahía de Ohuira son:

- **Andesita - AJ (A):** Ha sido formada por metamorfismo regional y afectada posteriormente por fenómenos cataclásticos e hidrotermales. Sus componentes son: cuarzo, plagioclasas, tremolita-actinolita, clorita, biotita, epidota, esfena y óxidos de hierro; pertenece a las facies de esquistos verdes, subfacies de biotitas y clase básica, con textura lepidobástica, tiene foliación de rumbo sur con 40° de inclinación; también existen intercalaciones de toba y brecha andesítica con deformación y metamorfismo incipiente, son cortadas por rocas hipabisales con forma de troco y dique de textura holocristalina porfídica y microcristalina piroclástica respectivamente.

- **Granodiorita/Brecha volcánica intermedia - K(A-Bvi):** Unidad constituida por derrames andesíticos y brecha volcánica de composición intermedia, de color gris oscuro a verdoso, con deformación epidotización variable de débil a intensa, fracturamiento intenso y numerosos espejos de fallas, contiene intercalaciones esporádicas de arenisca y brecha tobácea en horizontes delgados y medianos, la secuencia se encuentra cortada por vetillas de cuarzo lechoso y diques de composición básica de 15 cm de espesor. La andesita localmente presenta fenocristales de plagioclasas y hornblenda de 2 cm de longitud, así como amígdalas rellenas de calcedonia; generalmente son tenaces. La brecha contiene fragmentos líticos subangulosos de andesita, deformados, epidotizados, comprimidos verticalmente y alargados lateralmente.

- **Granodiorita - K (Gd):** Tiene como minerales esenciales cuarzo y plagioclasa sódica, y como accesorio epidota; es de estructura compacta y textura holocristalina porfídica,

de grano fino a medio, con alteración hidrotermal y formas redondeadas debido al intemperísmo; al microscopio se observan tremolita-actinolita, sericita, epidota, hematita y magnetita; su color gris verdoso en muestra fresca intemperiza a café claro. Se encuentra intensamente fracturada e intrusionada por diques aplíticos. La unidad está rodeada por material aluvial, y por su cercanía a metandesita del Jurásico y esquisto del Paleozoico Superior, se infiere que las intrusionó y que forma parte de los emplazamientos plutónicos del Cretácico Superior.

- **Esquisto - Ps(E):** Unidad de textura lepidoblástica, deformada por metamorfismo regional y constituida por cuarzo, clorita, sericita y biotita, pertenecen a las facies de esquistos verdes, en la subfacie de biotita, en clase pelítica. Son de color gris y verde, presenta foliación dominante con rumbo oeste-suroeste, con inclinación de 30° en promedio. Aflora en el norte del área, en el fondo de los cañones, y en forma dispersa en pequeñas extensiones, está cubierta discordantemente por rocas meta-sedimentarias del Jurásico y por derrames volcánicos ignimbríticos del Terciario. Su edad fue considerada como el Paleozoico Superior.

- **Basalto-Brecha volcánica básica - Q (B-Bvb):** La integra una alternancia de lavas y material piroclástico de composición básica. El basalto está compuesto por minerales de plagioclasa cálcica, olivino, hematita y magnetita, con matriz vítrea; su estructura es compacta y vesicular y se encuentra intensamente fracturado, de color que varía de negro a rojo, al intemperizarse adquiere coloración café. La brecha contiene fragmentos subangulosos de rocas ígneas extrusivas básicas e intermedias con minerales de plagioclasa sódica, olivino y hematita; es de color rojo y café, de textura merocristalina, estructura piroclástica, en matriz areno tobácea. Sobreyace discordantemente a la secuencia volcánica básica, intermedia y volcanoclástica del Terciario Superior. Su expresión morfológica es de lomerío y mesetas, éstas en algún flanco presentan pendientes verticales.

- **Aluvial - Q (al):** Está compuesto por grava, arena, limo y arcilla no consolidada, su granulometría varía de material grueso al pie de la sierra a fino en los valles y la costa, su color es café claro. Se originó por los depósitos de material detrítico que generaron los ríos Fuerte y Sinaloa al unir sus deltas en la región de la actual Bahía de Topolobampo, la cual es de origen tectónico. Estos materiales rodearon a prominencias

rocosas que formaban antiguas islas. Actualmente las formas delticas son de tipo lobado en su desembocadura y de extensa planicie en la mayor parte del área.

- **Arenisca - Q (ar):** Unidad formada por depósitos marinos del Reciente, cercanos a la costa, su morfología es ondulante y atestigua una regresión marina. Está constituida por arena de grano medio y fino de cuarzo, feldespato y fragmentos de rocas volcánicas; en algunos lugares se localizan bivalvos, gasterópodos y pelecípodos, enteros y fragmentados. Los granos son redondeados y subredondeados con superficie lisa y brillante, sin compactación ni cementante, su espesor varía entre 3 a 15 m.

- **Lacustre - Q(la):** Lo forma arcilla limosa expansiva de poco espesor, sobreyace a arena fina y su color rosa cambia a café rojizo cuando se humedece. Sufre contaminación salina debido a la invasión intermitente del mar sobre el continente. Su morfología es de planicie y se encuentra a lo largo de la línea de costa.

- **Litoral - Q(li):** Sedimento arenoso de origen marino depositado por movimientos de marea; sus componentes son cuarzo, feldespato, micas, fragmentos de conchas y de rocas ígneas y metamórficas. La arena es de grano fino, redondeado y subredondeado de superficie lisa y brillante. Se localiza formando grupos de alineación paralelas de barras, tómbolos, flechas y playas, que atestiguan indicios de antiguas líneas de costa, así como una actual regresión marina.

- **Toba ácida-Brecha volcánica ácida - Tom(Ta-Bva):** Secuencia compuesta por alternancia rítmica de toba, toba brechoide y brecha volcánica con escasos derrames rioliticos intercalados; son de color amarillo claro, blanco, gris, rosado y amarillo, que intemperizan a café rojizo y gris claro; presenta horizontes masivos con espesores variables de 5 a 80 m, algunos forman acuñamientos y yacen horizontalmente, aunque localmente se advierte ligeramente ondulados; en ciertos niveles se encuentran bancos de arenisca cuarzo feldespática de grano fino a medio. La toba varía de riolitica a riodacítica de textura microcristlina piroclástica, tiene esferulitas rellenas de cuarzo y está formada por cuarzo, sanidino, oligoclasa, andesita, biotita, hematita y magnetita. La toba brechoide es rica en fenocristales de biotita de 5 mm, líticos de andesita aproximadamente del mismo tamaño, prismas de hornblenda de 6 mm de longitud y fragmentos de pómez hasta 12 mm de diámetro, la matriz es criptocristalina a vítrea con

grados variables de caolinización. La brecha tiene fragmentos angulosos de riolita, andesita, pómez y material piroclástico que evidencian un vulcanismo de tipo explosivo; la riolita es de color rosa que intemperiza a café, tiene textura porfídica con fenocristales de oligoclasa, cuarzo, andesita y biotita. La secuencia también contiene horizontes de toba bentonítica y toba vítrea; hacia la base de la secuencia generalmente se encuentran vitrófidos que separan esta unidad de las rocas volcánicas intermedias que subyace. La unidad se presenta de moderada a fuertemente fracturada y fallada, forma topografía de mesetas cortadas por profundos cañones.

- **Andesita-Brecha volcánica intermedia - Ts(A-Bvi):** La constituyen derrames y material piroclástico de composición intermedia. La andesita subyace y está intercalada con brecha volcánica intermedia, se halla fracturada intensamente, en algunos lugares tiene alteración hidrotermal, su color gris claro y oscuro al intemperísmo se torna café claro, su textura es holocristalina y merocristalina porfídica, contiene minerales de plagioclasa sódica y cálcica, pigeonita, lamprobolita, hiperstena, biotita, circón y hematita. La brecha volcánica contiene fragmentos angulosos de rocas ígneas extrusivas intermedias, texturas merocristalinas y estructura piroclástica compacta. Dentro de esta unidad se observan en forma aislada intercalaciones de material apiclástico y arena tobacea. Se correlaciona con la formación Comondú del Mioceno, que es una secuencia de material volcánico y volcanoclástico.

La segunda entidad geológica presente en el sitio de estudio está representada por depósitos de suelo de tipo aluvial, eólico y principalmente lacustre, todos ellos del Cuaternario de la era Cenozoica. La característica dominante de los sedimentos lagunares es su naturaleza arenosa, que oscila entre las arenas limosas con grava y los limos arenosos mal y muy mal clasificados, con predominio de partículas de grano fino, mesocúrticos a muy leptocúrticos.

Estratigráficamente hay gran variedad de rocas cuyas edades van del Paleozoico superior hasta el Holoceno, que incluyen tanto rocas metamórficas, sedimentarias y volcano-sedimentarias como ígneas intrusivas y extrusivas (Tabla IV.17). El basamento de la región está constituido por una secuencia metamórfica conformada por filitas, pizarras, esquistos, cuarcitas y metaconglomerados.

Tabla IV.17. Características generales de los distintos tipos de roca del SA.

ENTIDAD	ERA	SISTEMA	CLASE	TIPO DE ROCA	CLAVE	TOTAL (ha)
Suelo	Cenozoico	Cuaternario	N/A	Aluvial	Q(al)	88,521.30
			N/A	Lacustre	Q(la)	11,603.10
			N/A	Litoral	Q(li)	105.03
			N/A	Eólico	Q(eo)	414.34
Unidad Crono-Estratigráfica	Paleozoico	N/A	Metamórfica	Esquisto	Ps(E)	230.06
	Mesozoico	Jurásico	Ígnea extrusiva	Andesita	J(A)	263.64
		Cretácico	Ígnea extrusiva	Granodiorita	K(Gd)	59.39
	Cenozoico	Paleógeno	Ígnea extrusiva	Andesita	Ti(A)	8.64
		Terciario	Ígnea extrusiva	Toba ácida-Brecha volcánica ácida	Tom(Ta-Bva)	257.70
		Cuaternario	Sedimentaria	Arenisca	Q(ar)	293.78
			Ígnea extrusiva	Basalto-Brecha volcánica básica	Q(B-Bvb)	4,522.66
		Neógeno	Ígnea extrusiva	Andesita-Brecha volcánica intermedia	Ts(A-Bvi)	4,624.18
Cuerpo de Agua Perenne	N/A	N/A	N/A	N/A	H_2O	18,502.22
					Total	**129,406.09**

IV.6 Edafología.

IV.6.1 Tipos de suelos en el SA.

Los suelos, junto con los litorales, son el principal recurso natural del municipio de Ahome por su capacidad agrológica. Su formación depende de la topografía y de los elementos climáticos, entre otros factores y su comportamiento depende de sus propiedades físicas y químicas. Su descripción se hace conforme a la Base Referencial Mundial para Recursos de Suelos (WRB, por sus siglas en inglés), que es el estándar internacional taxonómico de sistema de Clasificación de suelos. La clasificación se basa primariamente en la morfología de suelo como una expresión de la pedogénesis (Figura IV.28).

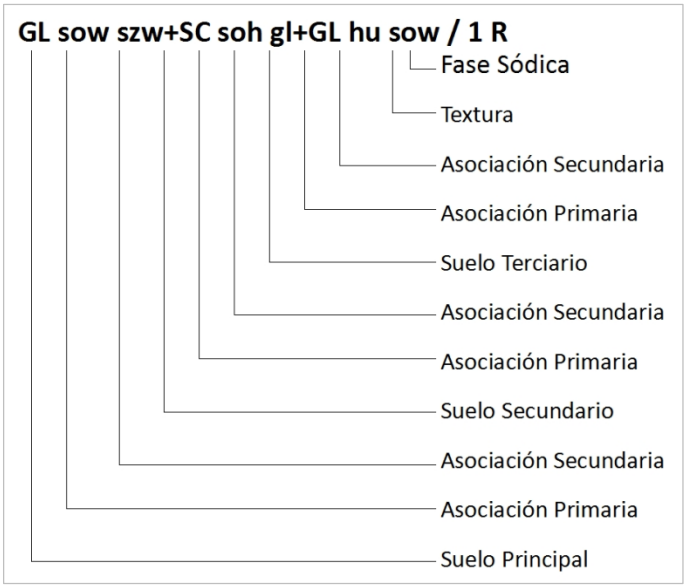


Figura IV.28. Guía de interpretación de las claves de suelos.

De acuerdo con dicha clasificación, las principales unidades de suelos en la franja costera donde se encuentra el SA son de tipo Vertisol y Solonchack. En general, la composición granulométrica de los depósitos de la planicie costera consiste en partículas finas y medias con cantidades variables de gravas.

La distribución de los distintos tipos de suelo en el SA se presenta en la Figura IV.29 y en la Tabla IV.18. En el Área del Proyecto y su Área de Influencia los suelos predominantes son los de tipo Solonchack.

Algunos de los suelos, como los que se encuentran en alrededor de la porción de la laguna donde se desarrollará el proyecto presentan como unidad secundaria suelos tipo Gleysol. Estos son suelos que se encuentran en zonas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año dentro de los 50 cm de profundidad.

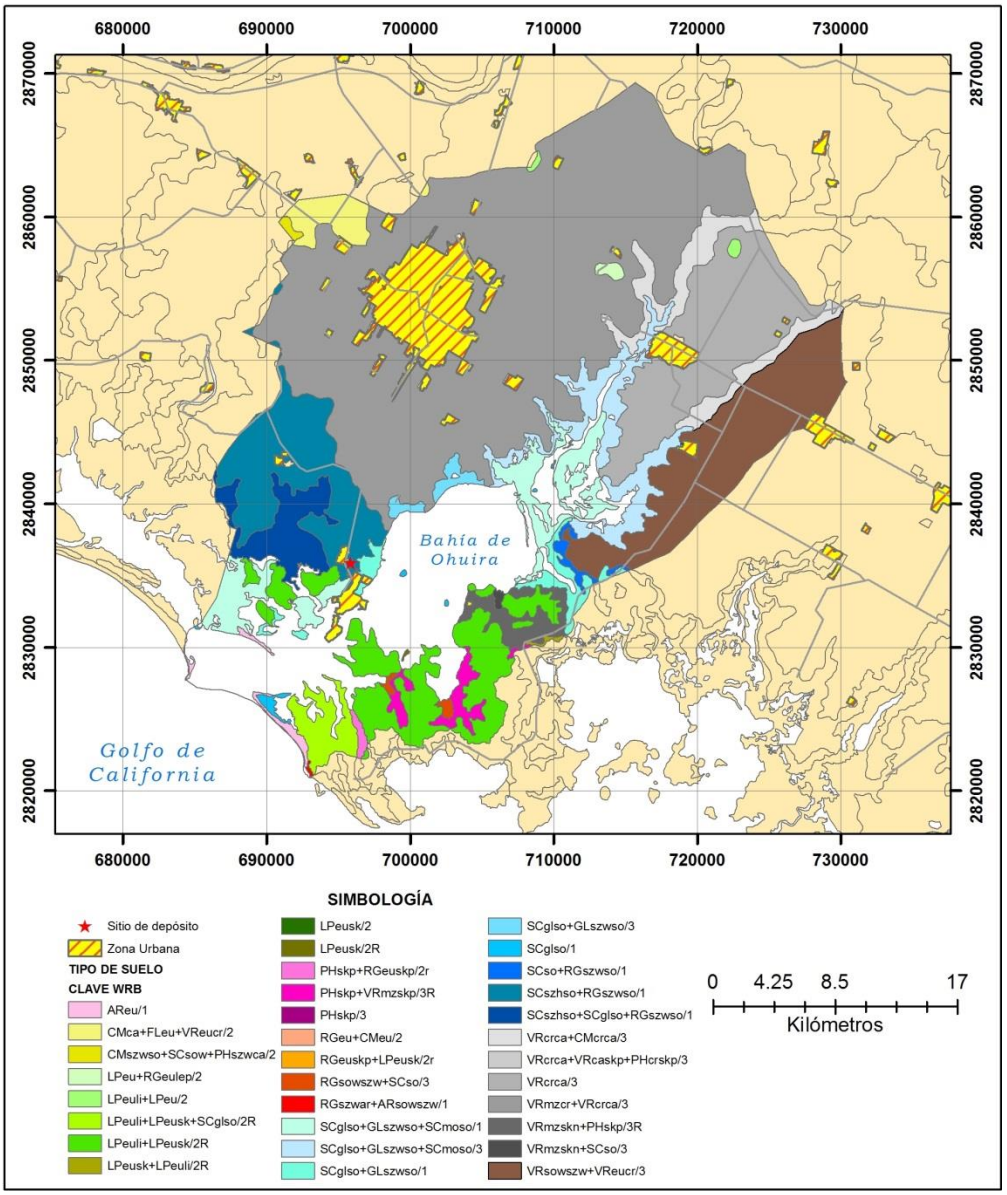


Figura IV.29. Distribución de los tipos de suelo en el SA.

Son suelos de humedales, que a menos que sean drenados están saturados con agua freática por periodos suficientemente largos para desarrollar un característico patrón de color gléyco, hecho de colores rojizos, parduzcos o amarillentos en la cara de los agregados

y/o en la capa o capas superficiales del suelo en combinación con colores grisáceos/azulados en el interior de agregados y/o más profundos en el suelo. Se localizan en áreas deprimidas y posiciones bajas del paisaje con agua freática somera.

Tabla IV.18. Superficie de los grupos de suelo dominantes en el SA.

Clave	Tipo de Suelo	Total (Ha)	Porcentaje
VR	Vertisoles	71,793.4	55.48
SC	Solonchaks	21,339.1	16.49
H_2O	Cuerpo de Agua	18,966.7	14.66
LP	Leptosoles	9,354.7	7.23
Zur	Zona Urbana	4,296.2	3.32
CM	Cambisoles	1,504.9	1.16
PH	Phaeozems	1,336.1	1.03
AR	Arenosoles	345.1	0.27
RG	Regosoles	464.0	0.36
	Total	**129,400.1**	**100.0**

A continuación, se describen los tipos de suelos predominantes, así como aquellos de menor presencia, como el gelysol (CM) y el cambisol (CM):

- **Vertisol (VR):** Suelos pesados arcillosos, que se mezclan. Estos suelos forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo cuando se secan, lo que ocurre en la mayoría de los años. El nombre Vertisoles se refiere al reciclado interno constante del material de suelo. Proviene de sedimentos que contienen elevada proporción de arcillas expandibles, o arcillas expandibles producidas por neoformación a partir de meteorización de rocas. Se presenta en depresiones y áreas llanas a onduladas, principalmente en climas tropicales, subtropicales, semiárido a subhúmedo y húmedo con una alternancia clara de estación seca y húmeda. La vegetación clímax es sabana, pastizal natural y/o bosque.

- **Solonchak (SC):** Este tipo de suelos se localizan de forma dominante en las marismas y esteros de la Llanura Costera del Pacífico. Su propiedad más relevante es el elevado contenido de sales, con una conductividad eléctrica del extracto de saturación mayor de 16 µmhos/cm. Tienen un horizonte A ócrico de color pardo obscuro y un horizonte B

cámbico de color pardo amarillento obscuro (en húmedo). Debido al medio anaeróbico en que se desarrollan (continuo exceso de agua), presentan hidromorfismo, manifestado por cierta reducción del hierro y la formación de un patrón de moteaduras o manchas al quedar en contacto con el aire. Además, poseen un porcentaje de saturación de sodio mayor de 15 (fase sódica). Algunos tienen en la superficie una capa arcillosa que sufre rupturas en forma de placas poligonales cuando está seca (Solonchak takyrico); lo cual propicia que en ellos crezca vegetación de manglar y halófita, a la vez de inhabilitarlos para el desarrollo de actividades agrícolas. Predominan en regiones áridas y semiáridas, notablemente en áreas donde la capa freática ascendente alcanza el solum o donde hay algo de agua superficial presente, con vegetación de pastos y/o hierbas halófitas, y en áreas de riego con manejo inadecuado. Los Solonchaks en áreas costeras ocurren en todos los climas. En áreas bajas con capa de agua somera, la acumulación de sales es mayor en la superficie del suelo, por lo que se pueden encontrar Solonchaks externos. Los Solonchaks donde el agua freática ascendente no alcanza el suelo superficial (o aún el solum) tienen la mayor acumulación de sales a cierta profundidad debajo de la superficie del suelo, se encuentran los Solonchaks internos.

- **Leptosol (LP):** Son suelos muy someros sobre roca continua y suelos extremadamente gravillosos y/o pedregosos. Los Leptosoles son suelos azonales y particularmente comunes en regiones montañosas con ambiente: principalmente tierras en altitud media o alta con topografía fuertemente disectada. Los Leptosoles se encuentran en todas las zonas climáticas (muchos de ellos en regiones secas cálidas o frías), en particular en áreas fuertemente erosionadas, tienen roca muy cerca de la superficie. Los Leptosoles en material calcáreo meteorizado pueden tener un horizonte mólico.

- **Phaeozem (PH):** Son suelos oscuros ricos en materia orgánica. Acomodan suelos de pastizales relativamente húmedos y regiones forestales en clima moderadamente continental. Los Phaeozems son muy parecidos a Chernozems y Kastanozems pero están más intensamente lixiviados, consecuentemente, tienen horizonte superficial oscuro, rico en humus que, en comparación con Chernozems y Kastanozems, son menos ricos en bases. Los Phaeozems pueden o no tener carbonatos secundarios, pero tienen alta saturación con bases en el metro superior del suelo. Proviene de materiales no consolidados, predominantemente básicos, eólicos (loess), till glaciario y otros.

- **Regosol (RG):** En la Llanura Costera del Pacífico los suelos Regosol están constituidos por depósitos litorales, originados en su mayoría por la acción del oleaje, que provoca la formación de largas y angostas barras paralelas; así como que estos suelos sean inestables y profundos. Sin embargo, su textura con elevado contenido de arena, determina que el drenaje interno sea excesivo y su productividad agropecuaria casi nula, excepto algunas áreas que manifiestan estabilidad del suelo, pero aún con limitaciones moderadas por la presencia de salinidad, que expresada en conductividad eléctrica varía de 8 a 12 μmhos/cm. Son suelos débilmente desarrollados en material no consolidado y su denominación proviene; del griego rhegos, que significa manta. Los Regosoles forman un grupo remanente taxonómico que contiene todos los suelos que no pudieron acomodarse en alguno de los otros. En la práctica, los Regosoles son suelos minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados que no tienen un horizonte mólico o úmbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas (Leptosoles), arenosos (Arenosoles) o con materiales flúvicos (Fluvisoles). Los Regosoles están extendidos en tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos. También se presenta en todas las zonas climáticas y todas las alturas. Los Regosoles son particularmente comunes en áreas áridas (incluyendo el trópico seco) y en regiones montañosas. El desarrollo del perfil es mínimo como consecuencia de edad joven y/o lenta formación del suelo.

- **Gleysol (GL):** Suelos pantanosos, que se encuentran en zonas donde se acumula y estanca el agua la mayor parte del año dentro de los 50 cm de profundidad. Se caracterizan por presentar, en la parte donde se saturan con agua, colores grises, azulosos o verdosos, que muchas veces al secarse y exponerse al aire se manchan de rojo. La vegetación natural que presentan generalmente es de pastizal y en algunas zonas costeras, de cañaveral o manglar. Son muy variables en su textura, pero en México predominan más los arcillosos, esto trae como consecuencia que presenten serios problemas de inundación durante épocas de intensa precipitación. Regularmente estos suelos presentan acumulaciones de salitre. En algunos casos se pueden destinar a la agricultura con buenos resultados en cultivos como el arroz y la caña que requieren o toleran la inundación.

- **Cambisol (CM):** Los Cambisoles combinan suelos con formación de por lo menos un horizonte subsuperficial incipiente. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y decoloración principalmente parduzca, incremento en el porcentaje de arcilla, y/o remoción de carbonatos. Son suelos con por lo menos un principio de diferenciación de horizontes en el subsuelo evidentes por cambios en la

estructura, color, contenido de arcilla o contenido de carbonato. Provienen de materiales de textura media a fina derivados de un amplio rango de rocas y se caracterizan por meteorización ligera a moderada del material parental y por ausencia de cantidades apreciables de arcilla aluvial, materia orgánica, compuestos de Al y/o Fe. Se presentan en terrenos llanos a montañosos en todos los climas y tienen amplio rango de tipo de vegetación.

IV.7 Hidrología Superficial.

IV.7.1 Hidrografía y Cuencas.

El SA propuesto y el puerto de Topolobampo se ubican dentro de la Cuenca Bahía Lechuguilla-Ohuira-Navachiste de la Región Hidrológica 10 (Sinaloa), como se muestra en la Figura IV.**30**. Dicha cuenca está formada por tres subcuencas de diferentes extensiones (B. Lechuguilla con 332 km^2, B. Navachiste con 1,817 km^2 y B. de Ohuira con 2.469 km^2) cuyos nombres provienen de los cuerpos de agua principales que conforman el hidrosistema, junto con los grupos de corrientes localizadas en la planicie costera.

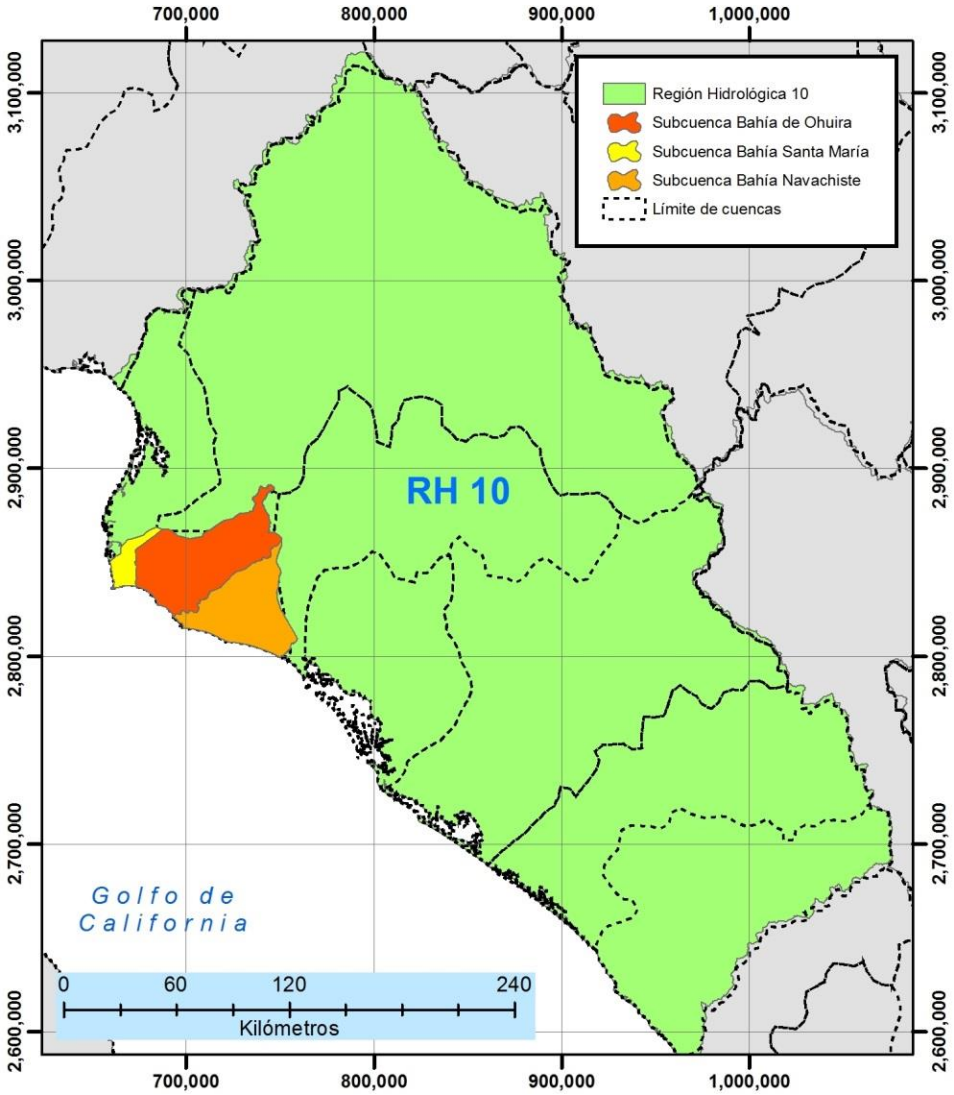


Figura IV.30. Ubicación de la cuenca de estudio en la Región Hidrológica 10.

IV.7.2 Red Hidrológica del SA.

La parte baja del Sistema Ambiental corresponde a la Llanura Costera del Pacífico, se caracteriza por la asociación de topoformas de llanuras con ciénegas, zonas salinas, con dunas, playas y barras de arena y lagunas costeras, las que en conjunto constituyen un sistema lagunar donde las más importantes son Topolobampo y Ohuira.

El SA presenta diversos elementos relacionados con el escurrimiento del agua superficial (Figura IV.31), las características topográficas, las propiedades del suelo y de la roca y los tipos de cobertura y uso del suelo determinan las características de la red hidrológica superficial y del escurrimiento sobre la superficie.

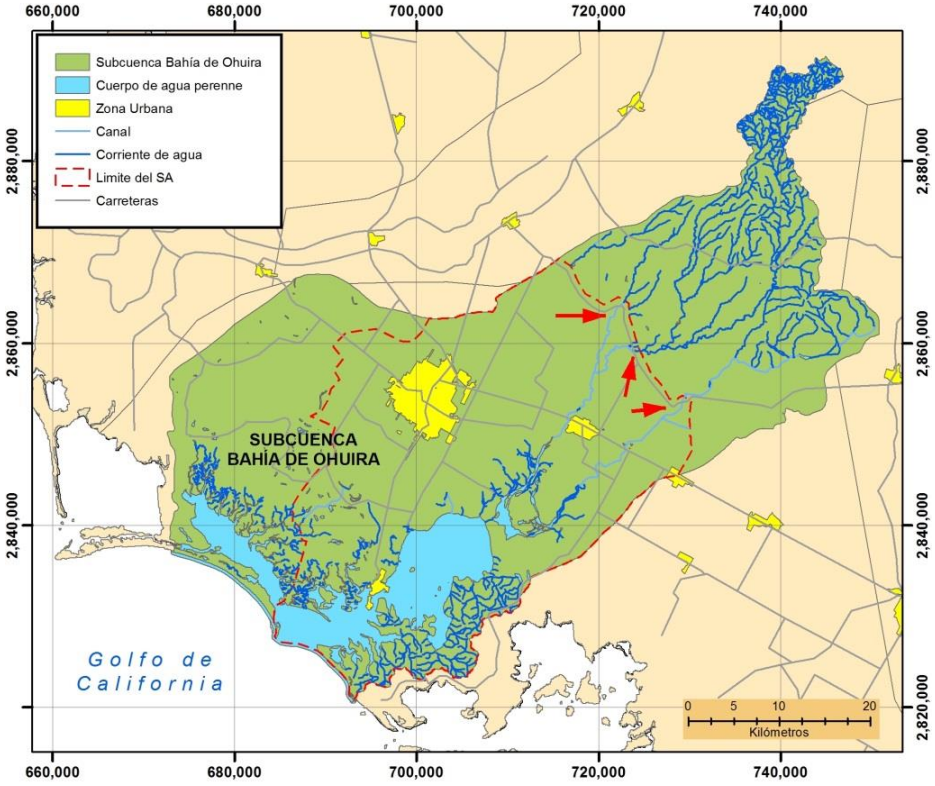


Figura IV.31. SA y red Hidrológica de la Subcuenca B. de Ohuira.

Existen numerosos drenes que transportan aguas de desecho agrícola y algunos de ellos desembocan en las bahías del complejo lagunar de Topolobampo (Sistema Topolobampo-Ohuira-Santa María), además de tres drenes de aguas negras y desechos industriales, procedentes dos de ellos de la Ciudad de Los Mochis (Dren Juárez y Dren Mochis) y el otro de la Ciudad de Juan José Ríos (Dren Batequis). Durante la estación de verano se presenta

un marcado periodo de lluvias, por lo que drenes y canales aumentan considerablemente su descarga de agua dulce procedentes de la sierra y los valles. Los poblados de Topolobampo, Campo Pesquero Paredones y Campo Pesquero Lázaro Cárdenas también son aportes menores de aguas negras, que desembocan en el Complejo Lagunar de Topolobampo-Ohuira (Gutiérrez-Barreras, 1999).

El parteaguas de la Subcuenca Bahía de Ohuira define dieciséis microcuencas cerradas, con el predio destinado para la zona de tiro casi en su totalidad en la microcuenca (e), sólo un extremo se localiza en la microcuenca (d). Sus escurrimientos superficiales intermitentes y perennes desembocan directamente a la Bahía de Ohuira, que a su vez desemboca en el Golfo de California (Figura IV.32).

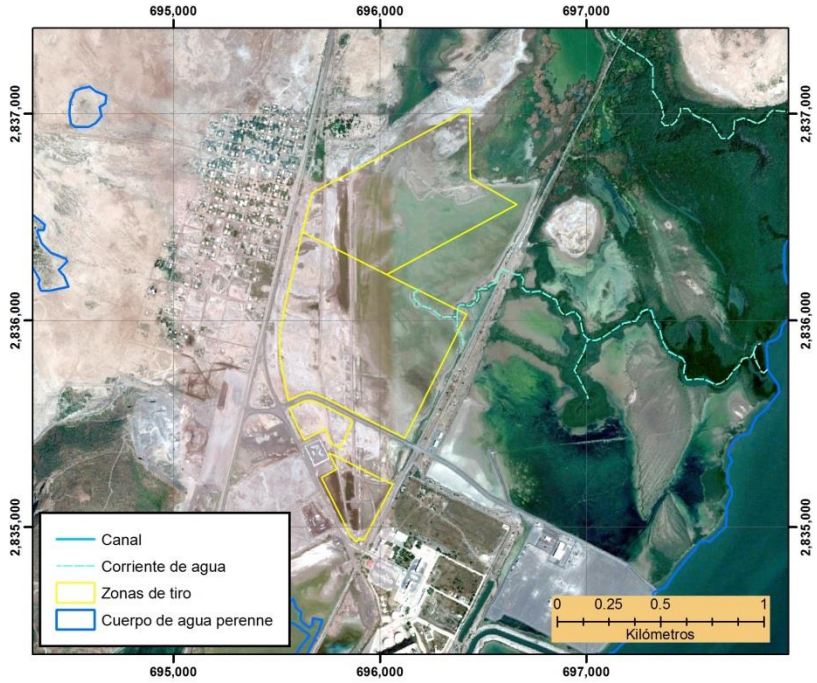


Figura IV.32. Corrientes de agua alrededor en el predio de PIT.

Para simular los escenarios del estudio numérico, se generaron los hidrogramas para diferentes periodos de retorno de los escurrimientos más importantes con aportación al dominio de estudio. Las microcuencas que influyen en las bahías Ohuira y Topolobampo son 16, y en particular las que tienen influencia en la zona de estudio, es decir, en el dominio que abarca la malla del modelo numérico para este proyecto, son 13. Las 16 microcuencas que se determinaron se muestran en la Figura IV.34 y sus hidrogramas respectivos se pueden apreciar en la Figura IV.33. En la Tabla IV.19, se resumen los gastos máximos para

diferentes periodos de retorno para cada una de las microcuencas, donde se puede observar que la microcuenca que aporta más volumen de agua es la que se denota con la letra ***j***, que corresponde al escurrimiento E10 y que descarga a la cabeza de la bahía de Ohuira.

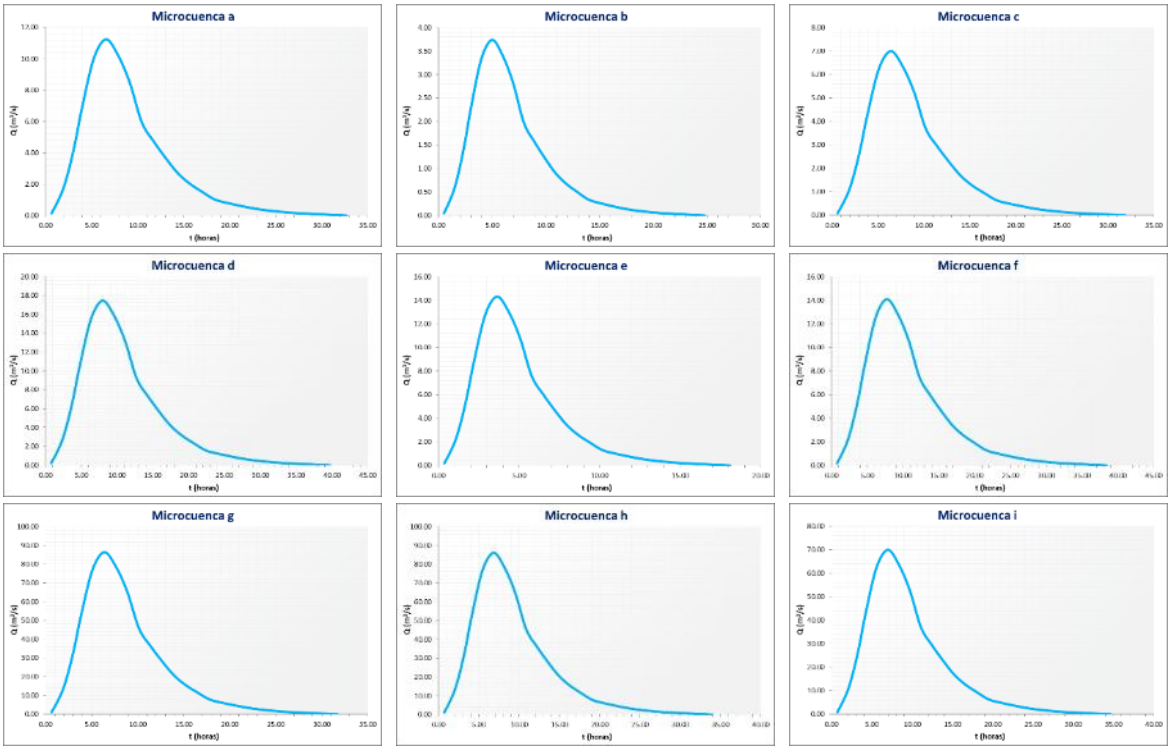


Figura IV.33. Hidrogramas de los escurrimientos con influencia en el sitio de estudio para un año típico (a).

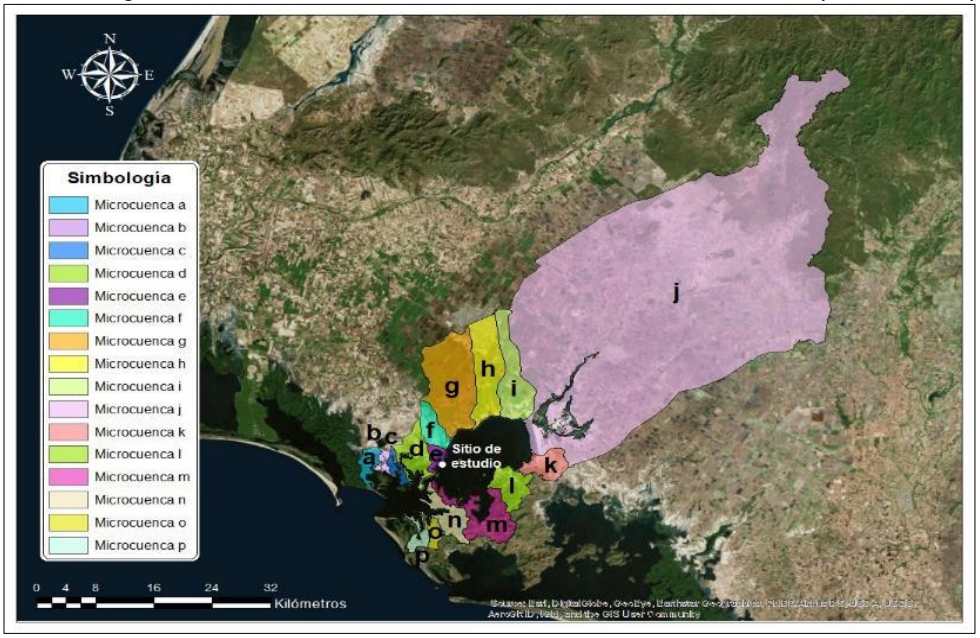


Figura IV.34. Microcuencas que influyen en el sitio de estudio.

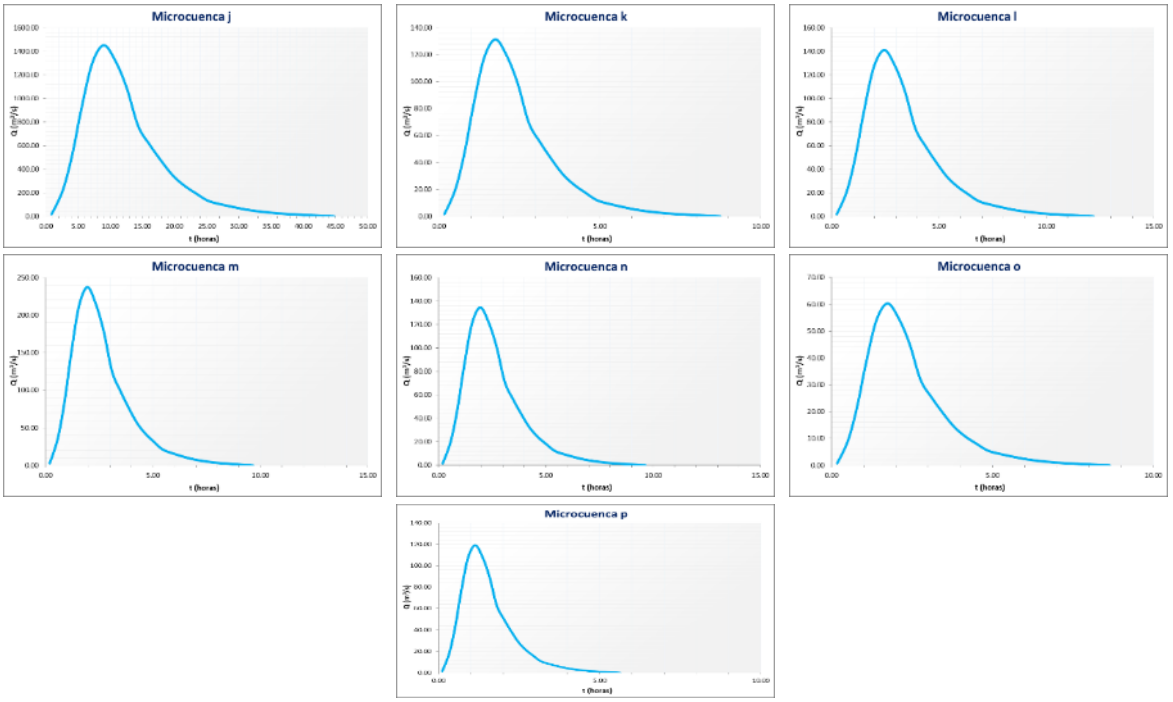


Figura IV.35. Hidrogramas de los escurrimientos con influencia en el sitio de estudio para un año típico (b).

Tabla IV.19. Gastos máximos de aportación de las microcuencas que influyen en el sitio de estudio.

Microcuenca	Año típico Q (m^3/s)	Tr = 50 años Q (m^3/s)	Tr = 100 años Q (m^3/s)	Tr = 1000 años Q (m^3/s)
a	11.21	23.95	27.79	40.53
b	3.73	7.96	9.24	13.47
c	6.98	14.91	17.30	25.24
d	17.39	37.16	43.11	62.89
e	14.28	30.52	35.40	51.64
f	14.05	30.02	34.83	50.80
g	86.15	184.09	213.57	311.51
h	85.82	183.39	212.75	310.32
i	69.79	149.13	173.01	252.35
j	1446.73	3091.33	3586.41	5231.01
k	130.91	279.73	324.53	473.35
l	140.63	300.49	348.62	508.48
m	236.56	505.49	586.44	855.36
n	134.26	286.89	332.83	485.45
o	60.12	128.47	149.04	217.39
p	118.82	253.90	294.56	429.63

IV.7.3 Coeficientes de Escurrimiento.

Con respecto a las unidades de escurrimiento, estas son áreas en las que el escurrimiento tiende a ser uniforme debido principalmente, a sus características de permeabilidad, cubierta vegetal y precipitación media. Como resultado del análisis de estos factores, se obtiene un coeficiente de escurrimiento que representa el porcentaje de agua precipitada que drena o se acumula superficialmente. La Figura IV**.36** presenta los gradientes de escurrimiento en el SA.

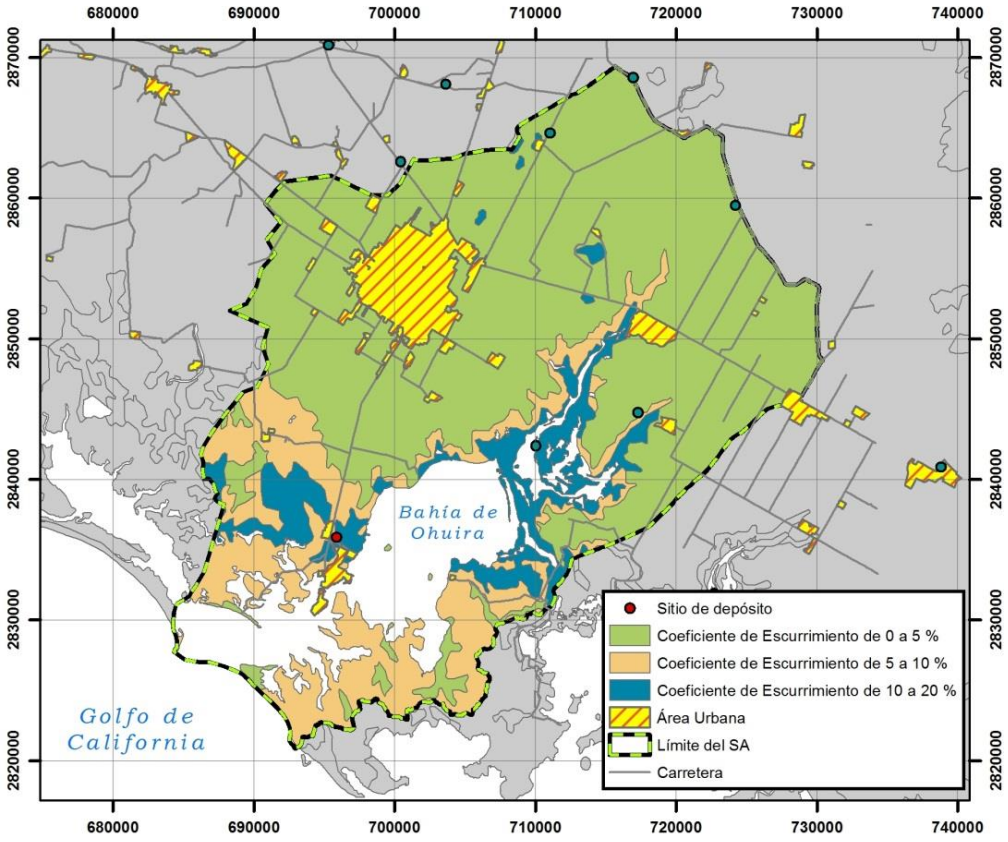


Figura IV.36. Coeficiente de escurrimiento en el SA.

En el SA se presentan tres rangos de escurrimiento, del 10 a 20%, que ocurre en terrenos bajos inundables y alrededor del largo estero que desemboca a la Bahía de Ohuira, del 5 al 10% es una franja de terreno rodea a las bahías de Topolobampo y Ohuira donde se localizan algunas sierras bajas; y del 0 al 5% en las zonas agrícolas que son la mayor parte del SA. Mientras tanto, la unidad con coeficiente de escurrimiento de 10 a 20% predomina en el Área de Influencia y ocupa la totalidad del Área del Proyecto.

Con respecto a la permeabilidad los suelos de origen lacustre y palustre, se consideran de permeabilidad baja como sucede en algunas porciones del área de estudio, donde así mismo encontramos suelos arenosos muy sueltos con una permeabilidad alta.

Los aportes superficiales al sitio de estudio son escasos. Los escurrimientos que en un principio presentan pendientes fuertes en las partes altas de las elevaciones al noreste del sitio de estudio, provenientes principalmente de los cerros El Frentón, Mochobampo y la Choya se van suavizando en la llanura costera para luego distribuirse por canales en la zona agrícola. El sistema lagunar no tiene ningún aporte continuo de agua dulce, solo existen algunos arroyos que transportan escurrimientos durante los meses de mayor precipitación pluvial y hacen descender la salinidad del cuerpo de agua. Los pocos escurrimientos que llegan al sitio son en su mayoría de régimen intermitente y corren perpendiculares a la línea de costa. Además del uso en la agricultura, el aprovechamiento del recurso hidráulico superficial es doméstico y para las actividades acuícolas.

IV.8 Hidrología Subterránea.

Esta sección trata sobre las características geohidrológicas del Sistema Ambiental (Figura IV.37). El SA se localiza casi en su totalidad sobre el acuífero Río Fuerte (2501) en la región Pacífico Norte; sólo una franja en la porción este pertenece al acuífero Río Sinaloa (2502), perteneciente a la misma región.

El acuífero Río Fuerte se localiza en la porción noroccidental del Estado de Sinaloa, entre los paralelos 25° 25’ y 28° 15’ de latitud norte y entre los meridianos 106° 20’ y 109° 25’ de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 34,946 km². Limita al noroeste con el acuífero San Bernardo, al norte con Nácori Chico y Carichi-Nonoava; los dos primeros pertenecientes al Estado de Sonora; al este con Bocoyna, estos dos últimos pertenecientes al Estado de Chihuahua; al suroeste con El Carrizo, perteneciente al Estado de Sinaloa; al oeste con Cuchujaqui y Fuerte-Mayo, del Estado de Sonora; al sur con Río Sinaloa y Río Culiacán, pertenecientes al Estado de Sinaloa y hacia el suroeste con el Golfo de California.

Las evidencias geológicas, geofísicas e hidrogeológicas permiten definir la presencia de un acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, se encuentra constituido, en su porción

superior, por los sedimentos aluviales y fluviales de granulometría variada, así como por las areniscas, conglomerados polimícticos y sedimentos lacustres, cuyo espesor puede alcanzar varios cientos de metros en la planicie costera. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas extrusivas (volcánicas) e intrusivas (plutónicas), que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento y alteración (CNA, 2015).

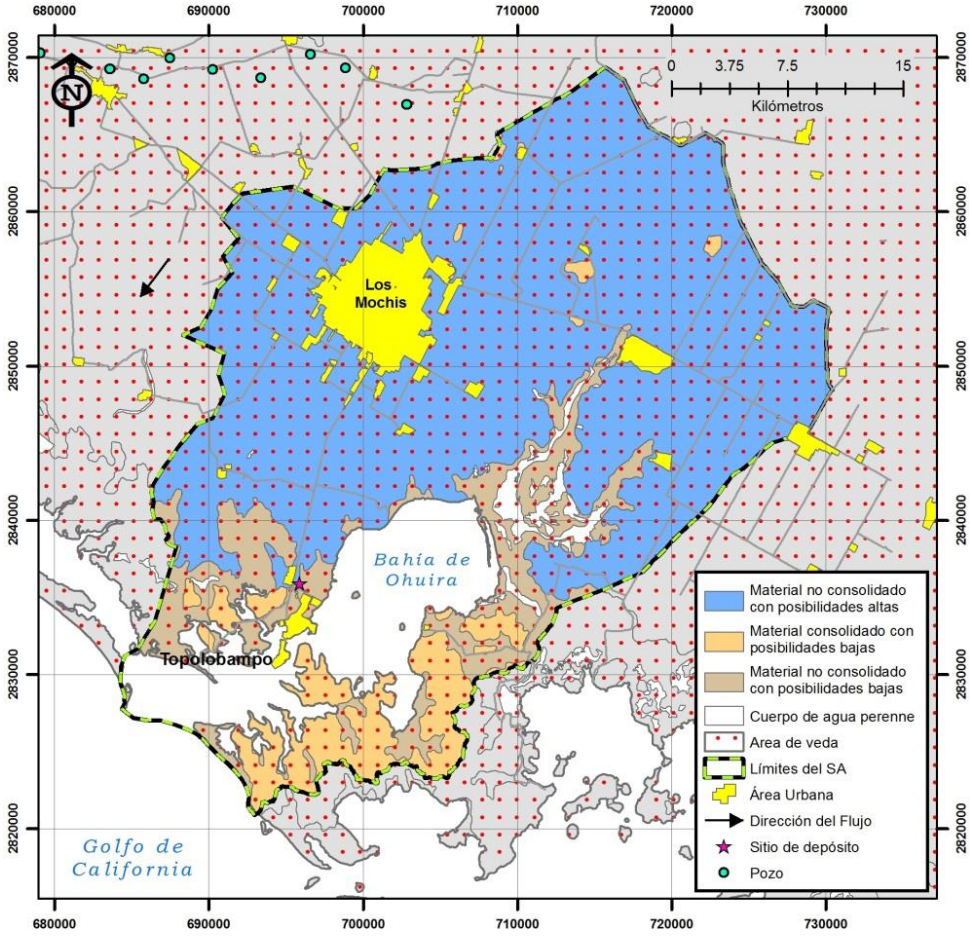


Figura IV.37. Sistema Ambiental y aguas subterráneas.

En 2010 la profundidad al nivel estático variaba de 2 a 15 m, las zonas más someras se ubican a lo largo de los cauces de ríos y arroyos, incrementándose gradualmente por efecto de la topografía hacia las zonas topográficamente más altas que delimitan el acuífero. En la planicie costera el nivel del agua es muy somero, con valores que varían de 2 a 4 metros. La elevación del nivel estático en 2010 registró valores de 3 a 70 msnm, los valores más bajos se encuentran hacia la costa, mostrando de esta manera, al igual que la configuración

de profundidad, el efecto de la topografía y evidenciando la dirección preferencial del flujo subterráneo.

Los mecanismos de la recarga y descarga del acuífero están controlados principalmente por el funcionamiento del Río Fuerte, el cual, drena al acuífero a lo largo del trayecto desde la estación hidrométrica Las Cañas hasta la desembocadura (CNA, 2000).

La recarga total media anual se calculó en 372.3 hm^3/año, de los cuales 137.1 hm^3 son recarga natural y 235.2 hm^3 recarga inducida. La recarga del acuífero es esencialmente por infiltración del cauce del río y arroyos, por la red de canales hidroagrícolas y los retornos de riego, así como el flujo horizontal subterráneo; otra fuente de recarga, lo constituye la infiltración producida por las presas Miguel Hidalgo y Josefa Ortiz de Domínguez.

La descarga natural comprometida se calculó en 72.8 hm^3/año, de los cuales 15.6 hm^3 corresponden a las salidas subterráneas hacia la mar para mantener la posición de la interfase marina, y 57.2 hm^3 al 75% del volumen estimado como evapotranspiración (ETR) en las zonas en que los niveles del agua se mueven a profundidades menores a 5 m.

De acuerdo a la información existente en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), el volumen concesionado de aguas subterráneas para este acuífero al 31 de marzo de 2013, es de 159,001,272 m^3/año.

Por lo tanto, la disponibilidad media anual de agua subterránea es de 140,498,728 m^3. Sin embargo, la superficie del SA y sus alrededores se encuentra en veda (S.R.H., 1956).

En particular, las características hidrogeológicas de la porción terrestre del SA corresponden principalmente a material no consolidado con posibilidades altas, lo cual se debe a que está compuesto por material clástico, que varía en su granulometría, de limos a gravas, y en su grado de compactación. Este material se encuentra rellenando las partes bajas de la cuenca, formando los valles.

En cuanto a la porción terrestre del AI, se encuentra constituida principalmente por material no consolidado con posibilidades bajas, ya que está constituido por suelos impermeables y/o arenas, gravas, conglomerados y tobas arenosas que aun siendo permeables presentan

espesores y áreas reducidas. En menor proporción se encuentra material no consolidado con posibilidades altas y material consolidado con posibilidades bajas. El primero está compuesto por suelos y rocas mal compactadas que presentan alta permeabilidad y capacidad de almacenar agua debido a su porosidad y bajo grado de cementación; mientras que el segundo está constituido por rocas sólidas que por su origen y formación presentan baja permeabilidad (INEGI, 2012).

En cuanto a la porción terrestre del AP, está constituida en su totalidad por material no consolidado con posibilidades bajas.

IV.9 Características Oceanográficas del SA.

IV.9.1 Litoral.

Dada la influencia de las corrientes oceánicas sobre la zona de Topolobampo, se incluye una descripción breve de los componentes como parte del SA. La Bahía de Ohuira es una laguna costera que abarca una superficie de aproximadamente 125 km^2 y que se comunica a la Bahía de Topolobampo a través de una boca de 700 m de amplitud. Es un cuerpo somero con algunas zonas de su litoral vegetación de manglar, el cual ha ido disminuyendo su cobertura por impactos antropogénicos. La bahía se caracteriza por presentar varias ensenadas y puntas que se originan por elevaciones montañosas de la Sierra de Navachiste, en el lado sur de la laguna (Phleger y Ayala-Castañares, 1969).

En el frente marino del proyecto el litoral presenta una zona intermareal ancha, con un sustrato lodoso, que queda expuesto durante varias horas durante la marea baja. Enseguida se encuentra una franja de vegetación que incluye mangle y vegetación de dunas. Atrás de la franja de vegetación se extiende una gran superficie de terrenos inundables que a lo largo del año tiene prolongados periodos de desecación y en la época de lluvias se encuentra cubierta de agua por varios días.

IV.9.2 Batimetría General del Sistema.

La batimetría de las bahías de Topolobampo y Ohuira es un tanto irregular, predominando los bajos desde 0.5 hasta profundidades de 32 m en la zona del canal de navegación (Nuñez, 1991). Según Muhech (1990), la mayor parte de la bahía presenta sustratos arenosos en la zona de influencia del canal de navegación y limosos en la ensenada Las Copas y en el Estero El Verde, y solo se encuentran gravas en el estrecho que comunica Ohuira con Topolobampo hasta punta Pimán dentro de la Bahía de Topolobampo. Menciona además que la zona se cataloga como una unidad de deltas desarrollada por los ríos Fuerte y Sinaloa que rodean con material detrítico del Reciente a prominencias que rodeaban antiguas islas.

La comunicación de la Bahía de Topolobampo con el Golfo de California tiene una longitud de 3 km aproximadamente (Olivares, 1969) en donde se inicia hacia el interior un canal de navegación, utilizado por barcos de gran calado para entrar al puerto.

IV.9.3 Oleaje.

El oleaje incidente enfrente a la bahía de Topolobampo es de los dos tipos: el formado por olas largas oceánicas proviene del SW, con periodos de 15 a 20 segundos y longitud de 350 a 620 m que incide sobre la isla Copas con ángulos pequeños; y el oleaje del WNW formado por olas irregulares de características variables y periodos cortos (de 3 a 5 segundos) que se forman en el Golfo de California (Olivares-Beltrán, 1969).

La dinámica hidrológica de la zona está determinada por el efecto del viento y la marea en la mayor parte del sistema, con mayor importancia de ésta última en el Canal de San Carlos (frente al muelle de PEMEX) (Obeso et al., 1995; Escobedo-Urías, 1997).

IV.9.4 Mareas.

Los datos obtenidos en la Bahía de Topolobampo por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México por medio del mareógrafo instalado en el Muelle Municipal (25° 35.2' N y 109° 3.4' W), señalan que el tipo de mareas son mixtas semidiurno.

Este tipo de mareas se caracteriza por la existencia de dos pleamares y dos bajamares cada día, una mayor que la otra.

Las mareas en este sistema tienen una amplitud media de hasta 1.138 metros, con una pleamar máxima registrada de 1.759 m respecto al nivel de bajamar media inferior. Las características de las mareas se presentan en la Tabla IV.20.

Tabla IV.20. Características de la marea en la Bahía de Topolobampo.

Nivel del Mar (Respecto al Nivel de Bajamar Media Inferior)	**Valor Registrado**	
	Instituto de Geofísica (m)	**Secretaría de Marina (m) ***
Pleamar Máxima Registrada	1.759	1.900
Nivel de Pleamar Media Superior	1.138	1.142
Nivel de Pleamar Media	1.031	1.023
Nivel Medio del Mar	0.61	0.604
Nivel de Media Marea	0.614	-
Nivel de Bajamar Media	0.198	0.208
Nivel de Bajamar Media Inferior	0.000	0.000
Bajamar Mínima Registrada	-0.618	-0.560 m
Tipo de Marea	Mixta Semidiurna	

Fuente: Instituto de Geofísica, 2013; SEMAR, 2013.
* La pleamar máxima y bajamar mínima registradas obedecen al período de observaciones correspondientes a los años 2002 - 2008.

IV.9.5 Surgencias.

En la zona marina frente a la zona de estudio ocurren surgencias entre el final del invierno y la primavera. Las surgencias son un fenómeno por el que las aguas costeras profundas, ricas en nutrientes ascienden a la superficie por efecto del viento (De La Lanza, 1999). El aumento del contenido de nutrientes provoca un aumento en la biomasa del fitoplancton, lo cual atrae otros organismos. Esto hace que estas aguas sean ricas en especies de interés pesquero. En ocasiones es difícil distinguir entre el enriquecimiento del agua debido a las surgencias y la contaminación desde las zonas continentales.

IV.9.6 Corrientes.

La zona de estudio está influenciada por la Corriente de California y por la Contracorriente Norecuatorial del Pacífico, lo que ocasiona que a lo largo del año se presenten amplias variaciones en las condiciones hidrológicas de la bahía. Durante el invierno, predominan los vientos del oeste y noroeste y durante el verano principalmente los vientos del suroeste. El cambio en la predominancia de los vientos durante las distintas épocas del año ocasiona que la corriente litoral cambie de dirección, en el invierno se dirige hacia el sur y en el verano hacia el norte. Normalmente la velocidad de la corriente litoral varía de 0.05 a 0.9 m/s durante el año, incrementándose en la época de tormentas (Poli, 1983).

IV.9.7 Islas.

En total, en el SA se localizan siete islas: seis en la Bahía de Ohuira (Patos, Bledos, Bleditos, Tunosa, Mazocahui I y Mazocahui II) y una en Topolobampo (Isla Baviri o Maviri).

Las islas de la Bahía de Ohuira y Topolobampo están formadas por Andesita-Brecha volcánica intermedia de color claro, alteradas y deformadas, o por depósitos de origen lacustre.

IV.10 Análisis del Material de Dragado.

IV.10.1 Parámetros Requeridos por la Legislación Nacional.

Generalmente, los parámetros requeridos para el análisis se deciden teniendo en cuenta la ubicación, las fuentes de contaminación locales, presiones y rasgos sensibles, Sin embargo, dado que México, como parte signataria de la Convención de Londres ha incorporado en su legislación los diferentes requisitos derivados de aquella, la selección de los parámetros se basó en lo establecido en el **Formato # 1 MPAD** emitido por la Secretaría de Marina (SEMAR).

Dicho formato establece en su numeral II, titulado Información específica, que: “Todos los sedimentos procedentes del dragado, requerirán de análisis y estudios previos al otorgamiento del permiso de vertimiento. El tipo de análisis y estudios, estará en función de la procedencia del material dragado y de la zona de vertimiento propuesta.”

Los tipos de análisis incluyen la caracterización básica (aplicable a todos los casos); la caracterización fluvial-agrícola, (aplicable a sedimentos procedentes del dragado en cauces o desembocaduras de ríos cuya cuenca drena por importantes zonas agrícolas, así como en aquellos casos donde se tengan evidencias de actividad agrícola o pecuaria, que pueda estar contribuyendo a que los sedimentos se contaminen con fertilizantes y/o plaguicidas) y la caracterización industrial (aplicable a sedimentos procedentes del dragado en zonas de astilleros, diques secos, etc., donde se lleven a cabo trabajos de construcción y/o mantenimiento de cascos de embarcaciones, plataformas petroleras, etc.). Los parámetros requeridos en cada caracterización son los siguientes:

IV.10.1.1 Caracterización Básica.

1. Granulometría (expresada en porcentaje de arcillas, limos, arenas finas, arenas medias, arenas gruesas, grava, cantos rodados, etc.).
2. Densidad promedio.
3. Contenido de materia orgánica (porcentaje)
4. Concentración de Bacterias Coliformes Fecales (o Enterococos)

IV.10.1.2 Caracterización Fluvial-Agrícola.

Aplicable a sedimentos procedentes del dragado en cauces o desembocaduras de ríos cuya cuenca drena por importantes zonas agrícolas (Papaloapan, Tuxpan, Grijalva, Balsas, Baluarte, etc.), así como en aquellos casos donde se tengan evidencias de actividad agrícola o pecuaria, que pueda estar contribuyendo a que los sedimentos se contaminen con fertilizantes y/o plaguicidas. Los análisis requeridos incluyen además de la Caracterización Básica (A.1), los siguientes:

1. Concentración de fósforo (ortofosfatos) y nitrógeno (amonio, nitratos, nitritos y nitrógeno total) en agua intersticial.
2. Concentración de compuestos organoclorados y organofosforados (valores totales).

IV.10.1.3 Caracterización de Astilleros y Puertos Industriales.

Aplicable a sedimentos procedentes del dragado en zonas de astilleros, diques secos, etc., donde se lleven a cabo trabajos de construcción y/o mantenimiento de cascos de embarcaciones, plataformas petroleras, etc. (por ejemplo, astilleros en Tampico, Coatzacoalcos, Veracruz, Cd. del Carmen, Guaymas, etc.). Así como sedimentos procedentes del dragado en inmediaciones de terminales de carga y descarga de hidrocarburos, Monoboyas de carga-descarga y zona de muelles frente a refinerías, Muelles de carga-descarga de productos oleosos, minerales, etc. (por ejemplo, Refinerías en Coatzacoalcos, Terminal Marítima en Tampico, Monoboyas en Salina Cruz, Puerto de Manzanillo, Lázaro Cárdenas, etc.). En estos puertos, es probable que los sedimentos que se acumulen en la dársena de maniobras y canal de navegación también estén contaminados. Los análisis requeridos incluyen además de la Caracterización Básica (A.1), los siguientes:

1. Concentración de Metales Pesados en sedimentos: (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn).

2. Concentración de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (policíclicos) totales.

La lista de parámetros requeridos por la SEMAR es consistente con los parámetros recomendados por OSPAR (2004), particularmente si se toma en cuenta que la matriz consiste de sedimentos geológicamente inalterados. En este caso se consideró que la medición de los BPC, los HAP y los compuestos de tributilestaño no es necesaria dado que:

- no existen fuentes conocidas (puntos de difusión) de contaminación ni de aportes históricos;
- los sedimentos son predominantemente gruesos; y
- los niveles de carbono orgánico total son reducidos.

IV.10.2 Muestreos.

IV.10.2.1 Consideraciones Generales.

Para la obtención de la muestra se tomaron en cuenta diversos criterios que mejoran la calidad del muestreo. Para esto, se empleó un procedimiento de muestreo que no alterarse indebidamente las propiedades del sedimento, contaminándolo o mezclando la capa superficial. La elección del dispositivo de muestreo incluyo dragas para la superficie y tubo Shelby de acero inoxidable para muestras subsuperficiales, como se describe en el Capítulo IV.10.3.

Aunque en general solo se requieren muestras de superficie, para este proyecto que está ubicado en un sitio Ramsar y que incluye un dragado de construcción, se realizaron perforaciones para obtener muestras de sedimentos profundos.

Se buscó que las muestras obtenidas fueran de un tamaño tal que permitiese suficiente material para todos los análisis. Las pruebas se realizaron en la fracción <2 mm ya que la mayor parte de la carga contaminante reside en la fracción fina, que puede ser una proporción relativamente pequeña del sedimento total.

IV.10.2.2 Número de Muestras.

Las muestras para los diferentes análisis fueron tomadas de acuerdo con las especificaciones del laboratorio de análisis en los lugares seleccionados por CAPSA. En ausencia de un criterio oficial nacional, el número de muestras se determinó de forma que se cumplieran con las pautas de OSPAR (2004) para el manejo de material de dragado, que recomienda lo siguiente:

Volumen de dragado (m^3)	No. de muestras
Hasta 25,000	3
25,000 – 100,000	4 - 6
100,000 – 500,000	7 - 15
500,000 – 2,000,000	16 - 30
>2,000,000	10 más por cada millón de m^3

En este caso el volumen de dragado, consistente en materiales arenosos-limosos con bajo contenido de arcillas, se estimó en 1,439,232.56 m^3 por lo que el número de muestras recomendado es de16 a 30.

Cabe señalar que la directiva de OSPAR también señala que los materiales de dragado pueden quedar excluidos de las pruebas a que se hace si se satisface alguno de los siguientes criterios:

a) los materiales de dragado están constituidos casi exclusivamente por arena, grava o roca; esos materiales se encuentran frecuentemente en zonas de elevadas corrientes o energía del oleaje, como las corrientes con grandes cargas de fondo o zonas costeras con barreras y canales móviles;

b) los materiales de dragado están integrados por materiales geológicos anteriormente inalterados;

c) los materiales de dragado están destinados a mantener o restaurar las playas y están compuestos predominantemente por arena, grava o conchas de moluscos, con partículas de una dimensión compatible con los materiales de las playas de recepción.

Aunque en este caso se trata de sedimentos geológicamente inalterados, la normatividad mexicana no contempla dichas excepciones. Además, por tratarse de un dragado inicial en una zona que puede contener sedimentos contaminados en su capa superficial, se ha realizado una caracterización completa.

IV.10.2.3 Ubicación de las Estaciones de Muestreo.

Para caracterizar los sedimentos se obtuvieron 42 muestras de sedimentos, provenientes de 18 estaciones de muestreo en la Bahía Ohuira en Topolobampo Sinaloa (Tabla IV.21 y Figura IV.38). Las estaciones de muestreo abarcan tanto las áreas a dragar como sus alrededores.

Tabla IV.21. Coordenadas de las estaciones de muestreo de sedimentos en la Bahía de Ohuira.

Estación	Coordenadas UTM (ITRF92)	
	X	Y
S-1	697064.816	2834348.16
S-2	697286.426	2834237.43
S-3	697262.583	2833699.92
S-4	697244.746	2833269.08
S-5	697236.175	2833067.82
S-6	697228.274	2832948.03
S-7	697226.599	2832888.38
S-8	697224.65	2832828.73
S-9	697222.702	2832769.08
SS-1	697539.792	2834679.38
SS-2	697808.323	2834225.9
SS-3	697000	2833500
SS-4	697735.456	2833663.04
SS-5	697510.677	2832837.46
SS-6	696619.983	2832494.22
SS-7	697088.707	2832626.73
SS-8	697395.743	2832306.43
SS-9	697179.617	2832243.06

La muestras fueron superficiales y subsuperficiales de acuerdo a lo que se presenta en la Tabla IV.22 . Las profundidades se seleccionaron de manera que se obtuviera muestras del material que se dragará, por lo que las zonas donde el espesor de la capa a remover es poco, sólo se tomaron dos profundidades.

Tabla IV.22. Niveles de muestreo de sedimentos en las estaciones en la Bahía de Ohuira.

Nivel	Estación																	
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7	SS8	SS9
Sup	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sbp 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Sbp 2	X				X	X	X	X	X									
Sup – supericial; SSp – subsuperficial.																		

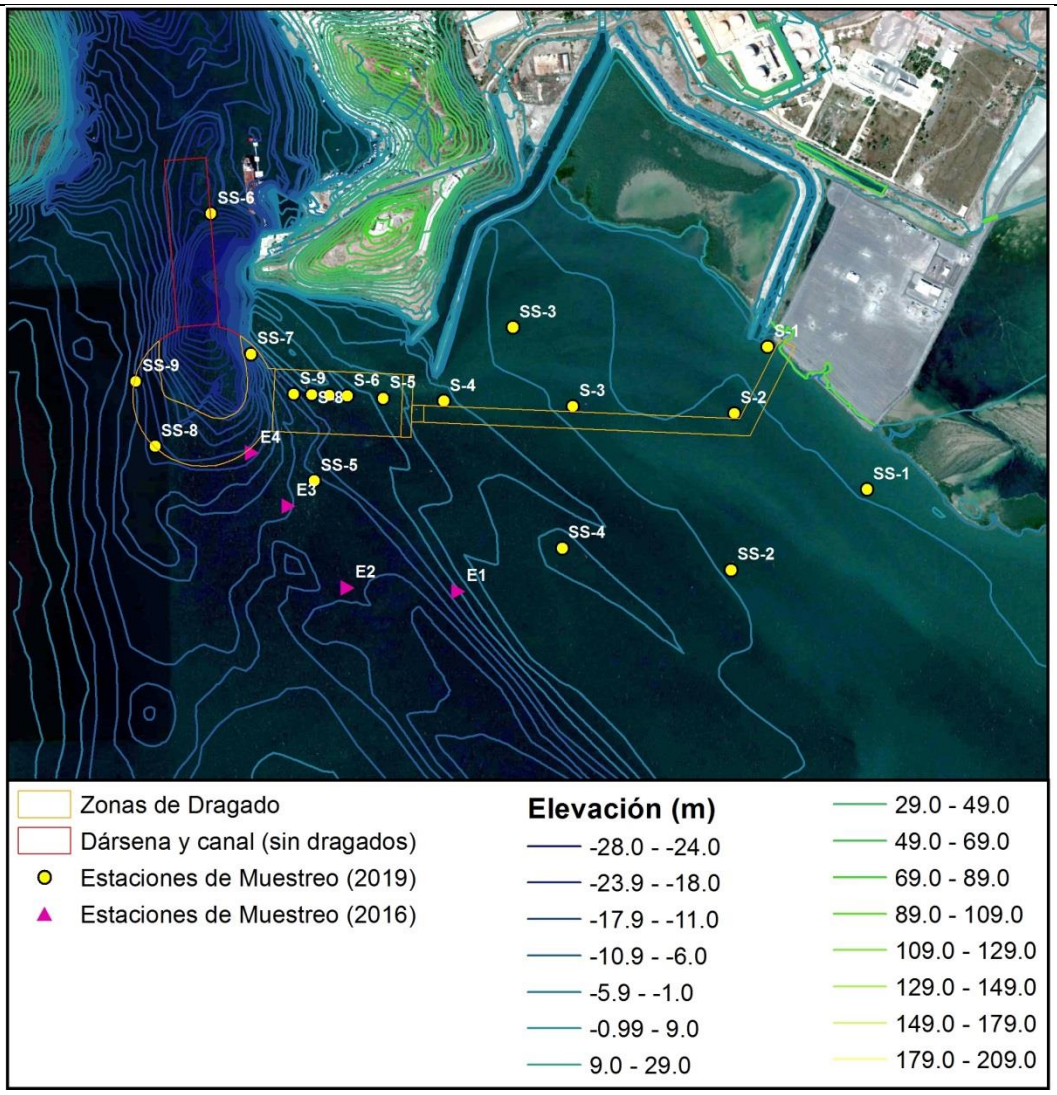


Figura IV.38. Ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos.

En relación a la nomenclatura de las estaciones, S-1 a S-9, corresponden a la exploración del suelo donde también se determinarán las características índice y mecánicas en la zona donde se desplantará el muelle y la pasarela. La letra “S” significa Sondeo y el número que lo identifica de manera consecutiva. SS1 a SS9, corresponde a la exploración para determinar sólo las características fisicoquímicas de los sedimentos. Las letras “SS” significan Sondeo Selectivo y el número que lo identifica de manera consecutiva.

Adicionalmente se tienen los datos de cuatro estaciones de muestreo (E1 a E4) analizadas en el año de 2016, las cuales se obtuvieron sobre el eje de la opción B de diseño de la

terminal portuaria (mencionada en el punto 2.2.1). Esos datos se emplearán posteriormente como referencia y con fines comparativos.

IV.10.2.4 Obtención de las Muestras.

El procedimiento para la toma de muestras consistió en utilizar un tubo de acero de pared delgada, denominado tubo Shelby, el cual es hincado en el suelo mediante la presión hidráulica ejercida por una máquina perforadora; enseguida, se desacopla de la sarta de tuberías y se procede, mediante el uso de polietileno, al sellado de los extremos del tubo (Figura IV.39); posteriormente, se realiza el etiquetado para su futura identificación; finalmente, se trasladan al campamento o laboratorio para evitar su deterioro por golpes o temperaturas extremas.

Este método de muestreo está especificado en el documento denominado Especificaciones Técnicas para Proyectos de Obras: “Exploración y muestreo de suelos para proyectos de cimentación (primera parte)”, de la unidad de normativa técnica de PEMEX, exploración y perforación P.2.0111.01. Con este método, en cada muestra se pudo obtener un volumen de suelo de aproximadamente 0.0041 m^3.



Figura IV.39. Trabajo en la plataforma y uso del tubo Shelby para la obtención de muestras.

De manera simultánea, en cada punto de sondeo se tomaron muestras con draga tipo Ekman (Figura IV.40), para obtención de sedimento superficial y agua intersticial, con la finalidad de cubrir los requerimientos para la determinación de coliformes fecales y de fosfatos, ortofosfatos, fósforo total, así como amonio, nitratos, nitritos y nitrógeno total.



Figura IV.40. Toma de muestras de sedimento superficial para la obtención de agua intersticial empleada en la determinación de fosfatos, ortofosfatos, fósforo total, amonio, nitratos, nitritos y nitrógeno total.

Para la toma de las muestras empleadas para el análisis de las coliformes fecales (Figura IV.41), así como para su manejo, proceso y análisis se consideró lo establecido en la Norma: NMX-AA-042-SCFI-1987.



Figura IV.41. Toma de muestras de sedimento superficial para la determinación de coliformes fecales.

IV.10.3 Métodos.

Como se señaló anteriormente, la selección de los parámetros se basó en lo establecido en el Formato # 1 MPAD emitido por la Secretaría de Marina (SEMAR). En el presente Capítulo se incluye la descripción de los métodos empleados para los análisis proporcionada por el CIBNOR.

Los tipos de análisis incluyen la caracterización básica (aplicable a todos los casos); la caracterización fluvial-agrícola, (aplicable a sedimentos procedentes del dragado en cauces o desembocaduras de ríos cuya cuenca drena por importantes zonas agrícolas, así como en aquellos casos donde se tengan evidencias de actividad agrícola o pecuaria, que pueda estar contribuyendo a que los sedimentos se contaminen con fertilizantes y/o plaguicidas) y la caracterización industrial (aplicable a sedimentos procedentes del dragado en zonas de astilleros, diques secos, etc., donde se lleven a cabo trabajos de construcción y/o mantenimiento de cascos de embarcaciones, plataformas petroleras, etc.).

IV.10.3.1 Caracterización Básica.

Granulometría. La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas. El método de determinación granulométrico más sencillo es obtener las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado, que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices. Pero para una medición más exacta se utiliza un granulómetro láser, cuyo rayo difracta en las partículas para poder determinar su tamaño. La importancia de este atributo del sistema ambiental es que la fauna béntica vive en estrecha relación con el sustrato, por lo que es de suma importancia conocer sus características y estudiar las relaciones que existen entre ambos. Para esta determinación se siguió el método establecido en el *Practical Sedimentology* Book de D.W. Lewis, (1984); clave MPT-LAN02/35. Se empleó el método con equipo laser Horiba para el análisis de la distribución de tamaño de partículas.

Densidad promedio. Las medidas de densidad son necesarias en aguas de alta salinidad, tal es el caso de las lagunas costeras del noroeste de México, para convertir medidas de

volumen en peso. La densidad es el peso contenido en un volumen. Es decir, densidad=masa/volumen. El agua pura, por ejemplo, presenta una densidad que ronda los 1.000 kg/m^3, mientras que la de los océanos es de aproximadamente unos 1.027 kg/m^3. Esta diferencia se debe, sobre todo, a tres factores de gran relevancia: la temperatura, la salinidad y la presión. Esta determinación se llevó a cabo mediante el procedimiento para la determinación de la densidad aparente en suelo por gravimetría propuesto por Jackson, M. L. (1976) clave MPT-LAN02/26.

Contenido de materia orgánica (porcentaje). Según Curtís (1977), los sedimentos de las playas corresponden a la zona de clasificación diagenética, donde se incluyen los sedimentos recién depositados de gran porosidad y elevado contenido de materia orgánica, donde ocurren los procesos de oxidación con la formación de dióxido de carbono.

Los sedimentos de la interfase sedimento – agua se caracterizan, desde la perspectiva geoquímico-orgánico, esta interfase representa la zona en la cual la materia orgánica proveniente de la columna de agua es inicialmente acumulada y metabolizada por la comunidad heterotrófica sedimentaria (y por lo tanto sufre una diagénesis sedimentaria inicial). También presenta una diversidad de formas de agregación biológicas y una resuspensión frecuente. Para esta determinación se consideró el método de Walkley y Black establecido en la NOM-021-SEMARNAT-2000 Método AS-07, con clave interna MPT-LAN02/04.

Determinación de Coliformes fecales. Los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo los humanos. La presencia de bacterias coliformes es un indicio de que el agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición.

Generalmente las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo (Munn, 2004). La contaminación fecal ha sido y sigue siendo el principal riesgo sanitario en las lagunas costeras y pequeñas bahías costeras, ya que supone la incorporación de microorganismos patógenos que pueden provocar enfermedades en la salud humana. Para el análisis de las coliformes fecales, incluyendo su manejo, proceso y análisis se consideró lo establecido en la Norma: NMX-

AA-042-SCFI-1987, con Acreditación EMA AG-164-029/09 y bajo el procedimiento para la determinación del número más probable (NMP).

IV.10.3.2 Caracterización Fluvial-Agrícola.

Determinaciones de la concentración de Fósforo (Ortofosfatos) y Nitrógeno (Amonio, Nitratos, Nitritos y Nitrógeno total) en agua intersticial (muestras superficiales). Se siguió el procedimiento para la determinación de ortofosfatos, fósforo y nitrógeno total disueltos en aguas, de acurdo con Strickland y Parsons (1972), con la acreditación AG-163-028/09.

Determinaciones de la concentración de Fósforo total y Nitrógeno (Nitritos, Nitratos y Amonio) en sedimento (muestras profundas). La determinación de Fósforo total se llevó a cabo mediante el método de Jackson, M. L. 1976, para muestras de sedimento marino, con clave interna MPT-LAN02/0.

Con respecto a la determinación de Nitrógeno, se siguió el procedimiento para la determinación de nitrógeno total en suelo, sedimentos marinos y compostas por el método de Dumas, descrito en Bremner (1965).

Para nitritos y nitratos se siguió el método para determinación de nitrógeno en nitritos en suelo y en sedimento marino propuesto por Strickland y Parsons (1972).

Determinación de la concentración de compuestos organoclorados y organofosforados (valores totales). Los plaguicidas son sustancias químicas utilizadas para controlar, prevenir o destruir las plagas que afectan a las plantaciones agrícolas. La mayoría de estas sustancias son fabricadas por el hombre, por eso son llamados plaguicidas sintéticos. La producción de estas sustancias surge a partir de la Segunda Guerra Mundial, donde los países industrializados inician la fabricación de plaguicidas con carácter comercial con el fin de aumentar la producción agrícola. Uno de los primeros plaguicidas y más comunes fue el DDT, para combatir las plagas en la agricultura y los mosquitos transmisores de malaria. Sus propiedades insecticidas las descubrió Müller en 1939. Autorizada su comercialización en los EE.UU. en 1945, se expande al resto del

mundo, iniciándose también la búsqueda de múltiples compuestos análogos. Para 1998 la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. tenía registrados 20.000 productos comerciales.

Según su toxicidad aguda, los plaguicidas pueden ser extremadamente peligrosos, altamente peligrosos, moderadamente peligrosos y ligeramente peligrosos. Según su vida media, pueden ser permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes. Dada su estructura química, se clasifican en diversas familias, como los organoclorados, los organofosforados, los carbamatos y los piretroides (Ramírez y Lascaña, 2001).

Para el presente estudio se determinaron las concentraciones de plaguicidas organoclorados y organofosforados en muestras de sedimento. El detalle de los plaguicidas determinados así como el método empleado se expresa en la Tabla IV.23.

Tabla IV.23. Plaguicidas organoclorados y organofosforados determinados en muestras de sedimento de Bahía Ohuira. Se señala el método seguido en las determinaciones.

Compuesto	Método
Plaguicidas organoclorados	
CLORDANO (57-74-9)	US EPA 8081B- 2007
ENDRIN (72-20-8)	US EPA 8081B- 2007
HEPTACLORO (76-44-8)	US EPA 8081B- 2007
HEPTACLORO EPOXIDO (1024-57-3)	US EPA 8081B- 2007
HEXACLOROBENCENO (118-74-1)	US EPA 8081B- 2007
METOXICLORO (72-43-5)	US EPA 8081B- 2007
TOXAFENO (8001-35-2)	US EPA 8081B- 2007
ALDRIN	US EPA 8081B- 2007
DELTA-8HC	US EPA 8081B- 2007
DIELORIN	US EPA 8081B- 2007
ENORIN ALOEHIOO	US EPA 8081B- 2007
ENDRIN CETONA	US EPA 8081B- 2007
ENOOSULFAN SULFATO	US EPA 8081B- 2007
GAMA-8CH (LINOANO)	US EPA 8081B- 2007
ALFA-8HC	US EPA 8081B- 2007
8ETA-8HC	US EPA 8081B- 2007
DDD (4,4-DDD)	US EPA 8081B- 2007
DDE (4,4-DDE)	US EPA 8081B- 2007
DDT (4,4-DDT)	US EPA 8081B- 2007
ENDOSULFAN (ALFA Y BETA)	US EPA 8081B- 2007
ALFA-CLORDADNO	US EPA 8081B- 2007
ENOOSULFAN 11	US EPA 8081B- 2007
Plaguicidas organofosforados	
B0LSTAR	US EPA 8081B- 2007
CHLORPYIRIFOS	US EPA 8081B- 2007
COUMAPHOS	US EPA 8081B- 2007
DEMETON-S	US EPA 8081B- 2007
DIAZINON	US EPA 8081B- 2007
DIMETOATE	US EPA 8081B- 2007
EPN	US EPA 8081B- 2007
ETHOPROP	US EPA 8081B- 2007

Tabla IV.23. Plaguicidas organoclorados y organofosforados determinados en muestras de sedimento de Bahía Ohuira. Se señala el método seguido en las determinaciones.

Compuesto	Método
FENSULFOTHION	US EPA 8081B- 2007
FENTHION	US EPA 8081B- 2007
PHORATE	US EPA 8081B- 2007
MALATHION	US EPA 8081B- 2007
METHYL PARATHION	US EPA 8081B- 2007
MEVINPHOS	US EPA 8081B- 2007
PARATHION	US EPA 8081B- 2007
RONNEL	US EPA 8081B- 2007
SULFOTEP	US EPA 8081B- 2007
TERBUFOS	US EPA 8081B- 2007
TOKUTION	US EPA 8081B- 2007
TRICHLORONATE	US EPA 8081B- 2007
DEMETON-0	US EPA 8081B- 2007
DISULFOTON	US EPA 8081B- 2007
NALED	US EPA 8081B- 2007
STIROPHOS	US EPA 8081B- 2007
AZINPHOS METHYL	US EPA 8081B- 2007

IV.10.3.3 Caracterización de Astilleros y Puertos Industriales.

Concentración de Metales Pesados en sedimentos. Para la determinación de Arsénico total, Cadmio total, Cobre total, Cromo total, Mercurio total, Níquel total, Plomo total y Zinc total, se siguió el procedimiento para la determinación de metales por absorción atómica (Tabla IV.24).

Tabla IV.24. Métodos empleados para la determinación de metales pesados en sedimento y límites de cuantificación (LDC) establecidos para el método correspondiente.

Determinación	Método Analítico	LDC
Arsénico total	US EPA 6010C-2007	2.98
Cadmio total	US EPA 6010C-2007	0.5593
Cromo total	US EPA 6010C-2007	1.39
Cobre total	US EPA 6010C-2007	1.88
Mercurio total	EPA 3050B	0.038
Níquel total	US EPA 6010C-2007	1.23
Plomo total	US EPA 6010C-2007	1.41
Zinc total	US EPA 6010C-2007	0.5350

Concentración de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (policíclicos) totales en sedimentos. Los hidrocarburos poliaromáticos (HAP) suelen formarse a consecuencia de combustiones incompletas, especialmente de combustibles fósiles, lo que hace que una de sus principales fuentes sean las emisiones de escape de los vehículos. Suelen quedar adheridos a las partículas en suspensión.

La determinación de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares se llevó a cabo mediante lo establecido en la NMX-AA-146-SCFI-2008. Suelos. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) por cromatografía de gases/espectrometría de masas (cg/em) o cromatografía de líquidos de alta resolución con detectores de fluorescencia y ultravioleta visible (uv-vis). Esta Norma Mexicana describe el método analítico para determinar la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en extractos preparados a partir de muestras de suelo.

En la Tabla IV.25 se muestran el detalle de los HAPs determinados para el presente estudio así como la clave del método correspondiente.

Tabla IV.25. Métodos empleados para la determinación de Hidrocarburos poliaromáticos (HAPs) en sedimento y límites de cuantificación (LDC) establecidos para el método correspondiente.

Compuesto	Método analítico	LDC
Hidrocarburos poliaromáticos (HPAs)		
ACENAFTENO (83-32-9)	US EPA 8270D 2007	0.0109
ACENAFTILENO (208-96-8)	US EPA 8270D 2007	0.0159
ANTRACENO (120-12-7)	US EPA 8270D 2007	0.0141
BENZO(A)ANTRACENO (56-55-3)	US EPA 8270D 2007	0.0086
BENZO(A)PIRENO (50-32-8)	US EPA 8270D 2007	0.0122
BENZO(B)FLUORANTENO (205-99-2)	US EPA 8270D 2007	0.0119
BENZO(G, H, I)PERILENO (191-24-2)	US EPA 8270D 2007	0.0126
BENZO(K)FLUORANTENO (207-08-9)	US EPA 8270D 2007	0.0099
CRISENO (218-01-9)	US EPA 8270D 2007	0.0175
DIBENZO (A,H) ANTRACENO (53-70-3)	US EPA 8270D 2007	0.011
FENANTRENO (85-01-8)	US EPA 8270D 2007	0.0153
FLUORANTENO (206-44-0)	US EPA 8270D 2007	0.0136
FLUORENO (86-73-7)	US EPA 8270D 2007	0.0179
INDEN0(1,2,3,C-D)PIRENO (193-39-5)	US EPA 8270D 2007	0.014
NAFTALENO (91-20-3)	US EPA 8270D 2007	0.0108
PIRENO (129-00-0)	US EPA 8270D 2007	0.0146

IV.10.4 Resultados.

A continuación se incluyen los resultados de los análisis de la muestras de sedimentos realizados por el CIBNOR. El Anexo F presenta los resultados originales de los análisis de laboratorio.

IV.10.4.1 Caracterización Básica.

Granulometría. La importancia de este atributo del sistema ambiental es que la fauna béntica vive en estrecha relación con el sustrato, por lo que es de suma importancia conocer sus características y estudiar las relaciones que existen entre ambos. Los efectos que tiene el sustrato sobre la distribución de ciertas especies se deben, principalmente, al tamaño de grano y clasificación de los sedimentos, las cuales determinan la porosidad y capilaridad del medio, permitiendo, entre otras características una mayor o menor humedad de manera que los organismos excavadores se enterrarán verticalmente hasta estratos con humedad óptima. Asimismo, los espacios intersticiales entre los granos de arena, dependiendo de su tamaño, soportan faunas características.

Los resultados del análisis de las muestras de la Bahía de Ohuira se muestran en la Figura IV.42. Como se puede apreciar, todas las partículas estuvieron únicamente en dos categorías: fracción gruesa de >2mm y fracción fina <2mm, sin embargo el 50% de los casos presentó 100% de fracciones finas, indicando la dominancia de sedimentos texturalmente inmaduros de baja consolidación.

Dado la dominancia de la fracción fina, en la Figura IV.43 se grafica la composición de ésta en las categorías principales de arcillas, limos, arenas y gravillas, observando que limos y arenas son los tamaños de partículas dominantes con un 35% y un 54% respectivamente en promedio y las arcillas aparecen en bajo porcentaje o están ausentes.

Para el caso de los sondeos S-3 nivel 2; S-8 niveles 2 y 3; S-9 niveles 2 y 3; SS-2 nivel 1, SS-4 nivel 1; SS-5 nivel 1; SS-6 niveles 1 y 2; SS-7 nivel 1 y SS-8 nivel 1, la proporción de fracción gruesa fue <20%; para el resto de los casos fue <40% con excepción de SS-8 nivel 2 que presentó el 60% de fracción gruesa.

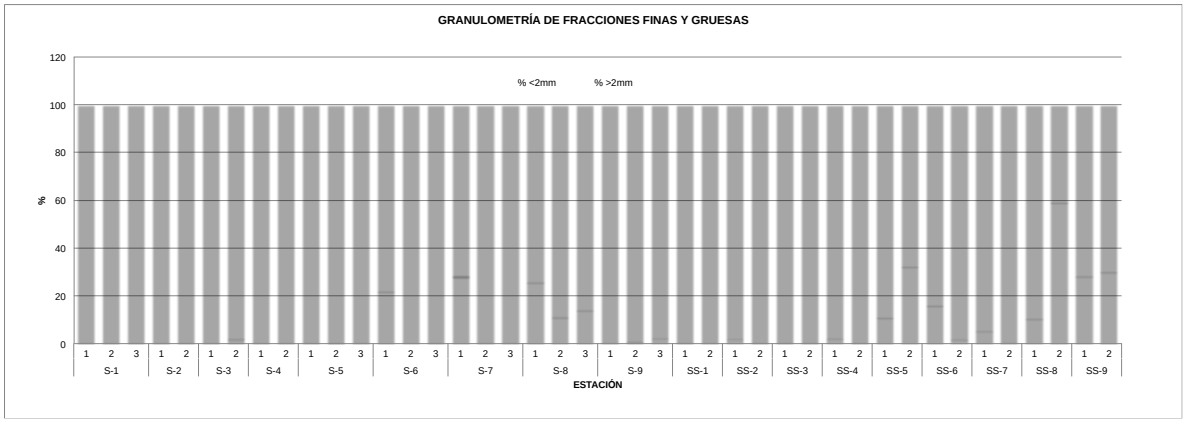


Figura IV.42. Granulometría de fracciones finas y gruesas en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. Para cada estación de muestreo se muestra el nivel del cual fue tomada la muestra.

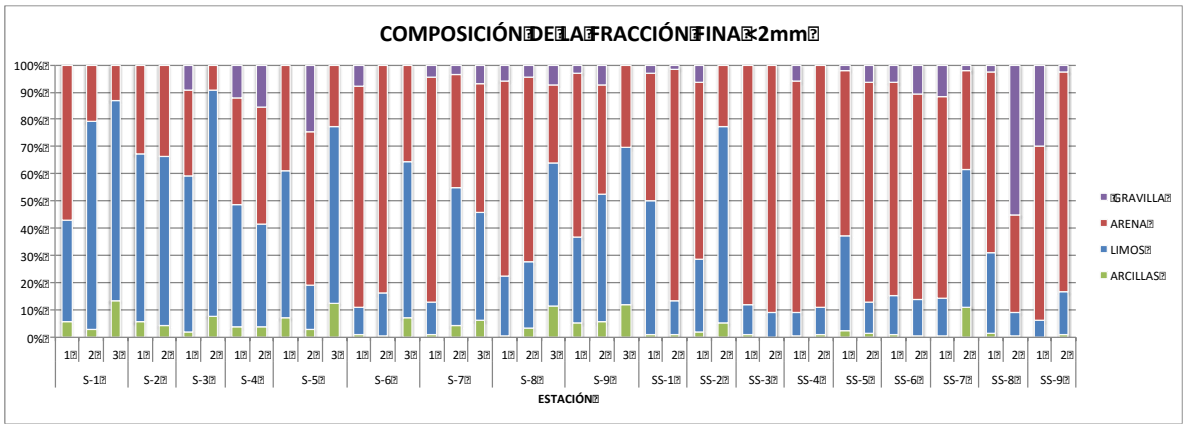


Figura IV.43. Detalle de la composición de la fracción fina en sus cuatro principales categorías: arcillas, limos, arenas y gravillas en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. Para cada estación de muestreo se muestra el nivel del cual fue tomada la muestra.

En la etapa de construcción los sedimentos suspendidos en el agua de la laguna pueden incrementarse cuando se hagan los dragados para la dársena de maniobras y la dársena de atraque de la terminal portuaria. La acción de la draga hace que los sedimentos del fondo se remuevan y esto provoca la resuspensión de partículas, generando turbidez y con la consecuente reducción de la penetración de la luz necesaria para los procesos de fotosíntesis y cambios en el calor de radiación. La turbidez es el cambio físico más importante generado sobre la calidad del agua (Goodwin y Micaelis, 1984). Aunque la turbidez constituye un indicador general de la calidad de las aguas, aunque no ofrece información sobre un contaminante específico (Lenntech, 2009; Moreira *et al.*, 2009). La Figura IV.44 presenta la clasificación de los sedimentos a dragar, que corresponden a Arena, arena-limosa y limo-arenoso.

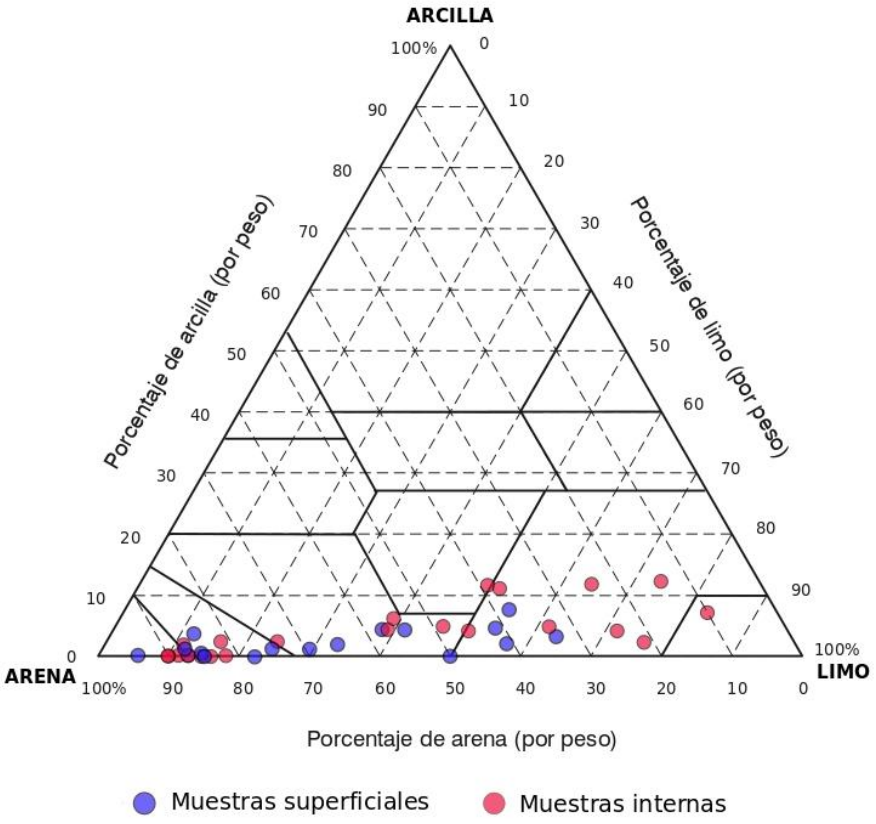


Figura IV.44. Diagrama de Shepard con la distribución granulométrica de las muestras de sedimento de Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

Hay que destacar que como parte del diseño del proyecto se incluyó el uso de barreras aniturbidez, por lo que el área afectada será confinada y limitada. De acuerdo con esto, dentro del área segregada por dichas barreras se pueden esperar los impactos siguientes provocados por el aumento de los sedimentos en suspensión:

- La reducción temporal en la producción primaria.

- Los sedimentos que se dispersen durante los trabajos de dragado pueden sedimentarse sobre los animales sésiles y las plantas que habiten en las inmediaciones. Al depositarse sobre los organismos, estos sedimentos pueden provocar stress y cambios fisiológicos tales como la reducción de la tasa de crecimiento y reproducción. El enterramiento puede incluso provocar mortalidades de algunos organismos (Bray, Bates y Land 1997).

- La obstrucción de las branquias de los peces que queden atrapados en el área rodeada por las barreras antiturbidez. Sin embargo, es muy probable que los peces se alejen antes de las zonas alteradas por los trabajos de dragado, reduciendo su exposición al efecto dañino del material en suspensión.

- Si los peces se alejan de la zona de los dragados no habrá una reducción en la eficiencia alimentaría de los depredadores visuales que se alimentan cerca de la entrada de la Bahía de Ohuira.

Con la segregación del sitio de trabajo, el área donde ocurrirían estos impactos es muy pequeña, por lo que no se consideran significativos. Por lo general los sedimentos se depositan en las áreas adyacentes al dragado, donde su impacto en las comunidades recientemente alteradas es bajo, especialmente si los dragados son una actividad periódica en la zona. Sin embargo, si los sedimentos se dispersan en un área mayor pueden afectar a organismos más sensibles.

La barrera antiturbidez impedirá que la dispersión de los sólidos suspendidos afecten más allá de la zona inmediata a la terminal portuaria, es decir se minimizará el posible efecto en la calidad del agua y la fauna.

Densidad promedio. El valor modal de densidad promedio fue 1.12 g/cm^3 con un valor mínimo de 0.75 y máximo de 1.35 g/cm^3 aunque la dispersión de los datos es muy baja (SD= 0.14), los resultados se muestran en la Figura IV.45.

Considerando que la densidad del agua de mar es de 1 en términos generales, encontramos que el 21.4% de los sedimentos tiene una densidad menor que el agua indicando alto índice de resuspensión.

Contenido de materia orgánica. El ecosistema costero tiene una importancia de magnitud considerable para el desarrollo humano, no solo porque constituye un medio de explotación de recursos naturales ya sea bajo condiciones normales o de cultivo, sino también por ser un campo de interacciones ecológicas y de confrontamiento del ambiente marino y terrestre. El papel que juega el sedimento en el medio acuático es de primordial importancia, ya que es reflejo de lo que sucede en la columna de agua; en épocas de gran florecimiento el

aporte de materiales orgánicos a la fase sedimentaria es mayor y dadas las características diagenéticas y geológicas de cada región, como tasas de sedimentación y velocidades de degradación, se proporcionan materiales remineralizados para los consumidores primarios y alimentación para los consumidores bénticos, algunos de ellos de importancia comercial.

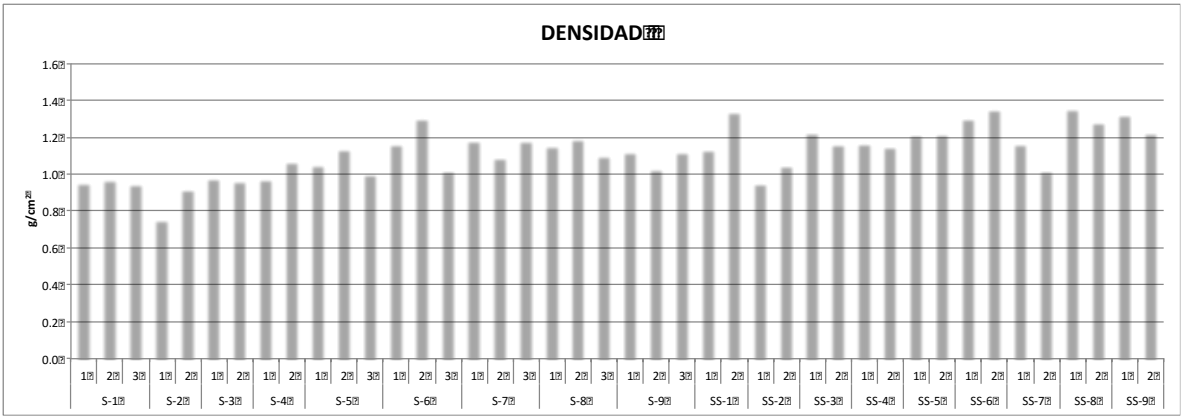


Figura IV.45. Valores de Densidad promedio en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

La mineralización de la materia orgánica en los estratos superficiales del sedimento, desarrolla procesos acelerados tanto físicos, químicos como biológicos, que se encuentran directamente relacionados con la calidad de la misma, que en las lagunas y estuarios por la escasa profundidad y mayor relación entre agua-sedimento, pone a disposición más fácilmente substancias nutritivas. Las concentraciones en los sedimentos marinos son normales cuando el porcentaje de Materia Orgánica oscila entre 0.1 y 10%.

El contenido de materia orgánica en las muestras de sedimento se ilustra en la Figura IV.46. El valor promedio fue de 1.81% con un valor mínimo de 0.20 y máximo de 6.57% por lo que se consideran valores normales para un sistema de este tipo. Los máximos valores de materia orgánica se encontraron en los niveles más superficiales, especialmente evidente en los niveles 1 de los sondeos S-2 y SS-2

Se aprecia que esta variable tiene una relación alta con la densidad de la partícula, encontrando que a mayor porcentaje de materia orgánica la densidad es menor, siendo consistente con las características encontradas para este tipo de sedimento (Figura IV.47).

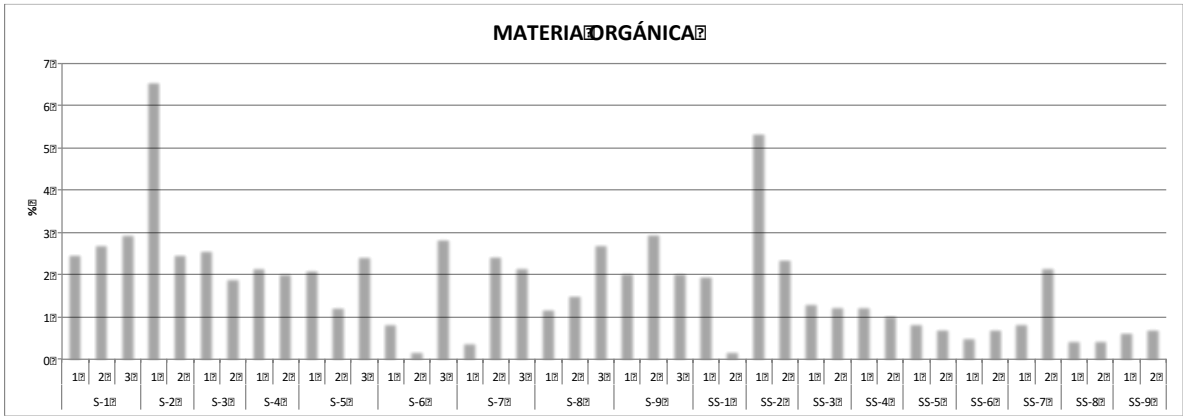


Figura IV.46. Porcentaje de materia orgánica contenida en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

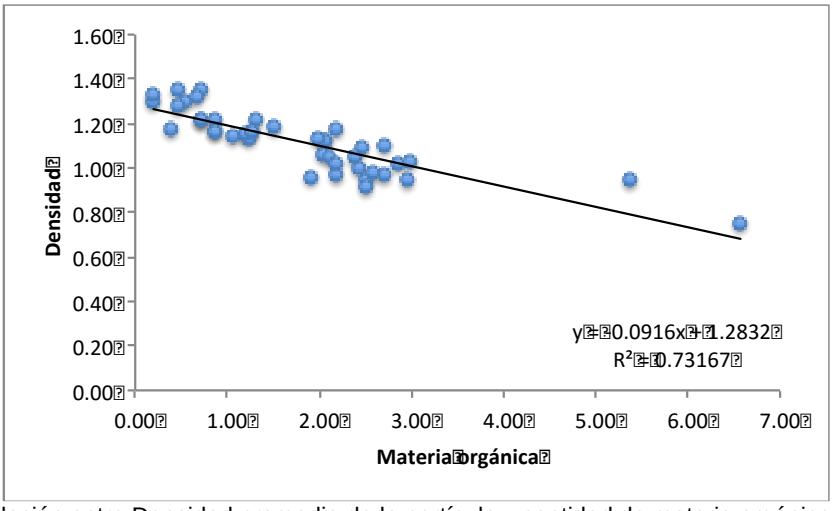


Figura IV.47. Relación entre Densidad promedio de la partícula y cantidad de materia orgánica en muestras de sedimento.

Al momento de realizar los trabajos de dragado se alteran los sedimentos del fondo que, en algunos casos, pueden contener más materia orgánica que la capa superficial. En el caso de las obras propuestas y de acuerdo con los análisis de los sedimentos, los sedimentos del sitio del proyecto tienen una concentración relativamente baja de materia orgánica, por lo que no se esperan aportes adicionales de nutrientes a la laguna por esta actividad. Así, no se esperan impactos, adversos ni benéficos, en el sistema, el cual ya tiene concentraciones elevadas de nutrientes por los aportes de aguas de riego en los drenes. En la Figura IV.48 podemos ver que los valores más altos de materia orgánica se encuentran en dirección al Dren Mochis, aunque una porción del canal auxiliar (donde el dragado es menor) contiene un porcentaje mayor, aunque aún dentro de lo normal para las lagunas costeras.

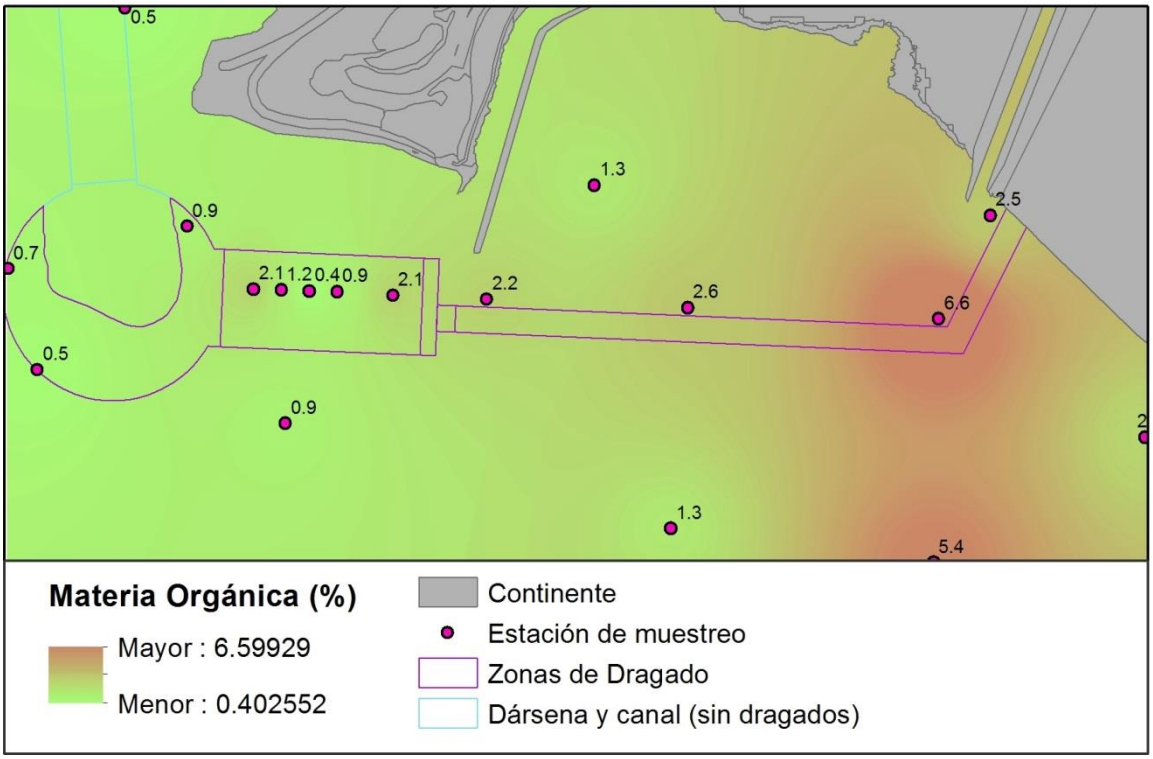


Figura IV.48. Concentración de materia orgánica (%) en muestras de sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

Coliformes fecales. El constante crecimiento de los núcleos urbanos trae aparejada la dificultad de dar destino a sus desechos. El aporte incontrolado de los mismos puede afectar negativamente a los ecosistemas receptores. Una gran proporción de estos desechos está constituida por efluentes cloacales, los cuales generan problemas de diversa índole cuando se vierten incontroladamente y sin depuración previa, como es el caso de los numerosos drenes que llegan a la laguna, como los drenes Mochis y Mapahui. Un indicador directo de este problema son los coliformes fecales.

Los resultados de la concentración de coliformes fecales en muestras de sedimento se muestran en la Figura IV.49. Como se puede apreciar el 44.5% de las muestras son <1000 NMP/g, el 39% presentó valores <20000 NMP/g y el 16.5% es >20000, resaltando el punto SS-1 con un valor de 110000 NMP/g.

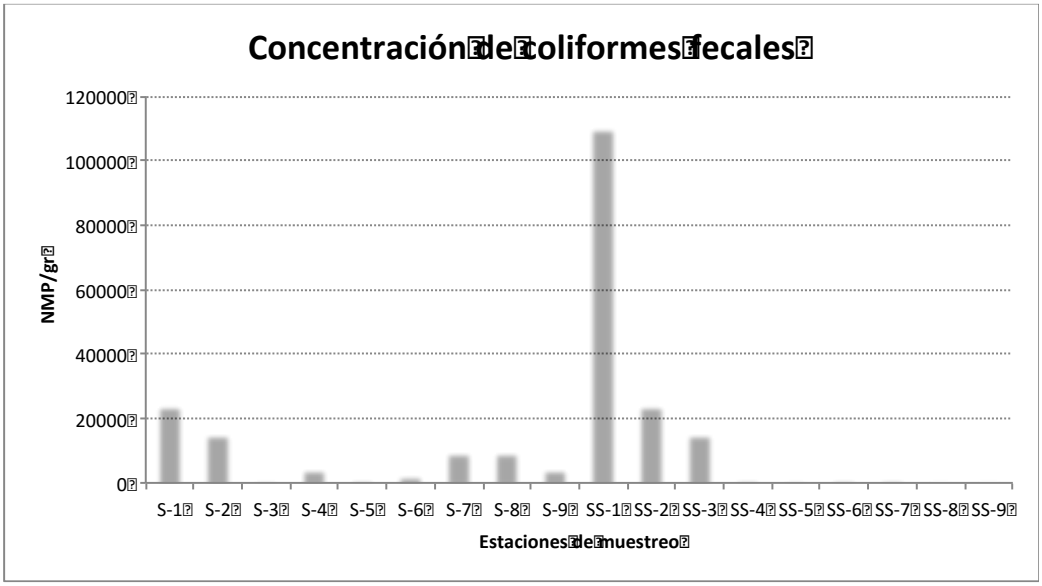


Figura IV.49. Concentración de bacterias de coliformes fecales en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Si bien estos valores son altos, es importante mencionar que no pueden ser comparados de manera directa con las concentraciones de coliformes en agua, debido a que las concentraciones de coliformes suelen ser mayores en sedimento que en agua debido a que en el sedimento se acumula mayor cantidad de materia orgánica creando condiciones ideales para la permanencia y multiplicación de bacterias heterótrofas como son los coliformes fecales (Barrera-Escorcia et al., 2013; Iabichela, 1998). Por su parte Davies *et al*., (1995) indican que los sedimentos pueden tener de 100 a 1000 veces más bacterias fecales que las presentes en la columna de agua.

Babinchak *et al* (1977) monitorearon el número más probable de coliformes fecales en el sitio de descarga de New London, en Long Island Sound, durante la disposición del material de dragado del río Támesis. Aunque la media geométrica para coliformes fecales en cinco estaciones en el río era de 14,000/100 ml antes de que comenzara el dragado, el depósito del material no incrementó la incidencia de coliformes fecales en 17 estaciones del sitio de tiro y 13 estaciones de control. Los coliformes fecales parecen estar solo en el material del sedimento superficial y son diluidos por el material subsuperficial durante la operación de dragado.

Aunque las tasas de supervivencia de las bacterias coliformes en el agua salada son bajas, estas pueden sobrevivir en los sedimentos del fondo. El tamaño de la partícula del

sedimento provee ambiente adecuado y protección para la formación de colonias, y entre más pequeña sea la partícula, mayor será la superficie de adhesión, por lo que es de esperarse que en muestras de sedimentos finos como los encontrados en este estudio los valores de coliformes sean altos.

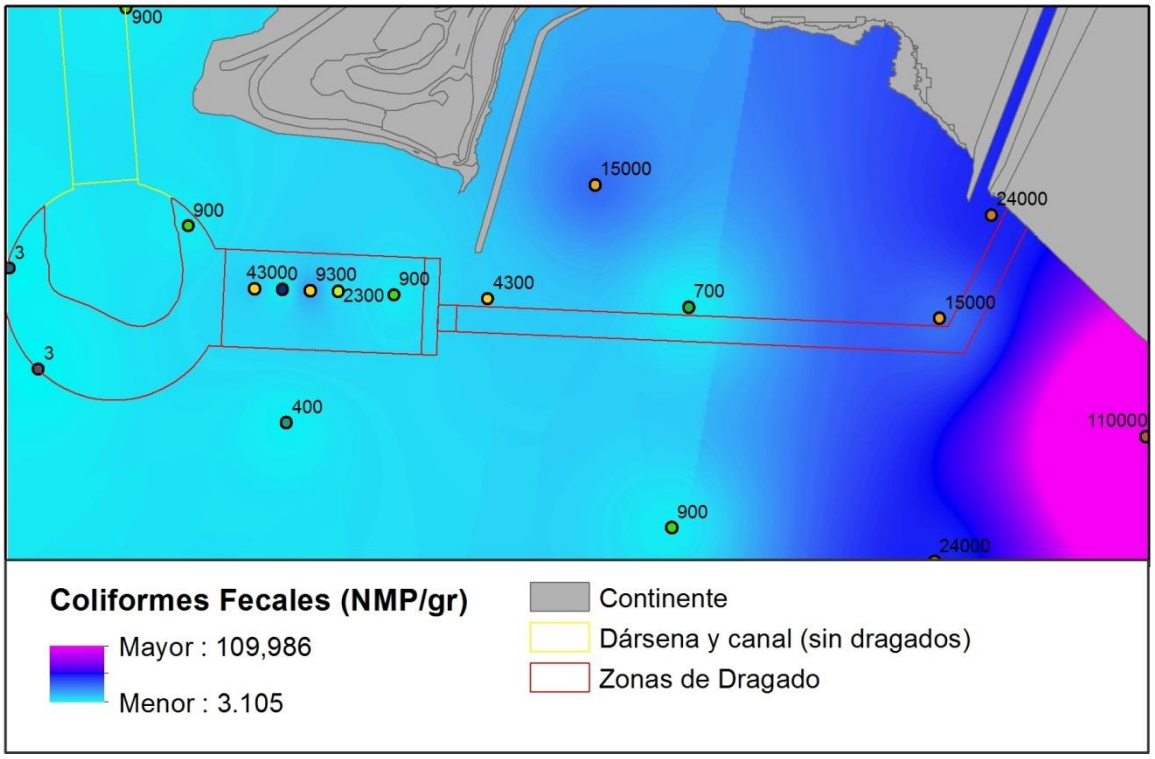


Figura IV.50. Concentración de coliformes fecales (NMP) en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

El dragado puede resuspender las bacterias coliformes y contribuir a los altos recuentos de coliformes, pero la reexposición al agua salada y la luz solar también reducirían la vitalidad de las bacterias. En la Figura IV.50 podemos ver que las mayores concentraciones de bacterias se encuentran en dirección a los drenes que descargan en la laguna.

También es importante señalar que estas concentraciones son muy variables y no se mantienen constantes en los sedimentos. Las poblaciones de coliformes fecales en los sedimentos del fondo acuático se han citado como un índice más estable de la calidad general del agua que las poblaciones correspondientes en las aguas. Esta estabilidad percibida generalmente se atribuye a factores ambientales de sedimento que supuestamente aumentan la persistencia de coliformes fecales en comparación con las

aguas. Las distribuciones poblacionales de coliformes fecales se perfilaron en las aguas y sedimentos de las playas recreativas en dos presas de Arizona para evaluar la hipótesis del índice estable. Las aguas y los sedimentos se recolectaron cada tercer día durante un período de 50 días en tres zonas de profundidad, 0.3, 0.76 y 1.2 m. Los resultados muestran que tanto las poblaciones de coliformes fecales de agua como de sedimentos fueron altamente variables a lo largo del tiempo y que las poblaciones de sedimentos no fueron más estables. Las tendencias en las poblaciones de coliformes fecales en los sedimentos no se pudieron usar para predecir las de las aguas o viceversa (Doyle, Tunnicliff, Kuehl, & Brickler, 1992).

Los factores que se cree que contribuyen a la alta variabilidad de los coliformes fecales de los sedimentos incluyen la composición gruesa (>90% de arena y grava) de los sedimentos de la playa y las fluctuaciones en el nivel del agua.

Algunos autores sugieren que en muestras de sedimentos con concentraciones mayores a 1000/100 g hay altas posibilidades (≥50%) de que se desarrollen colonias de bacterias patógenas como la *Salmonella sp* (Delgadillo-Hinojosa y Orozco-Borbón, 1997).

IV.10.4.2 Caracterización Fluvial-Agrícola.

Determinaciones de la concentración de Fósforo (Ortofosfatos) y Nitrógeno (Amonio, Nitratos, Nitritos y Nitrógeno total) en agua intersticial (muestras superficiales). La determinación de las concentraciones de Fósforo y Nitrógeno son importantes debido a que son un gran indicador de la eutrofización. La eutrofización o eutroficación es el aumento de nutrientes en el agua, especialmente de los compuestos de nitrógeno y/o fósforo, que provoca un crecimiento acelerado de algas y especies vegetales superiores, con el resultado de trastornos no deseados en el equilibrio entre los organismos presentes en el agua y en la calidad del agua a la que afecta.

Tiene lugar en algunas zonas de aguas tranquilas o estancas, como lagos y lagunas y es un fenómeno que se ve favorecido por el aumento de temperatura en las estaciones más cálidas. La gran cantidad de fertilizantes aportados al suelo (nitratos y fosfatos, generalmente en forma de NO_2 y P_2O_5) no pueden ser degradados por los microorganismos

presentes en el agua produce el crecimiento masivo de algas y otras especies vegetales, que al morir consumen oxígeno durante su descomposición, por lo que, con el tiempo, el agua experimenta condiciones anaeróbicas, que a su vez puede producir muerte de peces y demás flora y fauna acuática. Éste fenómeno no es producido solamente por fertilizantes, ya que la materia orgánica de la basura y los detergentes hechos en base fosfatada también contribuyen a la eutrofización.

Ortofosfatos. La determinación de fosfatos tiene una gran importancia en la determinación de la calidad de agua, por su importancia decisiva para la salud ecosistémica dado el papel que el fósforo desempeña como nutriente limitante en la formación de la materia viva. Sin embargo, un exceso de fosfatos en el agua puedo inducir a la eutrofización del sistema, los ortofosfatos constituyen entre un 15-35% del fósforo total disuelto. Para el presente estudio en la Figura IV.51 se muestran los resultados obtenido en la determinación de ortofosfatos en agua del intersticio (obtenido de la capa superficial del sedimento), el valor promedio obtenido fue de 1.7 µM/L con un recorrido de rango del 0.36 a 2.99 µM/L.

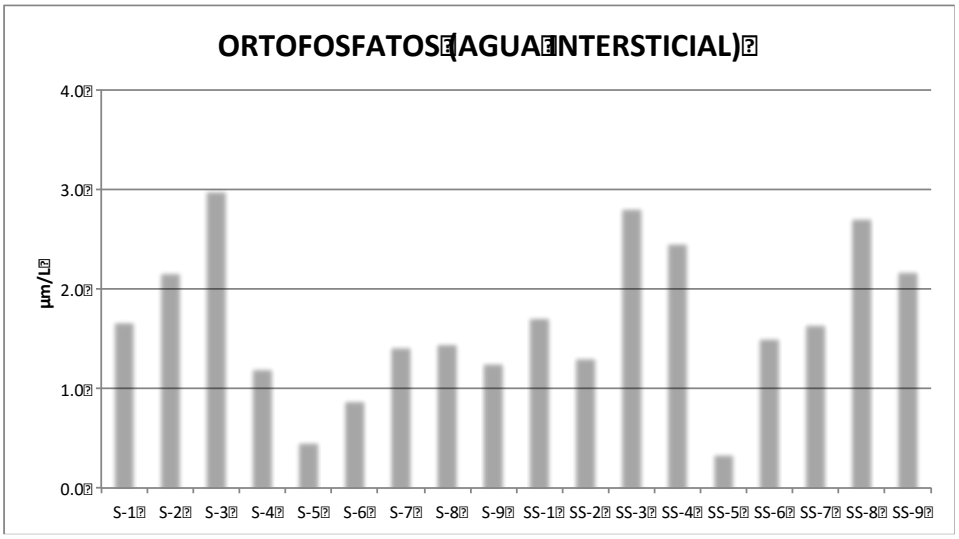


Figura IV.51. Concentración de ortofosfatos en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Fósforo total. El fósforo total presente en el agua corresponde a la suma del fósforo disuelto (tanto orgánico como inorgánico), más el que se encuentra como partículas en suspensión. El fósforo orgánico proviene tanto de los residuos alimenticios como de micciones humanas. El inorgánico en cambio, proviene de residuos de jabones y detergentes comerciales, además de aguas de lluvia que contienen residuos de fertilizantes agrícolas. La concentración de fósforo total en muestras de agua intersticial se muestra en

la Figura IV.52, observando que el 10% de los valores se encuentra por debajo de los 10 µM/L.

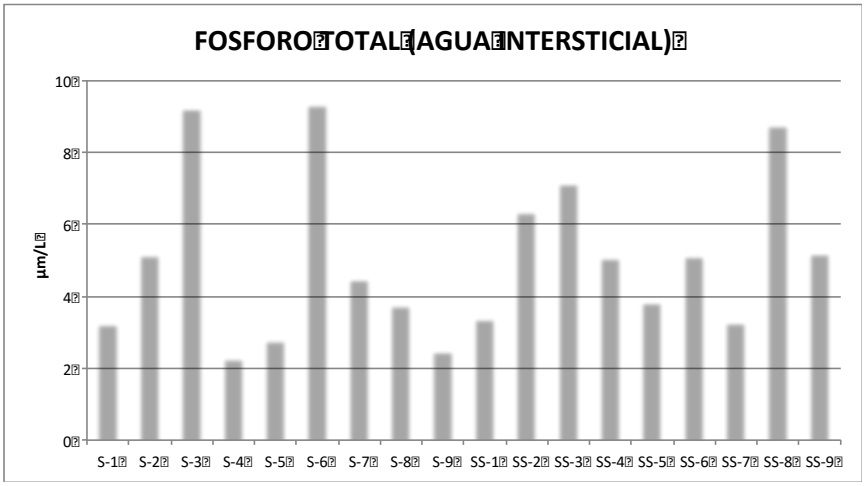


Figura IV.52. Concentración de fósforo total en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

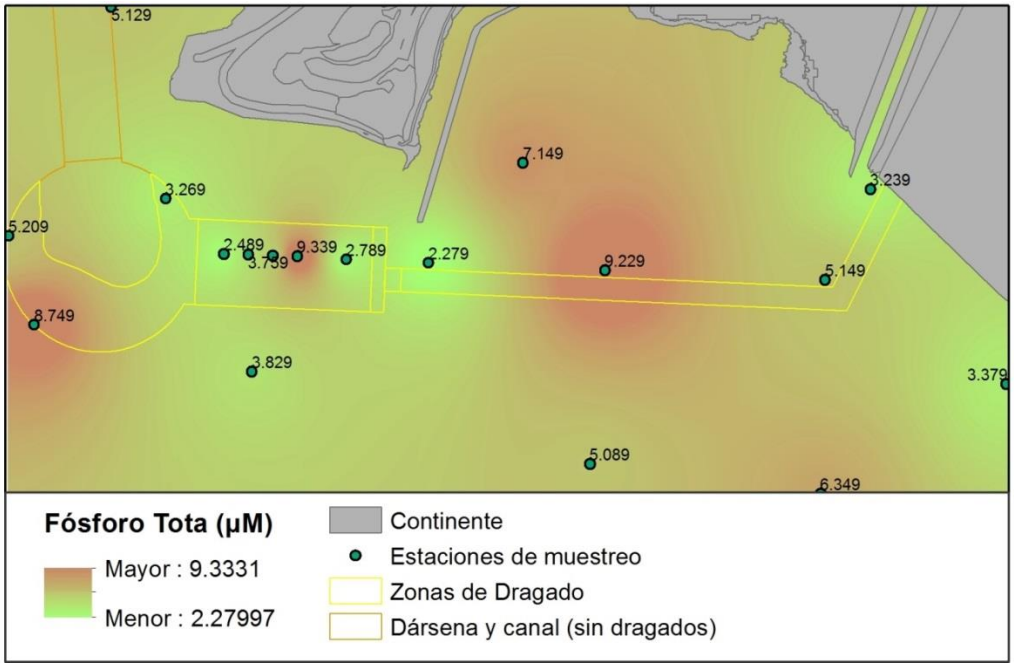


Figura IV.53. Concentración de fósforo total (µM) en muestras de agua intersticial del sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

En los análisis realizados en 2016, los fosfatos fueron el componente que menor concentración mostró en las muestras de sedimentos obtenidas en cuatro estaciones en el área del proyecto (E1, E2, E3 y E4).

Nitritos y Nitratos. Los nitritos y nitratos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno. La nitrificación es la oxidación de un compuesto de amonio a nitrito, especialmente por la acción de la bacteria nitrificante llamada Nitrosomas. La nitrificación es más rápida a un pH de 7-8 y a temperaturas de 25-30°C. La nitrificación hace que el pH del agua baje. Niveles de nitrito superiores a 0.75 ppm (0.75mg/L) en el agua pueden provocar stress en peces y mayores de 5 ppm pueden ser tóxicos. Para el presente estudio los valores de Nitritos observados se muestran en la Figura IV.54. Como puede observarse el 100% de los valores encontrados están por debajo de los 1.6 µM/L por lo que no representan un riesgo de toxicidad en el medio.

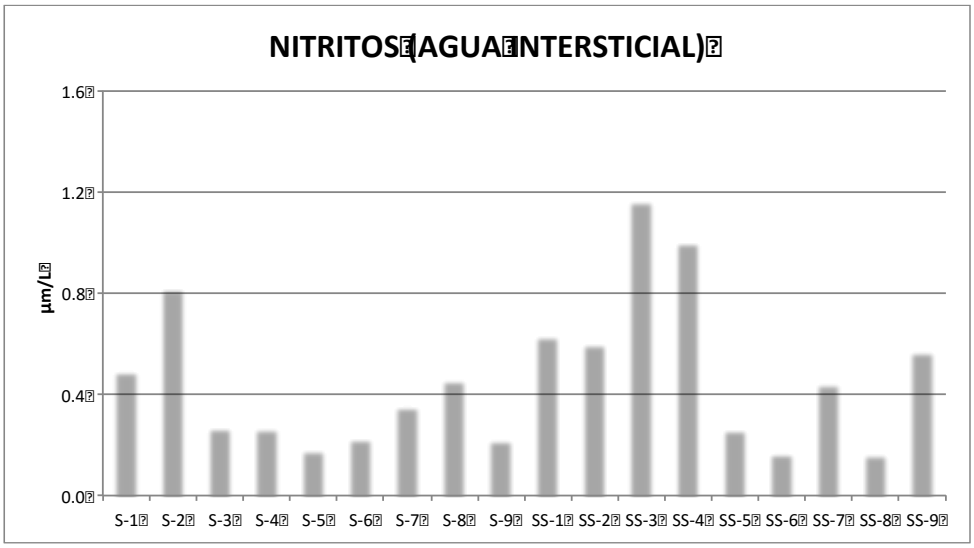


Figura IV.54. Concentración de nitritos en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Por su parte el nitrato es menos tóxico que el nitrito y es usado como una fuente de alimento por las plantas vivas. Los nitritos son oxidados a nitratos por la bacteria Nitrobacter. Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas. Niveles de nitrato de entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces. Cualquier valor superior a 80 puede ser tóxico.

En la Figura IV.55 se muestran los valores encontrados para las muestras de agua intersticial del presente estudio, se observa claramente que ningún valor reportado

representa riesgo de toxicidad para el medio debido a que se encuentran por debajo de 2.5 µM/L.

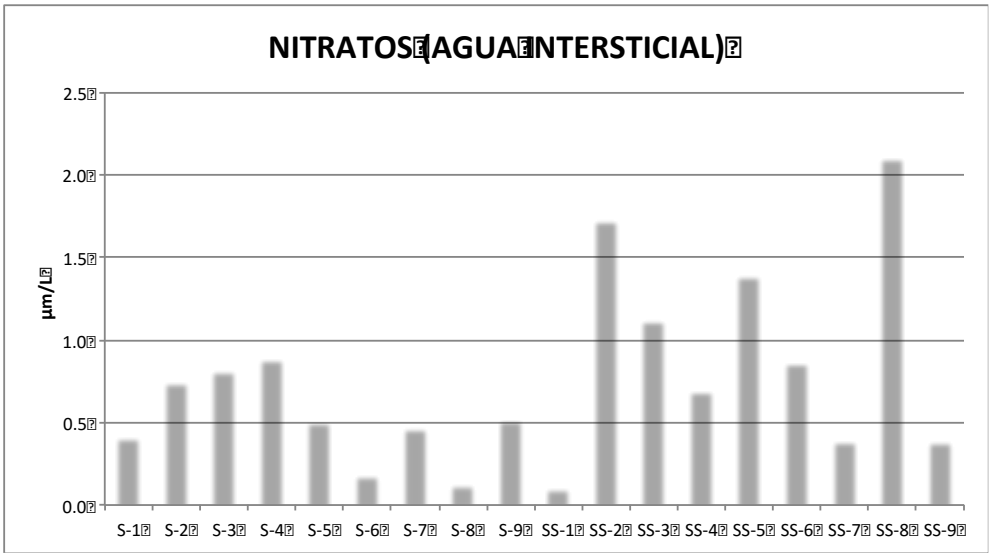


Figura IV.55. Concentración de nitratos en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

En algunos sistemas la liberación de nutrientes de los sedimentos del fondo durante el dragado puede mejorar la producción primaria, aunque este proceso puede producir también condiciones eutróficas en otros sistemas que se caracterizan por concentraciones altas de nitrógeno y fósforo en la columna de agua.

Tanto para el nitrógeno total, los nitritos y los nitratos, en general las concentraciones más altas se encuentran en las áreas someras cerca de la orilla de la laguna (Figura IV.56, Figura IV.57 y Figura IV.58), y son menores en la zona donde se hará el dragado de las dársenas de ciaboga y atraque.

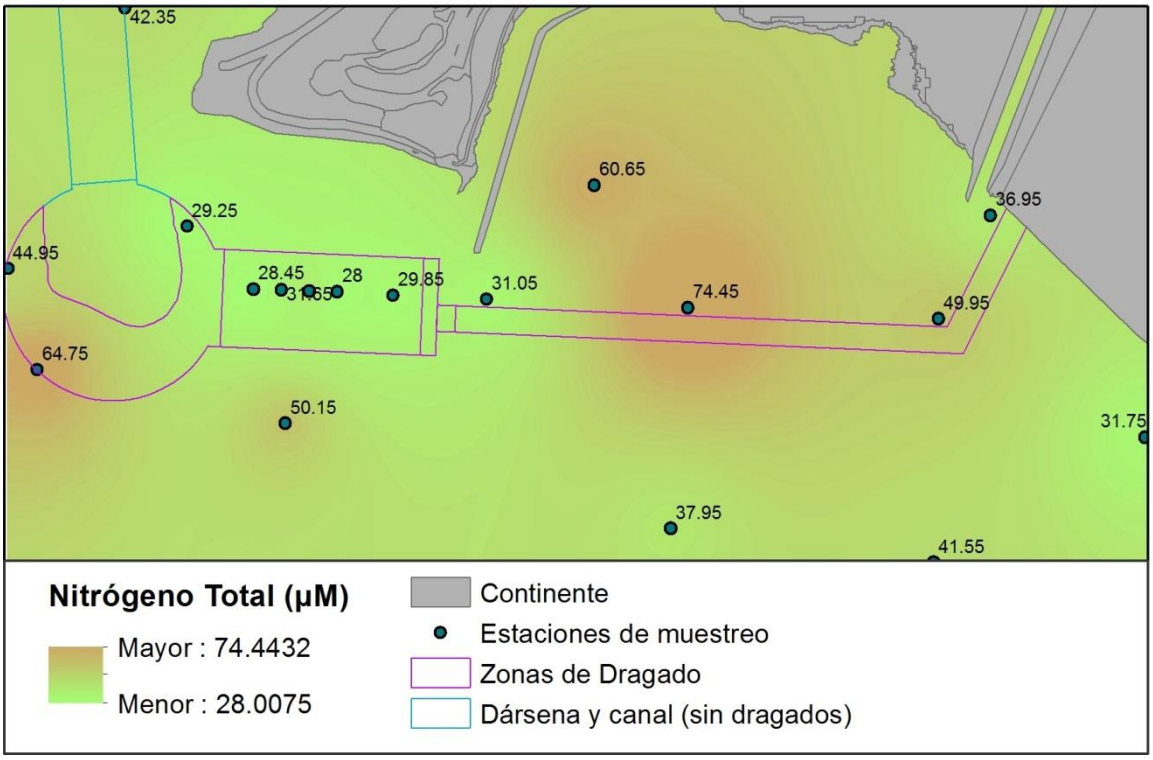


Figura IV.56. Concentración de nitrógeno total (µM) en muestras de agua intersticial del sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

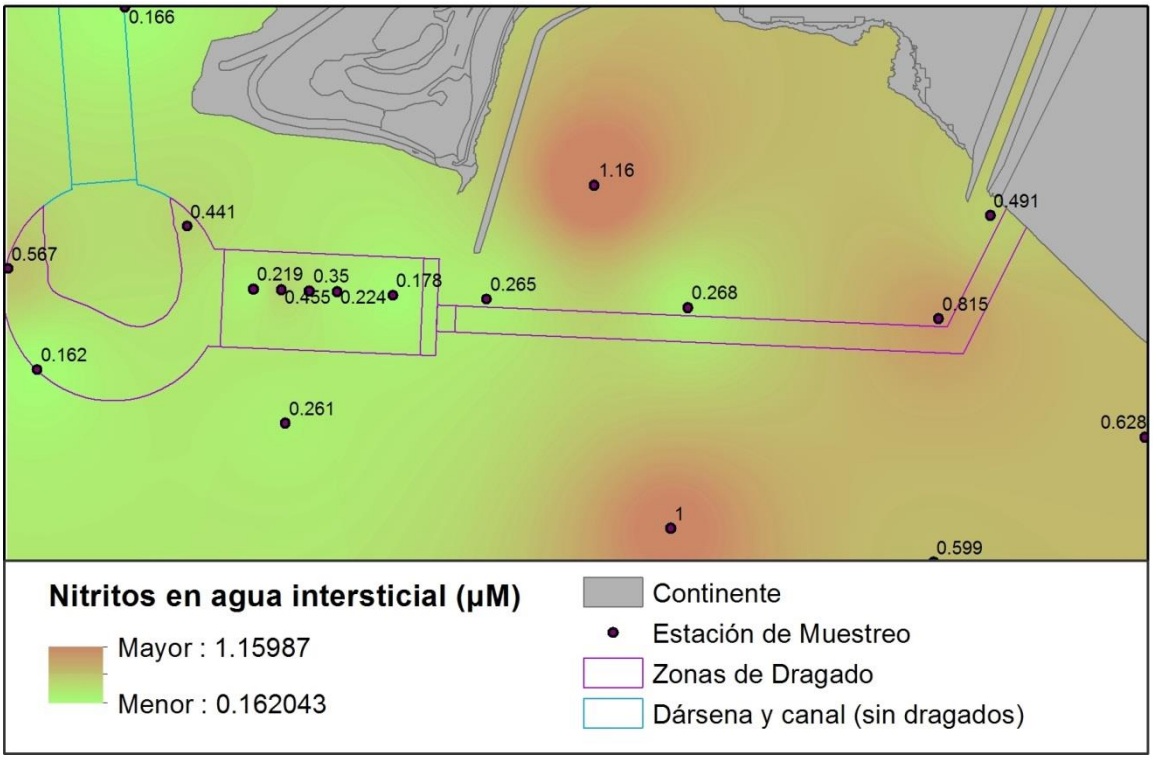


Figura IV.57. Concentración de nitritos (µM) en muestras de agua intersticial del sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

En los análisis realizados en la zona en 2016 los nitritos y nitratos mostraron concentraciones bajas.

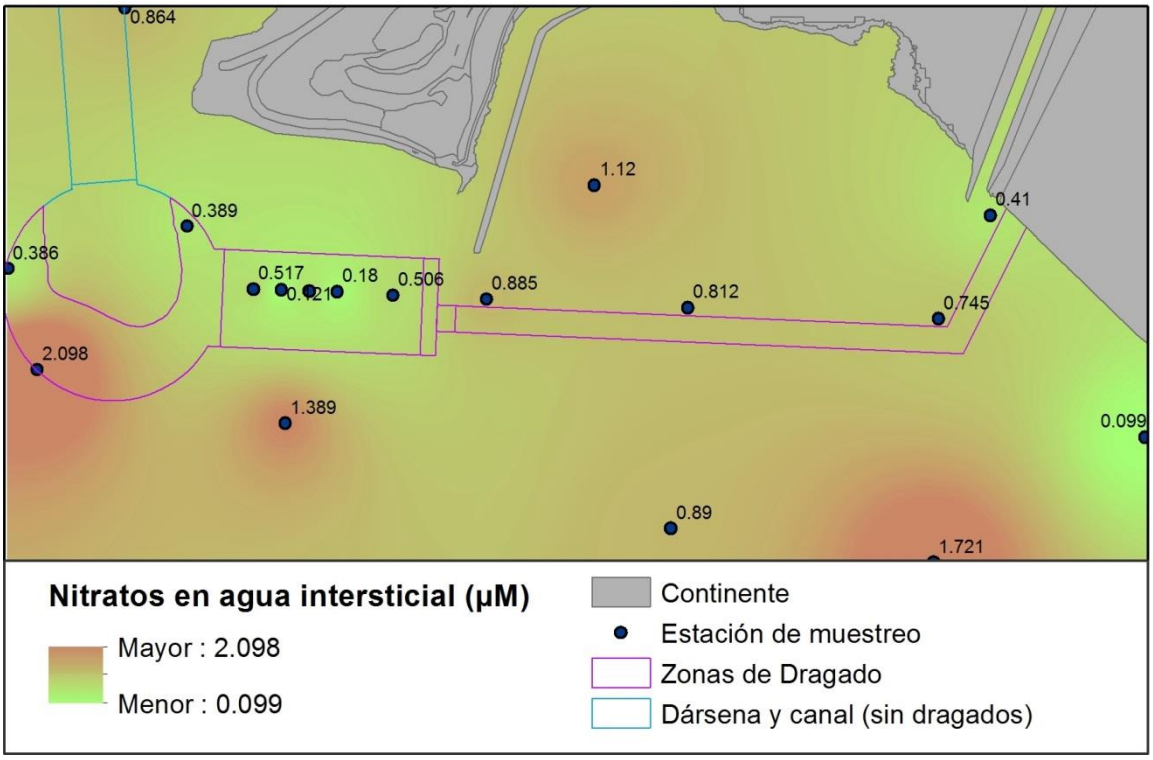


Figura IV.58. Concentración de nitratos (µM) en muestras de agua intersticial del sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

Amonio. Los iones amonio son un producto tóxico de desecho del metabolismo en los animales. En los peces e invertebrados acuáticos, se excreta directamente en el agua. En mamíferos, tiburones, y anfibios, se convierte en urea, debido a que es menos tóxica y puede ser almacenada más eficientemente. La urea y el amonio son utilizados como fertilizantes en zonas agrícolas. El amonio es tóxico en altas concentraciones, y puede causar daños en la mucosa que recubre los pulmones, o quemaduras alcalinas.

En la Figura IV.59 se muestran los valores obtenidos para el presente estudio se observa que con excepción del punto SS-5, el resto de las muestras tuvo un valor de <5 µM/L, y a pesar de que el valor máximo observado es considerablemente mayor (15.30 µM/L) continua estando dentro de los intervalos normales sin representar riesgo de toxicidad en el medio.

En 2016, el valor de la concentración de amonio osciló entre los 7.34 y los 25.87 mg/L alcanzando su máximo en las estaciones E4 y E2, mientras que la concentración de nitrógeno total mostró valores más altos en la estación E1, seguida de E3, E2 y E4 respectivamente (CIBNOR, 2016).

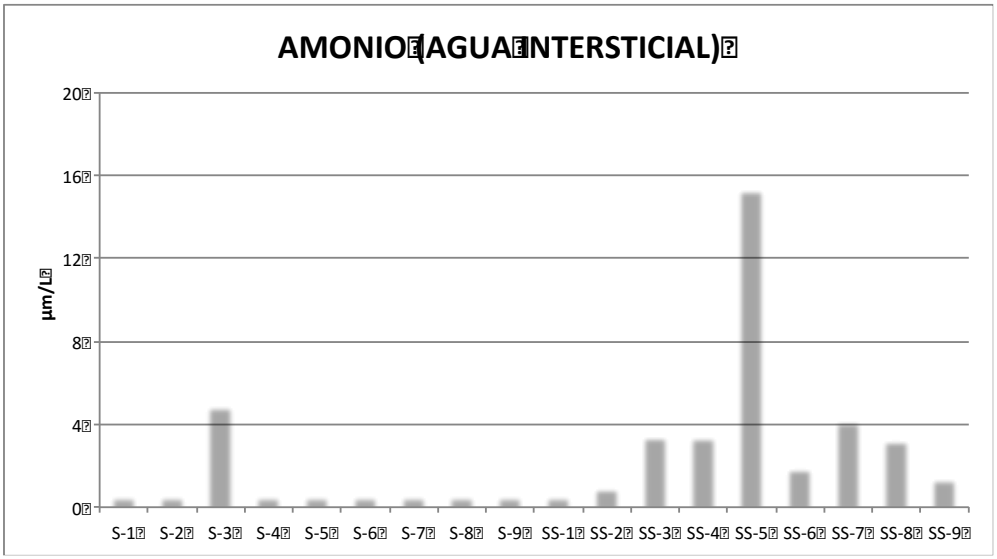


Figura IV.59. Concentración de Amonio en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Es posible que al dragar aumente la concentración de amonio. Sin embargo, estas concentraciones suelen reducirse rápidamente debido a la asimilación por las plantas. La liberación de amoníaco de los sedimentos estimula la producción de fitoplancton y es seguido por niveles más altos de pH, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno en las aguas lagunares.

En la Tabla IV.26 se presentan los resultados de los parámetros de concentración de nutrientes evaluados en las muestras de agua intersticial obtenida del sedimento en 2016 por el CIBNOR.

La Figura IV.60 muestra los resultados gráficos de dichos valores, como se puede observar los Fosfatos son el componente que menor concentración mostró en la cuatro estaciones, seguido de nitritos y nitratos que también mostraron concentraciones bajas, mientras que el amonio osciló entre los 7.34 y los 25.87 mg/L alcanzando su máximo en las estaciones E4 y E2 (Figura IV.60, panel izquierdo); mientras que la concentración de Nitrógeno total mostró valores más altos en la estación E1, seguida de E3, E2 y E4 respectivamente (Figura IV.60, panel derecho).

Tabla IV.26. Resultados obtenidos en muestras de agua intersticial en Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016).

Estación	NO_2-(mg/L	NO_3-(mg/L)	NH_4+ (mg/L)	PO_4-3 (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)
E1	0.018	0.158	0.781	0.016	25.87
E2	0.039	0.587	1.683	0.011	17.25
E3	0.024	0.257	1.438	0.030	20.94
E4	0.127	0.131	1.787	0.016	7.34

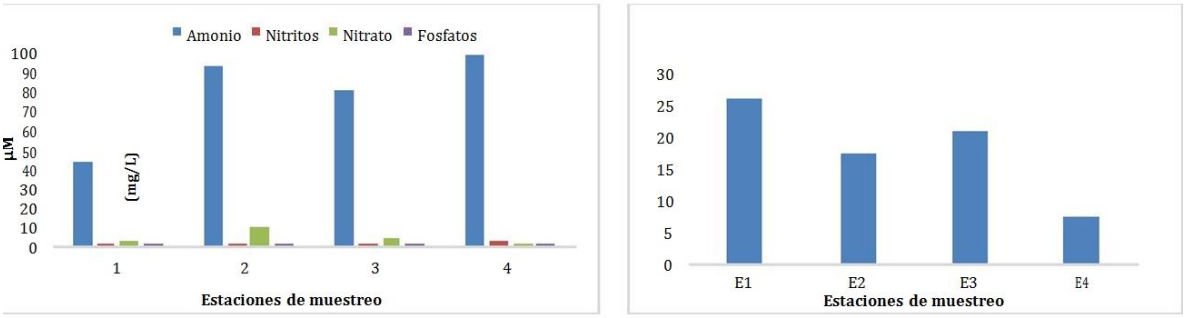


Figura IV.60. Concentración de nutrientes (panel izquierdo) y nitrógeno total (panel derecho) en muestras de agua intersticial, en la Bahía de Ohuira (Fuente: CIBNOR, 2016).

Nitrógeno total. El Nitrógeno total como su nombre lo indica, es la suma del nitrógeno orgánico en sus diversas formas y el amonio. Una concentración alta de Nitrógeno orgánico es característica de una contaminación fresca o reciente, y por consiguiente de gran peligro potencial. Los compuestos nitrogenados cobran relevancia, no solo porque el Nitrógeno es un elemento esencial en las funciones metabólicas de los seres vivos, sino por su abundancia en aire, suelo y agua; dada la compleja química del Nitrógeno, puede tomar siete diferentes estados de oxidación y por tanto formar parte de una gran diversidad de compuestos. En el agua, la presencia de compuestos nitrogenados se debe a causas naturales como la disolución atmosférica o de depósitos geológicos ricos en estos materiales, escorrentías superficiales y subterráneas, fijación de organismos procariotas y descomposición de materia orgánica; y a causas antropogénicas provenientes de usos domésticos e industriales, así como a la deposición atmosférica fruto de la contaminación del aire. Un aspecto altamente relevante es que éstos son fuertemente dependientes de la temperatura, el pH y la salinidad.

En la Figura IV.61 se muestran los resultados obtenidos para el presente estudio, el valor promedio obtenido fue de 41.66 µM/L, con un mínimo de 28 y un valor máximo de 74.45, si bien la dispersión de los datos es amplia (SD= 13.60 µM/L) el 100% de los resultados está por debajo de los 80 µM/L por lo que no representa ningún riesgo de toxicidad en el momento en que las muestras fueron tomadas.

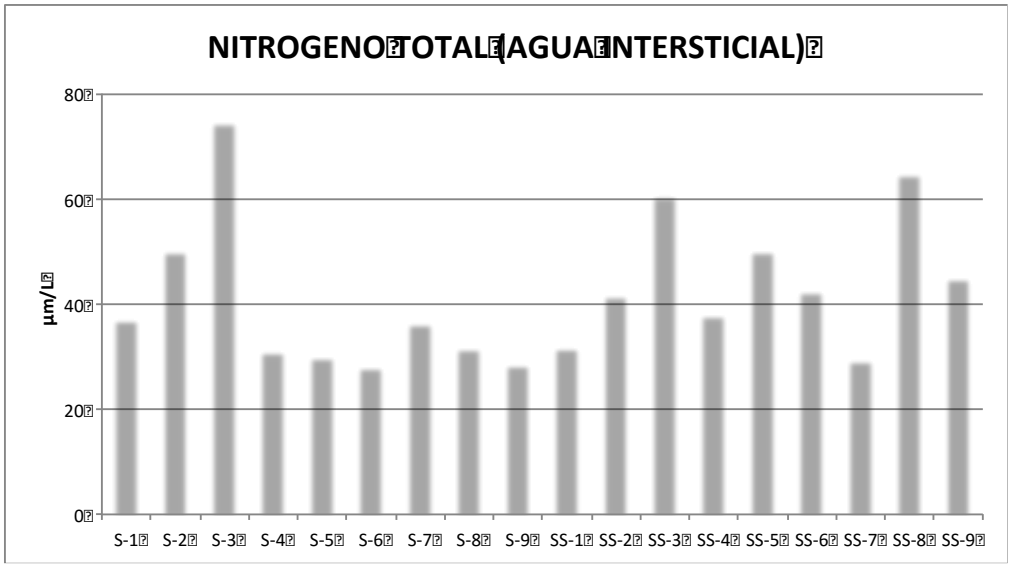


Figura IV.61. Concentración de Nitrógeno total en muestras de agua intersticial obtenidas del sedimento superficial de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Fósforo total (muestras profundas). Entre los productos agroquímicos aplicados en las zonas agrícolas de Sinaloa, sobresalen los compuestos organofosforados, sales y óxidos con alto contenido de fósforo. Los primeros se utilizan como insecticidas; los segundos, como fertilizantes. Al intemperizarse los suelos agrícolas fertilizados liberan el fósforo por diversos mecanismos; mediante procesos biológicos se incorpora a la biosfera, y por otra parte la erosión remueve una fracción importante; parte vuelve a precipitarse como fosfatos de calcio, férrico o/y de aluminio; el resto es transportado al mar (Holtan *et al*., 1988). La proporción de fósforo que a través de los cuerpos lagunares y estuarinos transita hacia el océano está condicionada por la reactividad de este elemento en ellos. Nixon (1981) ha enfatizado que en los sistemas costeros poco profundos el ciclo del fósforo está dominado por los procesos de intercambio agua-sedimentos.

En la Figura IV.62 se muestran los valores obtenidos para el presente estudio, el valor promedio obtenido fue de 683.8 mg/kg con un valor mínimo de 416.9 mg/kg y máximo de 840 mg/kg en los puntos SS-1 nivel 2 y SS-4 nivel 2 respectivamente. Estos valores aunque

altos, son comparables con los reportados en sitios similares dentro de otras lagunas costeras en Sinaloa y de otras partes del mundo (Tabla IV.27).

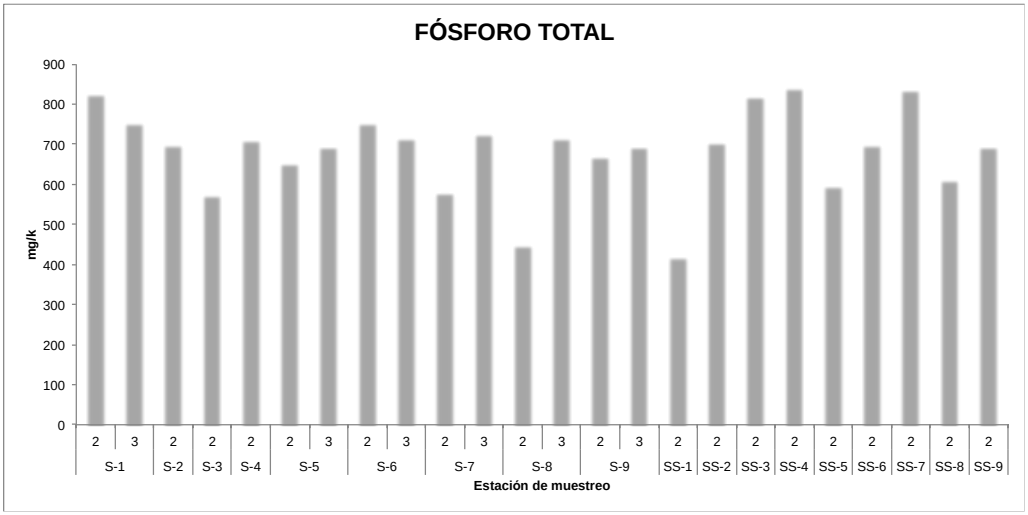


Figura IV.62. Concentración de Fósforo total en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Tabla IV.27. Valores de Fósforo Total (ppm) en distintos cuerpos acuáticos influenciados por zonas agrícolas.

Localidad	Fósforo total (ppm)	Referencia
Lagunas interiores asociadas con Altata, Sinaloa México	1071	Paéz-Osuna et al., 1992
Laguna de Altata, Sinaloa México	615	Paéz-Osuna et al., 1992
Río Delaware (USA)	639	Strom y Biggs, 1982
Long Island Sound (USA)	750	Krom y Berner, 1981
Este estudio	683.8	CIBNOR, 2018

Nitritos y Nitratos (muestras profundas). En el ambiente acuático el proceso de nitrificación presenta un rol importante ya que, por medio de la actividad biológica, el amonio es oxidado a formas menos tóxicas como lo son los Nitratos y Nitritos. En términos generales las concentraciones de estos compuestos en los sedimentos en un ambiente normal, suelen ser muy bajas, debido a la permanente actividad bacteriana, permitiendo en gran parte el proceso de mineralización o regeneración de nutrientes. Para el presente trabajo, todos los valores resultantes fueron <0.1 mg/kg que es el valor mínimo detectable por el método, en la Figura IV.63 se grafican estos resultados. Con respecto a los Nitrato, todos los valores resultantes fueron <0.2 mg/kg que es el valor mínimo detectable por el método. En la Figura IV.64 se grafican estos resultados.

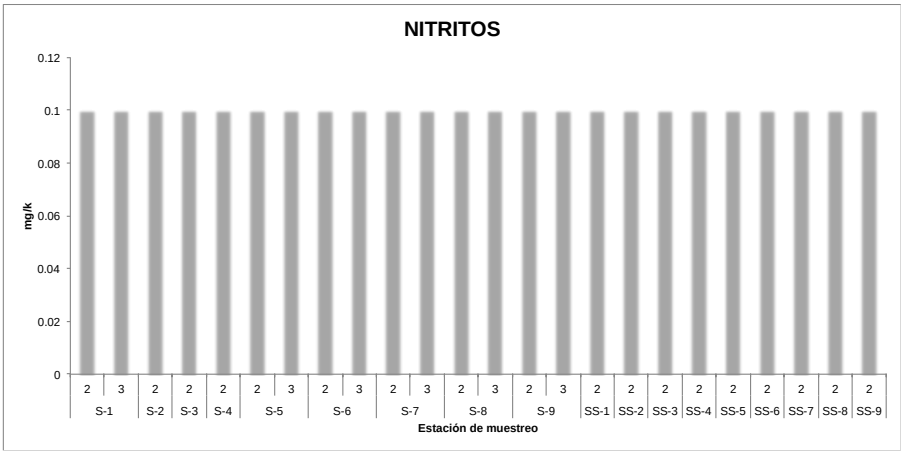


Figura IV.63. Concentración de Nitritos en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

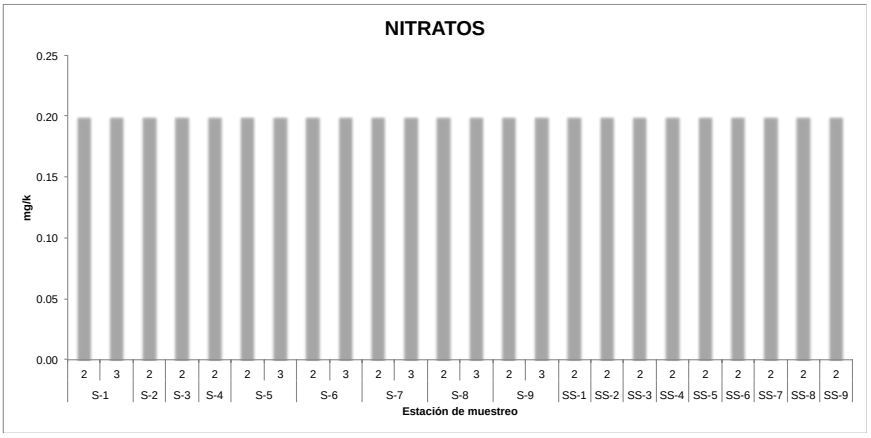


Figura IV.64. Concentración de Nitratos en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Amonio (muestras profundas). En la Figura IV.65 se muestran los valores obtenidos en esta determinación. El valor promedio fue de 11 mg/kg con un mínimo de 0.2 y un valor máximo de 32.6, la dispersión de los valores fue muy amplia con valor de SD= 10.61. se aprecia un ligero patrón entre la concentración de Amonio y la profundidad de la toma de muestra (Figura IV.66), lo cual es consistente en el sentido de que, de los compuestos nitrogenados, los nitritos y nitratos decrecen rápidamente conforme la profundidad aumenta y como consecuencia el compuesto nitrogenado dominante es el amonio (Vanderborght & Billen, 1975).

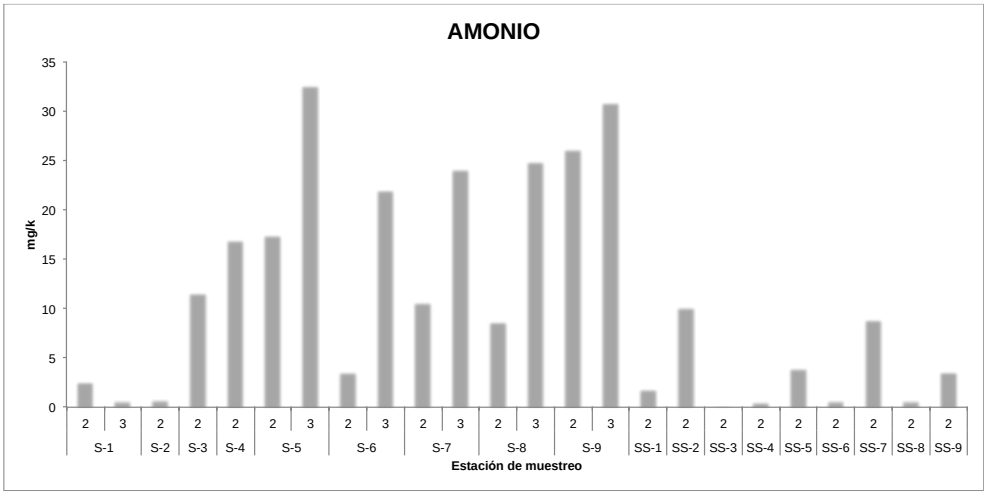


Figura IV.65. Concentración de Amonio en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

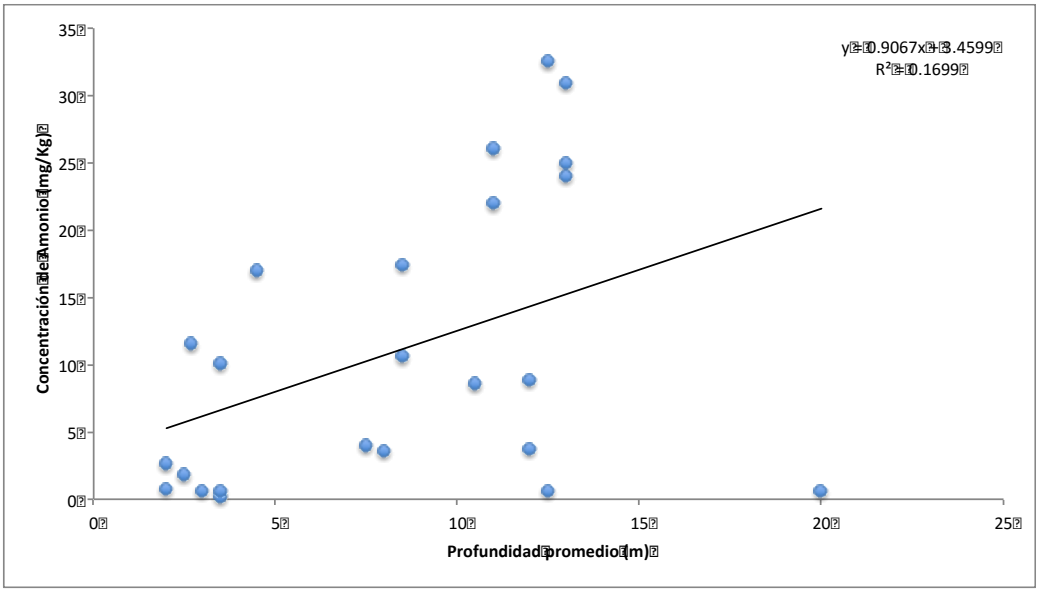


Figura IV.66. Relación lineal entre la concentración de amonio y la profundidad de la muestra.

Comparativamente tanto los valores de Nitratos como de Nitritos valores están por debajo de los reportados por Valdés y Real (1994), para la laguna Chelem (Tabla IV.28); no así para el caso del Amonio, cuyo valor está 40% por arriba de lo reportado por estos autores, sin embargo es importante señalar que estos autores emplearon muestras superficiales de sedimento únicamente (de los 5 cm superficiales) mientras que en presente estudio se consideraron muestras de profundidad variable desde los 0.5 m hasta los 20 m.

Tabla IV.28. Valores comparativos de concentración de compuestos nitrogenados en sedimentos.

Localidad	Nitritos (mg/kg)	Nitratos (mg/kg)	Amonio (mg/kg)	Referencia
Laguna Chelem	0.13*	0.55*	7.82*	Valdés y Real, 1994
Este estudio	<0.1	<0.2	11	CIBNOR, 2018
*Los valores son originalmente reportados en µM por lo que las conversiones pertinentes fueron necesarias				

Esta diferencia puede ser explicada recordando que se aprecia relación positiva entre el aumento de la profundidad y la concentración de amonio (Figura IV.66), ahora bien considerando la misma figura pero cambiando el ajuste a una forma polinomial de segundo orden y no lineal (Figura IV.67) observamos claramente un mejor ajuste y particularmente importante que la relación positiva de mayor concentración de amonio a mayor profundidad no es permanente, sino que se incrementa con gran velocidad en los primeros metros, parece tener un máximo de acumulación alrededor de los trece metros y posteriormente vuelve descender, desafortunadamente solo hay una observación a profundidades >15m, por lo que esta relación debe de ser manejada con precaución.

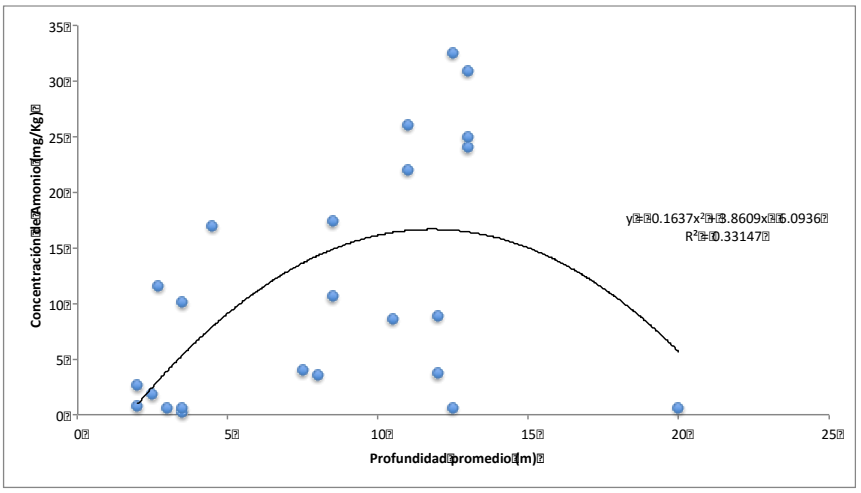


Figura IV.67. Relación polinomial de segundo orden entre la concentración de amonio y la profundidad de la muestra.

Nitrógeno total (muestras profundas). Como se ha venido mencionando a lo largo del presente apartado, el nitrógeno total (NT) juega un importante papel como fuente de nutrientes en el sedimento del medio marino y en términos generales muestra un decremento con respecto a la profundidad debido a la remineralización de la materia orgánica (Stein, 1990; Fütterer, 2000; Wakeham, 2002)

En la Figura IV.68 se muestran los valores obtenidos en la determinación de Nitrógeno total para muestras de sedimento, el valor promedio es de 460.8 mg/kg con un mínimo de 90 mg/kg y de 860 mg/kg registrados en el nivel 2 de la estación S-6 y en el nivel 2 de la SS-5 respectivamente.

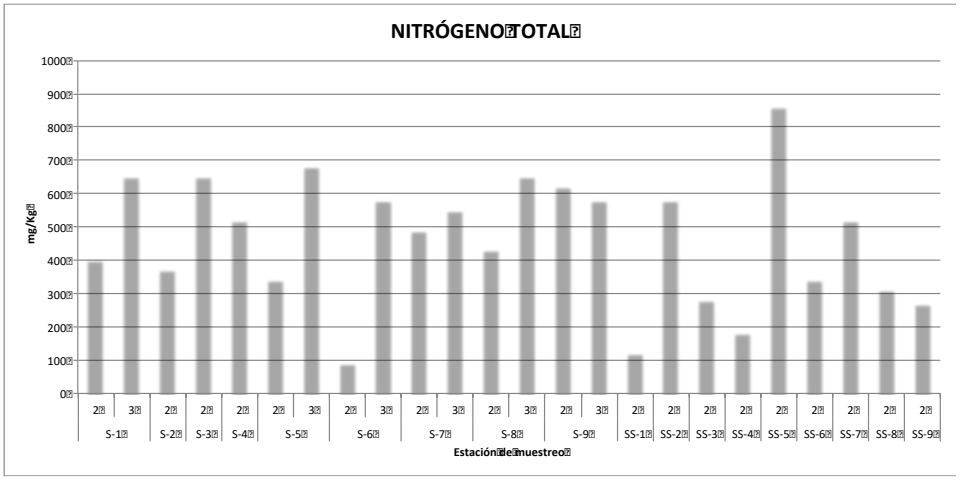


Figura IV.68. Concentración de Nitrógeno total en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Determinación de la concentración de compuestos organoclorados y organofosforados (valores totales). Los plaguicidas organoclorados son compuestos químicos sintéticos de amplio espectro cuya propiedad más destacada es su alta estabilidad química, y el ser muy solubles en grasas e insolubles en agua. En contacto con diversos medios como oxígeno, luz ultravioleta y organismos sufren pequeñas transformaciones que dan origen a nuevas sustancias, que pueden ser incluso más nocivas. Por su parte, los compuestos organofosforados, se descomponen con mayor facilidad y se degradan por oxidación e hidrólisis, dando origen a productos solubles en agua, tentativamente menos persistentes y poco acumulables en los organismos.

Se considera que los plaguicidas en general, tienen una toxicidad relativamente aguda, se acumulan en el tejido adiposo con efectos adversos a largo plazo sobre los seres vivos, incluyendo al ser humano. El uso de los plaguicidas en general, y de los organoclorados en particular, puede ocasionar efectos adversos sobre las diferentes formas de vida y sobre los ecosistemas; esto dependerá del grado de sensibilidad de los organismos en cuestión, del plaguicida y de los factores indirectos asociados con el fenómeno (Rueda *et al*., 1997).

Para el presente estudio no fue detectado ningún plaguicida organoclorado ni tampoco ningún plaguicida organofosforado (Tabla IV.29).

Tabla IV.29. Resultados de las determinaciones para plaguicidas organoclorados y organofosforados en muestras de sedimento de Bahía Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. Se incluye el límite de cuantificación (LDC) del método.

Compuesto	Valor	Muestra	LDC
Plaguicidas organoclorados			
CLORDANO (57-74-9)	ND	En el 100% de las muestras	0.0094
ENDRIN (72-20-8)	ND	En el 100% de las muestras	0.0211
HEPTACLORO (76-44-8)	ND	En el 100% de las muestras	0.0151
HEPTACLORO EPOXIDO (1024-57-3)	ND	En el 100% de las muestras	0.0139
HEXACLOROBENCENO (118-74-1)	ND	En el 100% de las muestras	0.0179
METOXICLORO (72-43-5)	ND	En el 100% de las muestras	0.0198
TOXAFENO (8001-35-2)	ND	En el 100% de las muestras	0.6690
ALDRIN	ND	En el 100% de las muestras	0.0093
DELTA-8HC	ND	En el 100% de las muestras	0.0093
DIELORIN	ND	En el 100% de las muestras	0.0107
ENORIN ALOEHIOO	ND	En el 100% de las muestras	0.0083
ENDRIN CETONA	ND	En el 100% de las muestras	0.0083
ENOOSULFAN SULFATO	ND	En el 100% de las muestras	0.0208
GAMA-8CH (LINOANO)	ND	En el 100% de las muestras	0.0128
ALFA-8HC	ND	En el 100% de las muestras	0.0114
8ETA-8HC	ND	En el 100% de las muestras	0.0148
DDD (4,4-DDD)	ND	En el 100% de las muestras	0.0090
DDE (4,4-DDE)	ND	En el 100% de las muestras	0.0108
DDT (4,4-DDT)	ND	En el 100% de las muestras	0.0159
ENDOSULFAN (ALFA Y BETA)	ND	En el 100% de las muestras	0.0194
ALFA-CLORDADNO	ND	En el 100% de las muestras	0.0194
ENOOSULFAN 11	ND	En el 100% de las muestras	0.0104
Plaguicidas organofosforados			
B0LSTAR	ND	En el 100% de las muestras	6.68
CHLORPYIRIFOS	ND	En el 100% de las muestras	5.36
COUMAPHOS	ND	En el 100% de las muestras	12.40
DEMETON-S	ND	En el 100% de las muestras	12.20
DIAZINON	ND	En el 100% de las muestras	13.30
DIMETOATE	ND	En el 100% de las muestras	13.00
EPN	ND	En el 100% de las muestras	7.61
ETHOPROP	ND	En el 100% de las muestras	12.40
FENSULFOTHION	ND	En el 100% de las muestras	6.43
FENTHION	ND	En el 100% de las muestras	4 ,51
PHORATE	ND	En el 100% de las muestras	9.94
MALATHION	ND	En el 100% de las muestras	5.88
METHYL PARATHION	ND	En el 100% de las muestras	3.35
MEVINPHOS	ND	En el 100% de las muestras	6.64
PARATHION	ND	En el 100% de las muestras	5.02
RONNEL	ND	En el 100% de las muestras	6.03
SULFOTEP	ND	En el 100% de las muestras	8.00
TERBUFOS	ND	En el 100% de las muestras	6.20
TOKUTION	ND	En el 100% de las muestras	7.32
TRICHLORONATE	ND	En el 100% de las muestras	3.32
DEMETON-0	ND	En el 100% de las muestras	6.09
DISULFOTON	ND	En el 100% de las muestras	4 ,71
NALED	ND	En el 100% de las muestras	11.00
STIROPHOS	ND	En el 100% de las muestras	5.27
AZINPHOS METHYL	ND	En el 100% de las muestras	9.04

Dados los resultados de los análisis en este caso no se espera que los dragados de construcción y mantenimiento puedan tener un impacto sobre los hábitats o poner en serio peligro la salud humana y el medio ambiente, como ocurre cuando la concentración de sustancias tóxicas es alta. Tales impactos se asocian a sedimentos contaminados por la

precipitación y acumulación histórica de materiales peligrosos, ya sea debido a actividades llevadas a cabo en el sitio o fuera del mismo.

Los dragados de construcción y de mantenimiento removerán los sedimentos, que de acuerdo a los análisis realizados sobre en donde se construirá el muelle, no contienen pesticidas, por lo que no se prevé un impacto en la calidad del agua.

Por otra parte, en relación con los compuestos organofosforados en sedimento del sistema lagunar. Osuna-Flores (2004) reportó un total de 16 plaguicidas organofosforados dentro de las diferentes matrices (agua, sedimentos y camarones) en la Bahía de Ohuira, siendo ese, uno de los primeros estudios de carácter sistemático que se realizan en la región noroeste y en particular en un sistema costero de la zona norte del estado de Sinaloa. Se encontró que Famfur es el compuesto de mayor presencia (47%); importante presencia se detecta también de los compuestos Clorpirifós y Demetón con un 40% de cada uno de ellos; y los plaguicidas que mostraron una menor presencia fueron: Forato, Metil-paratión, Metil-pirimifós y Triadimefón (Osuna-Flores, 2004). Sin embargo en dicho artículo no se reporta la ubicación de las cinco estaciones muestreadas.

IV.10.4.3 Caracterización de Astilleros y Puertos Industriales.

Existe un grupo de contaminantes que incluye a los elementos Cd, Hg, Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Co, Vn, Ti, Fe, Mn, Ag y Sn, además de los metaloides As y Se, los cuales tienen algunas propiedades de los metales y otras de los no metales. En conjunto todos estos elementos son comúnmente conocidos como metales pesados. Algunos ecotoxicólogos utilizan el término metales pesados para referirse a los metales que se ha comprobado que provocan un problema ambiental. Dado que algunos de los elementos mencionados no son pesados o no son verdaderos metales algunas veces se prefiere el término metales tóxicos. Algunos metales pesados han sido estudiados de forma intensiva, mientras que otros han sido prácticamente ignorados. Esto se debe a que muchos estudios se han orientado a conocer más acerca de aquellos metales que pueden ser nocivos para el ser humano, directa o indirectamente por bioacumulación.

En relación con las actividades de los puertos, algunos metales pesados están contenidos en partículas de pintura provenientes del lijado y lavado de alta presión de las embarcaciones (actividades que no se contempla realizar durante las etapas de construcción y operación de la terminal portuaria), aun cuando se debe considerar que los trabajos rutinarios en los barcos mercantes de todos los tamaños incluyen la aplicación de pintura para el mantenimiento. También hay partículas metálicas en los aceites de motor, agua de sentina y escurrimientos que pueden provenir de las áreas de mantenimiento y reparación de los equipos del puerto. Los metales también pueden estar contenidos en los escurrimientos pluviales y en las descargas de algunas plantas de tratamiento de aguas industriales.

Concentración de Metales Pesados en sedimentos. Los metales pesados, tales como el cadmio, mercurio, plomo, cobre y el zinc son considerados potencialmente contaminantes de los ecosistemas acuáticos, por su persistencia en el ambiente, toxicidad y habilidad para ser incorporados en la cadena alimenticia (Förstner y Wittman, 1983). Las concentraciones naturales de metales pesados están relacionadas con las actividades volcánicas, meteorización de las rocas y los procesos de erosión de los suelos. Los metales que entran al mar como producto de las emisiones terrestres pueden disolverse en el agua o ser transportados directamente a los sedimentos marinos. Si un metal excede el límite de

solubilidad en agua de mar, puede precipitar como una fase sólida o ser adsorbido en el material en suspensión y, finalmente depositarse en los sedimentos.

Lo metales pesados tienen tendencia de a formar asociaciones con otras sustancias minerales y en mayor grado con materia orgánica mediante fenómenos de intercambio iónico, adsorción, quelación, etc.; aduanalmente pueden pasar fácilmente a la resuspensión en la columna de agua dependiendo de las condiciones REDOX del agua de mar.

En los siguientes apartados se detallan los resultados obtenidos para el presente estudio.

Arsénico. El Arsénico (As) es un elemento ampliamente distribuido en la corteza terrestre, ha sido clasificado químicamente como un metaloide, con propiedades tanto de metal como de elemento no-metálico; sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal. Entre los metales pesados más importantes a nivel ambiental por su elevada toxicidad, liberados como subproductos de actividades mineras, agrícolas y de la industria metalúrgica principalmente se encuentra el As, el cual es un metaloide ampliamente distribuido en el ambiente, siendo las especies inorgánicas las principales formas químicas presentes en el agua subterránea, agua superficial, suelo y en la mayoría de los alimentos dado que es bioacumulable (Mandal y Suzuki, 2002).

Los niveles de As en el ambiente son variables, ya que es un elemento con muy alta movilidad y capacidad de transformación, pudiendo sorberse o desorberse de partículas, cambiar de estado de oxidación al reaccionar con oxígeno u otras moléculas del aire, del agua o del suelo o por acción de microorganismos (Mandal y Suzuki, 2002).

En la Figura IV.69 se muestran los resultados obtenidos para la concentración de As en muestras de sedimento. Como puede apreciarse, únicamente en el Nivel 1 de la estación SS-4 se detectó arsénico con un valor de 7.29 mg/kg, muy por debajo de los reportados para suelo contaminados (Herrera-Núñez et al., 2013). Para el resto de las muestras el As no fue detectado, siendo 2.98 mg/kg el valor mínimo cuantificable (VMC) establecido para el método. El nivel de arsénico encontrado en la estación SS4 es similar a los reportados en 2016 por CIBNOR (Figura IV.70) para las estaciones cercanas E1 a E4, todas las cuales se encuentran fuera del área a dragar.

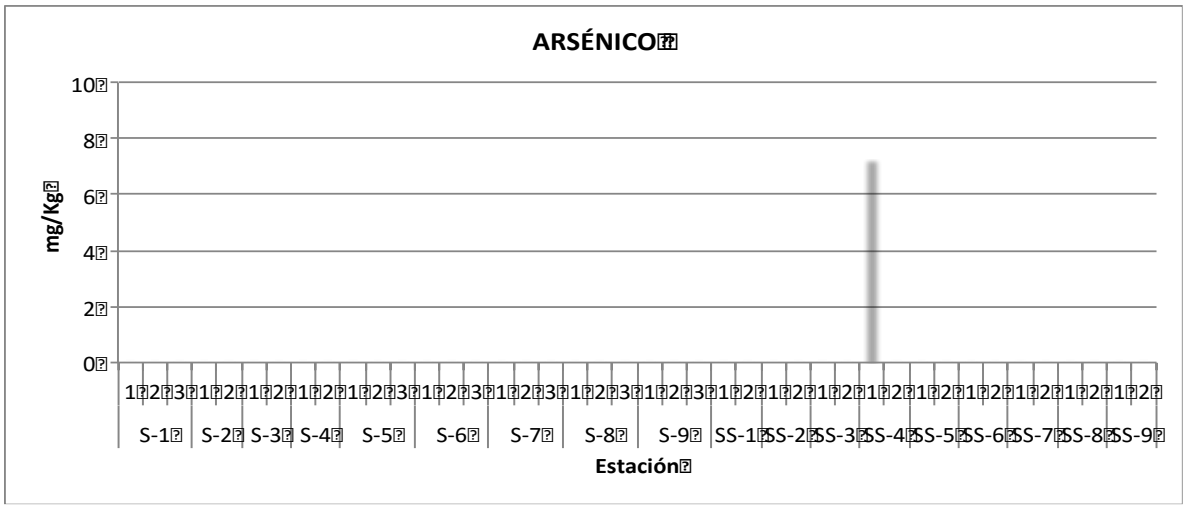


Figura IV.69. Concentración de Arsénico en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

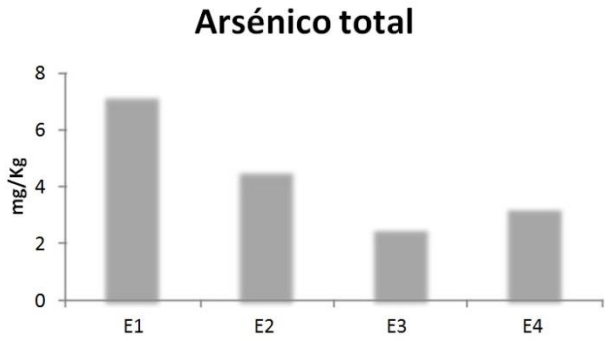


Figura IV.70. Concentración de arsénico total en muestras de sedimento marino de Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016).

Cadmio. Las principales fuentes de emisión de Cadmio (Cd), en México, son las baterías recargables de níquel/cadmio, los fertilizantes, los pigmentos y los estabilizadores en plástico y PVC, los pigmentos en pinturas, la galvanización, los catalizadores y conservadores en la industria del plástico, y en la elaboración de pinturas y aleaciones; en las industrias minero metalúrgicas de metales no ferrosos, en la metalurgia del hierro y acero, en la fabricación de fertilizantes fosfatados, en la incineración de residuos de madera, carbón o plásticos, en la combustión de aceite y gasolina (Ramírez, 2000). En la Figura IV.71 se muestran los resultados para la determinación de Cd en muestras de sedimento, como es notorio el Cd no fue detectado (-ausencia de barras en el gráfico-) en ninguna muestra analizada, es importante mencionar que el valor mínimo cuantificable (VMC) para el cadmio establecido en el método es de 0.5593 mg/kg.

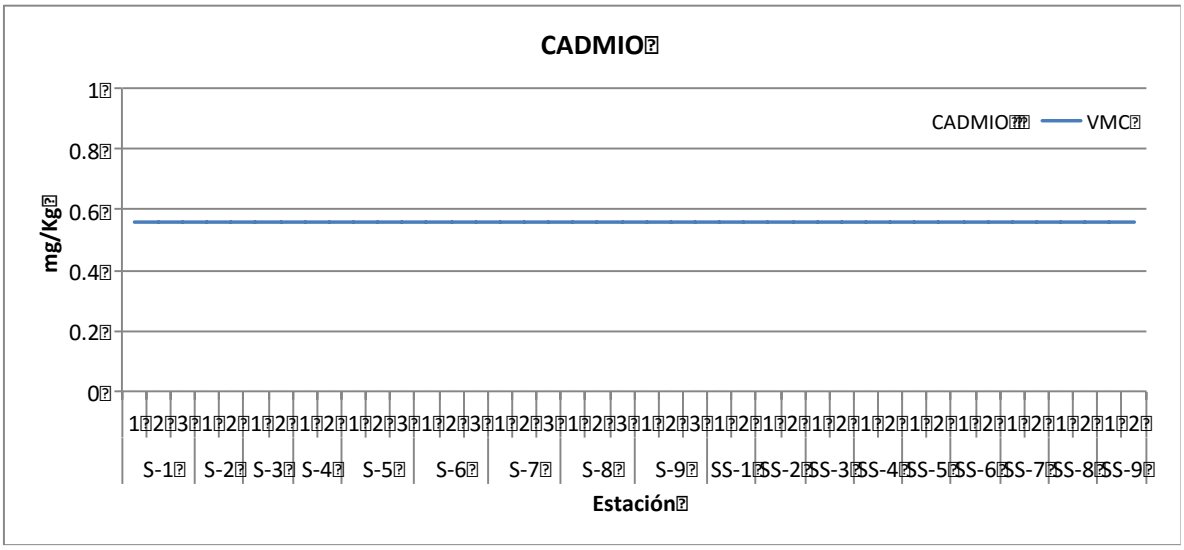


Figura IV.71. Concentración de Cadmio en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018, la línea continua muestra el valor mínimo cuantificable (VMC).

Los valores obtenidos en el presente estudio son consistentes a los reportados por CIBNOR, 2016 para mayo, determinados con el mismo método acreditado y certificado; no obstante, difieren de los reportados por información proporcionada por el promovente obtenida del estudio: *Diagnóstico ambiental de los Puertos de Topolobampo y Mazatlán, Sinaloa., Guaymas, Sonora., Cabo San Lucas, Santa Rosalía y La Paz, Baja California Sur. 2017*, elaborado por la SEMAR para febrero de 2017, quienes reportan la presencia de Cd en concentraciones 1.61 y 0.68 mg/kg para muestras de sedimento tomadas cerca del área de estudio de interés delimitada en el presente trabajo (Tabla IV.30).

Desafortunadamente, en el caso del estudio elaborado por la SEMAR se desconoce el método empleado tanto para la toma de muestra como para la determinación de los metales impidiendo con ello una comparación sustentada.

El Cd es virtualmente tóxico para los organismos y es un elemento bioacumulable. Las principales vías de entrada del cadmio a los organismos son la inhalación y la ingestión. En este sentido es importante señalar que se ha observado que, en suelos incubados con Cd, éste se mantiene en solución, conservando su efecto tóxico y aumentando su posibilidad de ingesta (Barrow, 1998). Por su parte, Laegreid *et al*., (1999) señalan que la disponibilidad y movilidad del Cd en el sedimento depende del pH, la humedad, la materia orgánica, el tipo y cantidad de arcilla entre otros múltiples factores. Adicionalmente en sedimentos con

valores de pH>8 como es el agua de mar, el Cd fundamentalmente se encuentra en las fracciones asociadas a materia orgánica, óxido de Fe y Mn (Khalid et al., 1981).

Tabla IV.30. Metales pesados en sedimentos marinos. Tomada de: Diagnóstico de los Puertos de Topolobampo y Mazatlán, Sinaloa., Guaymas, Sonora., Cabo San Lucas, Santa Rosalía y La Paz, Baja California Sur. 2017. Todos los datos corresponden a febrero de 2017.

No. EST	LATITUD	LONGITUD	REFERENCIA CONTINENTAL	Cu (mg·kg-1)	Pb (mg·kg-1)	Cd (mg·kg-1)	Zn (mg·kg-1)	Cr (mg·kg-1)	Fe (mg·kg-1)
1	25° 39'30"	108°56'45"	LOS RIELES	11.49	1.25	1.29	48.16	10.62	15637.54
2	25° 39' 03"	109°00' 30"	PAREDONES	23.66	15.77	1.02	65.25	18.19	21559.14
3	25° 37' 36"	109°01' 23"	ESTERO MAPAHUI	31.96	10.46	1.96	73.24	16.99	22175.09
4	25° 36' 16"	109° 02' 12"	OHUIRA BAY	12.77	N.D.	1.61	18.57	7.57	5095.03
5	25° 36' 06"	108° 58' 35"	LÁZARO CÁRDENAS	24.54	7.45	1.28	70.48	22.44	24031.67
6	25° 35' 56"	109° 02' 36"	PEMEX-C.F.E.	25.61	7.6	1.07	80.68	25.89	26800.21
7	25° 35' 50"	109° 03' 03"	MALECÓN	13.43	5.3	0.68	53.71	17.45	18502.15
8	25° 34' 40"	109° 03' 35"	MUELLE API	26.27	12.44	1.13	79.2	23.7	23856.22
9	25° 35' 16"	109° 03' 52"	FRENTE A NAVTOP	15.62	2.62	1.48	57.33	16.79	16950.01
10	25° 36' 09"	109° 03' 32"	CETMAR	7.7	1.47	1.04	44.9	8.34	10812.36
11	25° 33' 20"	109° 05' 02"	PUNTA PRIETA	6.87	0.96	0.83	27.4	7.59	13456.55
12	25° 34' 38"	109° 07' 10"	MAVIRI	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.
13	25° 33' 36"	109° 08' 57"	PUNTA SANTA MARÍA	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.	N.M.
14	25° 38' 30"	109° 11' 21"	ESTERO EL CIALI	22.5	5.65	0.95	61.64	11.3	17918.05
15	25° 39' 53"	109° 12' 42"	ESTERO BUENAVENTURA	1.17	N.D.	0.23	19.01	4.29	7205.73
			MÍNIMO	1.17	N.D.	0.23	18.57	4.29	5095.03
			MÁXIMO	31.96	15.77	1.96	80.68	25.89	26800.21
			PROMEDIO	17.2	6.45	1.12	53.81	14.7	17230.75

N.M. No Monitoreado

Cobre. El Cobre (Cu) puede estar presente como precipitado insoluble (hidróxido, fosfato o sulfito) o adsorbido en material particulado. Alternativamente, puede ser adsorbido por los sedimentos de fondo o existir como partículas asentadas. Las concentraciones relativas de cada una de estas formas dependen del número de parámetros químicos, incluyendo el pH, la salinidad, la alcalinidad, la presencia de ligandos orgánicos, aniones inorgánicos y otros iones. El cobre puede ser liberado en el ambiente tanto por actividades humanas como por procesos naturales. Ejemplo de fuentes naturales son las tormentas de polvo, descomposición de la vegetación, incendios forestales y aerosoles marinos. Otros ejemplos son la minería, la producción de metal, la producción de madera y la producción de fertilizantes fosfatados.

En la Figura IV.72 se muestran los valores obtenidos para el presente trabajo. Los valores fluctuaron desde no detectados (ND-ausencia de barra en el gráfico-) hasta 17.47 mg/kg en el nivel tres de punto S-1. El valor promedio es de 8.05 mg/kg. A pesar de que los valores se encuentran dentro de los intervalos reportados en otros estudios (Rodríguez-Mata, 2007), de acuerdo con Sadiq, (1992) un suelo con concentraciones >10mg/kg de Cu es un suelo contaminado, sin embargo y como se abundara más adelante, en México no hay normas oficiales específicas para ello.

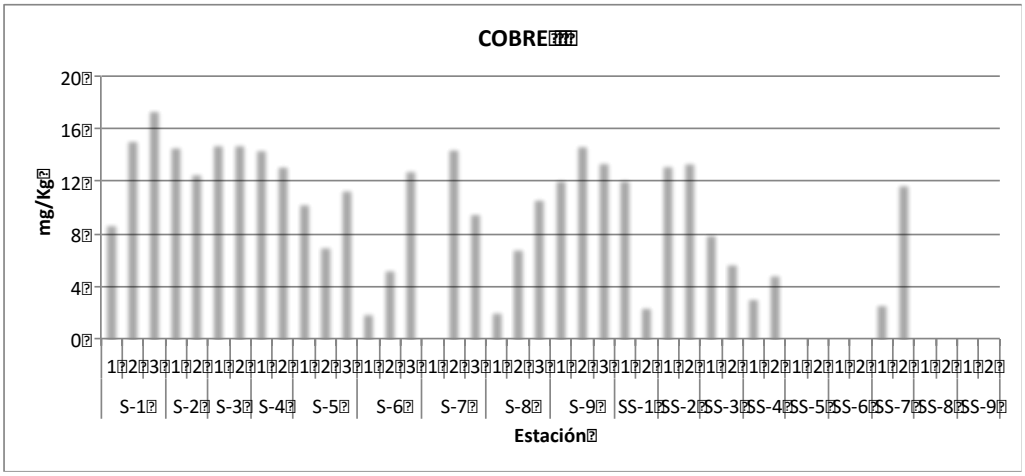


Figura IV.72. Concentración de Cobre en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Como se puede observar en la Figura IV.74, el cobre se encuentra principalmente en la zona somera, a lo largo de la zona de dragado para el canal auxiliar. Los valores encontrados en el 2016 (Figura IV.73) son consistentes con estos resultados, ya que presentan valores bajos para las zonas más profundas.

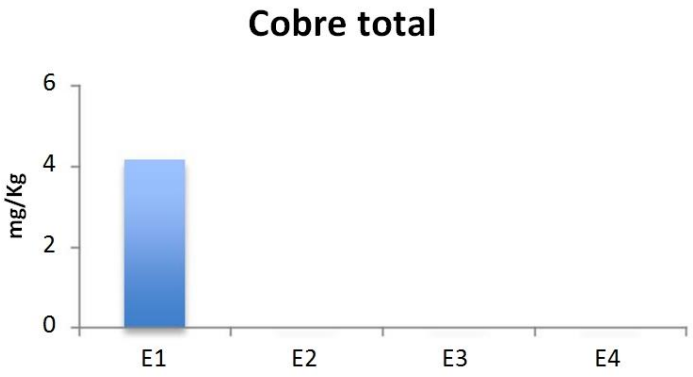


Figura IV.73. Concentración de cobre total en muestras de sedimento marino de Bahía Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016).

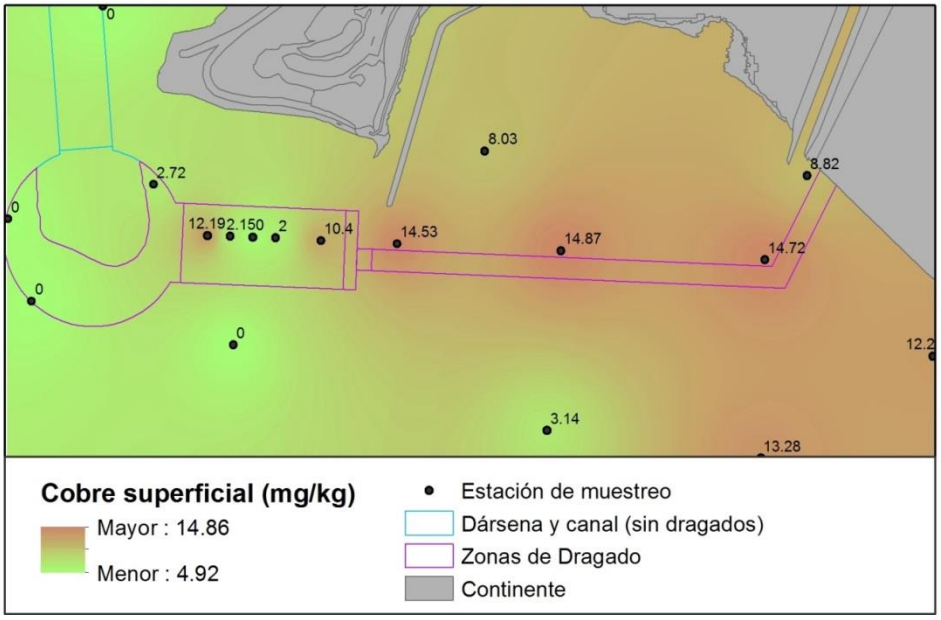


Figura IV.74. Concentración de cobre superficial (mg/kg) en muestras de sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

Cromo. El Cromo (Cr) es muy abundante en la superficie terrestre y es considerado como potencialmente tóxico para los organismos marinos y tiene efectos nocivos en seres humanos, en los cuales se le ha relacionado con cáncer. Por la fácil acomplejación de los compuestos orgánicos con el Cr en el estado de oxidación III puede fácilmente asociarse con partículas finas del sedimente especialmente de materia orgánica (Nriagu y Nieboer, 1988; Sadiq, 1992).

En la Figura IV.75 se muestran los valores obtenidos para el presente estudio, los valores fluctuaron desde los no detectados (ND-ausencia de barra en el gráfico-) hasta los 10. 82 mg/kg con un promedio de 5.47 mg/kg. Estos valores son muy cercanos a los reportados por Rodríguez-Mata, (2007) para la zona marino-costera de Cumaná, Venezuela y aún por debajo de los valores umbrales (20 mg/kg) propuestos por Sadiq (1992) para suelos contaminados. En las estaciones monitoreadas en 2016 sólo la estación E1 tuvo un valor mayor a los encontrados en este muestreo, mientras que las demás estaciones presentan valores similares a los actuales (Figura IV.75).

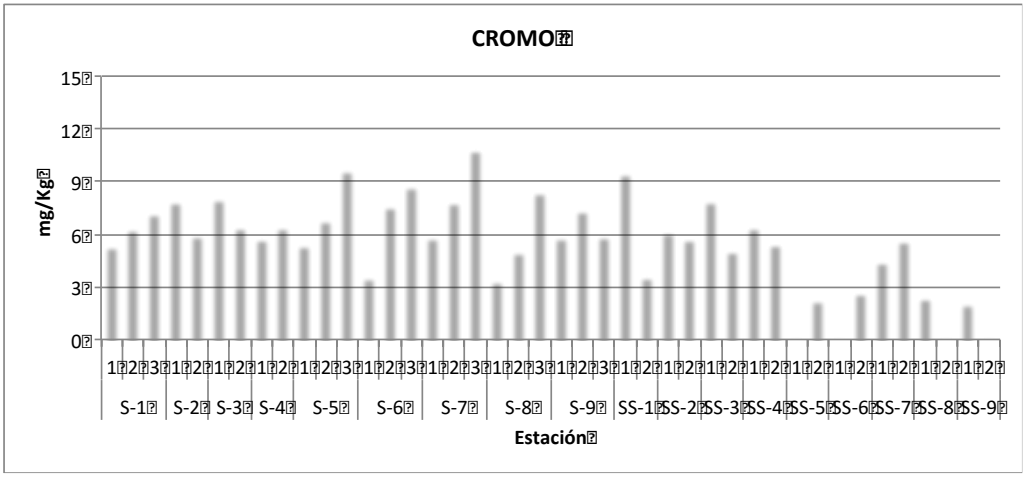


Figura IV.75. Concentración de Cromo en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

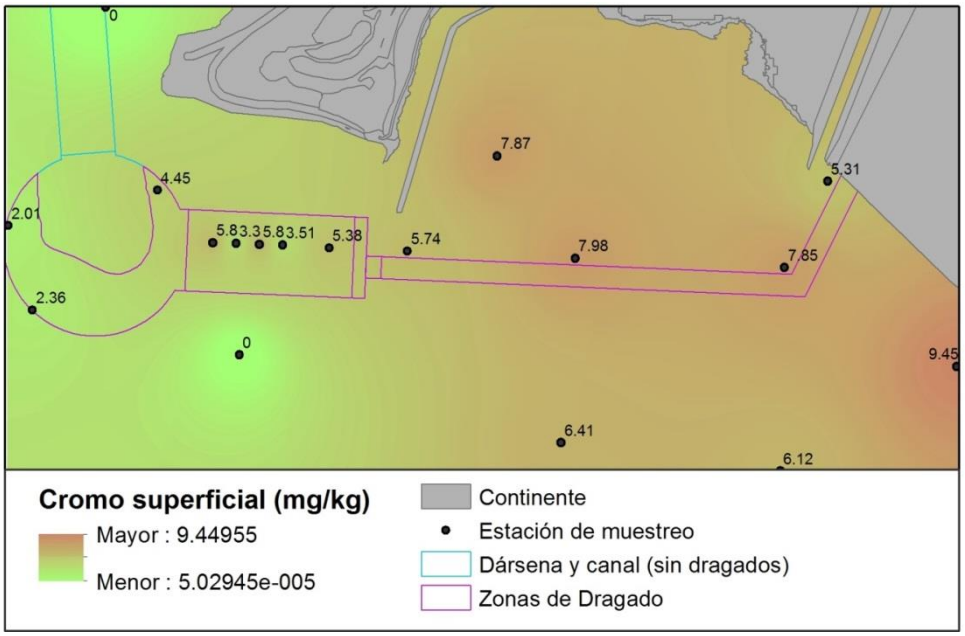


Figura IV.76. Concentración de cromo superficial (mg/kg) en muestras de sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

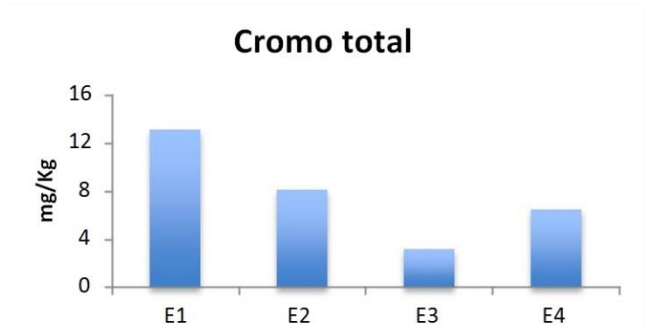


Figura IV.77. Concentración de cromo total en muestras de sedimento marino de Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016).

Níquel. El Níquel (Ni) es principalmente empleado en aleaciones particularmente con elementos que son susceptibles de corrosión como el hierro y el acero. También es aprovechado como óxido de Ni-Zn, para estabilizar la solución ácida de Pb en las baterías y en las últimas décadas ha sido incorporado en la producción de fertilizantes de fosfato con fines agrícolas.

En la Figura IV.78 se grafican los resultados obtenidos para este trabajo, como se puede apreciar los valores toman un intervalo desde no detectado (ND-ausencia de barra en el gráfico-) hasta una concentración de 7.45 mg/kg en el nivel 3 del punto S-7. El valor promedio es de 3,42 mg/kg y está por debajo de los reportados por Rodríguez-Mata, (2007; valor promedio de 10.53 mg/kg y máximo de 43.36 mg/kg) para la zona marino-costera de Cumaná, Venezuela así como por debajo de los valores umbrales (10 mg/kg) propuestos por Sadiq (1992) para suelos contaminados.

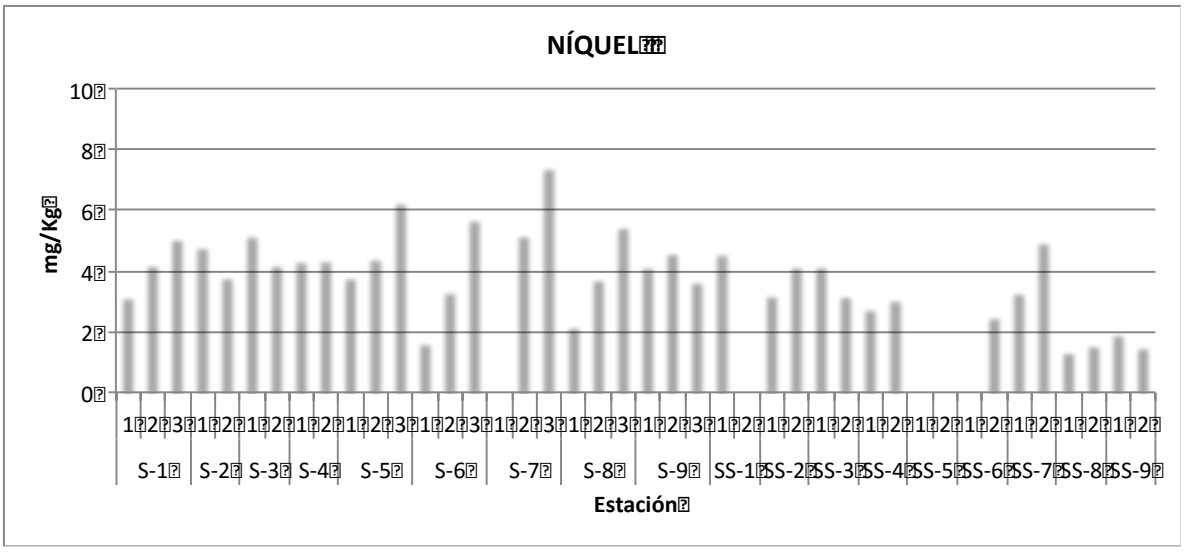


Figura IV.78. Concentración de Níquel en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

En el 2016, en la Estación E1 se encontró un valor por debajo de 10 mg/kg, mientras que en el resto de las estaciones este metal estuvo ausente. Todas estas muestras eran superficiales.

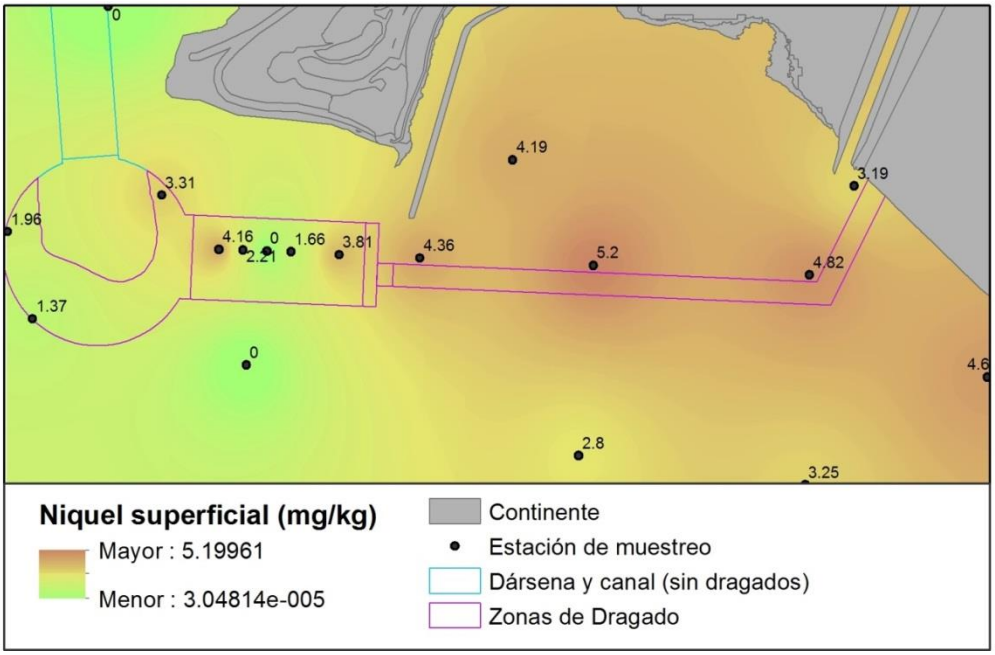


Figura IV.79. Concentración de níquel superficial (mg/kg) en muestras de sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

Plomo. Si bien el Plomo (Pb) es un elemento frecuente en la litosfera, puede encontrarse en forma de sulfuros, carbonatos o sulfatos de plomo, la principal fuente de Pb como contaminante es derivado de acciones antropogénicas. El Pb es un material de muy poca movilidad y tiende a adsorberse por el material arcilloso y materia orgánica y tiene un rol importante en los estudios de contaminación debido a su alta toxicidad en humanos, en quienes puede causar desórdenes metabólicos y neuropsicológicos (Sadiq, 1992).

En la Figura IV.80 se muestran los resultados obtenidos para el presente trabajo. El Intervalo fue desde no detectado (ND -ausencia de barra en el gráfico-) hasta 11.17 mg/kg con un valor promedio de 5.49 mg/kg nuevamente muy cercanos a los reportados por Rodríguez-Mata, (2007) sin embargo, nuevamente por encima de los valores umbrales propuestos por Sadiq, (1992) de 5 mg/kg.

Como podemos ver en la Figura IV.81, este metal muestra una distribución similar a los demás que se encuentran en la zona somera cerca de la orilla, pero con menores concentraciones en dirección a la entrada de la laguna. Los valores encontrados en el 2016 (CIBNOR, 2016) se encuentran en el mismo rango (Figura IV.82).

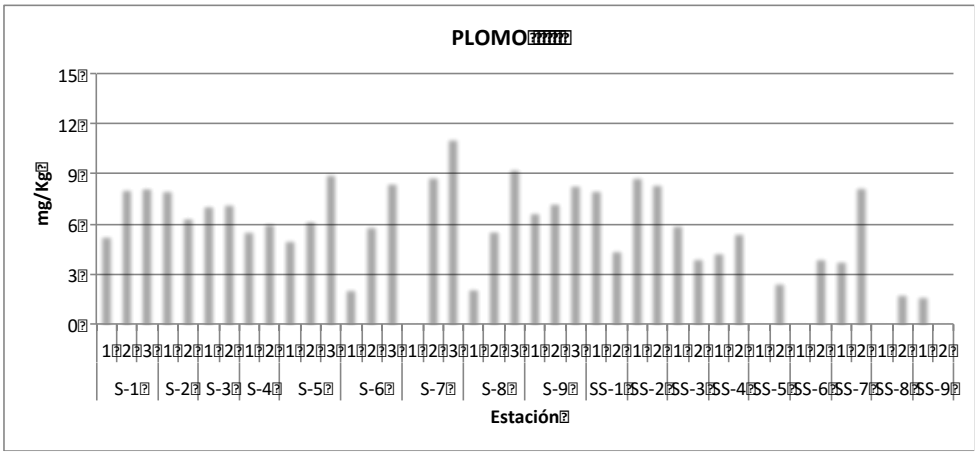


Figura IV.80. Concentración de Plomo en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

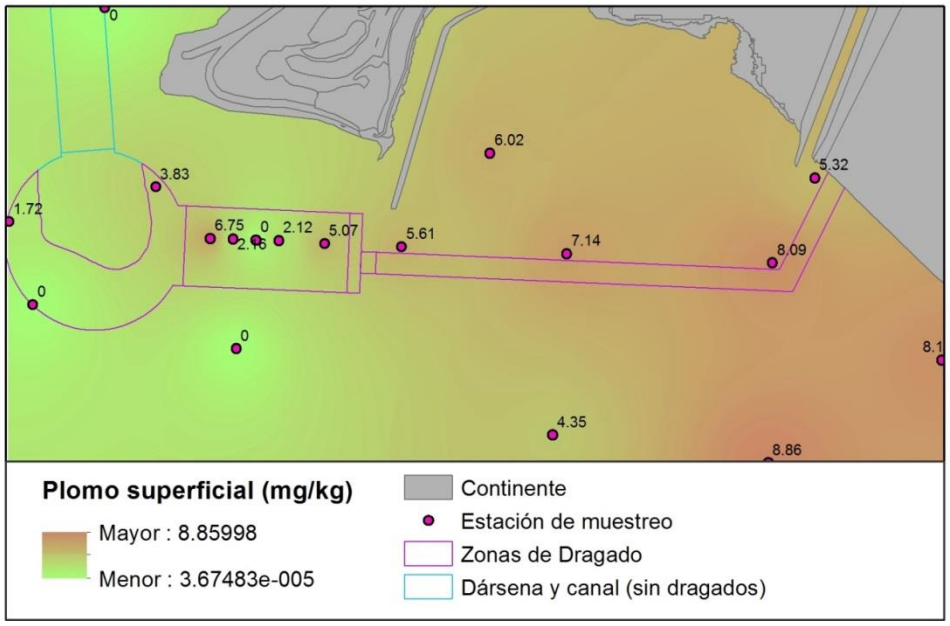


Figura IV.81. Concentración de plomo (mg/kg) en muestras de sedimento de la Bahía de Ohuira, en Topolobampo.

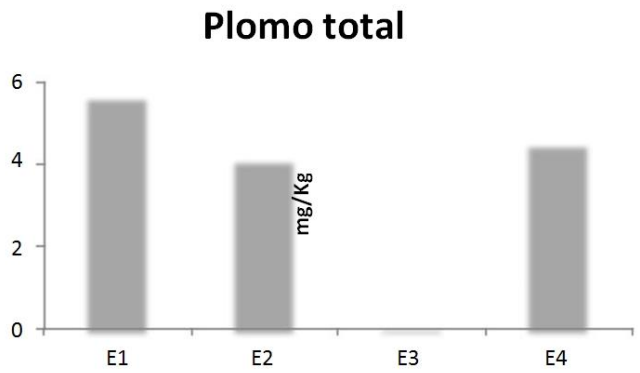


Figura IV.82. Concentración de plomo total en muestras de sedimento marino de Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016).

Zinc. El Zinc (Zn) generalmente se encuentra en la naturaleza formando sulfuros, carbonatos, silicatos y óxidos y es un micronutriente para los organismos acuáticos siendo necesario en la síntesis de proteínas y procesos hormonales (Deuel y Holliday, 1997). Es un metal contaminante muy común en los sedimentos, la principal fuente de este metal a la zona costera la constituyen las actividades antropogénicas. Este metal llega a la región marina por los efluentes de las descargas domésticas y por deposición atmosférica. Así, las elevadas acumulaciones de Zn por procesos de bioacumulación decrecen al entrar en la cadena alimenticia (Bishop, 1983).

En la Figura IV.83 se muestran los valores obtenidos para este estudio, como puede apreciarse a diferencia de los elementos anteriores, el Zn fue detectado en el 100% de las muestras, con un valor promedio de 25.53 mg/kg y valores de 11.22 mg/kg y 40.53 mg/kg como mínimo y máximo respectivamente. Este elemente tiene un valor de umbral propuesto de 110 mg/kg (Sadiq, 1992) por lo que los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran todos muy por debajo. También se encuentran por debajo de los valores umbral considerados por OSPAR (2009).

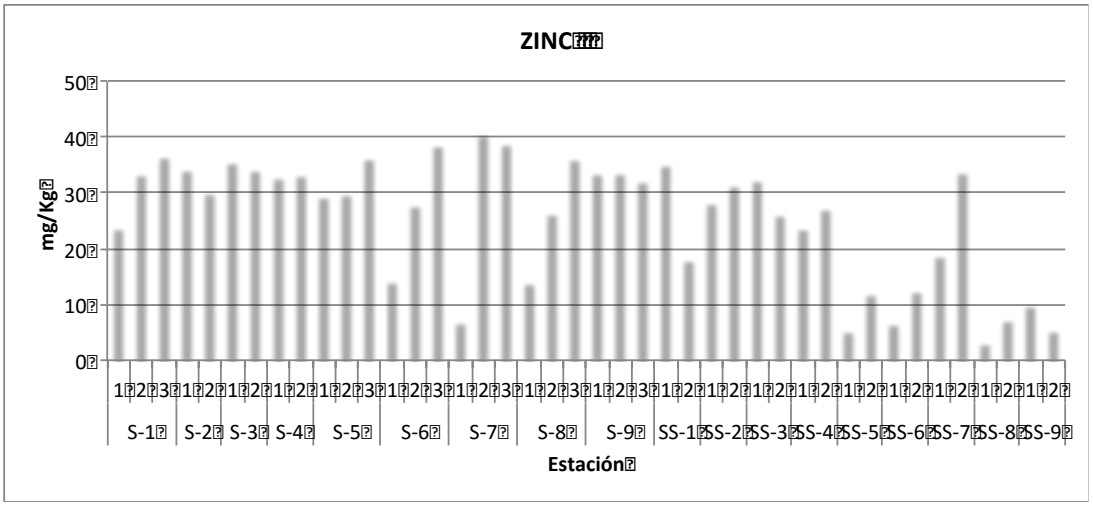


Figura IV.83. Concentración de Zinc en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

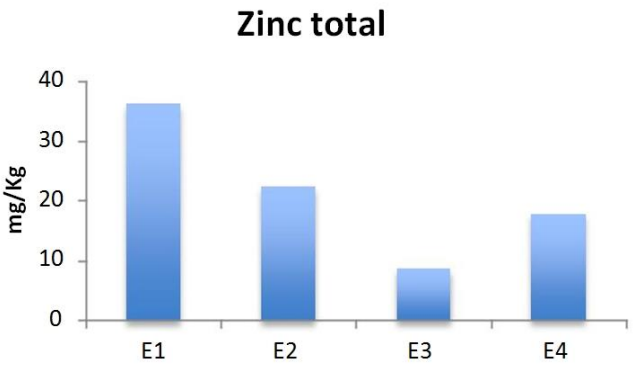


Figura IV.84. Concentración de zinc total en muestras de sedimento marino de Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016).

Mercurio. El mercurio (Hg) habitualmente no se encuentra en el medio de manera natural, por lo que su presencia significa contaminación de carácter antropogénico (Marrugo, et al., 2006), de todos los metales descritos es el que se considera como el más tóxico tanto para el medio marino como para el hombre. La principal fuente de contaminación por Hg se considera el uso de pesticidas mercuriales, en las zonas agrícolas, pero también es derivado de industrias mineras y químicas.

En la Figura IV.85 se muestran los resultados obtenidos para el presente estudio, en el 96.7% de los casos el Hg no fue detectado (ND –ausencia de barra en el gráfico-) y solo en el 3.3% (dos muestras) se obtuvieron valores de 0.039 y 0.04 mg/kg en el nivel 3 del punto S-6 y nivel 2 del punto S-7 respectivamente. Estos puntos se encuentran en la zona a dragar para las dársenas, aunque por ser muestras profundas, se trataría de depositación natural y no de contaminación antropogénica.

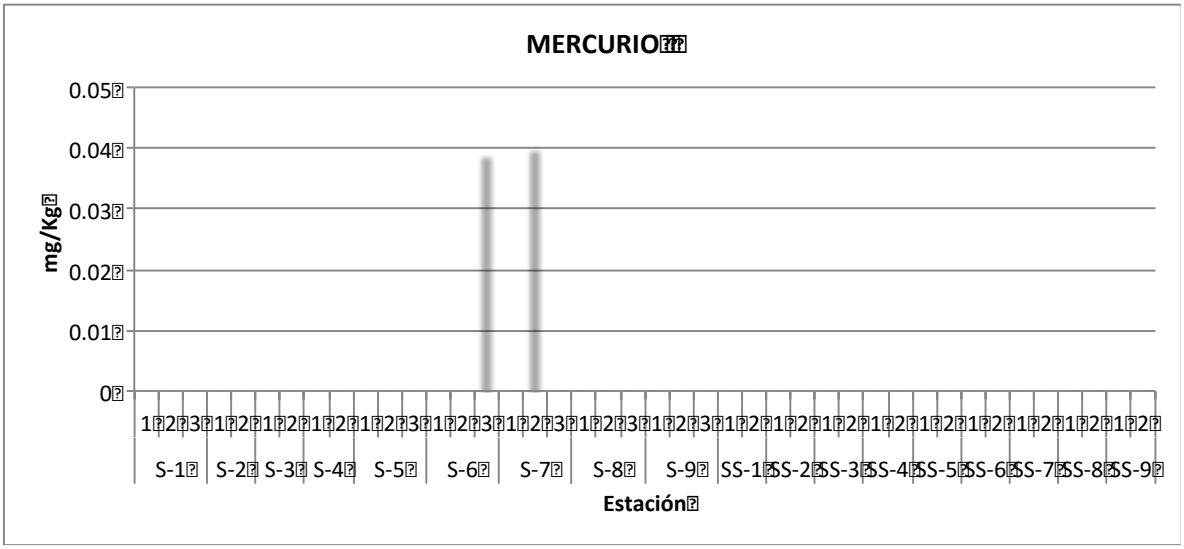


Figura IV.85. Concentración de Mercurio en muestras de sedimento de Bahía de Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018.

Los valores obtenidos en el presente estudio están muy por debajo de los reportados por Herrera-Núñez *et al*., (2012) quienes mencionan intervalos de 194±10 a 307±10 mg/kg para muestras de sedimento del río Pirro en Heredia, Costa Rica. Ambos valores se encuentran por abajo del límite umbral inferior considerado por OSPAR (2009).

Normativa Mexicana referente a la concentración de metales pesados en sedimentos.

En México no existen normativas específicas que regulen la calidad de la matriz sedimentaria en cuanto a los límites permitidos de metales pesados y compuestos orgánicos. La Normatividad existente en México relacionada con concentraciones de metales pesados es la siguiente:

- NOM-001-SEMARNAT: descargas de aguas residuales a cuerpos de agua (y suelos bajo riego)
- NOM-002-SEMARNAT: descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado y municipales.
- NOM-004-SEMARNAT: Especificaciones de lodos y biosólidos.
- NOM-087-ECOL-SSA1-2002 (Residuos peligrosos; clasificación y manejo).
- NOM-147-SEMARNAT/SSA: Criterios para remediar sitios contaminados.

En particular la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, cuya actualización no ha sido emitida y por defecto se continúan utilizando su valores de referencia señala valores umbrales muy altos (Tabla IV.31).

Tabla IV.31. Concentraciones umbrales de límites máximos permisibles para remediación de suelos contaminados. Con base en los criterios establecidos de la NOM-147-SEMARNAT SSA1-2004

Contaminante	Uso Agrícola/residencial/ comercial (mg/kg)	Uso industrial (mg/kg)
Arsénico	22	260
Bario	5400	67000
Berilio	150	1900
Cadmio	37	450
Cromo Hexavalente	280	510
Mercurio	23	310
Níquel	1600	20000
Plata	390	5100
Plomo	400	800
Selenio	390	5100
Talio	5,2	67
Vanadio	78	1000

Estos valores rebasan significativamente los valores de referencia internacionales para concentraciones de contenidos totales en suelo (Tabla IV.32), no obstante los resultados obtenidos en este estudio revelan valores promedio por debajo de los valores umbrales establecidos en todas las referencias mencionadas.

Tabla IV.32. Comparación entre los valores promedio obtenidos en este estudio con los valores umbrales de referencia nacionales e internacionales para contenido total de metales pesados en suelos o sedimentos.

Criterios		Contaminante (mg/kg)							
		As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
ESTE ESTUDIO[P]		0.17	ND	5.47	8.05	0.0018	3.42	5.49	25
ESTE ESTUDIO[M]		7.29	ND	10.82	17.47	0.04	7.45	11.17	40.53
NOM		22	37	280	-	23	1600	400	-
NOAA	ERL	8.2	1.2	81	34	0.15	20.9	46.7	150
	ERM	70	9.6	370	270	0.71	516	218	410
OSPAR	BAC	-	0.31	-	-	0.07	-	38	-
	ERL	-	1.2	-	-	0.15	-	47	-

[P] Valor promedio
[M] Valor máximo
NOM: Norma Oficial Mexicana-147-SEMARNAT/SSA1-2004, que establece criterios para determinar suelos contaminados por metales.
NOAA: Administración Oceanográfica y Atmosférica de los Estados Unidos de América (por sus siglas en inglés, *National Oceanic and Atmospheric Administration*), Guías de calidad de sedimentos (*Sediment Quality Guidelines developed for the National Status and Trends Program*); ERL y ERM se refieren al rango de efectos en valores Bajo y Medio, respectivamente.
OSPAR COMMISSION, 2009. Serie de Sustancias Peligrosas. Taller sobre la evaluación y actualización de las concentraciones de referencia (B/CR), criterios de evaluación ecotoxicológica (EAC), evaluación de los contaminantes en el agua, los sedimentos y la biota y Agreement on CEMP Assessment Criteria for the QSR 2010.

Es importante señalar que los criterios de calidad de sedimentos no se han establecido como criterios o estándares legales. Tampoco son objetivos de limpieza o remediación, ni metas en los niveles de descarga. Los criterios no se conciben como criterios de aprobación o negación al decidir acerca de la disposición del material de dragado o para cualquier otro fin reglamentario. Su uso es como directivas informales (no reglamentarias) para su uso en la interpretación de datos químicos a partir de análisis de sedimentos.

Concentración de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (policíclicos) totales en sedimentos. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son compuestos orgánicos derivados de la combustión de material orgánico, principalmente, contienen al menos dos anillos aromáticos; 16 de ellos son denominados “contaminantes prioritarios” por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos debido a su amplia distribución en el ambiente y por sus propiedades mutagénicas, carcinogénicas y teratogénicas (Zhang *et al*., 2006; Morrillo *et al*., 2008).

Los HAPs emitidos a la atmósfera por diversas actividades antrópicas pueden estar presentes en la fase gaseosa o asociados a partículas y a través de las corrientes de aire se favorece su dispersión a grandes distancias, por lo que se han detectado en agua y suelo en sitios alejados de la fuente que los generó (Agarwal, 2009).

Las propiedades físicas y químicas de los HAPs de bajo peso molecular (dos a tres anillos aromáticos) hacen de ellos candidatos ideales para su dispersión a través de la atmósfera (Daly *et al*. 2007). En cambio, los HAPs de mayor peso molecular (cuatro a siete anillos aromáticos), tienen mayor afinidad por el material particulado como cenizas y con la materia orgánica del suelo siendo más persistentes en el ambiente (Ma *et al*. 2005; Cai et al. 2008; Maliszewska *et al*. 2009; Ortiz-Salinas *et al*., 2011).

En México no existen normativas que regulen la calidad de la matriz sedimentaria en cuanto a los límites permitidos de metales pesados y compuestos orgánicos. Por ello se han utilizaron criterios internacionales de calidad de los sedimentos (NOAA, 1997; Long y MacDonald, 1998; Long et al., 1998; TTLC, 1999) para evaluar la contaminación. González-Lozano, et al., 2006, sugieren que sus resultados pueden proponerse como niveles típicos de zonas portuarias a considerar para autorización de actividades de dragado en la dársena, zona de muelles y canales de navegación.

Tabla IV.33. Resultados de las determinaciones para Hidrocarburos poliaromáticos (HPAs) en muestras de sedimento de Bahía Ohuira en Topolobampo, Sinaloa tomadas en noviembre de 2018. Se incluye el límite de cuantificación (LDC) del método.

HAP	Valor	Muestra	LDC
ACENAFTENO (83-32-9)	ND	En el 100% de las muestras	0.0109
ACENAFTILENO (208-96-8)	ND	En el 100% de las muestras	0.0159
ANTRACENO (120-12-7)	ND	En el 100% de las muestras	0.0141
BENZO(A)ANTRACENO (56-55-3)	ND	En el 100% de las muestras	0.0086
BENZO(A)PIRENO (50-32-8)	ND	En el 100% de las muestras	0.0122
BENZO(B)FLUORANTENO (205-99-2)	ND	En el 100% de las muestras	0.0119
BENZO(G,H,I)PERILENO (191-24-2)	ND	En el 100% de las muestras	0.0126
BENZO(K)FLUORANTENO (207-08-9)	ND	En el 100% de las muestras	0.0099
CRISENO (218-01-9)	ND	En el 100% de las muestras	0.0175
DIBENZO (A,H) ANTRACENO(53-70-3)	ND	En el 100% de las muestras	0.011
FENANTRENO (85-01-8)	ND	En el 100% de las muestras	0.0153
FLUORANTENO (206-44-0)	ND	En el 100% de las muestras	0.0136
FLUORENO (86-73-7)	ND	En el 100% de las muestras	0.0179
INDEN0(1,2,3,C-D)PIRENO (193-39-5)	ND	En el 100% de las muestras	0,014
NAFTALENO (91-20-3)	ND	En el 100% de las muestras	0.0108
PIRENO (129-00-0)	ND	En el 100% de las muestras	0.0146

Por otro lado, las lagunas costeras tropicales se caracterizan por mantener una alta producción primaria durante todo el año, para lo cual necesitan aporte constante de nutrientes, que son proporcionados en su mayor parte por los ríos que acarrean elementos esenciales provenientes del continente y, en forma paralela, por los sedimentos que, tanto en época de lluvias como de sequía, son una fuente permanente de ellos (Mee, 1979). Adicionalmente, el conocimiento de las tasas de transformación de la materia orgánica en inorgánica permite saber si existe un equilibrio entre la entrada y la salida de material orgánico. Cuando la comunidad bacteriana del sedimento no es capaz de mineralizar toda la materia orgánica depositada, ésta se va acumulando y surgen condiciones de anoxia y eutrofización de las aguas, que conllevan otros problemas.

IV.10.4.4 Resumen de los análisis realizado por CIBNOR en 2016.

En la Tabla IV.34 se muestran todos los parámetros analizados por CIBNOR en 2016 en muestras de cuatro estaciones en la Bahía de Ohuira y cuya concentración fue tan baja que no fue detectada en los análisis para ninguna de las muestras analizadas. Desataca la ausencia de mercurio y cadmio dentro de la categoría de metales pesados; la ausencia de bacterias (coliformes fecales); la ausencia de todos los hidrocarburos poliaromáticos (HPAs); y la ausencia de todos plaguicidas clorados y fosforados analizados.

Tabla IV.34. Parámetros analizados que no fueron detectados en ninguna de las estaciones en Bahía de Ohuira durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016).

Parámetro	Resultado	Parámetro	Resultado
Metales Pesados		Plaguicidas clorados continúa	
Cadmio total	ND	Mirex	ND
Mercurio total	ND	Pendimetalina	ND
Bacterias		Simazina	ND
Coliformes fecales	ND	Terbutilazina	ND
Digestión ácida horno M.O.	Realizada	Toxafeno	ND
HPAs		Trifluralin	ND
Benzo(A)Antraceno	ND	Plaguicidas fosforados	
Benzo(B)Fluoranteno	ND	Bolstar	ND
Benzo(K)Fluoranteno	ND	Bromacil	ND
Benzo(A)Pireno	ND	Clorpirifos	ND
Dibenzo(A,H)Antraceno	ND	Coumafos	ND
Extracción de HPAS (MS)	Realizada	Diclorvos	ND
Indeno (1,2,3,C-D)Pireno	ND	Demeton-s	ND
Plaguicidas clorados		Diazinon	ND
Alfa endosulfan	ND	Dimetoato	ND
Alacloro	ND	Epn	ND
Aldrin	ND	Etoprop	ND
Atrazina	ND	Ext. de plaguicidas fosforados	Realizada
Beta Endosulfan	ND	Fensulfotion	ND
BHC(Alfa, Beta y Delta)	ND	Fention	ND
Cyanazina	ND	Forato	ND
Clordano	ND	Fenitrotion	ND
Delta-BHC	ND	Malation	ND
DDD	ND	Metribuzin	ND
DDE	ND	Metilazinfos (guthion)	ND
DDT	ND	Merfos	ND
Dieldrin	ND	Mevinfos	ND
Deltametrina	ND	Molinato	ND
Endrin Aldehido	ND	Metilparation	ND
Endrin Cetona	ND	Paration	ND
Endosulfan Sulfato	ND	Piriproxifen	ND
Endrin	ND	Ronnel	ND
Ext. de plaguicidas clorados	Realizada	Sulfotep	ND
Heptacloro	ND	Trialato	ND
Heptacloro epóxido	ND	Triclorfon	ND
Hexaclorobenceno	ND	Terbufos	ND
GAMA-BCH (Lindano)	ND	Tokution	ND
Metolaclor	ND	Tricloronato	ND
Metoxicloro	ND		
ND = No Detectado			

Respecto al resto de los metales analizados, el arsénico, el plomo, el níquel y el cobre estuvieron por debajo de los 10 mg/kg siendo los dos últimos detectados únicamente en la estación E1, mientras que el plomo no fue detectado en la estación E3.

El cromo mostró valores entre los 3.2 y los 13.6 mg/kg; y el zinc fue el elemento que mostró los valores más altos teniendo una concentración mínima de 8.66 en la estación E3 y máxima de 36.24 en la estación E1. Cabe señalar que se observó el mismo patrón de

concentración relativa de los elementos arsénico, cromo y zinc encontrando siempre las mayores concentraciones en la estación E1, seguida de E2, E4 y finalmente E3.

Salvo por la concentración de coliformes, estos resultados son consistentes con los resultados obtenidos en 2018 en la zona.

IV.10.5 Conclusiones y Recomendaciones.

Para el proyecto de la terminal portuaria se consideraron diversa opciones de gestión, incluyendo: la minimización del dragado; la maximización de la reutilización beneficiosa del material de dragado no contaminado y la creación de instalaciones recreativas (centro deportivo GPO). A pesar de haberse ya considerado las opciones beneficiosas, es necesario disponer de un gran volumen de material de dragado no contaminado en un área terrestre, sin vertimientos al mar. De acuerdo con los análisis realizados al sedimento podemos concluir lo siguiente:

- En México no existen criterios reglamentarios ni estándares de calidad del agua aplicables a los sedimentos marinos de forma similar a los criterios de calidad del agua. Sin embargo, al comparar los resultados de los sedimentos del área de interés con diversos criterios como los propuestos por la NOAA (1999) y OSPAR (2009), se determinó que los sedimentos cerca de la entrada de la Bahía de Ohuira están relativamente limpios, sin evidencias claras de la influencia antropogénica concentrada en el puerto en la Bahía de Topolobampo o de las descargas en los esteros de la laguna.

- Para la zona cercana a la entrada de la Bahía de Ohuira, ni los metales pesados, los plaguicidas o los hidrocarburos están en niveles que puedan representar una preocupación potencial.

- La zona ubicada cerca de la entrada de la Bahía de Ohuira, donde se construirá la terminal, está constituida por sedimentos no contaminados, sin embargo la capa superficial presentó contaminación por coliformes, aunque al parecer su presencia no es constante.

- La zona del proyecto de la terminal portuaria está constituida por material no consolidado, con capas de sedimentos geológicamente inalterados.

- Los sedimentos a dragar presentan bajo porcentaje de sedimentos arcillosos, lo cual es quizás atribuible a la ubicación del sitio en relación con las corrientes de marea más veloces, cerca de la boca.

- Los sedimentos en el fondo de puertos y canales costeros cercanos a centros altamente poblados e industrializados pueden contaminarse con metales pesados, hidrocarburos clorinados, petróleo, hidrocarburos y otros compuestos químicos, pero en la zona del canal de acceso, frente a la terminal de PEMEX no se presentó este tipo de contaminación.

- Aunque el dragando en áreas portuarias e industriales frecuentemente libera contaminantes a la columna de agua, de acuerdo con el análisis de los sedimentos realizado en las áreas a dragar para el proyecto de la terminal portuaria, este no es uno de los impactos esperados.

- El contenido de metales pesados en los sedimentos superficiales y profundos se encuentra en rangos similares, lo que puede indicar que estos elementos probablemente tienen un origen natural, representando los niveles de fondo y no la contaminación antropogénica de la capa superior.

- Para los sedimentos a extraer no se requiere de eliminación confinada, ya que el material de dragado no está contaminado. En las zonas de tiro no se requerirán revestimientos u otras opciones de diseño de contención hidráulica para evitar la lixiviación de contaminantes hacia el terreno colindante y los drenes.

Por ser una terminal portuaria nueva, si se previene la contaminación desde las etapas iniciales posteriormente, cuando se realicen dragados de mantenimiento, se evitará la presencia de contaminantes como metales pesados, hidrocarburos o nutrientes, asociados a los sedimentos resuspendidos.

IV.11 Calidad del Agua en la Bahía de Ohuira.

IV.11.1 Antecedentes.

La calidad del agua en el sistema lagunar ha sido estudiada con anterioridad y la información existente indica que la calidad del ambiente se ha reducido por diversas causas, pero la productividad pesquera se ha mantenido (S.R.H., 1971; Hernández *et al*., 1992, 1995; Muhech y Orozco, 1994; Hernández y Escobedo, 1996).

Con el propósito de determinar el estado trófico del sistema lagunar y las condiciones que están influenciando la dinámica del fitoplancton en este sistema, Ayala Rodríguez (2008) realizó muestreos mensuales de variables físico-químicas y fitoplancton durante noviembre de 2004 a febrero de 2006 (Tabla IV.35). Los resultados de ese estudio revelaron diferentes respuestas para cada laguna, donde el estado trófico y los grupos fitoplanctónicos aparentemente estuvieron determinados por las características hidrodinámicas de cada laguna. El sistema en general presentó una limitación permanente por nitrógeno, lo que favoreció la dominancia del nanofitoplancton. La laguna Santa María mostró los valores más altos de eutrofización, seguido de Ohuira y Topolobampo.

Tabla IV.35. Valores de calidad del agua registrados para la Bahía de Ohuira, 2008.

Variable	Min	Max	Prom
Temperatura (°C)	18.50	33.20	26.23
Salinidad (ups)	30.00	38.70	34.18
pH	7.94	8.86	8.23
Oxígeno ($mg \cdot l^{-1}$)	7.05	14.31	8.30
Sat OD	81.37	236.53	127.41
SST ($mg \cdot l^{-1}$)	18.02	240.00	82.54
MOP ($mg \cdot l^{-1}$)	5.74	42.80	15.08
NID (µM)	0.41	10.59	2.78
NO_3 (µM)	0.03	8.57	1.08
NO_2 (µM)	0.01	2.55	0.39
NH_4 (µM)	0.04	4.36	1.51
PO_4 (µM)	0.19	2.81	1.04
SiO_3 (µM)	2.30	129.30	45.17
TRIX	5.04	6.95	6.13
Si:N	1.75	96.39	22.17
N:P	0.07	14.87	3.09
Cl a ($mg \cdot m^{-3}$)	1.74	47.01	10.78

La bahía de Ohuira registró un estado trófico más bajo, pero los altos tiempos de residencia del agua aparentemente favorecen el desarrollo de un mayor número de cianobacterias y dinoflagelados. En esta laguna se describió como notable la participación de cianobacterias que pueden fijar nitrógeno, lo que resulta ventajoso en ambientes limitados por nitrógeno al ser este grupo más competitivo que el resto de la comunidad. Se observó un menor grado de afectación en la laguna Topolobampo, la cual presenta los menores tiempos de residencia del agua y el menor grado de eutrofización, lo que refleja una menor relación con las actividades antropogénicas y una mayor respuesta a la dinámica regional estacional.

En muestreos realizados en 2010 y 2011 en una estación ubicada a 109° 02’ 58’’ O y 25° 36’ 42’’N, a un lado del canal de entrada de la termoeléctrica, Díaz Gaxiola (2012) reporta que la temperatura mínima medida fue de 17.8°C en enero de 2011 y la máxima fue de 29.9°C en agosto de 2010 con una media de 24.17°C con una DE ± 4.12. El registro más bajo de salinidad fue de 28‰ durante diciembre de 2010 y el más alto fue de 40‰ en junio de 2010 y febrero de 2011 con una media de 35.61‰ y DE ± 3.45. El valor de oxígeno disuelto más bajo se obtuvo en septiembre de 2010 con 1.31 mg/L y el más alto fue de 7.05 mg/L registrado en marzo de 2010 con media de 3.91 y DE ± 1.79.

Entre los factores que pueden causar degradación en la calidad del agua se encuentran la gran cantidad de descargas de aguas residuales incorporadas a la zona costera, entre las que destaca las de origen agrícola, ya que la agricultura se realiza en más de 200,000 ha en la zona continental adyacente, y que vierte sus aguas residuales sin tratamiento previo. Otras descargas también influyen en la calidad del agua del sitio, como lo son las de origen municipal y los aportes de la termoeléctrica y el muelle de PEMEX.

IV.11.2 Muestreo realizado por el CIBNOR.

En un muestreo realizado por el CIBNOR en marzo de 2016, en 8 estaciones ubicadas en la Bahía de Ohuira, se obtuvo una caracterización puntual de las propiedades fisicoquímicas de las masas de agua (Figura IV.86). Los resultados de las mediciones in situ mostraron una variación de temperatura de 1°C en el intervalo de 24.9° a 25.9°C, presentando este incremento de este a oeste; en lo que se refiera a la salinidad, se registró una variación de 2 PSU, teniendo en la boca valores de 31.7 PSU y en la parte más alejada 28.9 PSU. La concentración promedio de clorofila a en la zona, determinada de manera

indirecta a través del sensor de fluorometría, presentaron el mismo patrón de distribución que la salinidad, una mayor concentración en la boca y un descenso hacia el centro de la bahía con un intervalo entre 1.6 y 4.4 µg/L.

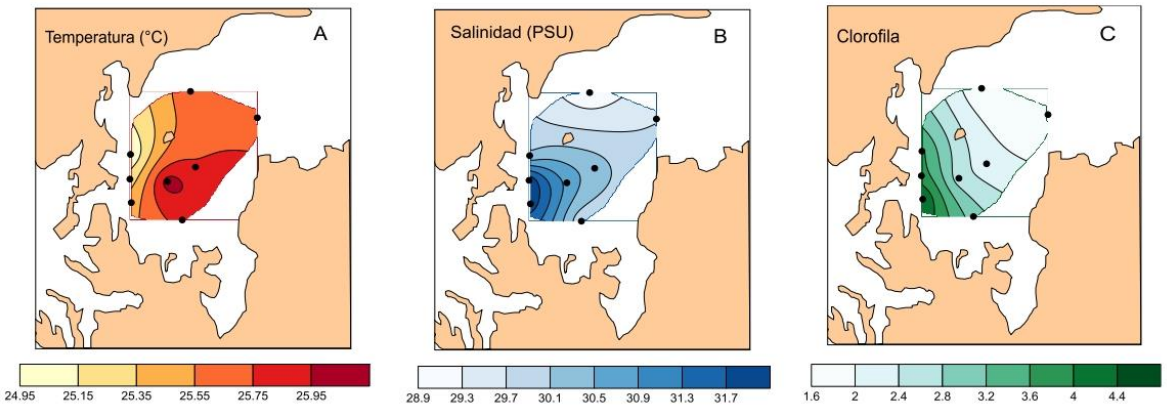


Figura IV.86. Distribución espacial temperatura (A); Salinidad (B) y Fluorescencia como indicador de Clorofila (C) en la Bahía de Ohuira, en marzo de 2016.

Para la Bahía de Ohuira se identifican dos temporadas a lo largo del año: una fría (noviembre a marzo) y una cálida (abril a octubre). La mayor variabilidad en el sistema lagunar se ha registrado durante abril, lo que representa un periodo de transición de la temporada fría a la cálida; y en octubre cuando se presenta la transición inversa (Ayala-Rodríguez, 2008).

El hecho de que la Bahía sea muy somera favorece marcadas variaciones de calentamiento o enfriamiento de la columna de agua en tiempo relativamente corto; y por lo tanto una respuesta rápida a los cambios estacionales de la irradiación solar (Morales-Soto et al., 2000).

En lo que respecta a la salinidad para Bahía de Ohuira, Ayala-Rodríguez (2008) reporta un comportamiento de estuario positivo y menciona que durante el periodo de invierno-primavera se aprecia la influencia de las aguas residuales asociadas a las tareas de fertilización-irrigación, por lo que a pesar de ser una laguna somera se observan durante este periodo los valores más bajos de salinidad de todo el sistema con concentraciones debajo de las 35 ups.

Ambas variables en conjunto con otros factores como la condición reportada en la literatura del vertimiento de aguas residuales asociadas a las tareas de fertilización-irrigación juegan

un papel importante en la sucesión estacional de las comunidades fitoplanctónicas que puede traducirse en cambios de concentración de clorofila a, que suelen ser altas en este periodo.

El oxígeno disuelto (mg/L) mostró un núcleo de mayor concentración parte central del área prospectada, con valores bajos cercanos a la costa (Figura IV.87 A). Mientras que la variabilidad del pH fue mínima (7.23-7.38) pero mantuvo el patrón observado con el oxígeno disuelto, presentando un núcleo en la parte central y en los extremos una baja en los valores (Figura IV.87 B).

Con respecto a la densidad se observó una distribución de la concentración de sur a norte, teniendo mayores valores cercanos a la boca de la bahía y menores a medida que se internaba en la bahía (Figura IV.87 C).

Finalmente para turbidez que mide la falta de transparencia del agua debida a la presencia de partículas en suspensión y que es considerada una buena medida de la calidad del agua ya que cuanto más turbia, menor será su calidad, se observó que este parámetro fue el que presentó mayor variación de 6 a 17 (NTU; Unidades de Turbidez Nefelométricas), teniendo que la mayor concentración se registró aledaña a la zona de inundación, la cual fue decreciendo hacia el centro y mostrando un ligero incremento hacia la zona de canales (Figura IV.87 D).

En la Tabla IV.36 se contrastan los resultados de las variables cuantificadas para las muestras compuestas obtenidas en la columna de agua contra la NOM-001 y los criterios de la norma CE-CCA-001/89, casi en todos los parámetros los valores son menores a los límites máximos establecidos por dichas normas, algunos incluso se reportaron como menores al límite mínimo de cuantificación del método. Es importante señalar que para algunas variables ambas normas no contemplan ciertos parámetros y por ello se indica como NA o ND. (No Aplica y No Determinado). PM (Promedio Mensual) y PD (Promedio Diario). Todos los detalles y comprobantes de los resultados de las determinaciones en laboratorio se adjuntan al presente documento.

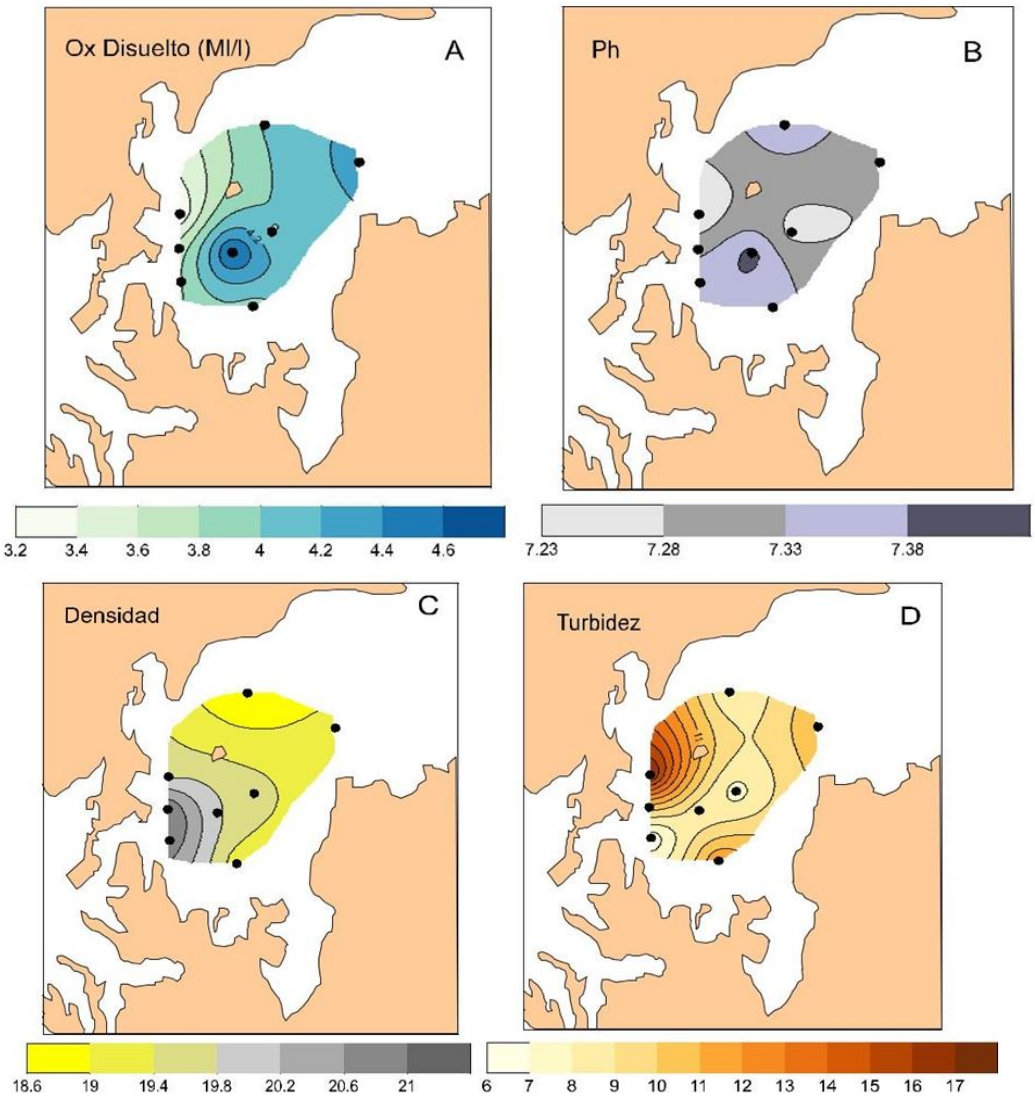


Figura IV.87. Distribución espacial de Oxígeno disuelto (A); pH(B); Densidad (C) y Turbidez (D) en la Bahía de Ohuira, en marzo de 2016.

Tabla IV.36. Tabla comparativa de los valores observados *vs* valores reportados en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

Parámetro	CE-CCA-001/89	NOM-01-SEMARNAT-1996	CIB2	CIB3	CIB4	CIB5	CIB6	CIB7	CIB8	CIB9
Grasas y Aceites (mg/L)	ND	15 (PM) 25 (PD)	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Solidos sedimentables (mL/L)	ND	1 (PM) 2 (PD)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Sólidos suspendidos totales(mg/L)	ND	150 (PM) 200 (PD)	42.0	18.0	32.7	25.0	15.0	19.2	13.0	12.0
Nitratos(mg/L)	0.040	ND	0.103	0.038	<0.006	<0.006	0.042	0.439	0.053	0.027
Fosfatos (mg/L)	0.002	ND	0.065	0.045	0.046	0.014	0.026	0.197	0.163	0.018

Tabla IV.36. Tabla comparativa de los valores observados *vs* valores reportados en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

Parámetro	CE-CCA-001/89	NOM-01-SEMARNAT-1996	CIB2	CIB3	CIB4	CIB5	CIB6	CIB7	CIB8	CIB9
Demanda bioquímica de oxigeno (mg/L)	ND	150 (PM) 200 (PD)	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Demanda química de oxigeno (mg/L)	ND	ND	92.0	84.0	96.0	90.0	88.0	86.0	98.0	84.0
Fosforo total (mg/L)	ND	NA	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30
Coliformes Fecales (NMP)	ND	1000 (PM) 2000 (PD)	<3.0	28.0	<3.0	<3.0	3.6	<3.0	<3.0	<3.0
Coliformes Totales (NMP)	ND	ND	<3.0	150.0	<3.0	<3.0	9.1	<3.0	<3.0	<3.0

Clorofila a. Durante el estudio, la clorofila a presentó un intervalo de variación en la Laguna Ohuira entre 5.00 y 10.18 mg/m^3. Se observa en la Figura IV.88 que en las estaciones CIB7 y CIB8 se presentó la concentración de clorofila a más baja respecto al resto de las estaciones, mientras que las estaciones CIB2, CIB4 y CIB9 presentaron las más altas concentración con 10.18, 9.73 y 8.59 mg/m^3, respectivamente.

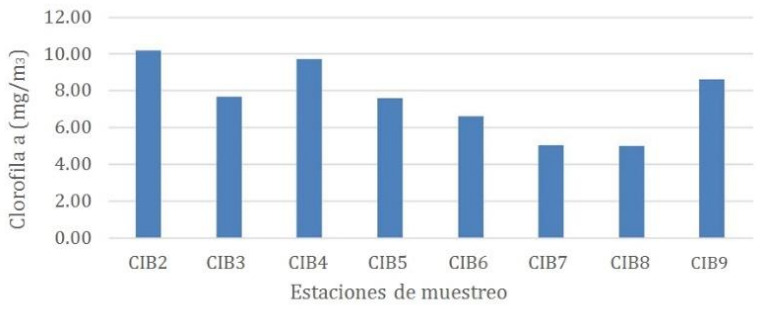


Figura IV.88. Concentración de clorofila a obtenidas en las estaciones de muestreo determinadas para el presente estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016.

En general las condiciones fisicoquímicas de la calidad del agua en la laguna encontradas a partir de estos datos se encontraron dentro de los límites que establecen las normas ambientales mexicanas, no obstante, es importante conocer el comportamiento en el dominio temporal de dicha información. En ese sentido, con base en los atributos de la calidad del agua medidos de manera sistemática durante noviembre de 2004 a febrero de 2006 en todo el sistema lagunar Topolobampo-Santa María-Ohuira, Ayala-Rodríguez (2008) reporta una alta heterogeneidad espacio-temporal entre diversas variables, de las cuales probablemente el caso del Nitrógeno inorgánico sea uno de los más acentuados.

Para esta variable se registraron los valores más altos en la laguna Santa María, principalmente en los meses de invierno-primavera. Los niveles medidos para la suma de los componentes del Nitrógeno inorgánico durante ese estudio, son dos veces más altos comparados con los reportados por Escobedo-Urías (1997) una década atrás, quien a su vez menciona un incremento sustancial en las concentraciones de este componente con respecto a trabajos anteriores (Hernández et al., 1992) realizados en el mismo sistema. Escobedo-Urías (1997) menciona que los valores más altos encontrados, se relacionaron con las descargas de aguas de origen doméstico, industrial y agrícola a través de una red de drenes que descargan en el sistema lagunar. El mismo autor caracterizó el estado trófico de todo el sistema, encontrando que en términos generales, las tres lagunas presentan valores por arriba de las 5 y 6 unidades TRIX3, siendo la laguna Santa María, la que presenta los valores mayores correspondientes al nivel trófico más alto (arriba de 6 unidades), seguido de Ohuira y por ultimo de Topolobampo, concluyendo que el sistema tiene un estado de calidad de agua pobre, con características de moderadas a altamente productivas. El índice trófico TRIX tiene valores entre 0 y 10 unidades, que representan una variedad de situaciones tróficas con una resolución muy fina, relacionadas con un ambiente costero desde condiciones oligotróficas a eutróficas. Valores cercanos a 10 indican una fuerte eutrofización, caracterizados por altas concentraciones de DIN, fosfatos y clorofila a, además de una baja en el contenido de oxígeno, mientras que, cuando los valores del índice se aproximan a 0, indican aguas con bajo impacto antropogénico (Damar, 2003).

IV.11.3 Tamaño de la partícula en la columna de agua.

Se analizaron las muestras de agua de superficie y media columna con la finalidad de determinar el tamaño y la concentración de las partículas en suspensión, el tamaño de la partícula osciló entre 2.27 y 1167.73 micras (μm), debido al amplio intervalo de tamaño se utilizó una regla de Sturges para agrupar en clases, obteniendo siete clases en total. Para las estaciones E1 y E4 únicamente se encontraron partículas entre las 2 y 334 μm que corresponden a las dos primeras clases; mientras que para las estaciones E2 y E3 se encontraron en todas las clases señaladas. Como se puede apreciar en todos los casos se mantiene el parón de máximo porcentaje de partículas más pequeñas (dos primeras clases) tanto en superficie como en media agua, en la estación E2 se observan pequeños porcentajes (<11%) del resto de las clases únicamente en las muestras de media agua y

[3] Unidades del Índice del estado trófico (Vollenweider *et al*,1998).

en la estación E3 se observan porcentajes similares en todas las clases, con excepción de las dos primeras que sigue el patrón del resto de las estaciones (Figura IV.41).

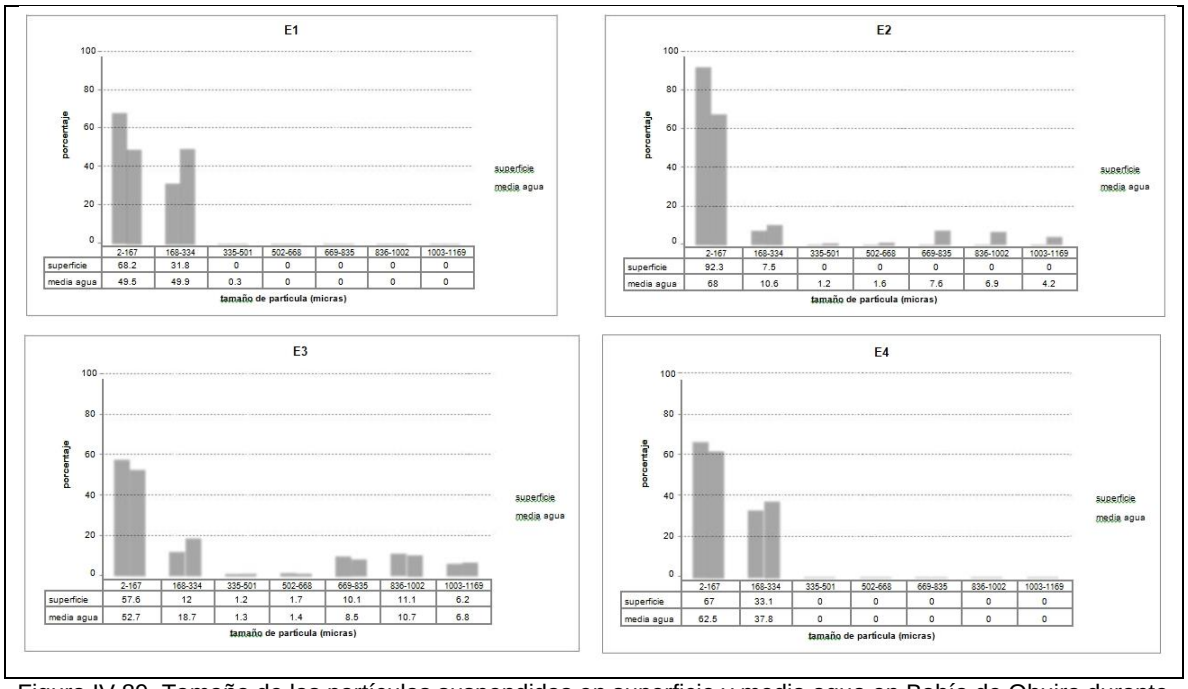


Figura IV.89. Tamaño de las partículas suspendidas en superficie y media agua en Bahía de Ohuira durante marzo de 2016.

La granulometría en la zona de estudio, al igual como ha sido observada en otras zonas de lagunas con canales, presentó una asociación inversa con la concentración de materia orgánica ya que las mayores concentraciones de materia orgánica suelen estar asociadas a sedimento fino de tipo limo-arcilloso, mientras que la zona con bajas concentraciones de componentes orgánicos está asociada a sedimento arenoso como fue este caso. Este efecto se ve favorecido por el efecto de lavado derivado de la corriente presente en el sistema ya que, la zona en la que estuvieran ubicadas las cuatro estaciones de muestreo están influenciadas por la corriente del canal principal que conecta a Bahía de Ohuira con Bahía de Topolobampo, en donde se registran los máximos valores de velocidad de corriente, particularmente de marea (1.0 m/s; Montaño-Ley et al., 2007), mientras que las velocidades menores se observan hacia el interior de la bahía mucho más somera y con tasas más altas de depositación del material suspendido.

Por otra parte, se realizó una caracterización de sedimentos, obteniéndose en la granulometría que el mayor porcentaje de partículas en las cuatro estaciones analizadas corresponde a granos de arena (del 91.84 al 97.84%), seguido por arcilla y el limo no fue

detectado. Al igual que en los sedimentos, se realizó la caracterización de metales pesados, (destacando la ausencia de mercurio y cadmio), de coliformes fecales, de hidrocarburos poliaromáticos (HPAs) y de todos plaguicidas clorados y fosforados analizados (Ver Anexo F).

IV.12 Biodiversidad (Flora).

IV.12.1 Características Generales.

El área del SA tiene una cobertura vegetal formada por varias comunidades y diferentes condiciones de uso. Las comunidades vegetales originales fueron matorrales sarcocaule y sarco-crasicaule, manglar y vegetación halófila propia de humedales. Esta vegetación ha sido eliminada en grandes extensiones y sustituida por áreas dedicadas a la agricultura, urbanizaciones, vegetación secundaria y pastizal cultivado. La Figura IV.90 y la Tabla IV.37 presentan la cobertura de los distintos usos de suelo y los principales tipos de vegetación en el SA.

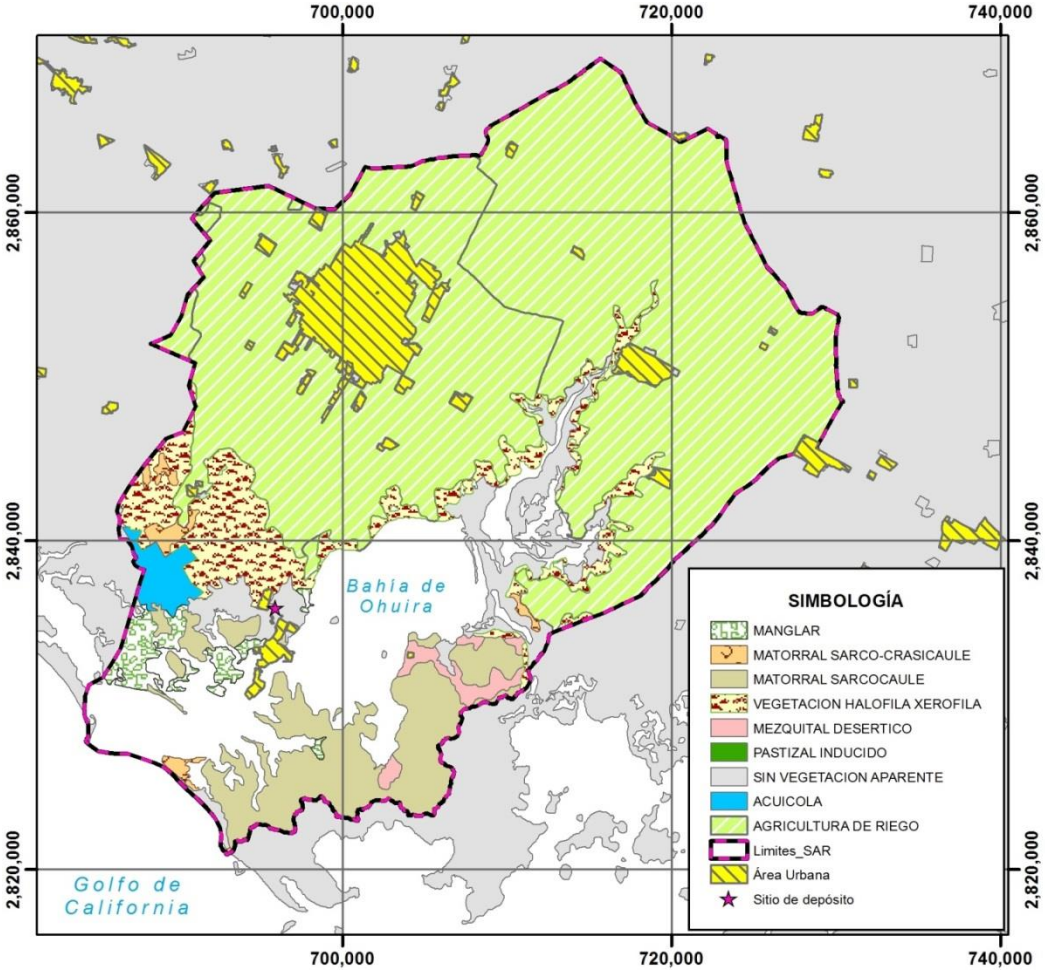


Figura IV.90. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Ambiental (SA).

Tabla IV.37. Cobertura de los tipos de vegetación presentes en el SA.

Clave	Tipo de Vegetación	Área (ha)	Porcentaje
RA	Agricultura de riego anual	40,525.35	39.70
RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	18,660.00	18.28
H2O	Agua	15,119.61	14.81
MSC	Matorral sarcocaule	9,215.79	9.03
AH	Urbano construido	4,609.22	4.52
DV	Sin vegetación aparente	4,455.27	4.36
VH	Vegetación halófila xerófila	4,387.52	4.30
VM	Manglar	2,033.55	1.99
ACUI	Acuícola	1,118.19	1.10
VHH	Vegetación halófila hidrófila	805.35	0.79
MKX	Mezquital xerófilo	662.50	0.65
VSa/MKX	Vegetación secundaria arbustiva de mezquital xerófilo	172.33	0.17
ADV	Área desprovista de vegetación	121.94	0.12
MSCC	Matorral sarco-crasicaule	105.44	0.10
PI	Pastizal inducido	91.16	0.09
TOTAL		**102,083.22**	**100.00**

Los tipos de vegetación con mayor cobertura en el SA son los de tipo inducido (cultivos) y el matorral sarcocaule. Además, existen el manglar, vegetación halófila xerófila, matorral sarcocrasicaule y áreas con vegetación secundaria. En cuanto al Área de Influencia, más de la mitad de su superficie, así como la totalidad del Área del Proyecto, están catalogadas en la cartografía oficial del INEGI como Sin Vegetación Aparente (Figura IV.91 y Tabla IV.38).

Tabla IV.38. Cobertura de los tipos de vegetación presentes en el AI.

Clave	Tipo de Vegetación	Superficie (Ha)	Porcentaje
H2O	Cuerpo de agua	16164.681	77.885
MSC	Matorral sarcocaule	1160.602	5.592
DV	Sin vegetación aparente	1020.743	4.918
VM	Manglar	869.832	4.191
VH	Vegetación halófila-xerófila	577.332	2.782
AH	Asentamientos humanos	455.74	2.196
ACUI	Acuícola	391.771	1.888
MSCC	Matorral sarco-crasicaule	74.23	0.358
MKX	Mezquital xerófilo	24.183	0.117
RAS	Agricultura de riego anual y semipermanente	10.634	0.051
VSa	Vegetación secundaria arbustiva	4.098	0.020
RA	Agricultura de riego anual	0.655	0.003
Total		**20754.501**	**100.00**

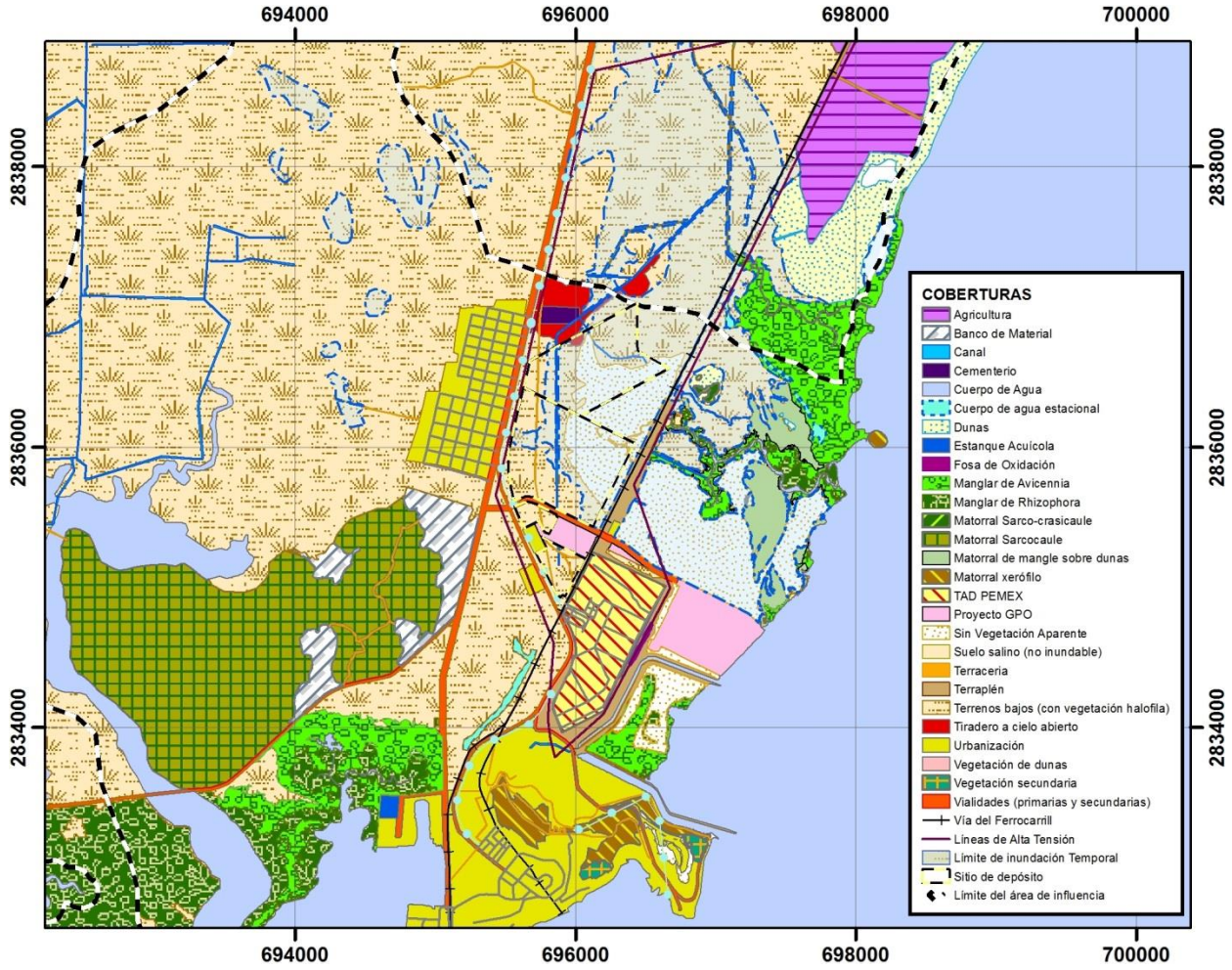


Figura IV.91. Uso de suelo y vegetación en el sitio del proyecto y su Área de Influencia (AI).

IV.12.2Tipos de Vegetación del SA.

- **Agricultura.** Área en la que el suelo es utilizado para la realización de labores agrícolas, también incluye plantaciones forestales, bosques cultivados y pastizales cultivados. Las áreas agrícolas se clasifican de acuerdo con la forma en que los cultivos reciben el agua durante el ciclo agrícola y por la temporalidad del cultivo. En el caso de la agricultura de riego, el suministro de agua utilizado para su desarrollo es suministrado por fuentes externas, también hay una subdivisión basada en cómo se aplica el agua, ya sea por agua rodada, por bombeo desde la fuente de suministro o por gravedad. Por su temporalidad, se tienen cultivos anuales **(RA)**, en los cuales el ciclo vegetativo dura solamente un año o menos, como, por ejemplo, el maíz, el trigo y el sorgo; mientras que en los semipermanentes el ciclo vegetativo dura entre 1 y 10 años, como en la papaya,

la piña y la caña de azúcar. También se puede tener una combinación de cultivos con ambas temporalidades, siendo anuales y semipermanentes **(RAS)**.

- **Matorral Sarcocaule (MSC).** Comunidad vegetal arbustiva o herbácea, con altura variable, pero casi siempre inferior a 4 m. Se distribuye principalmente en las zonas áridas y semiáridas del país. Se caracterizan por presentar una gran variabilidad florística y ecológica, lo que favorece su diversidad en el país y por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, algunos de corteza papirácea. Se presentan sobre terrenos rocosos y suelos delgados.

- **Vegetación Halófila Xerófila (VH).** Esta comunidad vegetal arbustiva o herbácea es característica de los suelos salinos, la cual tiene pocos requerimientos de humedad y gran resistencia a la insolación y altas temperaturas. La vegetación se existente es de altura variable, pero casi siempre inferior a 4 m, presenta dominancia de pastos rizomatosos y tallos rígidos, además de una escasa cobertura de especies arbustivas. Se distribuye principalmente en las zonas áridas y semiáridas del país. Presentan una gran variabilidad florística y ecológica lo que favorece su diversidad.

- **Manglar (VM).** Es una comunidad densa, dominada principalmente por un grupo de especies arbóreas cuya altura es de 3 a 5 m., pudiendo alcanzar hasta los 30 m, y tardando de 50 a 100 años en llegar a su pleno desarrollo. Una característica que presentan los mangles son sus raíces en forma de zancos, cuya adaptación le permite estar en contacto directo con el agua salobre, sin ser necesariamente plantas halófilas. Se desarrolla en zonas bajas y fangosas de las costas, en lagunas, esteros y estuarios de los ríos. La composición florística que lo forman son el mangle rojo o colorado (*Rhizophora mangle*), mangle negro o puyeque, (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*).

  Ecológicamente, la importancia radica en su capacidad purificadora de agua, en su facultad como formador de suelo, sirven como estabilizador de la erosión hídrica y protección de fenómenos climáticos, tales como los huracanes y tormentas tropicales (De la Lanza Espino, 1994; Flores Verdugo et al., 2001), también funcionan como vasos reguladores de las inundaciones en época de lluvias y como aportadores de agua durante el estío. También destaca su función como hábitat primordial y área de

reproducción para una gran diversidad de organismos acuáticos y terrestres, entre los cuales se encuentran muchos de importancia comercial. Por lo tanto, constituyen un acervo genético fundamental para una comunidad diversa de flora y fauna que son importantes como patrimonio de la región, lo cual incrementa su valor científico, turístico y educativo (Yañez Arancibia y Lara Domínguez, 1999).

El uso principal desde el punto de vista forestal es la obtención de taninos para la curtiduría, la madera para la elaboración de carbón, aperos de labranza y embalses. Una característica importante que presenta la madera de mangle es la resistencia a la putrefacción.

- **Vegetación Halófila Hidrófila (VHH).** La constituyen comunidades dominadas por especies herbáceas o raramente arbustivas, que se distribuyen en ambientes litorales (lagunas costeras, marismas salinas y playas) que reciben aportación de agua salina; en sitios de muy baja altitud, con climas cálidos húmedos o subhúmedos, sobre suelos generalmente arenosos con altas concentraciones de sales y que en algún período están sujetos a grandes aportaciones de humedad. Generalmente está constituida por un solo estrato herbáceo de plantas perennes suculentas, pero puede estar constituida por elementos arbustivos como los del género *Atriplex*.

- **Mezquital Xerófilo (MKX).** Se presenta principalmente en el noroeste del país, en climas predominantemente secos y muy secos. Esta comunidad se desarrolla desde los 100 hasta los 2300 m de altitud. Se presenta principalmente en llanuras, y en menor proporción sobre sierras y lomeríos. Los principales elementos son de porte arbustivo asociados con otro tipo de matorrales xerófilos. Los mezquites desérticos, tienen una raíz larga que utilizan para localizar la humedad suficiente para mantenerlos vivos. Esta característica les permite sobrevivir a las sequías. Hay casos registrados de raíces primarias de mezquite que alcanzan una profundidad de casi 200 pies (61 m) de profundidad en el suelo. Las raíces del mezquite se pueden regenerar si el árbol es cortado por encima, por lo que el mezquite es un árbol difícil de eliminar.

  La importancia del mezquite en la producción forestal se debe a que su madera es fuerte y durable, buena para la fabricación de muebles, pisos y artesanías, y excelente como leña y carbón; los mezquites son fuente de forraje y apoyo en las explotaciones

apícolas; además, la planta excreta una goma de uso medicinal e industrial. Desde el punto de vista ecológico, los mezquitales son importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas; son el hábitat para una buena cantidad de fauna silvestre y mejoran la estética del paisaje.

- **Vegetación Secundaria (VSa).** Estado sucesional de la vegetación. Se indica alguna fase de vegetación secundaria cuando hay algún tipo de indicio de que la vegetación original fue eliminada o perturbada a un grado en el que ha sido modificada profundamente.

- **Matorral Sarco-Crasicaule (MSCC).** Comunidad vegetal que se caracteriza por la presencia de gran número de formas de vida o biotipos, destacando entre ellas las especies sarcocaule y crasicaule, es decir, plantas carnosas de tallo grueso, por lo general de gran talla, con forma de candelabro. Este tipo de vegetación se desarrolla principalmente, sobre terrenos ondulados con afloramientos de material granítico, en aluviones de origen diverso, es decir, en suelos formados por el depósito de sedimentos que acarrean las aguas superficiales.

- **Pastizal Inducido (PI).** Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmonte de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como producto de áreas que se incendian con frecuencia.

  Son de muy diversos tipos y aunque cabe observar que no hay pastizales que pudieran considerarse como totalmente libres de alguna influencia humana, el grado de injerencia del hombre es muy variable y con frecuencia difícil de estimar. Aun haciendo abstracción de los pastos cultivados, pueden reconocerse muchas áreas cubiertas por el pastizal inducido, que sin duda alguna sostenían otro tipo de vegetación antes de la intervención del hombre y de sus animales domésticos.

- **Acuícola (ACUI).** Superficie dedicada al cultivo de especies acuáticas, incluyendo peces, reptiles, anfibios, crustáceos, moluscos, plantas y algas, su utilización puede ser para alimento, o bien, para otras actividades que realice el hombre o para su conservación y protección.

- **Urbano construido (AH).** Conglomerado demográfico, considerando dentro del mismo los elementos naturales y las obras materiales que lo integran.

- **Área desprovista de vegetación (ADV).** Superficie donde la vegetación natural o inducida ha sido eliminada por diferentes actividades humanas.

- **Sin vegetación aparente (DV).** Considera las áreas en donde no es visible o detectable alguna comunidad vegetal. Se incluyen los eriales, depósitos litorales, bancos de ríos y aquellas áreas donde algún factor ecológico no permite o limita el desarrollo de la cubierta vegetal como falta de suelo, elevado nivel de salinidad o sodicidad y climas extremos (muy fríos o muy áridos).

IV.12.3 Listados florísticos potenciales.

Debido a que los conjuntos de especies vegetales presentes en el Sistema Ambiental componen el principal elemento de biodiversidad y también debido a su importancia ecológica es primordial la descripción de las especies vegetales que la componen. Es por esto que para caracterizar la flora presente en el SA se realizó la siguiente metodología.
Con base en los registros realizados y mostrados por las instituciones especializadas en botánica (IBUNAM, IE, IEB, IEX, iNaturalist, ITA303, MEX002, MO, NY, NYBG, UFPR, Universidad de Antioquia Y US), se realizó una búsqueda de las especies de flora que potencialmente podrían encontrarse en el sistema ambiental.

Dentro del SA se determinó la presencia potencial de 173 especies de flora, agrupadas en 20 órdenes, 39 familias y 117 géneros, todas pertenecientes a las angiospermas (clase Equisetopsida). Se tiene que 20 de esas especies son endémicas. En cuanto a su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010, hay un total de 9 especies, de las cuales 5 están sujetas a protección especial y 4 están amenazadas. En la Lista Roja de la IUCN se encuentran 35 especies, de las cuales 2 se encuentran en peligro de extinción (EN), 3 vulnerables (VU) y 1 en bajo riesgo (LR), el resto son de menor importancia. Por otra parte, 31 especies se encuentran en el Apéndice II de la CITES.

IV.12.4 Importancia comercial de algunas especies de flora.

Entre las especies abundantes están el mezquite (*Prosopis juliflora*), utilizado como leña y forraje para el ganado y el cardón (*Pachycereus pecten-aborigenum*) el cual se utiliza para curar heridas leves. Asimismo abunda el Maguey (*Agave angustifolia*) de flores comestibles, el Brasil (*Haematoxylum brasiletto*) para extracción de tinta natural, como poste de viviendas y leña, el Copal (*Bursera laxiflora*) cuya resina es medicinal, el Palo Colorado (*Caesalpinia platyloba*) utilizado para construcción de corrales, la Brea (*Cercidium praecox*) empleado como leña, la Pitaya (*Stenocereus thurberi*), la Sina (*Stenocereus alamosensis*) y la Aguama (*Bromelia pinguin*) de abundantes frutos comestibles, el Nopal (*Opuntia wilcoxii*) que se consume como verdura tierna, la biznaga (*Ferocactus herrerai*) empleado para elaborar dulce (acitrón), el Bledo (*Amaranthus palmeri*) que se usa como alimento de cerdos y vacas, y la saya (*Amoreuxia palmatifida*) cuyo rizoma tuberoso es comestible. Entre los elementos más importantes del Manglar están el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle cenizo (*Avicennia germinans*) y el puyeque (*Laguncularia racemosa*), cuya madera es empleada en construcciones rústicas.

IV.12.5Levantamiento de datos de flora en campo.

Para realizar el levantamiento de los datos de flora en campo fue necesario realizar un muestreo representativo de los tipos de vegetación existentes en el SA y en el área de influencia del proyecto. Para esto se realizó un diseño de muestreo y se estableció el tamaño de muestra y esfuerzo de muestreo tal como se indica a continuación.

IV.12.5.1 Diseño de muestreo.

Para establecer el diseño de muestreo y el tamaño de muestra fue necesario asegurar que las muestras que se realizan sean representativas tanto del Sistema Ambiental como del Área de Influencia y del tipo de vegetación donde se encuentra el proyecto, por lo que, debido a que la vegetación se encuentra distribuida en el espacio del SA de manera agregada, se utilizó un sistema de muestreo dirigido y estratificado. Los muestreos se dirigieron a las áreas con mayor presencia de vegetación, donde se tomaron en cuenta los estratos vegetales, el tipo de suelo y la presencia o ausencia de cuerpos de agua.

IV.12.5.2 Tamaño de muestra y esfuerzo de muestreo.

Debido a la superficie del SA, sus diferentes tipos de vegetación y considerando que el proyecto no modificará a los tipos de vegetación existentes en el Área de Influencia del proyecto, se realizaron los muestreos en los tipos de vegetación más cercanos al área del proyecto los cuales son vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule, tomándose coordenadas, fotografías, se identificaron las especies presentes y se tomaron datos de frecuencia, abundancia y dominancia. Mientras que en los tipos de vegetación manglar, matorral sarco-crasicaule, mezquital xerófilo, pastizal inducido, vegetación halófila hidrófila, vegetación secundaria arbustiva de matorral sarco-crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de matorral xerófilo se realizaron puntos de verificación, en los que se tomaron coordenadas, fotografías y se identificaron las especies más representativas.

Con respecto al tamaño y forma de las unidades de muestreo se realizaron 8 muestreos cuadrangulares de 100 m^2 (10 m x 10 m) en el tipo de vegetación halófila xerófila (Superficie subtotal 800 m^2) y 7 muestreos rectangulares de 100 m^2 (4 m x 25 m) en el matorral sarcocaule (Superficie subtotal 700 m^2), muestreando una superficie total de 1,500 m^2 esto con la finalidad de caracterizar los tipos de vegetación muestreados. A continuación, se presentan las coordenadas de los sitios muestreados, los sitios de verificación y su ubicación general (Tabla IV.39 a Tabla IV.41 y Figura IV.92).

Tabla IV.39. Coordenadas UTM 12 N de los centroides de los sitios de muestreo cuadrangulares (vegetación halófila xerófila).

SM-VHX	X	Y
VHX-1	697,782	2,837,386
VHX-2	697,561	2,838,429
VHX-3	695,213	2,840,027
VHX-4	694,634	2,840,448
VHX-5	696,037	2,837,730
VHX-6	696,240	2,838,610
VHX-7	695,679	2,836,509
VHX-8	695775	2835818

Tabla IV.40. Coordenadas UTM 12 N inicial y final de los sitios de muestreo rectangulares.

SM	Coordenadas	X	Y
MSC-1	Inicial	706798	2843046

	Final	706774	2843033
MSC-2	Inicial	703127	2830548
	Final	703140	2830570
MSC-3	Inicial	703740	2828975
	Final	703739	2828998
MSC-4	Inicial	697668	2830206
	Final	697668	2830206
MSC-5	Inicial	699890	2829589
	Final	699890	2829589
MSC-6	Inicial	693606	2833835
	Final	693587	2833823
MSC-7	Inicial	691186	2832997
	Final	691173	2833010

A pesar de que la carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie V de INEGI mostraba el SM1 como vegetación halófila xerófila, al llegar al sitio se encontraron elementos de matorral sarco-crasicaule, por lo que se incluye en el análisis de este tipo de vegetación y se excluyó de la vegetación halófila xerófila.

.

Tabla IV.41. Coordenadas UTM 12 N de los sitios de verificación (SV)

SV	X	Y	Tipo de vegetación (INEGI serie VI)
01	695,732.0	2,836,891.0	Urbano construido
02	707,212.0	2,840,145.0	Manglar
03	703,859.0	2,855,765.0	Pastizal inducido
04	696,358.0	2,832,014.0	Matorral sarcocaule
05	700,816.0	2,830,272.0	Matorral sarcocaule
06	699,505.0	2,834,856.0	Sin vegetación aparente
07	697,154.0	2,837,328.0	Manglar
08	697,205.0	2,837,429.0	Cuerpo de agua y manglar
09	697,097.0	2,837,833.0	Cuerpo de agua
10	697,140.0	2,838,664.0	Vegetación halófila xerófila
11	696,233.0	2,837,758.0	Vegetación halófila xerófila
12	696,258.0	2,837,974.0	Vegetación halófila xerófila
13	696,609.0	2,836,300.0	Sin vegetación aparente
14	696,139.0	2,835,350.0	Sin vegetación aparente
15	693,621.0	2,833,917.0	Matorral sarcocaule
16	697,409.2	2,834,768.7	Sin vegetación aparente
17	697,853.5	2,835,847.7	Manglar
18	696,941.2	2,835,565.2	Sin vegetación aparente
19	697,458.9	2,835,046.4	Sin vegetación aparente
20	697,311.7	2,834,961.4	Sin vegetación aparente
21	697,353.2	2,835,328.6	Sin vegetación aparente
22	696,371.8	2,835,164.3	Sin vegetación aparente
23	696,686.3	2,835,025.8	Sin vegetación aparente

Tabla IV.41. Coordenadas UTM 12 N de los sitios de verificación (SV)

SV	X	Y	Tipo de vegetación (INEGI serie VI)
24	696,522.2	2,835,090.4	Sin vegetación aparente

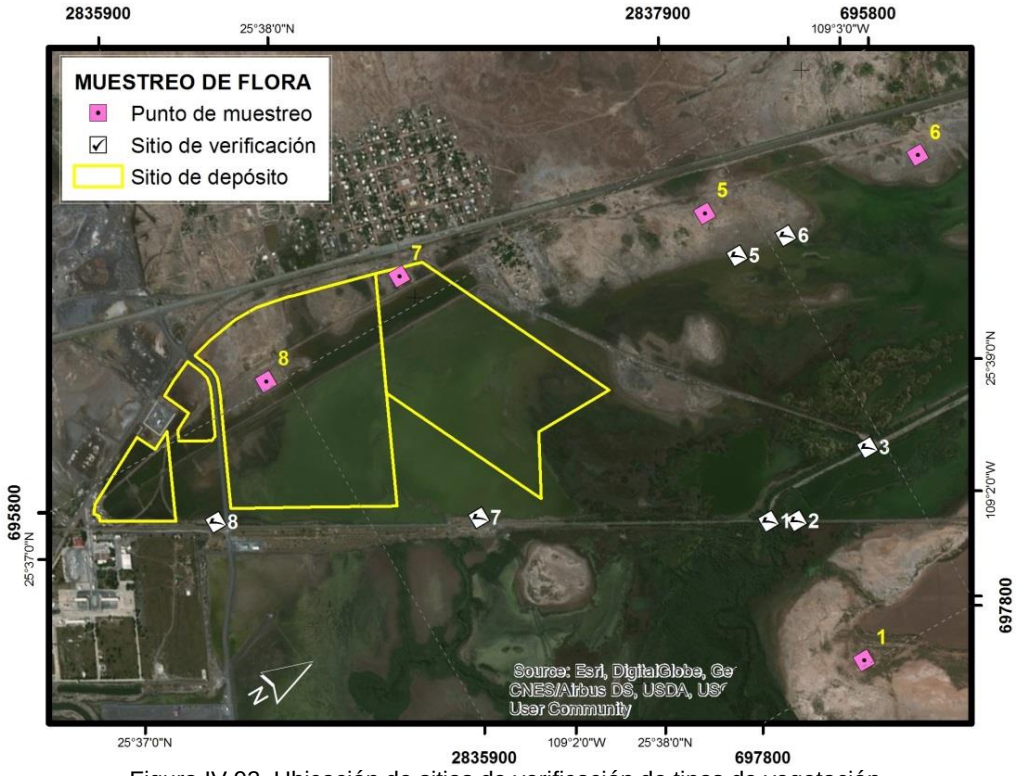


Figura IV.92. Ubicación de sitios de verificación de tipos de vegetación.

IV.12.5.3 Estimación de Valor de Importancia.

Índice de Valor de importancia. Por especie se determinó su frecuencia, abundancia y dominancia. Los resultados se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel de especie denominado índice de valor de importancia (IVI), que adquiere valores porcentuales en una escala del 0 al 100 (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

IV.12.5.3.1 Frecuencia.

La frecuencia relativa y absoluta se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$F_i = {}^{P_i}/_{NS}$$

$$FR_i = \left[{}^{F_i}/_{\sum_{i=1\ldots n} F_i} \right] \times 100$$

Dónde:

F_i es la frecuencia absoluta.

FR_i es la frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total.

P_i es el número de sitios en la que está presente la especie i.

NS el número total de sitios de muestreo.

IV.12.5.3.2 Abundancia.

La abundancia relativa y absoluta se evaluó mediante la siguiente fórmula:

$$A_i = {}^{N_i}/_{S}$$

$$AR_i = \left[{}^{A_i}/_{\sum_{i=1\ldots n} A_i} \right] \times 100$$

Dónde:

A_i es la abundancia absoluta.

AR_i es la abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total.

N_i es el número de individuos de la especie i.

S la superficie de muestreo (ha).

IV.12.5.3.3 Dominancia.

La dominancia relativa y absoluta se evaluó mediante la siguiente fórmula:

$$D_i = {}^{Ab_i}/_{S(ha)}$$

$$DR_i = \left[{}^{D_i}/_{\sum_{i=1\ldots n} D_i} \right] \times 100$$

Dónde:

Di es la dominancia absoluta.

DR_i es la dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total.

Ab el área de copa de la especie i.

S la superficie (ha).

IV.12.5.3.4 Índice de valor de importancia (IVI)

El índice de valor de importancia (IVI) se define como (Moreno, 2001):

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$$

IV.12.5.4 Estimación de la biodiversidad.

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, los dividimos en dos grandes grupos (Figura IV.93): 1) Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica); 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.). Los métodos basados en la estructura pueden a su vez clasificarse según se basen en la dominancia o en la equidad de la comunidad. Para este estudio se utilizaron los siguientes métodos:

Para riqueza específica:

- Índice de Riqueza especifica (S)

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad.

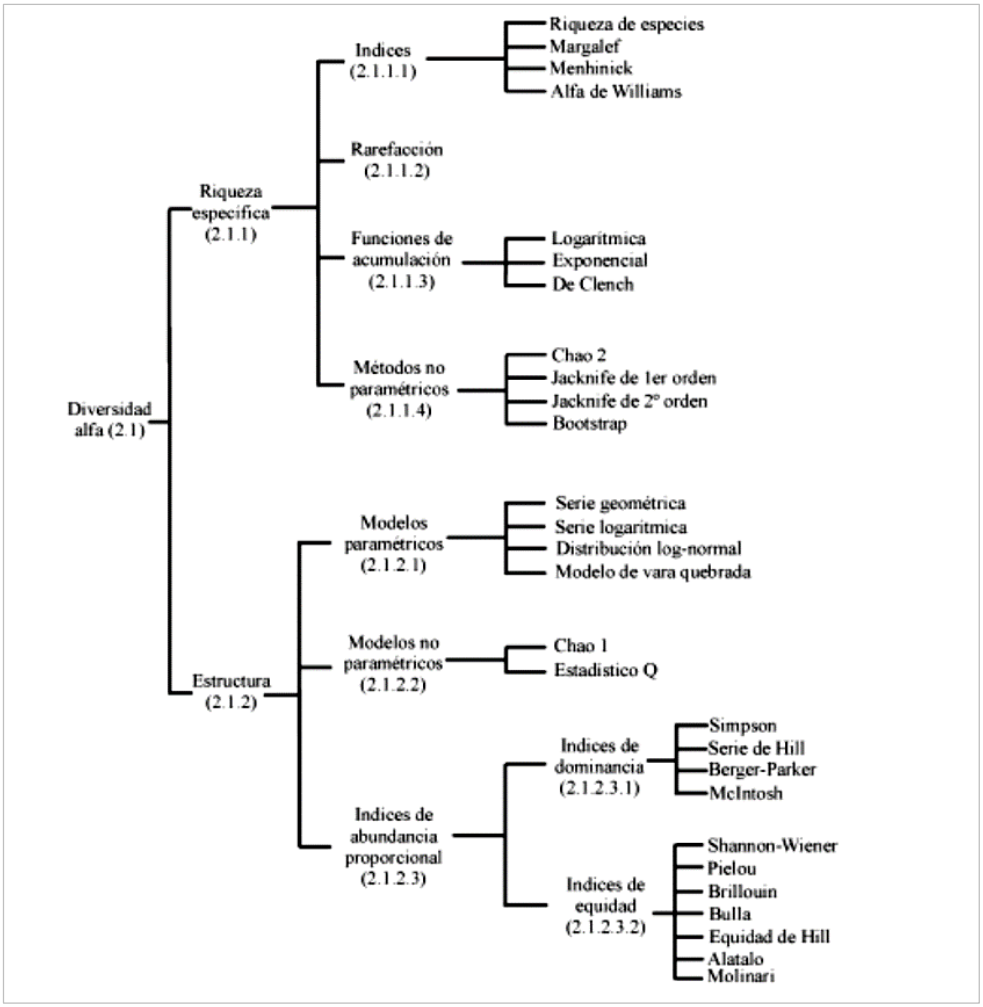


Figura IV.93. Clasificación de los métodos para medir la diversidad alfa.

Riqueza específica (S):

- Número total de especies obtenido por un censo de la comunidad.

Para estructura:

- Modelo No Paramétrico Chao 1

Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra (Chao, 1984; Chao y Lee, 1992; Smith y van Belle, 1984). S es el número de especies en una muestra, a es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de “singletons”) y

b es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (número de “doubletons”) (Colwell R. , 1997) (Colwell R. &., 1994).

- Índices de abundancia proporcional.

Peet (1974) clasificó estos índices de abundancia en índices de equidad, aquellos que toman en cuenta el valor de importancia de cada especie, e índices de heterogeneidad, aquellos que además del valor de importancia de cada especie consideran también el número total de especies en la comunidad. Sin embargo, cualquiera de estos índices enfatiza ya sea el grado de dominancia o la equidad de la comunidad, por lo que para fines prácticos resulta mejor clasificarlos en índices de dominancia e índices de equidad.

- Índice de Dominancia de Simpson.

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988), (Peet, 1974). Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como 1 – λ (Lande, 1996).

- Índice de Equidad Shanon-Wiener.

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988), (Peet, 1974), (Baev, P. &

Penev, L., 1995). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

IV.12.5.5 Resultados.

Conforme a los muestreos realizados se obtuvieron los índices de Valor de Importancia y de biodiversidad.

IV.12.5.5.1 Estimación de valor de importancia.

Vegetación halófila xerófila (VHX). Se obtuvieron los valores mostrados en la Tabla IV.18, donde puede observarse que la especie con mayor Valor de Importancia es *Salicornia pacifica* (IVI= 41.2422), esto debido a que es la más abundante en este tipo de vegetación, la más frecuente en los sitios muestreados y la que mayor superficie cubre.

Esto coincide con lo descrito por Rzedowski en la Vegetación de México (Rzedowski, 2006. 1ra Edición Digital), pues describe a esta especie como *Salicornia pacifica*, la cual domina en lugares periódicamente sumergidos como es el caso de las áreas muestreadas, que se encharcan y anegan en temporadas de lluvias; también destaca *Batis maritima*. Las especies con menor IVI son *Atriplex canescens* y *Cyperus sp*., que claramente son especies escapadas de la vegetación cercana a los sitios de muestreo, la primera de matorral sarcocaule y la segunda de vegetación hidrófila. Ninguna de las especies registradas está bajo algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.42. Índice de Valor de Importancia de las especies presentes en el tipo de vegetación halófila xerófila.

Especie	IVI
Salicornia pacifica	44.7678
Batis maritima	17.9029
Stenocereus alamosensis	7.5675
Suaeda divaricata	6.0209
Sporobolus sp.	5.6315
Cylindropuntia fulgida	3.1568
Brickellia coulteri	2.1273
Suaeda ramosissima	2.0968
Cylindropuntia thurberi	2.0587

Tabla IV.42. Índice de Valor de Importancia de las especies presentes en el tipo de vegetación halófila xerófila.

Especie	IVI
Stenocereus thurberi	1.9561
Jatropha dioica	1.8726
Coursetia glandulosa	1.7199
Cyperus sp.	1.5612
Atriplex canescens	1.5601
Total	**100.0000**

Matorral sarcocaule (MSC)

Tal como se describió anteriormente este tipo de vegetación caracterizado por la dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y algunos con corteza papirácea, está conformado en el sitio por *Jatropha dioica* como especie con mayor valor de importancia. Por otra parte, la especie menos frecuente y menos dominante es *Celtis pallida* (Tabla IV.43). Ninguna de las especies registradas está bajo algún estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.43. Índice de Valor de Importancia de las especies presentes en el tipo de vegetación de matorral sarcocaule.

Especies	IVI	Especies	IVI
Jatropha dioica	8.7534	*Opuntia sp.*	1.5829
Stenocereus thurberi	7.5510	*Ziziphus sonorensis*	1.5055
Mammillaria mazatlanensis	6.2902	*Bursera fagaroides*	1.4903
Melochia pyramidata	5.3025	*Cylindropuntia fulgida*	1.4500
Abutilon incanum	5.0645	*Jatropha cinerea*	1.4281
Acacia sp.	4.9318	*Diphysa occidentalis*	1.2443
Croton fragilis	4.8674	*Forchhammeria watsonii*	1.1628
Guaiacum coulteri	4.4315	*Condalia lycioides*	1.0832
Paullinia tomentosa	4.0044	*Stenocereus alamosensis*	1.0818
Mimosa coelocarpa	3.7782	*Acacia greggii*	1.0042
Atriplex canescens	3.4900	*Parthenium hysterophorus*	0.9662
Haematoxylum brasiletto	3.3327	*Cordia parvifolia*	0.9246
Jatropha cuneata	2.8192	*Fouquieria macdougalii*	0.8439
Agave aktites	2.5582	*Cercidium praecox*	0.7448
Ipomoea arborescens	2.4508	*Ziziphus pedunculata*	0.6735
Bursera laxiflora	2.4248	*Phyllantus caroliniensis*	0.6070
Croton californicus	2.3038	*Suaeda ramosissima*	0.5085
Acacia cochliacantha	2.2808	*Karwinskia humbodltiana*	0.4347
Cylindropuntia thurberi	2.1879	*Iresine arenaria*	0.4185
Amoreuxia palmatifida	1.6044	*Celtis pallida*	0.4178
		Total	**100.0000**

IV.12.5.5.2 Estimación de la biodiversidad.

Se estimó la riqueza por tipo de vegetación encontrándose como se observa en la Tabla IV.44. Se observa una mayor riqueza de especies para el matorral sarcocaule en comparación con la de la vegetación halófila xerófila.

Tabla IV.44. Riqueza de especies en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule.

Índice	Vegetación Halófila Xerófila	Matorral Sarcocaule
Riqueza (S)	14	40

Del mismo modo el número de individuos contabilizado y considerado en el análisis se muestra en la Tabla IV.45. Se observa que el matorral sarcocaule presenta mayor número de individuos que la vegetación halófila xerófila.

Tabla IV.45. Número de individuos en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule.

Índice	Vegetación Halófila Xerófila	Matorral Sarcocaule
Número de individuos	298	499

Con respecto a la Dominancia, puede observarse que existen mayor dominancia de especies en la vegetación halófila xerófila (Tabla IV.46).

Tabla IV.46. Dominancia en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule.

Índice	Vegetación Halófila Xerófila	Matorral Sarcocaule
Dominancia (D)	**0.4466**	**0.06143**

El índice de Simpson indica valores entre 0 y 1, siendo los más cercanos a 1 los que indican mayor diversidad, en este caso, el matorral sarcocaule presenta mayor diversidad en comparación con la vegetación halófila xerófila (Tabla IV.47).

Tabla IV.47. Índice de Simpson en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule.

Índice	Vegetación Halófila Xerófila	Matorral Sarcocaule
Simpson (1-D)	**0.5534**	**0.9386**

El índice de Shannon, se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad y superiores a 3 son altos en diversidad de

especies. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice. En el análisis realizado se obtuvo que la vegetación halófila xerófila presenta baja diversidad, mientras que el matorral sarcocaule presenta alta diversidad (Tabla IV.48).

Tabla IV.48. Índice de Shannon en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule.

Índice	Vegetación Halófila Xerófila	Matorral Sarcocaule
Shannon (H)	**1.248**	**3.149**

La estimación del número de especies, de acuerdo al índice de Chao-1, se presenta en la Tabla IV.49.

Tabla IV.49. Índice de Chao-1 en el SA para vegetación halófila xerófila y matorral sarcocaule.

Índice	Vegetación Halófila Xerófila	Matorral Sarcocaule
Chao-1	**16**	**40.75**

IV.12.5.5.3 Monitoreo de manglar.

La vegetación en los alrededores de los terrenos para las zonas de tiro incluye mangle sobre bordos en diversos estados de desarrollo, ya sea como matorrales o plántulas, todos de la especie *Avicennia germinans*. Esta vegetación crece sobre los taludes del terraplén del ferrocarril y algunos más alrededor de la alcantarilla que da paso al agua de lluvia hacia el estero al otro lado de las vías. Dado que no son muchos individuos y crecen en forma lineal sin formar masa extensas, el monitoreo consistió en contarlos y posicionarlos con un GPS.

IV.12.5.5.4 Sitios de Verificación.

El trabajo de gabinete arrojó los tipos de vegetación presentes en los sitios de verificación de acuerdo a lo que presenta INEGI. Los sitios de verificación se utilizaron para confirmar la presencia o ausencia de cierta vegetación (Tabla IV.50). En la mayoría de los casos, los tipos de vegetación determinados por INEGI no coincidieron con los que se determinaron en campo.

Tabla IV.50. Comparación de tipo de vegetación determinados por INEGI vs campo.

SV	Tipo de vegetación (INEGI serie VI)	Tipo de vegetación verificada en campo
01	Urbano construido	Vegetación halófila xerófila con tiradero de basura
02	Manglar	Confirmada la presencia de manglar
03	Pastizal inducido	Pastizal inducido y matorral xerófilo perturbado
04	Matorral sarcocaule	Vegetación halófila hidrófila y matorral sarco-crasicaule
05	Matorral sarcocaule	Vegetación secundaria de matorral sarco-crasicaule
06	Sin vegetación aparente	Matorral xerófilo
07	Manglar	Confirmada la presencia de manglar
08	Cuerpo de agua y manglar	Confirmada la presencia de cuerpo de agua y manglar
09	Cuerpo de agua	Manglar
10	Vegetación halófila xerófila	Vegetación halófila hidrófila (tular)
11	Vegetación halófila xerófila	Confirmada la presencia de vegetación halófila xerófila
12	Vegetación halófila xerófila	Confirmada la presencia de vegetación halófila xerófila
13	Sin vegetación aparente	Vegetación halófila hidrófila y manglar
14	Sin vegetación aparente	Vegetación halófila xerófila perturbada por terracería
15	Matorral sarcocaule	Confirmada la presencia de matorral sarcocaule
16	Sin vegetación aparente	Bosque de manglar
17	Manglar	Confirmada la presencia de manglar (bosque)
18	Sin vegetación aparente	Bosque de manglar
19	Sin vegetación aparente	Matorral de manglar
20	Sin vegetación aparente	Matorral de manglar
21	Sin vegetación aparente	Matorral de manglar
22	Sin vegetación aparente	Manglar de bordo
23	Sin vegetación aparente	Manglar de bordo
24	Sin vegetación aparente	Manglar de bordo

IV.12.5.5.5 Estado actual de la vegetación en el SA y AI.

La mayor parte de la superficie del SA se encuentra modificada, la vegetación ha sido removida para establecer principalmente zonas de cultivo, aunque también se han establecido otros usos como tiraderos de basura clandestinos y campos de tiro de escombros. En cuanto a la vegetación natural, predominan 2 tipos en cuanto a superficie: matorral sarcocaule y vegetación halófila xerófila, se observa una tendencia similar en el AI. Los índices de diversidad muestran una mayor riqueza específica en el matorral sarcocaule y una mayor dominancia en la vegetación halófila xerófila, en la cual domina *Salicornia pacífica* y no existen especies que representen competencia por los recursos.

Con respecto a las especies en alguna categoría de riesgo, sólo las especies de mangle se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se encontraron 13 sitios de verificación, además de los individuos que se encuentran en los polígonos de monitoreo que se realiza en la zona, por lo que se realza la importancia de su conservación. En ese sentido, se recomienda establecer medidas de prevención y mitigación que coadyuven a la conservación de estas especies.

IV.12.6 Vegetación sumergida.

La vegetación sumergida en los cuerpos lagunares tiene un importante papel en la cadena trófica que se desarrolla en el sistema, ya que funciona tanto como sitio de refugio como de alimentación de peces. En el caso de la fauna béntica, ésta también encuentra alimento y refugio en los hábitats de vegetación sumergida.

Con respecto a macroalgas en el sistema lagunar, se encuentran los estudios realizados por Pedroche *et al*. (1993) quienes elaboraron un listado taxonómico para el Pacífico Mexicano, registrando para Bahía Ohuira, 2 especies de la división de Chlorophyta sp 4 de Phaeophyta y 9 de Rhodophyta, siendo las más comunes las especies *Acetabularia schenckii*, *Acetabularia farlowi*, *Gracilaria vermiculophylla*, *G. sjoestedtii*, *Spyridia filamentosa*, *Ulva lactuca*, *Ulva intestinalis*, *Halodule wrightii* y *Caulerpa sp*. Por su parte, Riosmena et al. (1993), reportan para el género *Padina*, (Phaeophyta) las especies *P. mexicana* y *P. concrescen*. Mientras que Aguilar-Rosas *et al*. (2009), describen nuevos registros de las especies *Sargassum sinicola*, *Scinaia johnstoniae* y *Lithothamnion margaritae*.

De acuerdo con otros estudios previos, al interior de la Bahía de Ohuira, la flora sumergida incluye especies como pastos marinos del género *Thalassia* y diversas especies de macroalgas (Hernández & Juárez, 1988). Además, Aguilar y López (1985) registraron la presencia de una población de pastos marinos que incluye a la especie *Halodule wrightii*, aunque no ha habido reportes posteriores de pastos marinos en la laguna.

Como parte de estudios requeridos por GPO, en 2016 el CIIDIR-IPN Sinaloa realizó muestreos mediante colectas a pie y mediante buceo libre en transectos de manera

perpendicular a la línea de costa en diferentes estaciones al interior de la Bahía de Ohuira (Tabla IV.51 y Figura IV.49). En esas estaciones de muestreo se encontraron 14 especies de las cuales 4 pertenecen a la división Chlorophyta, 1 a la división Phaeophyta y 9 a la división Rhodophyta (Tabla IV.52).

Tabla IV.51. Estaciones de muestreo de macroalgas de CIIDIR-IPN.

Estación	Localidad	Lat °	Lat ‘	Long °	Long ‘	Latitud	Longitud
1	El Carrizo	25	33.774	108	59.322	25.563	-108.989
2	La Mordida	25	34.098	109	1.571	25.568	-109.026
3	La Tunosa	25	34.926	109	0.860	25.582	-109.014
4	Los Santitos	25	34.454	108	59.877	25.574	-108.998
5	La Virgen	25	36.754	108	57.804	25.613	-108.963
6	Los Bledos	25	36.106	108	58.931	25.602	-108.982
7	Los Patos	25	37.333	109	0.653	25.622	-109.011
8	Mapahui	25	36.724	109	1.537	25.612	-109.026
9	La Escollera	25	36.274	109	2.379	25.605	-109.040
10	Yatch	25	36.024	109	2.338	25.600	-109.039

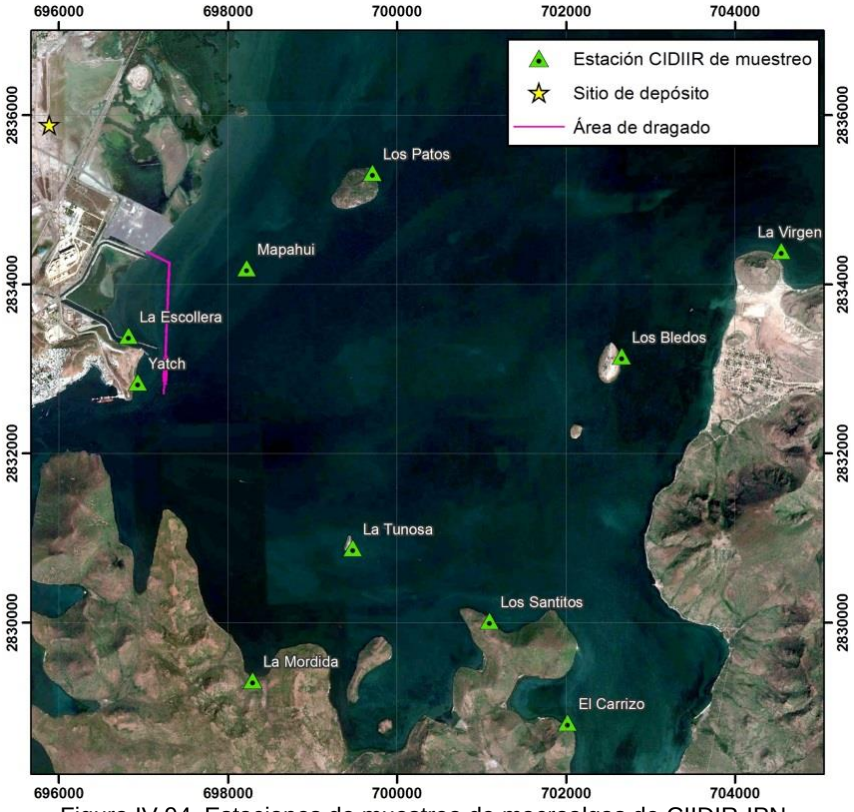


Figura IV.94. Estaciones de muestreo de macroalgas de CIIDIR-IPN.

Tabla IV.52. Especies de macroalgas reportadas en los muestreos de CIIDIR-IPN.

DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE

Chlorophyta	Clorophyceae	Ulotrichales	Ulvaceae	*Ulva*	*lactuca*
		Cladophorales	Cladophoraceae	*Cladophora*	*microcladioides*
		Caulerpales	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*sertularoides*
	Bryopsidophyceae	Bryopsidales	Codiaceae	*Codium*	*Cuneatum*
Phaeophyta	Phaeophyceae	Dyctiotales	Dyctiotaceae	*Dictiota*	*flabellatata*
Rhodophyta	Bangiophyceae				
	Florideophyceae	Ceraminiales	Rhodomelaceae	*Laurencia*	*pacifca*
		Halimeniales	Dasyaceae	*Dasya*	*sinicola*
			Halimeniaceae	*Prionitis*	*cornea*
			Cystoloniaceae	*Hypnea*	*johnstonii*
			Gymnophloeaceae	*Schizymenia*	*sp.*
		Gelidiales	Gelidiaceae (Pterocladiaceae)	*Pterocladia*	*caloglosoides*
		Gracilariales	Gracilariaceae	*Gracilaria*	*parvispora*
				Gracilaria	*veleroae*
		Corallinales	Coralinaceae	*Lhytophyllum*	*sp.*

La zona marina más cercana al área de dragado del canal auxiliar, frente a la planta de amoniaco, es una zona somera que ocasionalmente, cuando se presentan las mareas más bajas del año, puede quedar fuera del agua por breves periodos (Figura IV.95). En esa zona se presentan masas de macroalgas compuestas principalmente por *Ulva lactuca* y *Gracilaria spp* (Figura IV.96 y Figura IV.97).

Posiblemente la presencia de estas especies está relacionada con el estado trófico de la Bahía de Ohuira, que como se mencionó anteriormente, recibe grandes cantidades de nutrientes arrastrados por las corrientes de agua que atraviesan la vasta extensión de terrenos agrícolas de la región. En cuerpos receptores costeros, uno de los síntomas de la eutrofización resultante es la proliferación de algas marinas oportunistas y de rápido crecimiento.

Teichberg *et al*, (2010) reportó que en experimentos de campo realizados en un total de nueve sitios (siete sistemas costeros, con uno de ellos conformado por tres subestuarios diferentes), el efecto del enriquecimiento de N y P en la tasa de crecimiento de *Ulva spp* se correlacionó directamente con las concentraciones anuales de nitrógeno inorgánico disuelto (NID), de forma que el crecimiento aumentó con la concentración creciente de NID. Las reservas internas en las frondas de macroalgas también se relacionaron con el aumento en

los aportes de NID y las tasas de crecimiento de las algas se ligaron estrechamente a esas reservas internas de nitrógeno.



Figura IV.95. Panorámica de la cobertura vegetal frente al sitio de la terminal, con marea muy baja.



Figura IV.96. Masas de macroalgas de la zona somera, con presencia de *Ulva sp y Gracillaria spp*.

El aumento de la biomasa de macroalgas inducido por las altas concentraciones de nutrientes puede desplazar a otros productores primarios. La presión de pastoreo puede controlar las proliferaciones de macroalgas apetecible, pero solamente cuando la tasa a la que se incrementa el nitrógeno es baja.

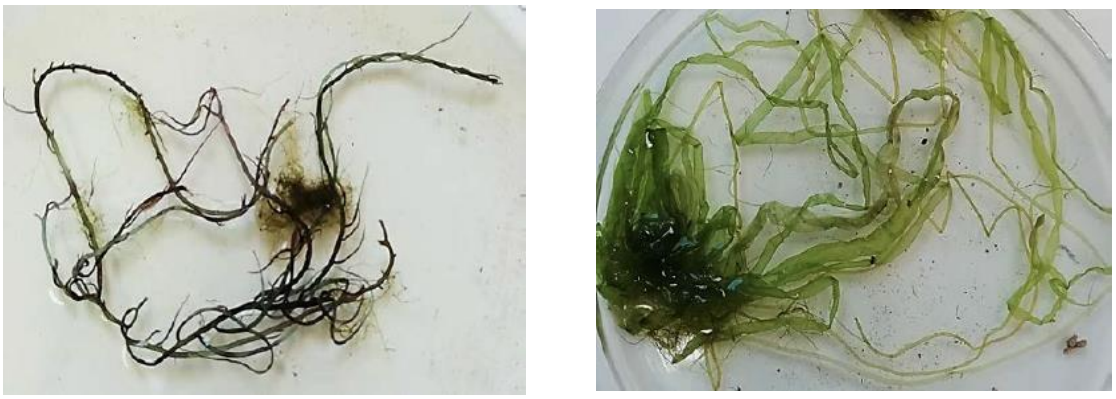


Figura IV.97. Macroalgas en la zona marina frente al predio donde se ubicarán la zona de tiro; *Ulva sp* (derecha) y masas de algas diversas entremezcladas con *Gracilaria sp* (izquierda).

En algunos casos los florecimientos o blooms de macroalgas terminan por un aumento del fitoplancton que reduce la irradiación que llega hasta el fondo. En sistemas con tiempos cortos de residencia del agua, el fitoplancton puede no tener tiempo suficiente para crecer y hacer sombra a las macrofitas. Cerca de la entrada de la Bahía de Ohuira la tasa de recambio de agua es alta por efecto de las mareas, por lo que las macroalgas tienen la oportunidad de perdurar, ya que en este caso las tasas altas de división del fitoplancton, que pueden ocurrir en altas concentraciones de nutrientes, no parecen compensar el poco tiempo para la división antes de que las células sean transportadas fuera del sistema. En otras palabras, en la zona donde se desarrollará el proyecto las macroalgas tendrían ventaja frente al fitoplancton al momento de competir por los recursos.

Entre los enfoques para la remediación de los muchos efectos de las proliferaciones de macroalgas se pueden incluir la interrupción de los aportes de nutrientes en sus fuentes a través de la cuenca hidrológica, el retiro mediante la cosecha de macroalgas o con un aumento en la circulación del agua. A pesar de los conocimientos disponibles acerca de la dinámica de las macroalgas, todas las iniciativas de gestión requieren de información adicional (Valiela *et al*, 1997).

En relación con los reportes de pastos marinos, aunque su distribución en la laguna no está completamente descrita, un estudio detallado del hábitat bentónico en la zona del proyecto de dragado ha demostrado que ahí no existe este tipo de vegetación.

Las macroalgas bentónicas, tales como *Gracilaria tikvahiae* o *Ulva lactuca*, pueden competir con los pastos marinos por los nutrientes, dando por resultado la atenuación o el bloqueo de la luz que llega a las praderas de pastos marinos, contribuyendo así a su degradación. De acuerdo con Kennish *et al*, (2011) en un estudio en la Bahía Barnegat–estuario de Little Egg Harbor, en Nueva Jersey, una cobertura de macroalgas de 60-70% se consideró como un estado previo a una proliferación o Bloom de macroalgas, 70-80% se consideró como un estado inicial de la proliferación y una cobertura mayor al 80% es considerada como una proliferación plena. En el sitio de dicho estudio hubo 10 ocurrencias (0.45 floraciones m^{-2}) de condiciones de previas a la proliferación, 19 ocurrencias (0.67 floraciones m^{-2}) de proliferación inicial y 36 ocurrencias (1.57 floraciones m^{-2}) de proliferaciones plenas. La mayoría de estas floraciones ocurrieron durante 2008 a 2010. El porcentaje de cobertura de macroalgas se pudo correlacionar con las características de los pastos marinos. Este patrón indicó que las proliferaciones de macroalgas en el estuario desarrollaron con cierta frecuencia e impactaron las praderas de pastos.

IV.13 Biodiversidad (Fauna).

IV.13.1 Aspectos Generales.

La distribución de especies se ha relacionado siempre con patrones generales tales como la latitud o la altitud del sitio a considerar (Pianka, 1966; Graham, 1983). Otros factores que suelen caracterizar a un sitio de manera más local como la topografía, la variación climática, la vegetación y la misma dispersión diferencial de las especies, origina que áreas que de otra manera serían muy homogéneas tengan una mayor variabilidad ambiental favoreciendo el incremento en la diversidad y riqueza de especies (Orinas, 1994).

México cuenta con un extenso litoral (más de 11,000 km de línea de costa), por lo que de manera natural una gran cantidad de actividades productivas se desarrollan en estas regiones, con la consecuente transformación del uso de suelo e impacto sobre las zonas costeras que ello implica (Rosete *et al*. 2006). Estas actividades impactan de manera significativa el desarrollo de la flora y la fauna alterando la conectividad de las áreas y de las poblaciones y generando alteraciones permanentes que provocan su alteración o en algunos casos su proliferación.

México se ha dividido (con base en la distribución de mamíferos terrestres y un análisis de parsimonia) en 15 provincias biogeográficas (Álvarez, 1991). De acuerdo con dicha división, la zona del proyecto se encuentra en la Provincia Biótica Sinaloense, la cual se encuentra hacia el sur de la llanura desértica y comprende desde la cuenca del Río Yaqui en Sonora, hasta la desembocadura del Río Santiago, en Nayarit. Esta provincia comprende la llanura costera sinaloense, que es angosta y está limitada por la sierra Madre Occidental hacia el este. Es bastante homogénea y casi no interrumpida por accidentes orográficos. Hacia el norte el límite está señalado por la presencia del desierto sonorense y hacia el sur por la práctica desaparición de la llanura sinaloense debido a la presencia de elevaciones montañosas muy cercanas a la costa. Las elevaciones montañosas de hasta 1,500 metros sobre el nivel del mar, cercanas a la costa, determinan una muy angosta franja costera con una anchura en promedio no mayor a 10 kilómetros.

La fauna marina de las Bahías de Santa María, Topolobampo y Ohuira está compuesta por peces, moluscos, poliquetos, equinodermos, crustáceos, tortugas, así como mamíferos marinos. La fauna acuática adquiere importancia debido a las actividades desarrolladas por

el ser humano en la región, como es la pesca extensiva, en la que se explotan comercialmente varias especies de peces como la lisa, curvina, pargo, sierra, el tiburoncillo, así como moluscos, incluyendo el mejillón, pata de mula, ostión, caracol, jaiba y camarón.

IV.13.2 Aves.

A pesar de que la costa de Sinaloa está compuesta por una serie de humedales que son utilizados por una gran cantidad de aves, el conocimiento de su biodiversidad aún es incompleto (González-Bernal *et al*., 2003; Kramer y Migota, 1989; y Pérez-Arteaga *et al*., 2005).

El estudio de las aves en el área del proyecto se inició con el desarrollo de un listado de la distribución de especies del Sistema Ambiental. Cuando se habla de distribución deben distinguirse dos categorías diferentes: la distribución real, que se refiere a los sitios en los que se han observado o colectado individuos y la distribución potencial, que hace alusión a las áreas que tienen condiciones ambientales muy similares a los sitios donde se encuentran las especies y que tienen muy altas probabilidades de estar ocupadas por estas mismas. El concepto de distribución potencial resulta ser sumamente útil debido a que permite salvar en problema de que, en países tan grandes y complejos como México, donde resulta prácticamente imposible disponer de información para todo el territorio.

Los datos utilizados para el desarrollo del listado incluyeron la información de fuentes oficiales como el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la CONABIO y la obra publicada por Howell y Webb (1995)[4] sobre la avifauna de México.

De esta forma, en el caso de las aves se obtuvo un estimado de 303 especies y de 22 órdenes (Tabla IV.53) y 58 familias, presentes en el Sistema Ambiental. Al contrastar esta lista con la NOM-059-SEMARNAT-2010 se encontró que 37 de las especies están en alguna categoría de protección.

Entre las especies enlistadas se tiene la presencia de una subespecie, del orden Anseriformes y la familia Anatidae (*Branta bernicla nigricans*). Hay dos casos más de

[4] Howell, Steve N.G. y Sophie Webb. 1995. *A Guide to the Birds of Mexico and Northen Central America*. Oxford University Press. Primera edición. Nueva York, EUA.

subespecies que vale la pena mencionar. Aunque en la información oficial no lo corrobora, por su distribución es posible que *Pelecanus occidentalis californiensis*, también se encuentre en el sistema, aunque en muchos casos, incluyendo la ficha deinscripción Ramsar, se le identifica como *Pelecanus occidentalis*. Otra subespecie sería *Haemotopus palliatus frazari* que aunque se encuentra en la norma NOM-059-SEMARNAT-2010, la designación suele aceptarse sólo como una forma de distinguir a la población de la costa occidental de *Haemotopus palliatus* de otras regiones del país. En la información oficial de la CONABIO el taxón se encuentra inactivo.

Tabla IV.53. Especies de aves en el Sistema Ambiental, según su Orden.

ORDEN	ESPECIES		ORDEN	ESPECIES
Anseriformes	23		Gaviiformes	2
Accipitriformes	15		Gruiformes	9
Apodiformes	10		Passeriformes	120
Caprimulgiformes	4		Pelecaniformes	18
Cathartiformes	2		Piciformes	4
Charadriiformes	53		Podicipediformes	3
Ciconiformes	1		Procellariformes	4
Columbiformes	8		Psittaciformes	1
Coraciformes	2		Strigiformes	8
Cuculiformes	2		Suliformes	6
Falconiformes	5		**Total de Especies**	**303**
Galliformes	3			

Sin embargo, tomando en cuenta la extensión del SA y que la avifauna de interés se encuentra hacia la zona costera, para el caso particular de este tipo de fauna se decidió restringir el área de cobertura del estudio. El SA abarca porciones de dos Áreas de Interés para la Conservación de las Aves (AICAs) en la zona costera (33 - Bahía Lechuguilla y 93 - Bahía Navachiste), aunque ninguna abarca la zona del proyecto (Figura IV.98). Cada una de estas AICAs reporta 233 especies. Se hizo un nuevo listado de especies potenciales que abarcara sólo la zona de influencia que está ubicada entre las dos AICAs, la cual se consideró que contiene 247 especies (Tabla IV.54).

Tabla IV.54. Riqueza potencial de avifauna silvestre para la porción costera del SA.

Grupo	Especies	% de las especies de fauna del SA	Especies endémicas	Especies en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010*		
				P	PR	A
Aves	247	41	4	1	20	5
* P = Peligro de Extinción; Pr = Protección Especial; A = Amenazada.						

Con cualquiera de los dos listados generados es posible afirmar que en la región existe una gran diversidad de avifauna, de las cuales algunas son endémicas a México, una más tiene distribución restringida a México y áreas aledañas y ninguna especie está restringida a la provincia biótica (Escalante, 1993). Estas aves ocupan de manera diferenciada los distintos ecosistemas, incluyendo las áreas de cultivo, el manglar y el litoral.

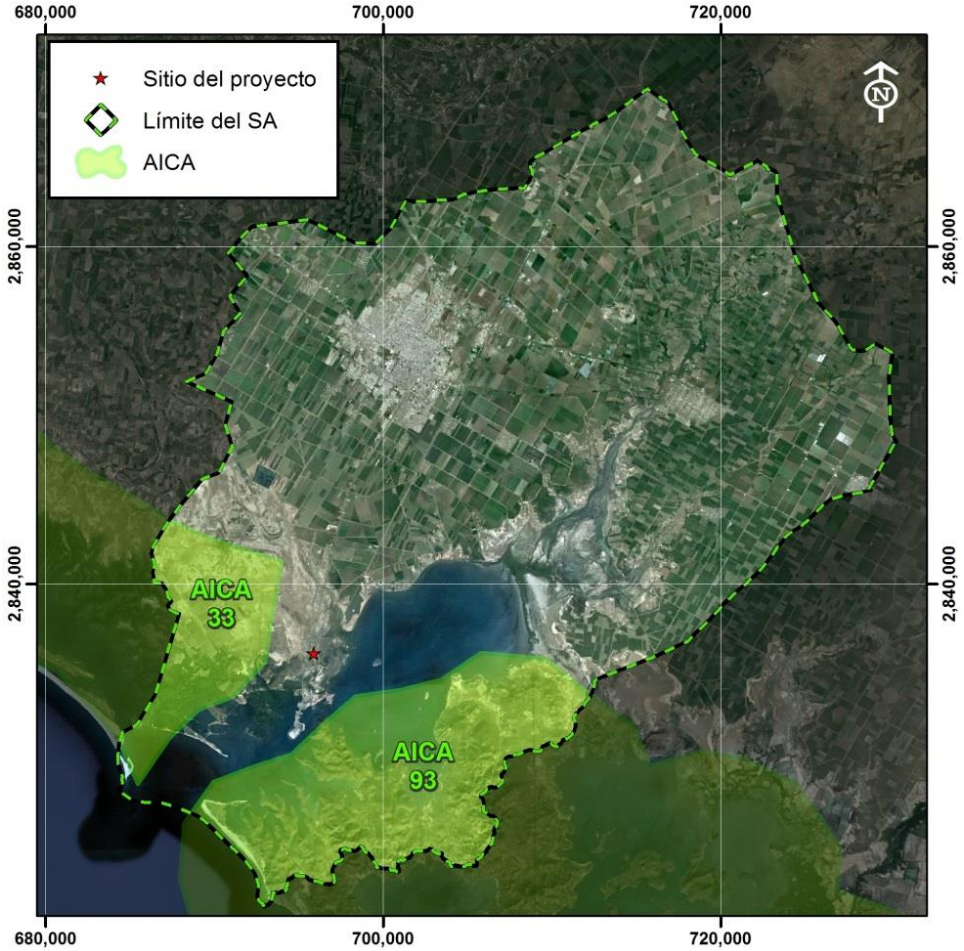


Figura IV.98. AICAs dentro del área del Sistema Ambiental (SA).

En particular, las islas en la bahía en la Bahía de Ohuira han sido descritas como áreas muy importantes para anidación y descanso de aves, y pertenecen al Área de Protección de Flora y Fauna “Islas del Golfo de California” (zona sur). Entre las aves que se encuentran anidando en la Isla Patos, la más cercana al proyecto, la ficha de inscripción del Sitio Ramsar menciona colonias de pelicano café *(Pelecanus occidentalis*), del cormorán o pato buzo *(Phalacrocorax auritus*) y de la fragata *(Fregata magnificens*).

En el sistema también se encuentran especies como el quebrantahuesos, halcones y garzas, incluyendo algunas sujetas a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010 tales como la gaviota ploma *(Larus heermanni*), la garceta rojiza *(Egretta rufescens*), la cigüeña americana *(Mycteria americana*), la gaviota pata amarilla *(Larus livens*), el charrán mínimo *(Sternula antillarum*) y el charrán elegante *(Thalasseus elegans).* Todas estas especies son consistentes con el listado desarrollado.
Una vez que se tienen los listados de especies potenciales, para obtener datos del área de interés, se realizaron tres visitas a campo en el Área de Proyecto, del 18 al 21 de febrero y del 6 al 8 de abril de 2016 y del 6 a 10 de marzo de 2017.

La última actualización de la avifauna del sitio propuesto para el depósito del material de dragado se programó para marzo de 2019. Sin embargo, es necesario señalar que el lugar experimentó cambios significativos a raíz de obras realizadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el Dren Mochis para mejorar el desfogue de las aguas urbanas y agrícolas que provocaban inundaciones en diversos puntos durante en la época de lluvias.

Aunque las obras mencionadas no tienen relación con el proyecto, al mejorar la circulación del agua en dirección a la laguna el área que quedaba inundada por la restricción del flujo de agua y que prácticamente constituía un humedal artificial, quedo nuevamente seca de forma inmediata y todas las aves que se observaron ahí en años anteriores han abandonado el área (Figura IV.99 y Figura IV.100).

A pesar de que ya no existe una relación directa entre las especies observadas en años anteriores en el Área del Proyecto y las que se pueden observar actualmente, a continuación se describe la metodología empleada en los estudios de campo aplicada en 25 puntos muestreo distribuidos en el Sistema Ambiental, el Área de Influencia y el Área del Proyecto (Figura IV.101).



Figura IV.99. Estado actual del sitio para el depósito del material de dragado.



Figura IV.100. Gaviota ploma (*Larus heermanni*), única ave registrada en el predio en marzo de 2019.

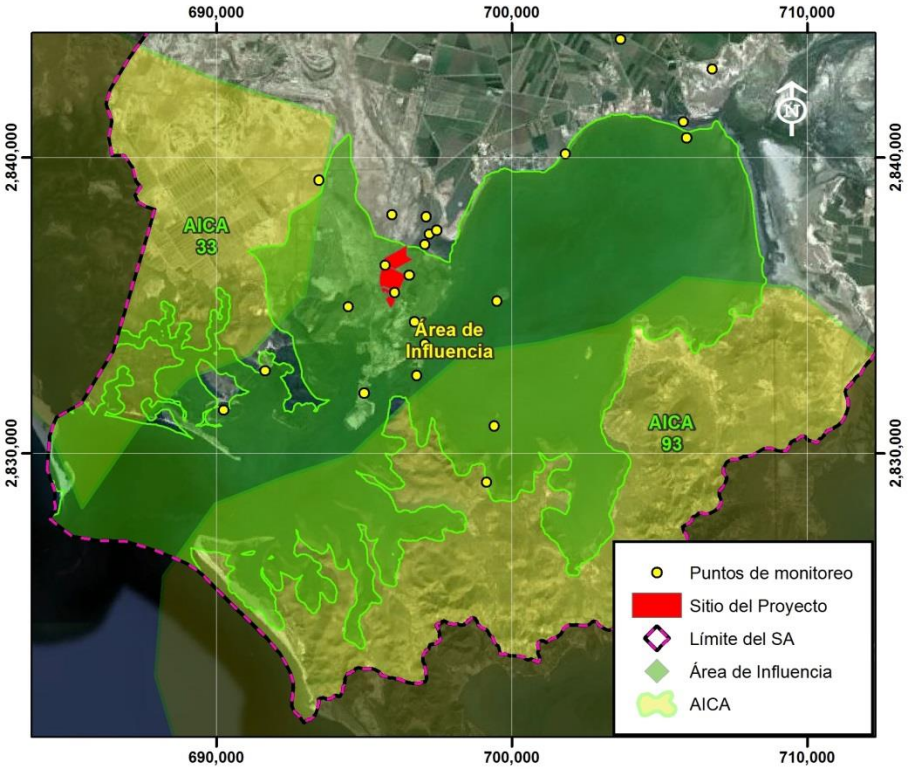


Figura IV.101. Sitio del proyecto, Área de Influencia y puntos de monitoreo de aves.

Aunque los cambios provocados a raíz de la limpieza de los drenes alteraron significativamente el Área del Proyecto, se considera que los resultados para el AI y el SA siguen siendo válidos. La metodología y las técnicas de muestreo utilizadas fueron las siguientes:

- *Técnicas de observación:* Para las observaciones fueron utilizados binoculares de 10 x 42, además en algunos casos fue posible identificar las especies mediante el canto.

- *Censos de búsqueda intensiva:* En este tipo de muestreo, el observador intenta cubrir la mayor superficie posible sin restricción de movimiento, esto con la finalidad de incrementar la probabilidad de detección de mayor número de especies de aves.

- *Transectos en franja:* Este método es similar a los puntos de conteo, sin embargo mediante esta técnica el observador registra las aves detectadas mientras camina a través de un área, esto por lo general en línea recta. Durante los muestreos realizados para el presente estudio se utilizó este método de observación pero

adecuándolo a las condiciones del terreno en el área del proyecto y su SA. Estas técnicas fueron implementadas durante las horas de mayor actividad de aves (amanecer y atardecer).



Figura IV.102. Observación de aves en punto de conteo.

- *Captura y liberación*: Esta técnica es utilizada principalmente para el monitoreo de aves terrestres, la captura se realiza utilizando redes de nylon o algodón con dimensiones de 12 m de largo y de 6 m por 2.5 m ancho, las redes son colocadas en sitios donde se presenta una mayor cobertura vegetal, así como condiciones de hábitat idóneas para la presencia de las especies (cuerpos de agua, fuentes de alimento, ecotonos, etc).

Las guías de campo utilizadas durante los muestreos en campo para la identificación de las especies de aves fueron: Howell y Webb (1995), Sibley (2001), National Geographic, (2006) y Kaufman (2005), entre otras. La Tabla IV.55 presenta la lista de las especies observadas en el área de Influencia y el área del proyecto. El listado completo de especies de aves con distribución potencial y registradas en campo se encuentra en el Anexo G.



Figura IV.103. Captura de ave en red de niebla.

De acuerdo con los resultados obtenidos en campo, en el Área de Influencia del proyecto se registraron 95 especies, las cuales pertenecen a 15 órdenes, 35 familias y 78 géneros.

En el Área del Proyecto, antes de que se restableciera la circulación de los drenes, se encontraron 23 de las 95 especies utilizando el área inundada para posarse. Ninguna de estas especies anidaba sobre las áreas que ocupará el proyecto. Es importante mencionar que durante el periodo en el que se realizaron las visitas en sitio para el muestreo de aves (de febrero a abril) se encuentran tanto las especies de residencia permanente, como la mayoría de las especies migratorias. Sin embargo, si se requiere conocer más sobre la distribución espacial y temporal de este grupo, se recomienda realizar estudios más detallados, de forma periódica y considerando la estacionalidad.

Tabla IV.55. Aves observadas en el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP).

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	AI	AP
1	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla Cola Roja	X	X
2	Accipitriformes	Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla rojinegra	X	
3	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo brachyurus*	aguililla cola-corta	X	
4	Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo nitidus*	aguililla gris	X	
5	Accipitriformes	Pandionidae	*Pandion haliaetus*	Águila Pescadora	X	
6	Anseriformes	Anatidae	*Anas americana*	Pato Chalcuán	X	X
7	Anseriformes	Anatidae	*Anas clypeata*	Pato Cucharón Norteño	X	X
8	Anseriformes	Anatidae	*Anas discors*	Cerceta Alas Azules	X	
9	Anseriformes	Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	X	
10	Apodiformes	Trochilidae	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	X	
11	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	*Chordeiles acutipennis*	Chotacabras Menor	X	X

Tabla IV.55. Aves observadas en el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP).

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	AI	AP
12	Cathartiformes	Cathartidae	*Cathartes aura*	Zopilote Aura	X	
13	Cathartiformes	Cathartidae	*Coragyps atratus*	Zopilote Común	X	
14	Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius vociferus*	Chorlo Tildío	X	
15	Charadriiformes	Charadriidae	*Charadrius wilsonia*	Chorlo Pico Grueso	X	
16	Charadriiformes	Haematopodidae	*Haematopus palliatus frazari*	Ostrero Americano	X	
17	Charadriiformes	Laridae	*Chroicocephalus philadelphia*	Gaviota de Bonaparte	X	
18	Charadriiformes	Laridae	*Gelochelidon nilotica*	Charrán Pico Grueso	X	
19	Charadriiformes	Laridae	*Hydroprogne caspia*	Charrán del Caspio	X	
20	Charadriiformes	Laridae	*Larus delawarensis*	Gaviota Pico Anillado	X	X
21	Charadriiformes	Laridae	*Larus heermanni*	Gaviota Plomiza	X	
22	Charadriiformes	Laridae	*Leucophaeus atricilla*	Gaviota Reidora	X	
23	Charadriiformes	Laridae	*Thalasseus maximus*	Charrán Real	X	
24	Charadriiformes	Recurvirostridae	*Himantopus mexicanus*	Monjita Americana	X	X
25	Charadriiformes	Recurvirostridae	*Recurvirostra americana*	Avoceta Americana	X	X
26	Charadriiformes	Scolopacidae	*Actitis macularius*	Playero Alzacolita	X	
27	Charadriiformes	Scolopacidae	*Arenaria interpres*	Vuelvepiedras Rojizo	X	
28	Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris minutilla*	Playero Diminuto	X	
29	Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris pusilla*	Playero Semipalmeado	X	
30	Charadriiformes	Scolopacidae	*Gallinago delicata*	Agachona Norteamericana	X	X
31	Charadriiformes	Scolopacidae	*Limnodromus scolopaceus*	Costurero Pico Largo	X	X
32	Charadriiformes	Scolopacidae	*Limosa fedoa*	Picopando Canelo	X	
33	Charadriiformes	Scolopacidae	*Numenius americanus*	Zarapito Pico Largo	X	
34	Charadriiformes	Scolopacidae	*Numenius phaeopus*	Zarapito Trinador	X	
35	Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa flavipes*	Patamarilla Menor	X	
36	Charadriiformes	Scolopacidae	*Tringa semipalmata*	Playero Pihuiuí	X	
37	Columbiformes	Columbidae	*Columbina talpacoti*	Tortolita Canela	X	
38	Columbiformes	Columbidae	*Streptopelia decaocto*	Paloma de collar	X	
39	Columbiformes	Columbidae	*Zenaida asiatica*	Paloma Alas Blancas	X	
40	Coraciiformes	Alcedinidae	*Megaceryle alcyon*	Martín Pescador Norteño	X	
41	Piciformes	Picidae	*Melanerpes uropygialis*	Carpintero del Desierto	X	
42	Falconiformes	Falconidae	*Caracara cheriway*	Caracara Quebrantahuesos	X	
43	Falconiformes	Falconidae	*Falco columbarius*	Halcón Esmerejón	X	
44	Falconiformes	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo Americano	X	
45	Gruiformes	Rallidae	*Fulica americana*	Gallareta Americana	X	X
46	Gruiformes	Rallidae	*Gallinula galeata*	Gallineta Frente Roja	X	
47	Gruiformes	Rallidae	*Rallus limicola*	rascón picudo	X	
48	Gruiformes	Rallidae	*Rallus longirostris*	rascón picudo	X	
49	Passeriformes	Cardinalidae	*Passerina caerulea*	picogordo azul	X	
50	Passeriformes	Cardinalidae	*Cardinalis cardinalis*	Cardenal Rojo	X	

Tabla IV.55. Aves observadas en el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP).

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	AI	AP
51	Passeriformes	Emberizidae	*Chondestes grammacus*	Gorrión Arlequín	X	X
52	Passeriformes	Emberizidae	*Passerculus sandwichensis*	Gorrión Sabanero	X	
53	Passeriformes	Emberizidae	*Peucaea carpalis*	Zacatonero Hombros Canela	X	X
54	Passeriformes	Fringillidae	*Haemorhous mexicanus*	Pinzón Mexicano	X	
55	Passeriformes	Fringillidae	*Spinus psaltria*	Jilguerito Dominico	X	
56	Passeriformes	Hirundinidae	*Stelgidopteryx serripennis*	Golondrina Alas Aserradas	X	
57	Passeriformes	Hirundinidae	*Tachycineta bicolor*	Golondrina Bicolor	X	X
58	Passeriformes	Icteridae	*Agelaius phoeniceus*	Tordo Sargento	X	
59	Passeriformes	Icteridae	*Quiscalus mexicanus*	Zanate Mayor	X	
60	Passeriformes	Mimidae	*Mimus polyglottos*	Centzontle Norteño	X	X
61	Passeriformes	Mimidae	*Toxostoma curvirostre*	Cuicacoche Pico Curvo	X	
62	Passeriformes	Parulidae	*Oporornis agilis*	Reinita de Connecticuc	X	
63	Passeriformes	Parulidae	*Geothlypis trichas*	Mascarita Común	X	
64	Passeriformes	Parulidae	*Oreothlypis celata*	Chipe Oliváceo	X	X
65	Passeriformes	Parulidae	*Setophaga petechia*	Chipe Amarillo	X	
66	Passeriformes	Polioptilidae	*Polioptila caerulea*	Perlita Azulgris	X	
67	Passeriformes	Troglodytidae	*Campylorhynchus brunneicapillus*	Matraca del Desierto	X	X
68	Passeriformes	Troglodytidae	*Cistothorus palustris*	Saltapared Pantanero	X	
69	Passeriformes	Tyrannidae	*Pitangus sulphuratus*	Luis bienteveo	X	
70	Passeriformes	Tyrannidae	*Sayornis nigricans*	Papamoscas Negro	X	
71	Passeriformes	Tyrannidae	*Tyrannus melancholicus*	Tirano Pirirí	X	
72	Passeriformes	Laniidae	*Lanius ludovicianus*	Verdugo Americano	X	
73	Passeriformes	Vireonidae	*Vireo cassinii*	Vireo de Cassin	X	
74	Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea herodias*	Garza Morena	X	X
75	Pelecaniformes	Ardeidae	*Butorides virescens*	Garcita Verde	X	
76	Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta caerulea*	Garza Azul	X	
77	Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta rufescens*	Garza Rojiza	X	X
78	Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta thula*	Garza Dedos Dorados	X	
79	Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta tricolor*	Garza Tricolor	X	X
80	Pelecaniformes	Ardeidae	*Tigrisoma mexicanum*	Garza Tigre Mexicana	X	
81	Pelecaniformes	Ardeidae	*Nyctanassa violacea*	Garza Nocturna Corona Clara	X	
82	Pelecaniformes	Ardeidae	*Nycticorax nycticorax*	Garza Nocturna Corona Negra	X	
83	Pelecaniformes	Ardeidae	*Bubulcus ibis*	Garza Ganadera	X	
84	Pelecaniformes	Pelecanidae	*Pelecanus erythrorhynchos*	Pelícano Blanco Americano	X	
85	Pelecaniformes	Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis californicus*	Pelícano Café	X	
86	Pelecaniformes	Threskiornithidae	*Eudocimus albus*	Ibis Blanco	X	
87	Pelecaniformes	Threskiornithidae	*Platalea ajaja*	Espátula Rosada	X	X
88	Pelecaniformes	Threskiornithidae	*Plegadis chihi*	ibis cara-blanca	X	X
89	Podicipediformes	Podicipedidae	*Podiceps nigricollis*	Zambullidor Orejón	X	

Tabla IV.55. Aves observadas en el Área de Influencia (AI) y el Área del Proyecto (AP).

No.	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	AI	AP
90	Podicipediformes	Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor Menor	X	X
91	Suliformes	Fregatidae	*Fregata magnificens*	Fragata Tijereta	X	X
92	Suliformes	Phalacrocoracidae	*Phalacrocorax brasilianus*	Cormorán Neotropical	X	
93	Suliformes	Phalacrocoracidae	*Phalacrocorax auritus*	Cormorán Orejudo	X	
94	Suliformes	Sulidae	*Sula leucogaster*	Bobo Café	X	
95	Suliformes	Sulidae	*Sula nebouxii*	Bobo Patiazul	X	

De las especies encontradas en campo a lo largo del SA (en los puntos fuera del área de influencia), 10 tienen algún estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010, de las cuales 7 están sujetos a protección especial, 1 bajo la categoría de peligro de extinción (P) y 2 bajo la categoría de amenazada (A). En cuanto a su ubicación, sólo 6 se encontraron en el Área de Influencia y 2 dentro del Área del Proyecto (Tabla IV.56).

Tabla IV.56. Especies de aves registradas en campo incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Orden	Familia	Género/Especie	NOM 059	AP	AI	SA
Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta rufescens*	Pr	X	X	X
Pelecaniformes	Ardeidae	*Tigrisoma mexicanum*	Pr			
Pelecaniformes	Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis californicus*	A		X	X
Falconiformes	Falconidae	*Falco peregrinus*	Pr			X
Charadriiformes	Haematopodidae	*Haematopus palliatus frazari*	P		X	X
Charadriiformes	Laridae	*Larus heermanni*	Pr		X	X
Accipitriformes	Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Pr		X	X
Gruiformes	Rallidae	*Rallus limnicola*	A		X	X
Suliformes	Sulidae	*Sula nebouxii*	Pr			X
Podicipediformes	Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Pr	X	X	X
Charadriiformes	Laridae	*Thalasseus elegans*	Pr			X

En el Área de influencia, sólo una especie, *Haematopus palliatus frazari,* se encontraría en peligro de extinción (P), dos especie, *Rallus tenuirostris y Pelecanus occidentalis californicus,* se encuentran en la categoría de Amenazada (A) y cuatro especies se encuentran sujetas a protección especial (Pr): *Parabuteo unicinctus*, *Larus heermanni*, *Egretta rufescens* y *Tachybaptus dominicus*. En el Área del Proyecto, donde antes se encontraban 23 de las 83 especies, sólo *Egretta rufescens* y *Tachybaptus dominicus* están en estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010. No se registraron especies endémicas dentro del Área del Proyecto ni en el Área de Influencia.

Por otra parte, la Tabla IV.57 presenta las especies registradas en el Área del Proyecto (AP) y su Área de Influencia (AI) que están incluidas en la Lista Roja de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, por sus siglas en inglés) y en los apéndices de la CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres). De esta lista se destaca que 3 especies están bajo la categoría de Casi Amenazadas (NT), el resto son de Preocupación Menor (LC), sólo *Egretta rufescens* se registró en el Área del Proyecto. Cabe destacar que en esta lista no se reconoce la subespecie *Haematopus palliatus frazari*, sino solamente a la especie *Haematopus palliatus* en la categoría de Preocupación Menor. Por otra parte, 10 especies se encuentran en los Apéndices de la CITES, de las cuales 9 se encuentran en el Apéndice II y 1 en el Apéndice III, sólo *Buteo jamaicensis* se registró en el Área del Proyecto. De nuevo, *Haematopus palliatus frazari* no se reconoce en estos anexos.

Tabla IV.57. Especies registradas en el AP y su AI incluidas en la Lista Roja de la IUCN y en los Apéndices de la CITES.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	UICN	Apéndice CITES
Charadriiformes	Laridae	*Larus heermanni*	Gaviota Plomiza	NT	-
Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris pusilla*	Playero Semipalmeado	NT	-
Pelecaniformes	Ardeidae	*Egretta rufescens*	Garza Rojiza	NT	-
Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo jamaicensis*	Aguililla Cola Roja	LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla rojinegra	LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo brachyurus*	aguililla cola-corta	LC	II
Accipitriformes	Accipitridae	*Buteo nitidus*	aguililla gris	LC	II
Accipitriformes	Pandionidae	*Pandion haliaetus*	Águila Pescadora	LC	II
Anseriformes	Anatidae	*Dendrocygna autumnalis*	Pijije Alas Blancas	LC	III
Apodiformes	Trochilidae	*Cynanthus latirostris*	Colibrí pico ancho	LC	II
Falconiformes	Falconidae	*Caracara cheriway*	Caracara Quebrantahuesos	LC	II
Falconiformes	Falconidae	*Falco columbarius*	Halcón Esmerejón	LC	II
Falconiformes	Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo Americano	LC	II

A pesar de la presencia de algunas especies en alguna categoría de protección en el Sistema Ambiental, actualmente el predio y quizás el Área de Influencia, no constituyen un área relacionada directamente con la conservación de todas ellas. Por ejemplo, *Thalasseus elegans* es una especie importante en el ecosistema del Golfo de California, debido a ser numerosa durante su temporada de anidación (marzo a julio). Se alimenta de pequeños peces pelágicos menores, que constituyen el segundo nivel trófico del ecosistema marino

pelágico, después del fito y zooplancton. Este tipo de peces no se encuentran en el sitio del proyecto.

En cuanto amenazas para dicha especie, estas consisten en la presencia de especies introducidas en las islas en donde anida, principalmente Isla Rasa (Banks 1963, Velarde y Anderson 1993). Este riesgo ya no existe actualmente, ya que las ratas fueron erradicadas de Isla Rasa. Sin embargo sigue existiendo en algunas de las otras islas en donde anidaban en el pasado, por ejemplo en Isla Isabela existen ratas y gatos introducidos. Un caso similar en cuanto a las amenazas que determinaron su inclusión en la norma de protección es el de las gaviotas como *Larus heermanii.*

En el caso de los pelicanos, la inclusión de la subespecie *Pelecanus occidentalis californicus* (pelícano pardo de California) en la lista de especies en peligro de los Estados Unidos se basó en las fallas reproductivas relacionadas con la contaminación, principalmente por DDT, en el Sur de California a principios de la década de los años setenta. El pelicano se eliminó de la lista de especies en peligro de los Estados Unidos en 2009, junto con el resto de la especie en todo Norteamérica. Sin embargo, su inclusión en la lista oficial de México (NOM-059-SEMARNAT-2010) no ha sido revisada aun.

Es importante mencionar que el 86% de las especies registradas en el Área del Proyecto se distribuyen también a lo largo del SA y dado que en el Área del Proyecto no se encontraron sitios para anidación; su presencia podría atribuirse en algunos casos a la presencia de alimento, ya que la mayoría pertenecen al gremio de los insectívoros (12 especies), mientras que las especies carnívoras, piscívoras y omnívoras (8, 7 y 6 especies, respectivamente) utilizan el área para descanso. En el Área de Influencia la mayoría de dichas especies también pertenecen al gremio alimenticio insectívoro (15 especies), pero también hay una representación significativa de los carnívoros (33 especies) y de los piscívoros (24 especies).

En el predio, especialmente tras la desecación, el suelo no es un hábitat adecuado para especies de infauna, por lo que las fuentes de alimentos dependen del material que arrastraba el agua. La presencia de fuentes de alimento, como los insectos y otros animales, en otras zonas del SA es más importante que en el área del proyecto. Se considera que las actividades del proyecto no afectarán significativamente los hábitos alimenticios de las aves y que el valor ecológico del predio es relativamente bajo. Para ampliar la información de las

especies en el AP que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010 se hizo un listado incluyendo las especies potenciales (Tabla IV.58).

Tabla IV.58. Especies del SAR incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	SINONIMIA
ANSERIFORMES			
Anatidae	*Branta bernicla nigricans*	Ganso de collar	
ACCIPITRIFORMES			
Accipitridae	*Aquila chrysaetos*	Águila real	
Accipitridae	*Accipiter cooperii*	Gavilán de Cooper	*Accipiter cooperi*
Accipitridae	*Accipiter striatus*	Gavilán pecho-rufo	
Accipitridae	*Buteo swainsoni*	Aguililla de Swainson	
Accipitridae	*Buteogallus anthracinus*	Águila cabeza-blanca	
Accipitridae	*Parabuteo unicinctus*	Aguililla rojinegra	
CHARADRIIFORMES			
Laridae	*Larus heermanni*	Gaviota ploma	
Laridae	*Larus livens*	Gaviota patamarilla	
Laridae	*Sterna antillarum*	Golondrina marina menor, charrán mínimo	*Sternula antillarum*
Laridae	*Thalasseus elegans*	Charrán elegante	*Sterna elegans*
Haematopodidae	*Haematopus palliatus frazari*	Ostrero americano	
CICONIIFORMES			
Ciconiidae	*Mycteria americana*	Cigüeña americana	
FALCONIFORMES			
Falconidae	*Falco peregrinus*	Halcón peregrino	
GRUIFORMES			
Gruidae	*Antigone canadensis*	Grulla gris	*Grus canadensis*
Rallidae	*Rallus limicola*	Rascón limícola	
PASSERIFORMES			
Cardinalidae	*Passerina ciris*	Colorín sietecolores	
Parulidae	*Oporornis tolmiei*	Chipe de Tolmie, chipe de Potosí	
Vireonidae	*Vireo pallens*	Vireo manglero	
PELACANIFORMES			
Pelecanidae	*Pelecanus occidentalis californicus*	Pelicano café	
Ardeidae	*Egretta rufescens*	Garza colorada, garza morada, garza rojiza, garceta rojiza, garza melenuda	
Ardeidae	*Ixobrychus exilis*	Avetoro mínimo, avetorito americano, garcita de tular, garzo tigre del tular	
Ardeidae	*Tigrisoma mexicanum*	Garza Tigre Mexicaba	
PODICIPEDIFORMES			
Podicipedidae	*Tachybaptus dominicus*	Zambullidor menor, zambullidor chico, zambullidorcito, zampullín macacito	
PSITTACIFORMES			
Psittacidae	*Amazona albifrons*	Loro de frente blanca, cotorra guayabera, loro manglero, perico norteño	
SULIFORMES			
Sulidae	*Sula nebouxii*	Bobo pata azul	

La Tabla IV.59 presenta las especies, potenciales y observadas, incluidas en la norma de acuerdo con su categoría de protección, incluyendo su categoría CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres) y su categoría IUCN (International Union for Conservation of Nature), así como sus endemismos. De aquí se desprende que en el SA existen 19 especies sujetas a protección especial (Pr), 1 en peligro de extinción (P) y 5 amenazadas (A).

Tabla IV.59. Especies incluidas en la NOM-059, IUCN y CITES según su categoría.

Nombre Científico	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA	CATEGORÍA IUCN	CITES
Branta bernicla nigricans	no endémica	A	Preocupación Menor (LC)	
Aquila chrysaetos	no endémica	A	Preocupación Menor (LC)	II
Accipiter cooperii	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	II
Accipiter striatus	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	II
Buteo swainsoni	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	II
Buteogallus anthracinus	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	
Parabuteo unicinctus	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	II
Larus heermanni	no endémica	Pr	Casi Amenazado (NT)	
Larus livens	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	
Sterna antillarum	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	
Thalasseus elegans	no endémica	Pr	Casi Amenazado (NT)	
Haematopus palliatus frazari	no endémica	P		
Mycteria americana	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	
Falco peregrinus	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	II
Antigone canadensis	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	II
Rallus limicola	no endémica	A	Preocupación Menor (LC)	
Passerina ciris	no endémica	Pr	Casi Amenazado (NT)	
Geothlypis tolmiei	no endémica	A	Preocupación Menor (LC)	
Vireo pallens	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	
Pelecanus occidentalis californicus	no endémica	A	Preocupación Menor (LC)	
Egretta rufescens	no endémica	Pr	Casi Amenazado (NT)	
Ixobrychus exilis	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	
Tigrisoma mexicanum	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	
Tachybaptus dominicus	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	
Amazona albifrons	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	II
Sula nebouxii	no endémica	Pr	Preocupación Menor (LC)	

Para identificar las especies que pueden ocupar un espacio con las características del sitio del proyecto se hizo un nuevo listado (Tabla IV.60) en el que se incluyeron los hábitats que ocupa cada especie e identificando las que se encuentran en el Sistema Ambienta (S), las que se encuentran en el área de influencia (I) y las que se encuentran en el área que ocupará el proyecto (P).

Tabla IV.60. Especies incluidas en la NOM-059, de acuerdo a su hábitat.

	Nombre Científico	Zonas boscosas	Bosque espinoso	Bosque húmedo a semiárido	Bosques deciduos y semideciduos	Parches de vegetación densa	Zonas áridas y semiáridas	Vegetación secundaria	Pastizales	Tierras de cultivo	Manglares	Lagos	Marismas de agua dulce	Estuarios	Marismas	Bahías	Lagunas costeras	Playas de arena	Costas rocosas	Islas	Costero (oc. vis. desde tierra)	Costero (fr. vis. desde tierra)	Pelágico (vis. desde tierra)
1	*Branta bernicla nigricans*															S							
2	*Aquila chrysaetos*						S		S														
3	*Accipiter cooperii*																					S	
4	*Accipiter striatus*	S																					
5	*Buteo swainsoni*								S	S													
6	*Buteogallus anthracinus*																						
7	*Parabuteo unicinctus*						S								I								
8	*Larus heermanni*													S	I	S		S	S				
9	*Larus livens*													S		S		S	S				
10	*Sterna antillarum*													S	I		I	S					
11	*Thalasseus elegans*														I	S	I	S	S	I			
12	*Haematopus palliatus frazari*										I			S	I		I	S		I			
13	*Mycteria americana*												S		I								
14	*Falco peregrinus*								S														
15	*Antigone canadensis*									S		S			I								
16	*Rallus limicola*												S										
17	*Passerina ciris*		S			S	S																
18	*Geothlypis tolmiei*								S				S										
19	*Vireo pallens*										I												
20	*Pelecanus occidentalis californiensis*										I	I		S		I	I	S	S				
21	*Egretta rufescens*													S			I	S					
22	*Ixobrychus exilis*												S		I								
23	*Tigrisoma mexicanum*																						
24	*Tachybaptus dominicus*										I			S	I								
25	*Amazona albifrons*				S																		
26	*Sula nebouxii*																				I	S	

Con esto se obtuvo que hay actualmente ya no había especies que pueden encontrarse cotidianamente en el Área del Proyecto, 13 en el Área de Influencia y 14 especies que ocupan otros hábitats en el Sistema Ambiental. Es importante hacer notar que otras especies, como las gaviotas, pueden observarse en sitios que no necesariamente son áreas de importancia para la especie, como el extenso basurero que se encuentra al norte del AP.

Con base en la distribución potencial se consideró que hay 18 especies que ocupan el área de influencia en verano o como residentes permanentes y 7 se presentarían sólo en invierno (Tabla IV.61), cuando el terreno está seco y no proporciona escasos servicios a las aves. Cabe señalar que los trabajos sobre aves en el complejo lagunar Ohuíra-Topolobampo-Santa María no son tan extensos como en otros humedales sinaloenses, por lo que el listado no se considera definitivo y está sujeto a modificaciones en base a observaciones futuras y a los inventarios que puedan desarrollarse en los programas de seguimiento ambiental del proyecto.

Tabla IV.61. Especies del SA incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 de acuerdo a su estacionalidad.

Nombre Científico	Residencia permanente	Época de anidación en el hemisferio norte	Época de invernación en el hemisferio norte	Invierno	Verano	Tránsito	Usando sitios con y sin clima extremo	Pelágico
Branta bernicla nigricans				X				
Aquila chrysaetos	X							
Accipiter cooperii				X				
Accipiter striatus				X				
Buteo swainsoni						X		
Buteogallus anthracinus	X							
Parabuteo unicinctus	X							
Larus heermanni	X							
Larus livens	X							
Sterna antillarum *					X			
Thalasseus elegans					X			
Haematopus palliatus frazari	X							
Mycteria americana	X							
Falco peregrinus				X	X			
Antigone canadensis *				X				
Rallus limicola				X				
Passerina ciris				X				
Oporornis tolmiei			X	X			X	
Vireo pallens	X							
Pelecanus occidentalis californiensis	X							
Egretta rufescens	X							
Ixobrychus exilis					X			
Tigrisoma mexicanum								
Tachybaptus dominicus	X							
Amazona albifrons	X							
Sula nebouxii								

Nota: La norma hace referencia a *Sterna elegans*, que actualmente se reconoce como *Thalasseus elegans.*



Figura IV.104. Chorlo semipalmeado (*Charadrius semipalmatus*) en las vías del tren.



Figura IV.105. Pelicano café (*Pelecanus occidentalis*) en la bahía.

IV.13.3 Mamíferos.

De manera particular, con respecto a los mamíferos el territorio mexicano ocupa el tercer lugar en cuanto a riqueza de este grupo de especies en el mundo, solo detrás de Indonesia y Brasil (CONABIO 2009). Los mamíferos son un grupo de vertebrados que por su importancia funcional son un componente relevante de los ecosistemas en que habitan, porque ayudan a la dispersión de semillas, a la polinización de diversas especies de plantas, controlan las poblaciones de animales (insectos y mamíferos pequeños) y de plantas, al alimentarse de ellos.

En los muestreos realizados, se registraron 18 especies de mamíferos, que representan el 20% de las especies con distribución potencial dentro del SA (Tabla IV.62). En la porción terrestre, se reportaron 17, de las cuales sólo *Leopardus pardalis* (ocelote) está catalogado como en peligro de extinción (P) dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En la porción acuática sólo se registró un mamífero de los tres que se tienen reportados para la Bahía de Ohuira: *Tursiops truncatus* (tonina), el cual se encuentra sujeto a protección especial (Pr) dentro de la mencionada norma. Los otros dos mamíferos de los que se tiene reporte en la literatura pero que raramente son observados en la zona son el rocual (*Balaenoptera physalus*), el lobo marino de california (*Zalophus californianus*), los cuales tienen la misma categoría de protección que la tonina en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Tabla IV.62. Especies de mamíferos registrados durante el trabajo de campo.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM	Abundancia Relativa
Didelphimorphia	Didelphidae	*Didelphis virginiana*	Tlacuache Común	-	1.1461
Lagomorpha	Leporidae	*Lepus alleni*	Liebre Antilope	-	3.2951
		Sylvilagus audubonii	Conejo del Desierto	-	4.1547
		Sylvilagus floridianus	Conejo Castellano	-	2.7221
Quiroptera	Molossidae	*Tadarida brasiliensis*	Murciélago Guanero	-	64.4699
Carnivora	Canidae	*Canis latrans*	Coyote	-	7.4499
		Urocyon cinereoargenteus	Zorra Gris	-	1.0029
	Felidae	*Puma concolor*	Puma, Leon de Montaña	-	0.1433
		Leopardus pardalis	Ocelote**	P	1.1461
		Linx rufus	Lince, Gato Montes	-	2.0057
	Procyonidae	*Procyon lotor*	Mapache	-	7.4499
		Bassariscus astutus	Cacomixtle	-	0.2865
Artiodactyla	Cervidae	*Odocoileus virginianus*	Venado Cola Blanca	-	0.1433
	Tayassuidae	*Tayassu tajacu*	Pecari de Collar	-	0.1433
Cetacea	Didelphinidae	*Tursiops tuncatus*	Tusión, Tonina	Pr	1.2894
Rodentia	Sciuridae	*Otopermophilus variegatus*	Ardillón	-	2.2923
		Sciurus colliaei	Ardilla Gris del Pacifico*	-	0.7163
	Cricetidae	*Peromyscus eremicus*	Ratón de Cactus	-	0.1433
			Total		**100.0000**

En la superficie donde se instalarán la zona de tiro sólo se observaron 3 especies de mamíferos: *Didelphis virginiana* (tlacuache común), *Lepus alleni* (Liebre Antilope) y *Sylvilagus floridianus* (conejo castellano). Ninguna de las 3 tiene algún estatus de protección.

En la superficie donde se instalará el campamento provisional, la cual ya está previamente modificada), no habitan mamíferos mayores ni hay hábitats adecuados o corredores naturales para estos.

IV.13.4 Anfibios y Reptiles.

Los anfibios y reptiles son uno de los grupos más vulnerables a la perturbación del hábitat, pues son sumamente sensibles a los cambios en la calidad de los factores bióticos (agua, aire, suelo, etc.) de un ambiente (Wilson *et al*., 2010). Estos organismos son sensibles a los cambios de la calidad del hábitat y a sus relaciones ecológicas con su microhábitat y ambiente, lo que los hace realmente útiles como indicadores de un ambiente (Duelman, 2001). De hecho, la riqueza de especies y las abundancias relativas de anfibios y reptiles de forma conjunta, suelen ser buenos indicadores del estado de conservación que guarda el entorno natural donde se encuentren, por ejemplo, algunas especies tanto de anfibios y reptiles (las más abundantes y generalistas en cuanto al hábitat y alimento) es muy común observarlas en ambientes alterados y con una reducción de la calidad del hábitat.

En relación a los reptiles marinos, son pocos los estudios dentro del sistema Topolobampo-Ohuira-Santa María, sin embargo, se han reportado registros dentro de las tres bahías de la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*), tortuga prieta (*Chelonia mydas agassizi*) y tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), las cuales se encuentran en veda permanente y están bajo la categoría de Peligro de Extinción (P) en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

De acuerdo al Informe parcial “Establecimiento de la Línea Base de la Calidad Ecológica de la Bahía de Ohuira, Sinaloa” realizado para GPO, se tienen registros de la presencia de la especie *Chelonia mydas agassizzi* ya que se realizaron 7 monitoreos, con la siguiente ubicación (700,771 E y 2,833,089 N). Este punto se encuentra a 3.2 Km del área del proyecto a una profundidad entre 1 y 7 metros (). Dado que dentro de la bahía no hay sitios propicios para su anidación se infiere que el desplazamiento de estos organismos por las aguas de la bahía sirve únicamente de paso para encontrar su alimento ya que estos prefieren hacerlo en aguas superficiales. Uribe (2013) afirma. “A medida que las tortugas crecen en tamaño se desplazan a aguas costeras someras donde se reclutan con adultos y otros juveniles en este momento ocurren cambios en sus hábitos alimenticios, iniciando una dieta principalmente herbívora, compuesta principalmente de algas y pastos marinos”.

En la porción marina del SA no se registraron reptiles durante el estudio que realizó CAPSA en 2017.

La herpetofauna terrestre del estado de Sinaloa no ha sido completamente estudiada y en la actualidad solo se cuenta con registros aislados, sin una lista de especies de anfibios y

reptiles para algunas regiones del estado, por lo que un punto importante y como objetivo de alto interés, será conocer la lista de las diferentes especies de anfibios y reptiles que habitan en esta región. Los tipos de reptiles que se encuentran en el SA incluyen lagartijas (incluyendo a las iguanas), serpientes y tortugas.

Tabla IV.63. Listado de reptiles registrados en campo.

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	NOM	END	UICN	CITES	Abundancia Relativa
Testudines	Emydidae	*Trachemys ornata*	Jicotera Occidental	-	Mx	VU	-	0.53191489
Squamata	Gekkonidae	*Hemydactilus frenatus*	Besucona	-	-	-	-	2.65957447
		Phyllodactylus. tuberculosus	Salamanquesa Vientre Amarillo	-	-	LC	-	0.53191489
	Iguanidae	*Ctenosaura hemilopha*	Iguana de Palo	Pr	Mx	-	-	1.59574468
		Iguana iguana	Iguana Verde	Pr	-	-	II	0.53191489
	Phrynosomatidae	*Urosaurus ornatus*	Lagartija de Árbol Norteña	-	-	LC	-	88.8297872
	Teiidae	*Aspidoscelis costata*	Huico Alpino	Pr	Mx	-	-	3.72340426
	Colubridae	*Drymarchon corais*	Culebra Índigo	-	-	LC	-	0.53191489
	Dipsadidae	*Hypsiglena torquata*	Culebra Nocturna	Pr	Mx	LC	-	1.06382979
								100

Definiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM 059-SEMARNAT-2010
Pr: Sujetas a protección especial
Endemismo
Mx: Especie endémica de México
IUCN Red list (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Lista Roja)
LC: Preocupación menor (Least concern)
VU: Vulnerable (Vulnerable)
CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres)
II: Apéndice II

En la visita de campo que realizó CAPSA en 2017 para verificar la herpetofauna del SA y el sitio del proyecto se registraron 9 de las 67 especies de reptiles del listado potencial correspondientes a 7 familias y 2 órdenes.

En la zona donde se instalarán la zona de tiro no se encontraron especies de reptiles; su mayor abundancia se observó en sitios con vegetación natural, pero normalmente cerca de caminos.

En cuanto a los anfibios, las referencias bibliográficas arrojaron una presencia potencial de 22 especies de este grupo, el cual suele presentar atributos biológicos bastante específicos en comparación con el resto de los vertebrados terrestres. No se registraron anfibios en el SA ni en el Área del Proyecto.

En ese sentido, el hecho de no haber obtenido registros en campo para este grupo, puede atribuirse a su relación con el recurso hídrico, el cual limita su distribución temporal y espacial. Asimismo, la zona de estudio es salina y gran parte de los anfibios no toleran la salinidad del suelo y agua. Adicionalmente, se considera que el grado de perturbación y contaminación tampoco favorece el desarrollo de los anfibios, que en su mayoría son poco tolerantes a dichos eventos, por lo cual se consideran diversas especies como indicadores de la calidad ambiental.

IV.13.5Necton.

En particular, la Bahía de Ohuira es considerada como un área de crianza y reclutamiento de especies de escama, habiéndose registrado alrededor de 109 especies y 76 géneros pertenecientes a 45 familias (Balart et al., 1992; Gutiérrez-Barreras, 1999). Asimismo, se caracteriza por su riqueza de especies de importancia pesquera, siendo los crustáceos y los peces los organismos de mayor importancia económica. Las lagunas costeras son explotadas por cooperativas y por pescadores libres. Entre las especies aprovechadas se encuentran lisas del género *Mugil*, pargos y guachinango (*Lutjanus sp.*), róbalos (*Centropomus sp.*), roncos, corvinas y berrugatas de la familia Sciaenidae.

IV.13.3.1. Estudio Realizado por CIBNOR (2016). En este apartado se muestran los resultados del análisis de necton realizado por el CIBNOR en marzo del 2016 en el sitio del proyecto con el fin de ampliar la información existente. Se establecieron 8 puntos de muestreo (Figura IV.106) en los que se realizó la captura mediante diferentes artes de pesca, para su identificación *in situ* (Figura IV.107 y Figura IV.108), sólo se conservaron los organismos que no pudieron ser totalmente identificados en campo para su posterior identificación en el laboratorio con la ayuda de claves especializadas (Fischer, *et al*. 1995; Figura IV.109).



Figura IV.106. Área de estudio mostrando los sitios específicos para la toma de muestras de necton en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016 (Fuente: CIBNOR, 2016).



A **B**

Figura IV.107. Maniobra y tendido de chinchorro para la toma de muestras de necton en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016. Panel A maniobra abordo. Panel B chinchorro tendido.



Figura IV.108. Maniobra con atarraya para la toma de muestras de necton en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016.



A **B**

Figura IV.109. Identificación de muestras de necton. Panel A ejemplo de registro fotográfico. Panel B identificación en laboratorio con ayuda de claves especializadas.

En total se encontraron 10 especies de peces pertenecientes a 8 Familias (Tabla IV.64), lo que representa aproximadamente el 18% de las especies y el 28% de las Familias reportadas para ésta zona (55 especies y 32 Familias; (Balart et al., 1992 Gutiérrez-Barreras, 1999; De Silva et al., 2005). Los organismos más abundantes fueron la sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) y la chopa (*Chaetodipterus zonatus*), con 7 y 6 organismos, respectivamente. Los organismos que son de importancia comercial se marcaron con un (*) y se muestran en la Tabla IV.64.

Por otro lado, al comparar la longitud total (LT) de los organismos capturados con las longitudes totales promedio para su especie, reportadas en el portal de www.fishbase.org, se observó que en el 94.1% de los casos, éstas se encontraron por debajo de las reportadas (Tabla IV.65).

Tabla IV.64. Listado filogenético de especies registradas en Bahía de Ohuira en marzo de 2016.

Orden	Familia	Especie	Nombre común
Clupeiformes	Clupeidae	*Opisthonema libertate*	Sardina Crinuda*
Elopiformes	Elopidae	*Elops affinis*	Sábalo*
Perciformes	Carangidae	*Oligoplites altus*	Bichi / Quiebra Cuchillos
		Trachinotus kennedyi	Pámpano
	Centropomidae	*Centropomus robalito*	Robalito Aleta Amarilla / Constantino*
		Chaetodipterus zonatus	Chopa / Payaso
	Haemulidae	*Haemulopsis leuciscus*	Roncacho / Burro*
Pleuronectiformes	Paralichthyidae	*Etropus crossotus*	Lenguado Ribete*
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	*Sphoeroides annulatus*	Botete*
	Balistidae	*Balistes polylepis*	Cochito*
* De importancia comercial con base en la Carta Nacional Pesquera 2012			

Tabla IV.65. Longitudes totales (LT) medidas en campo para los organismos colectados comparadas con su respectiva LT promedio reportada.

Nombre común	Especie	Estación	TL (cm)	FISHBASE TL (cm)
Cochito	*Balistes polylepis*	PEZ3	25	50
Robalito aleta amarilla	*Centropomus robalito*	PEZ2	14.5	25
Chopa	*Chaetodipterus zonatus*	PEZ2	12.6	25
Chopa	*Chaetodipterus zonatus*	PEZ4	19	25
Chopa	*Chaetodipterus zonatus*	PEZ4	16.5	25
Chopa	*Chaetodipterus zonatus*	PEZ4	17	25
Sábalo	*Elops affinis*	PEZ4	40	50
Lenguado	*Etropus crossotus*	PEZ7	9.6	15
Roncacho	*Haemulopsis leuciscus*	PEZ2	31	25
Bichi	*Oligoplites altus*	PEZ3	16	30
Sardina crinuda	*Opisthonema libertate*	PEZ2	15.2	22
Sardina crinuda	*Opisthonema libertate*	PEZ2	14.1	22
Sardina crinuda	*Opisthonema libertate*	PEZ2	14.5	22
Sardina crinuda	*Opisthonema libertate*	PEZ8	14	22
Sardinita crinuda	*Opisthonema libertate*	PEZ9	14	22
Botete	*Sphoeroides annulatus*	PEZ7	17.6	18
Pámpano	*Trachinotus kennedyi*	PEZ8	22.5	40

Con respecto a sus indicadores ecológicos. Estos registraron una diversidad (H´) de 1.820 bits/ind y una equidad (J´) de 0.790, valores que están por encima de los reportados por Torres y Castro (1990) con una diversidad de H=0.52 bits/ind y por debajo de los que indica Payan-Alejo (2012), con una diversidad H´= 4.3 bits/ind.

Cabe mencionar que en este estudio no se encontró ninguna especie representante del necton bajo algún estatus de protección legal, sin embargo, es importante mencionar que estos resultados son puntuales por lo que no tienen representatividad temporal. En este sentido, Torres y Castro (1990) reportan la mayor diversidad específica para la zona durante septiembre.

Con base en la información reportada en la literatura, se tiene que para la bahía de Ohuira, Topolobampo, hay aproximadamente 55 especies de peces repartidos en 44 géneros y que representan a 32 familias. Siendo las familias Haemulidae y Scianidae las de mayor representación con 8 y 6 especies respectivamente. La presencia de especies como *Anchoa macrolepidota*, *A. mundeola*, *Eucinostomus argenteus*, *Eugerres axillaris*, *Haemulus leuciscus*, *Pomadasys macracanthus*, *Paralabrax maculatofasciatus*, *P. nebulifer*, *Bairdiella icistia* y *Etropus crossotus*, son indicadores de que la zona es un área de alimentación y reclutamiento de peces (Balart et al., 1992 Gutiérrez-Barreras1999; De Silva et al., 2005).

Asimismo es importante mencionar que otros trabajos reportan presencia y abundancia significativa de especies de interés comercial destacando el pargo (*Lutjanus argentiventris*), lenguado (*Achirus mazatlanus*), roncacho (*Pomadasys branickii*), cochito (*Balistes polylepis*), mojarra (Gerres cinereus), anchoveta (*Anchoa nasus*), lisa (*Mugil cephalus*), mantarraya (*Urolophus halleri*), cabrillas areneras (*Paralabrax maculatofasciatus*; *P. nebulifer*), botete (*Sphoeroides annulatus*), lupón (*Scorpaena plumieri*), sierra (*Scomberomorus sierra*), corvina boca amarilla (*Cynoscion xanthulus*) (Gutiérrez, et al.,1997; Payán, 2012).

Por otro lado, Torres y Castro (1990) encontraron una la densidad íctica promedio entre 9.07 y 236.62 ind/ha, en enero y septiembre, respectivamente, con valores de biomasa aproximadamente constante (en promedio 5 kg/ ha); no obstante, cabe destacar que se detectaron notables cambios en la dominancia de las especies, observando que en junio

dominaron en la comunidad la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* y el haemulido *Pomadasis panamensis*; en septiembre las anchovetas *Anchovia macrolepidota*, *Anchoa mungeola* y la mojarra *Eucinostomus argenteus*; en noviembre la sardina *Opisthonema libertate*, y en enero la mojarrita *Diapterus brevirostris*. Casi la totalidad de los individuos colectados se presentaron como juveniles hecho que concuerda con lo obtenido este trabajo, y que denota el uso de la laguna como áreas de reproducción, resguardo y/o crianza de las especies ícticas encontradas.

Con respecto a la estructura de la captura artesanal de peces particularmente para Bahía de Ohuira Payan-Alejo (2012) registró 98 especies siendo las especies más abundantes las mojarras *Eucinostomus entomelas*, *Diapterus peruvianus*; carángido Selene brevoortii, la sardinita *Pliosteostoma lutipinnis*, la anchoveta *Anchovia macrolepidota*, el chihuil *Caelatoglanis zonatus*, la curvina *Menticirrhus elongatus*, el chiro *Albula nemoptera* y la mojarrita *Eucinostomus argenteus*, equivalente al 36% de la abundancia total.

Por otra parte, en un estudio ictiológico realizado por Vicencio (1979) en las cercanas bahías de Navachiste y San Ignacio, mediante muestreos quincenales diurnos con atarraya, se reportó que se colectaron 179 ejemplares correspondientes a 16 familias y 30 especies. Las familias mejor representadas fueron; *Mugil curema* (17.8%), *Sardinops sagax caeruleus* (10.6%), *Enconostomus sp.* (7.8%) y *Calamus brachyosomus* (7.2%).

IV.13.3.2. Estudio Realizado por CAPSA (2017). Para el muestreo de peces se utilizaron tres técnicas, la primera mediante atarrayas con diferente luz de malla para llevar a cabo la captura de peces tanto en ríos y cuerpos de agua. Así mismo se colocaron 5 trampas tipo NASA cebadas con sardina a una profundidad de entre 60 cm y 1 m a en diversos sitios tanto en el área del proyecto como en el SA, estas se dejaron y revisaron cada 24 horas. De igual modo se llevó a cabo la captura de organismos juveniles con redes de mano (Figura IV.111).

Se realizaron transectos submarinos en el área del proyecto con la finalidad de localizar fauna marina (Figura IV.110). Todos los ejemplares capturados fueron fotografiados para su total identificación por medio de guías y claves especializadas (Figura IV.112).



Figura IV.110. Transectos submarinos en área del proyecto.





Figura IV.111. Lanzamiento de atarraya y colocación de trampas nasas para peces.





Figura IV.112. Procesamiento de Peces para su identificación.

Riqueza de especies potenciales de peces. En este muestreo se registraron 11 especies de peces de los 176 potenciales, pertenecientes estas registradas a 5 órdenes y 9 familias, cabe mencionar que los peces registrados representan en su mayoría las especies más comunes del área según lo mencionado en entrevistas con los pescadores (Tabla IV.66).

Tabla IV.66. Listado de peces registrados en 2017 en la Bahía de Ohuira.

No.	Nombre científico	Nombre común	NOM	END	Registro
1	*Anchovia macrolepidota*	Anchoveta Escamuda			Rb, Cp
2	*Opisthonema libertate*	Sardina Crinuda			Rb, Cp
3	*Mugil cephalus*	Lisa Cabezona			Rb, Cp
4	*Mugil curema*	Lisa Blanca			Rb, Cp
5	*Scorpaena guttata*	Escorpión Californiano			Rb, Cp
6	*Paralabrax maculatofasciatus*	Cabrilla de Roca			Rb, Cp
7	*Oligoplites saurus*	Piña Sietecueros			Rb, Cp
8	*Deckertichthys aureolus*	Mojarra Palometa			Rb, Cp
9	*Diapterus peruvianus*	Mojarra de Aletas Amarillas			Rb, Cp
10	*Pomadasys macracanthus*	Roncacho Gordo			Rb, Cp
11	*Sphoeroides annulatus*	Botete Tamborín			Rb, Cp
Ob (observada), Cd (cadáver) y Cp (captura y liberación). Potenciales Rb (registro bibliográfico).					

Cabe señalar que de las especies registradas en campo ninguna de ellas es endémica de México, además de que no se encuentran en algún estatus de protección, de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, de igual forma para la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), y solo para la lista roja de la Unión internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) nueve presentan Preocupación Menor (LC).

Riqueza específica de peces por área. La abundancia relativa de los peces está dividida en las 11 especies registradas en campo, siendo Lisa Blanca (*Mugil curema*) la que tiene el mayor porcentaje con el 35.71%, seguido del Anchoveta Escamuda (*Anchovia macrolepidota*) con el 32.14% (Tabla IV.67).

Tabla IV.67. Abundancia relativa de los peces registrados en 2017 en la Bahía de Ohuira.

#	Nombre científico	Nombre común	NOM	END	Registro	Abundancia absoluta	Abundancia relativa
1	*Anchovia macrolepidota*	Anchoveta Escamuda			Rb, Cp	18	32.14
2	*Opisthonema libertate*	Sardina Crinuda			Rb, Cp	1	1.79
3	*Mugil cephalus*	Lisa Cabezona			Rb, Cp	1	1.79
4	*Mugil curema*	Lisa Blanca			Rb, Cp	20	35.71
5	*Scorpaena guttata*	Escorpión Californiano			Rb, Cp	2	3.57
6	*Paralabrax maculatofasciatus*	Cabrilla de Roca			Rb, Cp	3	5.36
7	*Oligoplites saurus*	Piña Sietecueros			Rb, Cp	1	1.79
8	*Deckertichthys aureolus*	Mojarra Palometa			Rb, Cp	2	3.57
9	*Diapterus peruvianus*	Mojarra de Aletas Amarillas			Rb, Cp	3	5.36
10	*Pomadasys macracanthus*	Roncacho Gordo			Rb, Cp	1	1.79
11	*Sphoeroides annulatus*	Botete Tamborín			Rb, Cp	4	7.14

Diversidad Alfa (α) por grupo zoológico. La diversidad alfa (riqueza específica) es el número de especies presentes en un lugar (Halffter y Moreno, (2005). Este índice permite cuantificar la biodiversidad específica en cada una de las unidades de muestreo. Para determinar la diversidad de cada sitio (área del proyecto y SA) para cado uno de los grupos de fauna, se utilizó el Índice de Shannon-Wiener el cual el cual asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra, y se expresa mediante la siguiente fórmula:

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

Dónde:

pi = abundancia proporcional de la especie **i**, es decir, el número de individuos de la especie **i** dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Por lo tanto, de acuerdo a los dos estudios realizados durante los años 2016 y 2017 se reporta un total de 21 registros de especies en campo, teniendo 10 para el primero y 11 para el segundo (Tabla IV.68). Cabe señalar que dos especies se presentaron en ambos años como es el caso de *Opisthonema libertate* (Sardina Crinuda) y *Sphoeroides annulatus* (Botete Tamborín), por lo que entre ambos estudios se registraron 19 especies en total. El total de organismos registrados por especie fue 72 divididos de la siguiente manera: 16 para el año 2016 y 56 para el 2017.

Tabla IV.68. Especies y número de organismos registrados en campo en el año 2016 y 2017.

Nombre científico	Nombre común	2016	2017
Elops affinis	Sábalo	1	
Oligoplites altus	Bichi / Quiebra Cuchillos	1	
Trachinotus kennedyi	Pámpano	1	
Centropomus robalito	Robalito Aleta Amarilla / Constantino	1	
Chaetodipterus zonatus	Chopa / Payaso	4	
Haemulopsis leuciscus	Roncacho / Burro	1	
Etropus crossotus	Lenguado Ribete	1	
Sphoeroides annulatus	Botete Tamborín	1	4
Balistes polylepis	Cochito	1	
Opisthonema libertate	Sardina Crinuda	5	1
Anchovia macrolepidota	Anchoveta Escamuda		18
Mugil cephalus	Lisa Cabezona		1
Mugil curema	Lisa Blanca		20
Scorpaena guttata	Escorpión Californiano		2
Paralabrax maculatofasciatus	Cabrilla de Roca		3
Oligoplites saurus	Piña Sietecueros		1
Deckertichthys aureolus	Mojarra Palometa		2
Diapterus peruvianus	Mojarra de Aletas Amarillas		3
Pomadasys macracanthus	Roncacho Gordo		1
Total		**16**	**56**

Cabe señalar que, para el estudio realizado en el 2016, se reportan 55 especies de peces en la zona (Balart, Castro, J.L., & R. Torres, 1992), (Gutiérrez-Barreras, 1999), de las cuales se registraron un total de 10 especies pertenecientes a 9 Familias, lo que representa aproximadamente el 18% de estas (Figura IV.113).

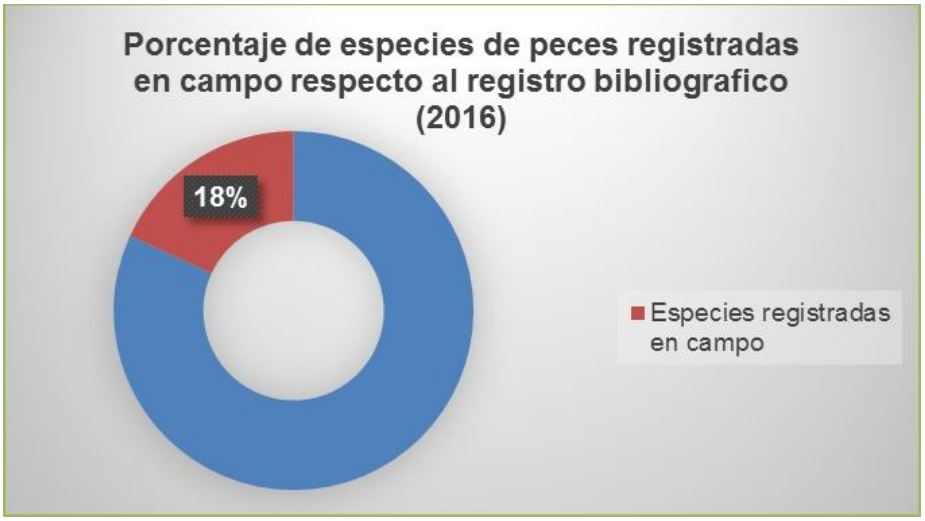


Figura IV.113. Porcentaje de especies de peces registradas en campo en comparación con las de distribución potencial (2016).

Para el año 2017 se registraron 11 especies de peces, lo cual representa el 6% de las 176 especies potenciales (Figura IV.114), pertenecientes estas registradas a 5 órdenes y 9 familias, cabe mencionar que los peces registrados representan en su mayoría las especies más comunes del área según lo mencionado en entrevistas con los pescadores.



Figura IV.114. Porcentaje de especies de peces registradas en campo en comparación con las de distribución potencial (2017).

IV.13.6 Bentos.

Los organismos asociados al fondo marino se conocen como Bentos, los cuales tienen una gran importancia dentro de los sistemas acuáticos, tanto por su papel en la transferencia de energía a niveles tróficos superiores (Morales-Zárate *et al*., 2004), como por su alta sensibilidad a las distintas alteraciones que pueda afectar al medio, por lo que muchas especies, sobre todo los invertebrados, son consideradas indicadores biológicos de esta parte de la columna de agua marina (Durán *et al*., 2009), de hecho diversos trabajos sustentan que el estudio de las comunidades de macrobentos, incluso analizadas a nivel taxonómico de orden, han resultado útiles en el análisis del ecosistema para elaborar planes de manejo (Bournaud et al., 1996; Gutiérrez-Yurrita & Montes, 1999; Hurtado *et al*., 2005). En este apartado se muestran los resultados del análisis de bentos realizado por el CIBNOR en marzo del 2016 en el sitio del proyecto.

Se tomaron muestras con réplica de bentos en nueve estaciones de muestreo (CIB1-CIB9; Figura IV.115). Para llevar a cabo la caracterización y análisis de las muestras de bentos, se analizó el material biológico en laboratorio. El análisis taxonómico consistió, en la separación e identificación de cada uno de los organismos a nivel de grandes grupos (algas, poliquetos, moluscos, equinodermos, crustáceos y otros invertebrados) con la ayuda de un microscopio estereoscópico (Figura IV.62). Posteriormente cada uno de los organismos se identificaron hasta el nivel taxonómico máximo posible, utilizando claves taxonómicas de la región y/o especializada que permitieron su análisis con base al tamaño y características morfológicas (Smith & Carlton, 1975; Brusca, 1980; Kozloff, 1987; Kerstitch & Bertsch, 2007). Así mismo se identificó a aquellas especies que se encuentran bajo un régimen de clasificación como: protección legal, no nativas, raras y/o endémicas. Y finalmente e elaboró un catálogo fotográfico de aquellas especies que presentaron las mejores condiciones morfológicas, que representará cada grupo taxonómico identificado.

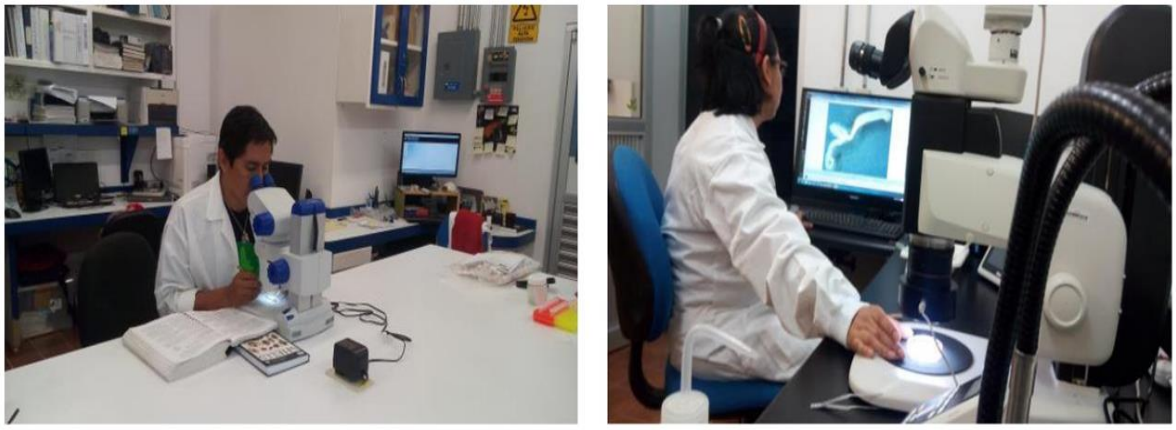


Figura IV.115. Análisis de identificación taxonómica de las muestras de bentos colectadas durante el trabajo de campo para el presente estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016.

Fueron identificados un total de 74 especies, correspondientes a 14 taxas, los cuales pertenecieron a 10 Phylum: Annellida (Polychaeta); Arthropoda (Pycnogonida, Malacostraca, Ostracoda); Bryozoa; Chordata (Leptocardii), Echinodermata (Ophiuroidea); Mollusca (Gastropoda, Bivalvia, Scaphopoda); Porifera; Sipuncula; Rhodophyta y Ochrophyta.

En términos de riqueza de especies, los Phyla con mayor representatividad fueron Mollusca con 34 especies pertenecientes a 20 familias; seguida de Annellida con 17 especies correspondiente a 14 familias y Arthropoda con 16 especies pertenecientes a 13 familias

(Figura IV.116). En términos de abundancia, el Phylum Mollusca fue el mejor representado con 715 organismos (Figura IV.117).

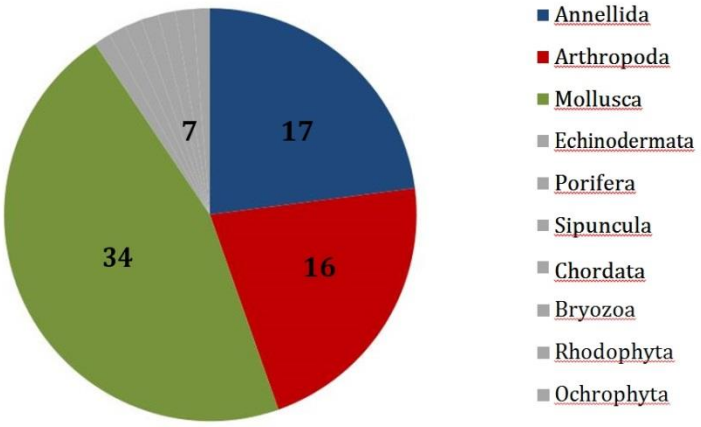


Figura IV.116. Riqueza específica (número de especies por Phylum) en muestras de bentos de la Bahía de Ohuira, en marzo de 2016.

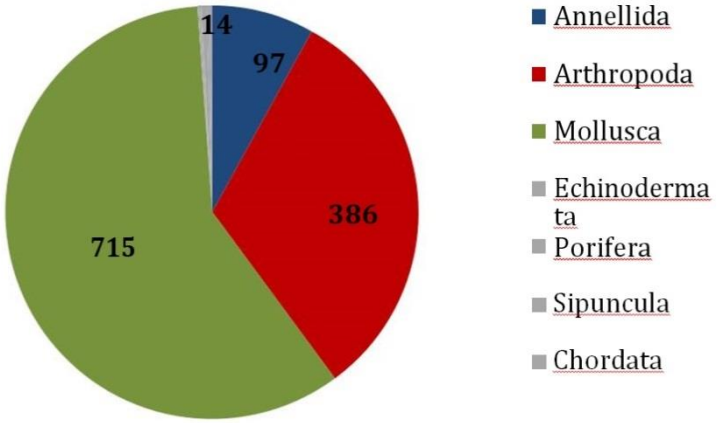


Figura IV.117. Abundancia de organismos por Phylum en muestras de bentos obtenidas de la Bahía de Ohuira, en marzo de 2016.

Cabe mencionar que para los Phylum Bryozoa, Chordata, Echinodermata, Porifera, Sipuncula, Rhodophyta y Ochrophyta, se registró una especie para cada uno. En este sentido, las abundancias entre los 7 Phylum registraron solo 14 organismos, siendo el Phylum Chordata el de mayor número de individuos con 5 de la especie *Amphioxides sp*.

En términos de abundancia relativa por estación, la estación CIB1, fue la única que presentó un solo grupo con 100% de Cyanophytas (se encontraron también restos de briozoarios y macroalgas que fueron identificados, pero se asumió que fueron arrastrados por la corriente

de marea al sitio de muestreo). El Phylum Mollusca, registró los valores máximos de abundancias en las estaciones CIB2, CIB3, CIB5, CIB6, CIB8 y CIB9, y Arthropoda en las estaciones CIB4 y CIB7. Por otro lado, las estaciones con mayor representación del número de Phylum, fueron la estación CIB3 con 7, (Mollusca, Arthropoda, Annellida, Bryozoa, Chordata, Sipuncula y Echinodermata), seguido de la estación CIB7 con 6 (Mollusca, Arthropoda, Annellida, Porifera, Rhodophyta y Ochrophyta), y la estación CIB5 con 4 (Mollusca, Arthropoda, Annellida, Bryozoa). Cabe mencionar, en la estación CIB3, los phylum Bryozoa, Chordata, Sipuncula y Echinodermata, contribuyeron solo el 4% de la abundancia total de la estación. En este sentido, en la estación CIB5 los Phylum Porifera, Rhodophyta y Ochrophyta, aportaron el 1% de la abundancia, al igual que el Phylum Bryozoa en la estación CIB5 (Figura IV.118). En dicha figura el grupo “Otros” corresponde a los Phyla: Chordata, Echinodermata, Porifera, Sipuncula, Rhodophyta y Ochrophyta que tuvieron muy baja representación en todos los sitios de muestreo considerados para este estudio en Bahía de Ohuira.

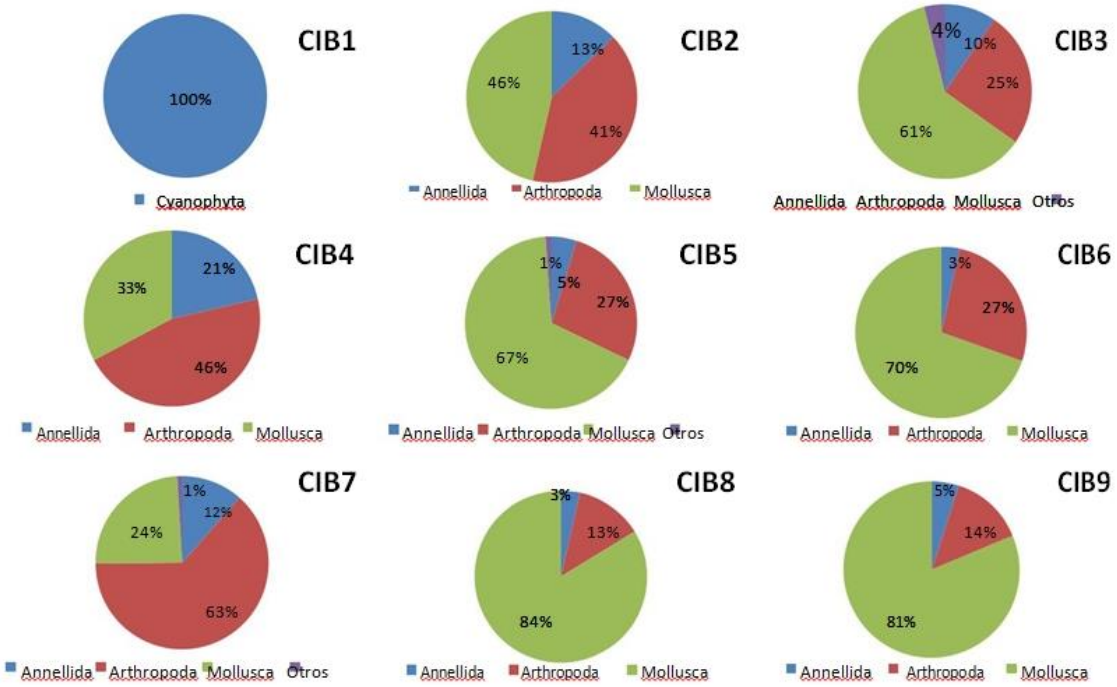


Figura IV.118. Abundancia relativa por estación de muestreo, durante marzo de 2016.

Con respecto a sus indicadores ecológicos. Estos registraron una diversidad (H´) de 2.448 bits/ind, una equidad (J´) de 0.569, y una dominancia de Simpson de 0.799, valores que

están por encima de los reportados por Corrales-López et al (2014) con una diversidad H´=1.325, una equidad de J´=0.564 y una dominancia de Simpson de 0.453.

De las muestras de bentos obtenidas en el presente estudio no se encontró ninguna especie bajo algún estatus de protección especial.

Con respecto a macroalgas, se encuentran los estudios realizados por Pedroche et al. (1993) quienes elaboraron un listado taxonómico para el Pacífico Mexicano, registrando para Bahía de Ohuira, 2 especies de la división de Chlorophyta sp 4 de Phaeophyta y 9 de Rhodophyta, siendo las más comunes las especies *Acetabularia schenckii*, *Acetabularia farlowi*, *Gracilaria vermiculophylla*, *G. sjoestedtii*, *Spyridia filamentosa*, *Ulva lactuca*, *Ulva intestinalis*, *Halodule wrightii* y *Caulerpa sp*. Por su parte, Riosmena et al. (1993), reportan para el género Padina, (Phaeophyta) las especies *P. mexicana* y *P. concrescen*. Mientras que Aguilar-Rosas et al., (2009), describen nuevas de las especies *Sargassum sinicola*, *Scinaia johnstoniae* y *Lithothamnion margaritae*.

IV.13.7 Plancton.

Se denomina Plancton al conjunto de organismos de tamaño pequeño (<3 cm) que tienen como característica principal habitar la columna de agua y que tienen una capacidad limitada de contrarrestar las corrientes. En términos generales se distinguen dos componentes: el fitoplancton que incluye organismos autótrofos y el zooplancton que son el componente heterotrófico. El conocimiento de la diversidad biogeografía, abundancia, ecología, fisiología y evolución de esta comunidad, son indicadores del potencial productivo de los ecosistemas que para intereses de los humanos reditúan en la biomasa disponible para las pesquerías. Los organismos del plancton puedes ser útiles indicadores de los cambios ocurridos en los ecosistemas por su rápida respuesta a las condiciones ambientales dictada por sus relativamente cortos ciclos de vida y sensibilidad a la contaminación.

En este apartado se muestran los resultados del análisis de plancton realizado por el CIBNOR en marzo del 2016 en el sitio del proyecto.

El análisis consistió en la medición de la biomasa del zooplancton de cada muestra recolectada mediante el método de volumen desplazado (Beers, 1976). Se estimó la abundancia del zooplancton total y para obtener información sobre la estructura del zooplancton se efectuaron análisis taxonómicos a nivel de grandes grupos. La muestra se fraccionó en alícuotas o en el caso de que las muestras tuvieran poca biomasa, entonces se revisó en su totalidad no siendo necesario fraccionar en alícuotas. Estas fracciones se depositaron en una caja de Petri reticulada, los organismos se identificaron y contabilizarán con ayuda de un microscopio estereoscópico marca Zeiss modelo Stemi 4.

Fitoplancton. El primer estudio de que se tiene conocimiento referente a las poblaciones fitoplanctónicas realizado en el sistema lagunar, fue el realizado por Gilmartin y Revelante (1978), en la Laguna Ohuira (Bahía Ohuira). Este trabajo determinó que la Laguna Ohuira era una de las zonas más productivas del lado del macizo oriental del Golfo de California, en cuanto a producción de materia orgánica se refiere. Además, puntualizó al nanofitoplancton (organismos menores de 20 µm) como grupo dominante, que aportaba, aproximadamente el 74% de la concentración total de clorofila a.

Ayala-Rodríguez, 2008. Reporta que las abundancias totales de fitoplancton en la laguna Ohuira, se comportaron siempre un poco más altas que en las otras dos lagunas con valores cercanos a los $15x10^6$ cél·L^{-1}, a excepción de la porción nornordeste de la Bahía durante los meses de agosto y septiembre, en donde se observaron proliferaciones de cianobacterias del género *Lyngbya*, elevando las densidades hasta 160.11 y $281.41x10^6$ cél·L^{-1}, valores máximos alcanzados para todo el sistema durante todo el periodo de estudio (Noviembre 2004-Febrero de 2006). Así mismo el mismo autor señala que en Ohuira se observó una variabilidad muy diferente, respecto a las abundancias de microfitoplancton que lo registrado en las otras dos lagunas, con alta contribución del grupo de las diatomeas en la primera parte de los meses cálidos y un incremento bien definido de los dinoflagelados al final de estos mismos meses de verano, dado principalmente por las proliferaciones de *Alexandrium sp*, *Pentapharsodinium sp*, *Prorocentrum minimum* y otros géneros no identificados de dinoflagelados tecados. Destaca que Ohuira fue la laguna que presentó el mayor número de proliferaciones y representantes potencialmente nocivos o tóxicos, llegando a alcanzar las más altas densidades de todo el sistema, dado por una proliferación de *Lyngbya sp* ($260.67x10^6$ cél·L^{-1}) que se prolongó durante 2 meses (agosto y septiembre) y se observó codominando con la diatomea *Cylindrotheca closterium*. Los eventos

registrados en esta laguna se presentaron a lo largo de todo el año y se llegaron a registrar otros taxa potencialmente nocivos, como cianobacterias de los géneros *Anabaena* y *Lyngbya*; así como los dinoflagelados *Pentapharsodinium sp*, *Peridinium quinquecorne* y *Prorocentrum minimum*, así como una proliferación de la prasinofita *Pyramimonas sp*.

Zooplancton. Los resultados de la biomasa zooplanctónica obtenidos a partir de las 8 muestras denotan que la estación CIB8 presentó el mayor volumen (32 ml), lo cual puede deberse a que se encuentra localiza en zona de poca profundidad (-2 m), lo que facilita la concentración de organismos. En contraste los volúmenes registrados en la porción central, son bajos (4 ml), posiblemente por la influencia de las corrientes, ya que estas pueden ocasionar un efecto de dispersión en los organismos (Figura IV.119).

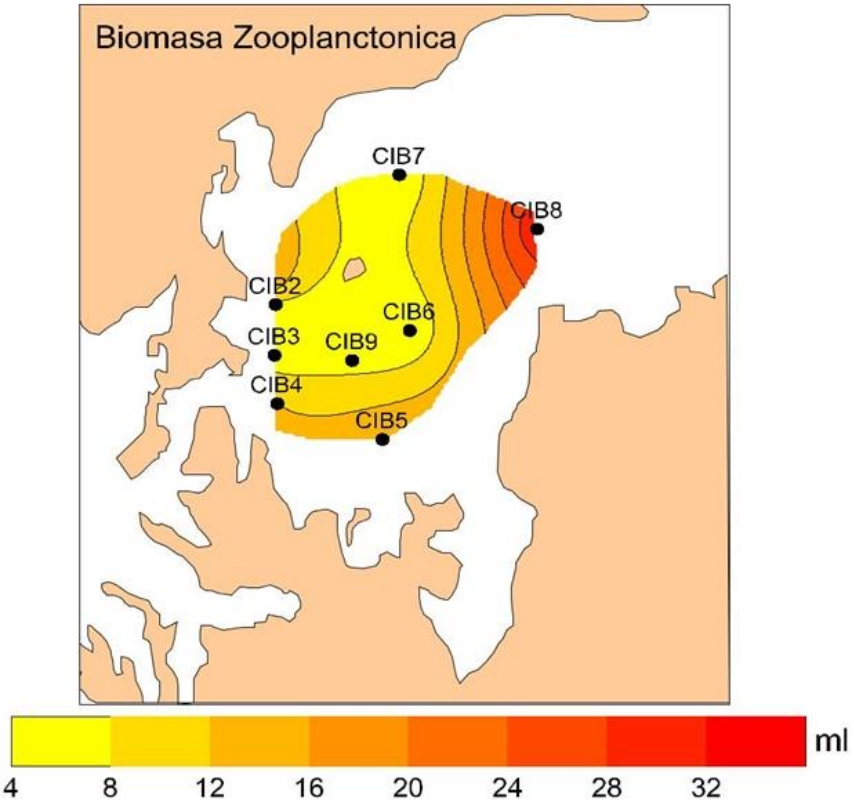


Figura IV.119. Distribución espacial de la biomasa zooplanctónica obtenida para este estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016.

A partir de las muestras obtenidas, se separaron 9 grupos de organismos zooplanctónicos, los cuales presentaron poca variación en su presencia y ausencia durante el periodo de muestro, tal como se muestra en la Tabla IV.69.

Tabla IV.69. Grupos zooplanctónicos identificados por estación de muestreo en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016

Grupo/Estación	CIB2	CIB3	CIB4	CIB5	CIB6	CIB7	CIB8	CIB9
Chaetognata	X	X	X	X	X	X	X	X
Mysidacea	X	X	X	X	X	X	X	X
Amphipoda		X	X		X	X		
Isopoda	X	X	X	X	X	X	X	X
Copepoda	X	X	X	X	X	X	X	X
Decapoda	X	X	X	X	X	X	X	X
Gastropoda			X	X	X		X	
Pteropoda	X			X	X			
Ictioplancton	X	X	X	X	X	X	X	X
	7	7	7	7	9	6	6	5

De los 9 grupos registrados, cinco (Chaetognata, Mysidacea, Copepoda, Decapoda e Ictioplancton) fueron permanentes en todas las estaciones, mientras que los grupos Amphipoda, Isopoda, Gastropoda y Pteropoda tuvieron variaciones sin mostrar un patrón definido (Tabla IV.69).

Los valores de diversidad obtenidos a partir del Índice de Shannon (H´), para cada una de las estaciones de muestreo mostraron valores por debajo a 1 (.3 ~ .8 bits/taxa; Figura IV.120). La distribución de los valores de H´, denota la distribución homogénea a lo largo del periodo de estudio, denotando claramente un descenso en las estaciones interiores (CIB6 a CIB9). En lo que respecta los valores de equidad (J´), son muy similares a los obtenidos de H´, esto debido a la poca variabilidad encontrada entre las estaciones.

Con respecto a la abundancia relativa del total de los grupos zooplanctonicos registrados en las 8 estaciones durante el periodo de estudio, se observó que cinco grupos corresponden al 95% de la abundancia relativa, el Copepoda (75.5%), Decapoda (10%), Ictioplancton (6.4%), Chaetognata (4.58%) y Gastropoda (3.8%) (Figura IV.121).

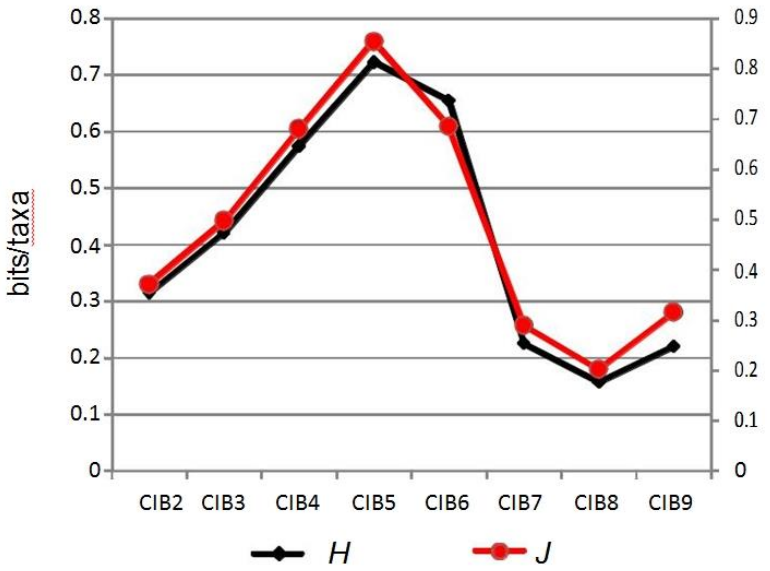


Figura IV.120. Diversidad de Shannon (H) y Equidad (J) de los grupos zooplanctónicos encontrados en cada estación de muestreo para este estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016.

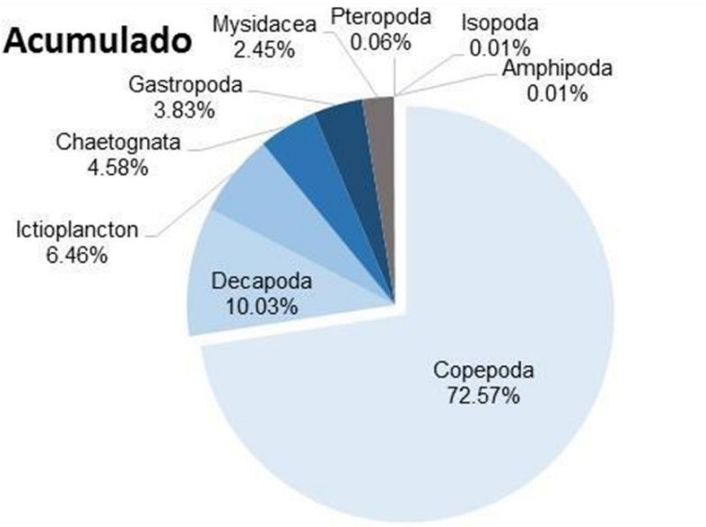


Figura IV.121. Abundancia relativa de los grupos zooplanctónicos obtenidos para este estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016.

En lo que respecta a la abundancia relativa por estación (Figura IV.122), se encontró que el Copepoda dominó en 7 de las 8 estaciones, teniendo que en la estación CIB5, quedo en segundo lugar (20.4%), cabe notar que esta estación fue la que presentó más homogeneidad en la abundancia de los grupos (Tabla IV.70).

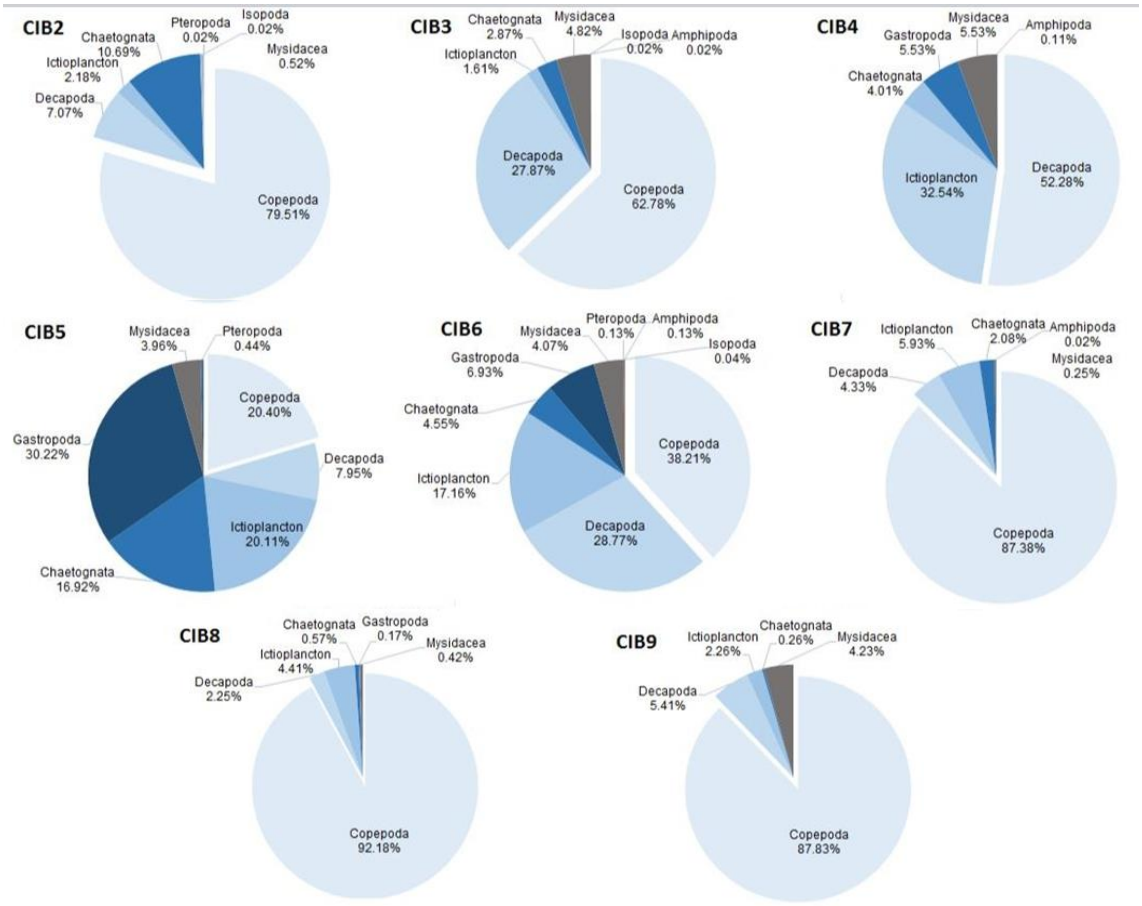


Figura IV.122. Abundancia relativa por estación de los grupos taxonómicos encontrados para el presente estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016.

Tabla IV.70. Abundancia relativa por estación de los grupos zooplanctónicos en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016.

Grupo	CIB2	CIB3	CIB4	CIB5	CIB6	CIB7	CIB8	CIB9	Total%
Copepoda	79.51	62.78	45.60	20.40	38.21	87.38	92.18	87.83	72.57
Decapoda	7.07	27.87	28.44	7.95	28.77	4.33	2.25	5.41	10.03
Ictioplancton	2.18	1.61	17.70	20.11	17.16	5.93	4.41	2.26	6.46
Chaetognata	10.69	2.87	2.18	16.92	4.55	2.08	0.57	0.26	4.58
Gastropoda			3.01	30.22	6.93		0.17		3.83
Mysidacea	0.52	4.82	3.01	3.96	4.07	0.25	0.42	4.23	2.45
Pteropoda	0.02			0.44	0.13				0.06
Amphipoda		0.02	0.06		0.13	0.02			0.01
Isopoda	0.02	0.02			0.04				0.01

La distribución espacial de los grupos zooplanctónicos registrados en el área de estudio se muestra en la Figura IV.123. Los grupos zooplanctónicos encontrados durante el periodo de estudio y su variación espacial, concuerdan con lo registrado por Brinton et al (1986),

quien menciona que los grupos dominantes son el copepoda, decapoda, y que estos se presentan a lo largo del año. Sin embargo, es importante denotar la baja diversidad, comparada con otras zonas o lagunas costeras en el Golfo de California, esto es debido que, a partir de un solo muestreo, no es posible visualizar cambios en la estructura de poblaciones, variaciones de los grupos zooplanctonicos ni la presencia de otros grupos que podrían registrarse durante verano.

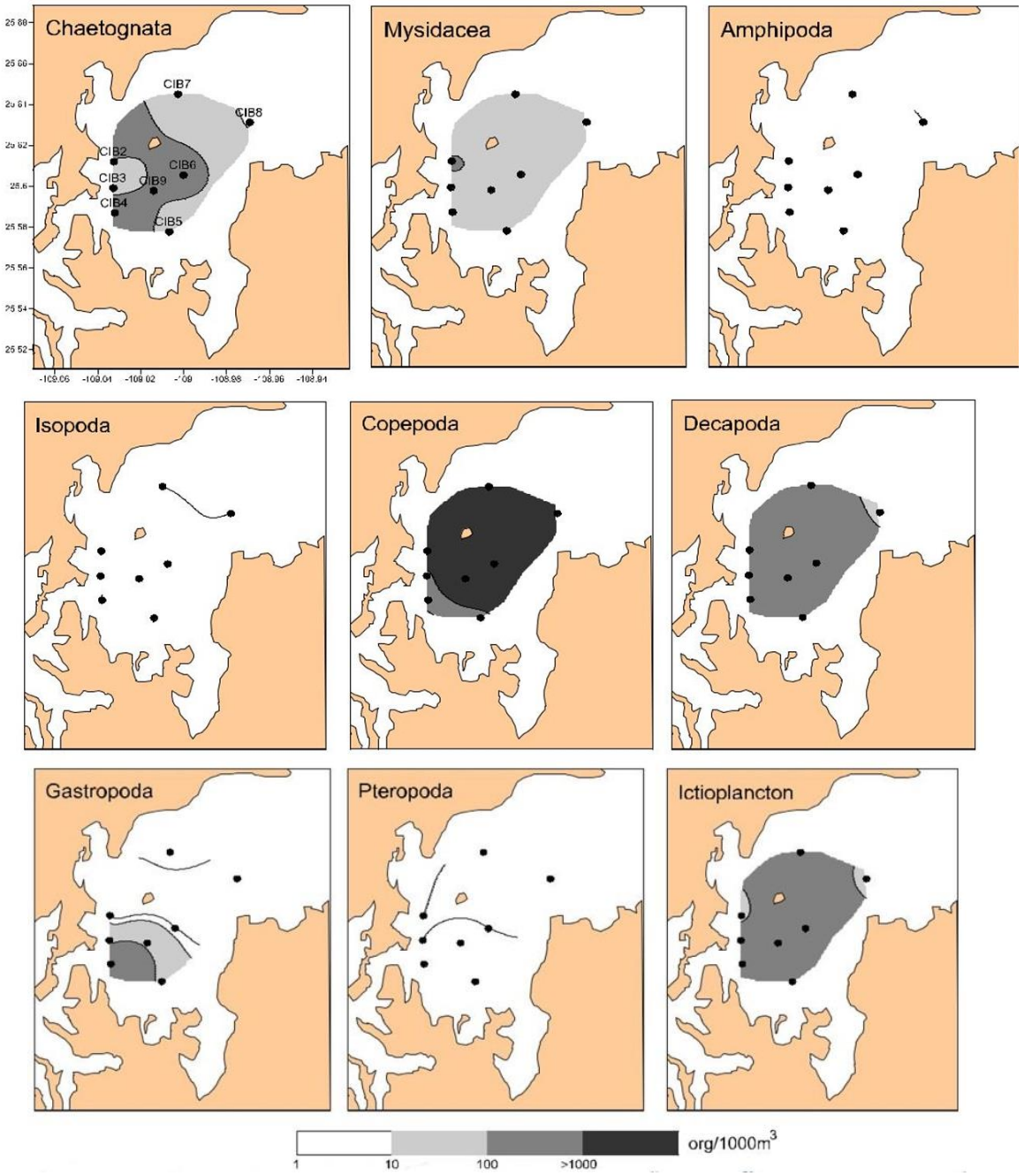


Figura IV.123. Distribución espacial de los grupos zooplanctónicos encontrados para este estudio en Bahía de Ohuira, durante marzo de 2016.

En la literatura se reporta que, en términos generales, la Bahía de Ohuira mantiene mayores abundancias de microzooplancton a lo largo del año que la Bahía de Topolobampo que concentra la mayor abundancia de macrozooplancton. Las mayores concentraciones de biomasa zooplanctónica en las tres lagunas se observa durante los meses fríos, en Ohuira se registraron valores máximos de 30 $org \cdot L^{-1} \cdot 10^3$ representados mayormente por el grupo de los ciliados (Ayala-Rodríguez, 2008).

IV.14 Paisaje.

El paisaje se considera como la expresión espacial y visual del medio y podemos entenderlo como un recurso natural, escaso y valioso (Muñoz-Pedreros, Moncada, & Larraín, 2000). Es un recurso fácilmente depreciable y difícilmente renovable, por lo que merece especial consideración al momento de evaluar impactos ambientales negativos en un proyecto determinado. Se define principalmente por tres componentes: la visibilidad, la calidad paisajística y la fragilidad visual. Dentro de la calidad paisajística se incluyen tres aspectos: las características intrínsecas del sitio, la calidad visual del entorno inmediato y la calidad del fondo escénico.



Figura IV.124. Panorámica del sitio desde el extremo norte, hacia el sur.

De forma particular el paisaje en el Sistema Ambiental está compuesto por la unión de expresiones al interior de la Bahía de Topolobampo y la Bahía de Ohuira, que son zonas que desde la llegada de los primeros residentes en siglo XIX fue distinguida por su alta calidad paisajística. Sin embargo, como se señala en el PDDU del Puerto de Topolobampo (IMPLAN AHOME, 2014) la imagen urbana de esta localidad se generó de manera espontánea, sin un manejo ordenado o inducido adecuado. Debido a que una gran cantidad de sus construcciones se presentan en mal estado y sin orden, en sus alrededores contrarrestan la impresionante belleza natural que enmarca las bahías.

Como elementos comunes a lo largo del paisaje del SA están los accidentes orográficos que limitan la subcuenca de la Bahía de Ohuira. Otros elementos de paisaje a destacar son los siguientes:

- **Islas.** Por su tamaño, destacan la Isla de los Patos y la Isla Bledos, en las cuales predomina la vegetación de cactáceas. Desde la carretera y el sitio del proyecto es visible la parte superior de la isla de Los Patos (Figura IV.125).



Figura IV.125. Vista de la Isla de Los Patos (al centro) desde el terreno.



Figura IV.126. Isla de los Patos.

- **El Maviri** es una playa plana en donde se desarrollan actividades recreativas, deportivas, paseos en lancha, entre otras actividades turísticas y acuáticas, existen restaurantes. Presenta poca vegetación costera (Figura IV.127).



Figura IV.127. Playa El Maviri.

- **Campo pesquero Lázaro Cárdenas.** Playa rocosa constituida principalmente por grava y piedras de diversos tamaños (Figura IV.128). Es una playa natural recreativa. Playas rocosas que generalmente están asociadas con escarpes y cuevas de erosión por oleaje. La vegetación sobre la playa está prácticamente ausente y presenta formas irregulares.



Figura IV.128. Playa Rocosa en Lázaro Cárdenas.

Existen tanques elevados de almacenamiento de PEMEX ubicados en el Cerro El “Jabalí” en el Puerto de Topolobampo, Sinaloa (Figura IV.129).



Figura IV.129. Tanques elevados PEMEX.

Destaca la chimenea de la termoeléctrica “Juan de Dios Batiz Paredes” de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) la cual tiene una altura de 70 metros y que al estar ubicada sobre un cerro de 50 metros alcanza un total de 120 metros de altura (Figura IV.130).



Figura IV.130. Termoeléctrica Juan de Dios Batiz Paredes.

- **Fenómenos especiales (bruma, niebla, polvo, arenas, calima, tormentas eléctricas).** La presencia de niebla ocurre frecuentemente en otoño e invierno, entre 50 a 65 días lo cual provoca que disminuya notablemente la visibilidad marítima y

terrestre, en algunas ocasiones hasta los 2 metros. La ubicación geográfica de la zona costera de Topolobampo, la hace propensa a ser afectada por huracanes y tormentas tropicales. La temporada de huracanes abarca del 15 de mayo hasta el 30 de noviembre, históricamente los meses de mayor impacto han sido septiembre y octubre, presentándose huracanes de categorías 4 y 5 es decir sumamente destructivas que han impactado estas áreas.



Figura IV.131. Bruma en la carretera Los Mochis – Topolobampo.

- **Vegetación natural.** La representatividad de la vegetación natural dentro del paisaje es poca, de acuerdo con lo mostrado en la sección IV.12, en su conjunto, representa aproximadamente el 17% de la superficie del SA. Además, su altura es relativamente baja, alcanzando un máximo aproximado de 5 m y se encuentra principalmente en los puntos más altos, correspondientes a los cerros.

- **La Cueva de los Murciélagos**. Es un santuario natural donde se puede apreciar una espectacular salida de miles de murciélagos de la cueva por la tarde-noche rumbo a los sitios de alimentación (Figura IV.132). La cueva se encuentra ubicada en una isla que está unida a la playa de El Maviri por un puente carretero, a su vez se une por una carretera a Topolobampo y Los Mochis. La especie de murciélago que se encuentra en la cueva es *Tadarida brasiliensis*, son insectívoros y migratorios, hacen su arribo a esta área en los meses de abril-mayo y es en octubre cuando regresan a su lugar de origen.

No es visible desde el sitio del proyecto.



Figura IV.132. Cueva de los Murciélagos.

- **El Cerro de la Memoria**. Con una altura aproximada de 142 m, se distingue en el paisaje urbano por ser la elevación de mayor altura de las que se encuentran en el norte de la ciudad de Los Mochis, representa el límite noroeste del SA (Figura IV.133). Se encuentra impactado por la industria de las telecomunicaciones. Este cerro puede verse a lo lejos desde la carretera e incluso desde el sitio de depósito (Figura IV.134).



Figura IV.133. Cerro de la Memoria, al norte de Los Mochis.



Figura IV.134. Vista del Cerro de la Memoria, desde el sitio de depósito.

Además de las características anteriormente mencionadas, el Sistema Ambiental es un área altamente perturbada por las actividades humanas que van desde la pesca, agricultura y ganadería, además de la infraestructura portuaria existente. En cuanto a superficie, el uso de suelo que predomina es el agrícola (Figura IV.135, Figura IV.136 y Figura IV.137).



Figura IV.135. Actividades de pesca en la Bahía de Ohuira.



Figura IV.136. Campos de cultivo en el SA.



Figura IV.137. Infraestructura en el puerto de Topolobampo.

Considerando sus características, se puede catalogar la calidad del paisaje en el SA como media, ya que no es completamente natural.

Referente al Área de Influencia, la calidad del paisaje, por sus características intrínsecas, se puede catalogar como baja, ya que el paisaje se encuentra principalmente desprovisto de vegetación, y predominan las actividades antropogénicas, principalmente industriales. Específicamente el Área del Proyecto se encuentra en su mayoría desprovisto de

vegetación, tanto en el polígono de la zona de tiro.

- **Fragilidad del paisaje.** Se concluye en términos cualitativos que el impacto sobre el paisaje de las instalaciones del proyecto atiende a dos criterios:

  1) La afectación sobre la calidad del paisaje donde se ubicará el proyecto.
  2) La alteración que produzca sobre la visibilidad en su entorno.

Para el primer criterio, el posible impacto es proporcional a la calidad del paisaje, es decir, en paisajes degradados, las instalaciones como la zona de tiro no contribuyen significativamente a una desviación paisajística, ya que, como se mencionó anteriormente, el sitio ya se encuentra perturbado. Además, la altura de las construcciones dentro del polígono de la zona de tiro será baja (con un máximo de 5.00 m), por lo que el impacto a la calidad paisajística será mínimo.

El segundo criterio es la incidencia visual, es decir, el número potencial de observadores así como la posible alteración de la perspectiva de calidad existente. La frecuencia de observadores en el Área del Proyecto es alta, ya que se encuentra al lado de carretera hacia la localidad de Topolobampo, pero dado que el perfil de las zonas de tiro es bajo y no se eleva por encima de la vialidad, el cambio en el paisaje no sería fácilmente perceptible.

En particular, para el sitio del proyecto la riqueza del paisaje está limitada por la distancia a las serranías en la margen opuesta de la laguna y por los elementos antropogénicos que dominan el panorama cercano. En efecto, resaltan como imagen distintiva del sitio la chimenea de la CFE y el complejo de PEMEX. Además, la presencia de las líneas de alta tensión y la infraestructura asociada, contribuyen a reducir más el impacto visual de los elementos naturales.

Por último, es importante resaltar que los elementos de importancia paisajística mencionados anteriormente no serán afectados de ninguna forma por el proyecto.

IV.15 Medio Socioeconómico.

IV.15.1 Aspectos Demográficos.

De acuerdo a los últimos datos oficiales publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), el municipio de Ahome posee una superficie de 4,003.56 km^2, con una densidad poblacional de 112.2 habitantes por km^2. La población total del municipio es de aproximadamente 449,215 habitantes (INEGI, 2018) de los cuales 218,353 son hombres y 230,862 son mujeres.

Al igual que en otros municipios de la llanura costera del Pacífico, en él existen grandes extensiones de cuerpos costeros y de humedales. Su comercio es muy activo, ya que distribuye gran parte de los productos agrícolas de la zona, con la mayor actividad comercial en la ciudad de Los Mochis.

De la Tabla IV.42 a la Tabla IV.45 se presentan algunos datos generales respecto a la población de la zona. Además de los datos locales se incluyen datos de la República Mexicana y del estado de Sinaloa, con fines comparativos.

Tabla IV.71. Población y densidad poblacional de Ahome respecto a la estatal y la nacional.

Entidad	No. de municipios	Población total	Superficie (km^2)	Densidad (h/km^2)
México	2,457	124,737,789	1,964,375	57.1869108
Sinaloa	18	2,966,321	57,377.16	51.69
Ahome	1	449,215	4,003.56	112.2
[1] Incluye 5,127 km^2 de islas. Fuente: INEGI, 2018; SEGOB, 2010.				

Tabla IV.72. Distribución de la población por sexo en las entidades consideradas.

Entidad	Población Total	Hombres		Mujeres	
		Población	%	Población	%
México	124,737,789	60,802,375	48.74	63,935,414	51.26
Sinaloa	2,966,321	1,464,085	49.35	1,502,236	50.65
Ahome	449,215	218,353	48.60	230,862	51.40
Fuente: INEGI, 2018; SEGOB, 2010.					

De acuerdo con el INEGI, del total de habitantes del municipio de Ahome hay 81,358 que son considerados como población rural y 334,941 como población urbana. En el año 2010,

este municipio contaba con 399 núcleos de población de los cuales 394 son rurales y únicamente 5 son urbanos.

En particular, en el SA se encuentran 35 asentamientos, la mayoría de los cuales pertenece al municipio de Ahome. Estas localidades poseen en conjunto un total de 333,999 habitantes, con casi el 77% establecido en la ciudad de Los Mochis.

El principal problema que provocan los asentamientos humanos, desde el punto de vista ambiental, es el aporte de materia orgánica al suelo y cuerpos de agua, así como el cambio de usos del suelo para actividades agropecuarias.

- **Tasa de crecimiento de población considerando por lo menos 20 años antes de la fecha en que se realiza la manifestación de impacto ambiental.** Según el censo de población y vivienda realizado en el año de 1980, la población del municipio de Ahome era de 254,681 habitantes. La tasa anual de crecimiento de la población entre 1980 y 1990 fue del 1.77%, aumentando a 2.32% de 1990 a 1995, con un descenso a 1.07% de 1995 al 2000. Entre el 2000 y el 2005 la tasa anual de crecimiento aumento a 1.57% anual y 1.40% ente el 2005 y el 2010. El aumento que se presentó entre 1990 y 1995 coincide con el desarrollo de las obras de modernización del puerto de Topolobampo (Tabla IV.73).

Tabla IV.73. Tasa de crecimiento de población en el municipio Ahome, Sinaloa.

Año	Población	Tasa de Crecimiento	
		Periodo	%
1980	254,681	1980-1990	1.77
1990	303,558	1990-1995	2.32
1995	340,454	1995-2000	1.07
2000	359,146	2000-2005	1.57
2005	388,344	2005-2010	1.40
2010	416,299		
2017	449,215	(valor proyectado)	
Fuente: INEGI, 2017; SEGOB, 1998.			

IV.15.2 Actividades Económicas.

La región se caracteriza por presentar actividades industriales como la azucarera y agroalimentaria que orienta un dinamismo al empleo y el comercio, sin embargo, no son base suficiente para el desarrollo sustentable a largo plazo. Para poder extender la cadena de producción agroalimentaria se requiere de innovación tecnológica. Más del 55% de la superficie del Municipio de Ahome está dominada por actividades económicas (incluyendo bahías, lagunas y otros cuerpos de agua) o aproximadamente el 70% si solamente se considera la superficie terrestre.

En cuanto a superficie y población económicamente activa, la agricultura es una de las principales actividades económicas y a pesar de que se ha limitado a cultivos resistentes a las sales, hay una amplia diversificación. Entre los principales cultivos están: papa, trigo, frijol, garbanzo, soya, caña de azúcar, algodón, cártamo, tomate, maíz, sorgo, arroz, tomatillo, calabaza y cempaxúchitl. En Ahome, la agricultura se encuentra altamente tecnificada.

El desarrollo industrial que se genera en esta zona juega un papel de vital importancia en el flujo de capitales de la región. Existen los establecimientos manufactureros entre los que destacan los pertenecientes al giro automotriz, metal mecánico, carrocería, talleres de reparaciones varias y textiles, así como ensambladoras y centros de distribución. En Topolobampo destacan la Central Termoeléctrica “Juan de Dios Bátiz Paredes” de CFE y las instalaciones de PEMEX, ubicadas al poniente de la Bahía; los proyectos de ambas instituciones influyeron en la construcción de un gasoducto que transporta gas desde Estados Unidos y que atraviese Sinaloa de norte a sur, lo cual posibilitará la instalación de otras industrias manufactureras en el corredor de la carretera Los Mochis-Topolobampo, por la ventaja en costos de energía.

Asimismo, el Puerto de Topolobampo se identificó como el área geográfica con mayor atractivo para actividades económicas, principalmente debido a:

- Su comunicación con importantes ciudades fronterizas.
- Su posición privilegiada, que le permite el manejo de productos desde y hacia Asia, el sur de Estados Unidos y todo México.

- Cuenta con una Terminal de Ferrocarriles Mexicanos y la Ruta del Pacifico.
- Tiene acceso a una amplia red de carretera que lo vincula con todo el país.
- Tiene una posición privilegiada en la Cuenca del Pacífico, así como la infraestructura ideal para el manejo de contenedores y la recepción de grandes buques, lo que le permite el intercambio de productos con otros países, principalmente de Asia.

Lo recursos naturales y las ventajas de ubicación son los principales agentes detonantes del desarrollo regional. Asimismo, el municipio tiene una combinación equilibrada de sectores primarios secundarios y terciarios, que favorecen tanto la industrialización como la modernización de su área rural. Bajo estas condiciones, se prevé que el municipio tenga un crecimiento demográfico, económico y político en las próximas décadas.

IV.15.2.1. Pesca. La pesca es una actividad del sector productivo primario que requiere de la generación de conocimiento como soporte a la administración del uso de los recursos pesqueros, y como política general.

En México la mayoría de la actividad pesquera la realizan flotas ribereñas, artesanales o de pequeña escala, exceptuando las pesquerías de atún, sardina y camarón. La pesquería industrial de camarón que se lleva a cabo en el golfo de California es de las más importantes de México, en lo que se refiere a su abundancia y valor comercial destacan las especies de *Litopenaeus stylirostri*, *L. vannamei* y *Farfantepenaeus californiensis* (camarón azul, blanco y café respectivamente), generando un elevado beneficio social y económico. Esta región se caracteriza por presentar importante infraestructura pesquera, principalmente en los puertos de Guaymas en Sonora y Topolobampo, así como en Mazatlán en Sinaloa, siendo éste último el más importante del país para la pesquería de camarón.

La pesca sigue constituyendo una de las actividades económicas más importantes para el puerto de Topolobampo, si bien la expansión del puerto ha permitido el crecimiento de otras actividades económicas relacionadas. La llegada del gas natural a la región representará a su vez un impulso importante a la actividad industrial.

Sin embargo, lejos sustituir a la pesca como actividad económica, los desarrollos industriales tienen la responsabilidad ambiental de preservar el medio y la social de fortalecer las actividades económicas ya existentes a su alrededor, potenciando así un desarrollo igualitario y sostenible.

Para la población pesquera de Topolobampo en particular y de Sinaloa en general, la "cooperativa" es la forma de organización más arraigada y conocida para llevar a cabo su actividad económica y proteger sus intereses colectivos.

IV.15.2.2. Sector servicios. La actual actividad económica del puerto ha dado pie a un pequeño sector de servicios consistente principalmente de restaurantes y tiendas al por menor. Sin embargo, la creciente actividad industrial puede verse reflejada en la expansión y diversificación de este sector. Para este fin, y buscando que las oportunidades presentadas sean aprovechadas por la comunidad local, es de vital importancia el desarrollar las capacidades de emprendimiento y proporcionar medios de impulso al emprendedor.

IV.15.2.3. Actividades Agropecuarias. Sinaloa, junto con Baja California, Baja California Sur, y Sonora, son estados en donde predominan las temperaturas extremas, de calor intenso en verano y frío en invierno. Los cultivos más importantes de acuerdo a su porcentaje de exportación son el tomate y el pimiento verde.

De acuerdo a su ubicación Sinaloa se encuentra en la región irrigada de México, un sistema agropecuario que cubre grandes extensiones de tierras áridas en toda la región norte y central del país. La presencia de infraestructura de riego permite un grado relativamente alto de intensificación de la producción.

La agricultura para Ahome es una de las principales actividades económicas, la cual se encuentra altamente tecnificada; presenta una superficie de 174,468 hectáreas (40.17% de la superficie total municipal), con 9 mil 904 unidades de producción rural. Se estima que 151 mil 485 hectáreas son de riego, y 22 mil 983 de temporal y riego. La agricultura de

Ahome tiene entre sus principales cultivos los de maíz, sorgo, trigo y frijol (Tablas IV.52 y IV.53).

Tabla IV.74. Superficies sembrada y cosechada por tipo de cultivo (ha), en el 2014.

Tipo Cultivo	Superficie sembrada			Superficie cosechada		
	Total	Riego	Temporal	Total	Riego	Temporal
Cultivos cíclicos						
Maíz grano	**407,723**	363,485	44,237	**381,291**	340,041	412,50
Sorgo grano	**36,418**	36,418	0	**36,418**	36,418	0
Papa	**5,738**	5,738	0	**5,738**	5,738	0
Fríjol	**18,804**	18,319	485	**18,739**	18,739	485
Trigo grano	**33,196**	33,196	0	**33,196**	33,196	0
Cultivos perennes						
Caña de azúcar	**3,025**	3,025	0	**3,025**	3,025	0
Mango	**3,458**	3,458	0	**3,041**	3,041	0
Alfalfa verde	**1,322**	1,322	0	**1,322**	1,322	0

Fuente: Anuario estadístico y geográfico de Sinaloa 2015 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -- México: INEGI, c2015.

Tabla IV.75. Superficies sembradas y cosechadas, volumen y valor de la producción agrícola.

Tipo Cultivo	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Volumen (toneladas)	Valor (miles de pesos)
Total	**1 247184**	**1 201 876**	**NA**	**33 703 195**
Cultivos cíclicos	1 153312	1 113 267	NA	32 625204
Maíz grano	407 723	381 291	3 686 274	12 227 372
Sorgo grano	289 281	282 574	1 174 100	3 327 214
Chile verde	12 657	11 991	604 774	3213 690
Tomate rojo (jitomate)	15 307	14 629	867 832	3 172 619
Papa	11 667	I1667	295 115	2 113 190
Frijol	122 411	1N1721	161 520	2 029 657
Pepino	4 203	4 125	305 327	1 684 871
Garbanzo grano	61 600	61 267	103645	982 155
Trigo grano	62 542	62 542	279 061	932
Berenjena	I498	1 490	131 907	901 194
Resto de los cultivos cíclicos	16i416	160 970	144	1 790 343
Cultivos perennes	94 072 a/	88 609 b/	NA	1082991
Caña de azúcar	1I492	10 706	818 633	429 470
Mango	31 180	27 562	110 869	222 400
Pastos	36 995	36 504	297 997	162 694
Alfalfa verde	2 790	2 790	100 184	62 492
Coco fruta	4 139	4 139	33676	41 552
Resto de los cultivos perennes	7 476	6508	114	173 383

Fuente: anuario estadístico y geográfico de Sinaloa 2015, INEGI, 2015.

IV.15.2.4. Turismo. Los servicios hoteleros consisten de instalaciones de cinco estrellas que, en el caso de los asentados en los Mochis, dan servicio como sitio de descanso a los viajeros. De acuerdo al INEGI, para el 2014, el municipio de Ahome cuenta con un total de 455 establecimientos de hospedajes en los que se incluyen hoteles, moteles, casas de huéspedes, cabañas, suites, posadas, tráiler-parks, entre otros (Tablas IV.54 y Tabla IV.55).

Tabla IV.76. Establecimientos de hospedaje registrados, según el tipo de alojamiento.

Municipio	Total	Hoteles	Moteles	Casas de huéspe-des	Cabañas	Suites	Posadas	Trailer parks	Otros
Estado	**455**	**341**	**45**	**5**	**14**	**4**	**12**	**19**	**15**
Ahome	**38**	31	6	0	0	0	0	1	0
Al 31 de diciembre de 2014.									

Tabla IV.77. Establecimientos de hospedaje registrados, según su categoría turística.

Municipio	Total	Cinco estrellas	Cuatro estrellas	Tres estrellas	Dos estrellas	Una estrella	Sin categoría
Estado	**455**	**34**	**61**	**95**	**50**	**49**	**166**
Ahome	**38**	1	8	8	7	5	9
Al 31 de diciembre de 2014							

IV.15.3 Aspectos económicos.

- **Empleo.** Para la construcción del proyecto se emplearán mano de obra de ciudades cercanas al sitio del proyecto, incluyendo Los Mochis y Topolobampo. Asimismo, puede emplearse a los residentes de las comunidades rurales asentadas alrededor de la Bahía de Ohuira, los cuales se dedican a la pesca y la agricultura, pero que pueden complementar sus ingresos participando en el sector de la construcción.

- **Salario mínimo vigente.** De acuerdo con la resolución publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 30 de septiembre de 2015, la distribución por áreas geográficas de los Salarios Mínimos generales y profesionales vigentes en el territorio nacional se modificó, quedando un área geográfica única que incluye todos los municipios del país y las demarcaciones territoriales (delegaciones) de la ciudad de México que conforman

la República Mexicana. Por tal motivo el municipio de Ahome, Sinaloa, el salario mínimo general vigente a partir del 1 de enero del 2019 es de 102.68 pesos diarios. Dado que para los municipios colindantes con Ahome el salario es el mismo, no se considera que este sea un factor que determine la migración dentro de la región.

- **Población económicamente activa.** La población económicamente activa se presenta en la Tabla IV.78. Como población económicamente activa se considera a todos los sujetos mayores de 12 años que han trabajado o que han buscado empleo en un periodo determinado. La población económicamente activa en el municipio era de 166,814 trabajadores para el año de 2010, en una proporción de un trabajador por cada 2.49 personas del total de la población.

  De igual manera se tenía una población económicamente inactiva (desempleados) hasta de 8,476 trabajadores (1.62%). Esta tasa es fluctuante, ya que existen variaciones periódicas originadas por el empleo eventual principalmente dentro de las actividades agrícolas y acuícolas.

Tabla IV.78. Población económicamente activa de las entidades consideradas.

Entidad	Población económica-mente activa	Población no económica-mente activa	Población ocupada	Población desocupada
Sinaloa	1,107,112	1,013,041	1,063,654	43,458
Ahome	166,814	154,472	158,338	8,476

- **Marginación.** El municipio presenta baja marginación, presentando una mejoría respecto a la década anterior, pasando de baja a muy baja (Tablas IV.57, IV.58 y IV.59).

  Si bien los indicadores de marginación y desarrollo humano a nivel municipal presentan tendencias positivas, es importante también considerar la situación socioeconómica a nivel local, en este caso enfocándose en el puerto de Topolobampo. Consecuentemente, se desarrolló un estudio de línea base social con miras a identificar necesidades y áreas prioritarias. El componente central de dicho estudio fue una encuesta tomada a una muestra representativa de más de 300 participantes. Los resultados permitieron identificar los ejes temáticos de mayor importancia a desarrollarse siendo estos: educación, desarrollo económico, salud y conservación del

medio ambiente. Partiendo de estos resultados y de un proceso de vinculación comunitaria se diseñaron programas de desarrollo comunitario.

Tabla IV.79. Grado de marginación, 1980 al 2010, en el municipio de Ahome, Sin.

	Marginación 1980	Marginación 1990	Marginación 1995	Marginación 2000	Marginación 2005	Marginación 2010
Grado de Marginación:	-17.85	-1.471	-1.277	-1.335	-1.356	-1.349
Índice de Marginación	Media	Baja	Baja	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo
Lugar a nivel nacional	2,252	2,233	-	2,230	2,265	2,259
Fuente: SEGOB, 2015.						

Tabla IV.80. Índice de Desarrollo Humano, 2005

Indicador	Valor
Índice de Desarrollo Humano	0.88
Grado de Desarrollo Humano(*)	Alto
Posición a nivel nacional	55

Tabla IV.81. Indicadores de Desarrollo Humano Ahome, 2005

Indicador	Valor
Tasa de mortalidad infantil	12.28
Tasa de alfabetismo(1)	95.98
Tasa de asistencia escolar de la población de 6 a 24 años de edad	72.82
Ingreso per cápita anual ajustado a cuentas nacionales (dólares PPC)	14,505
Índice de salud (2)	0.9202
Índice de educación(3)	0.8826
Índice de ingreso(4)	0.8307

IV.15.4 Tipo de tenencia de los terrenos adyacentes.

El área donde se instalarán la zona de tiro corresponde a terrenos propiedad de PIT, vendidos por el Gobierno del Estado de Sinaloa. En los alrededores del sitio del proyecto hay terrenos ejidales, federales y privados.

IV.15.5 Aspectos culturales.

La región de Topolobampo tiene un importante valor histórico en lo relativo al nacimiento y desarrollo de las poblaciones del noroeste del estado de Sinaloa, ya que en el sitio se ensayó uno de los proyectos sociales más relevantes a nivel internacional de finales de siglo XIX, mismo que fue dirigido por Albert K. Owen, quien buscaba desarrollar la región con el modelo social-económico basado en el socialismo utópico. Aunque dicho proyecto no logró sus objetivos, si estableció las bases para el desarrollo posterior de la región.

- **Presencia de grupos religiosos.** En el municipio de Ahome la mayor parte de la población profesa la religión católica (82.2%), aunque se ha incrementado la diversidad religiosa, con un aumento en los miembros de las iglesias protestantes, evangélicas y bíblicas no evangélicas, así como aquellas sin adscripción religiosa (Tabla IV.82). En menor número existen personas de las religiones judía y otras de origen oriental.

Tabla IV.82. Distribución de la población de acuerdo a la religión que profesa.

Entidad	Personas con Religión Católica	Personas con Religiones Cristianas No Católicas	Personas con Religiones de Origen Oriental	Personas sin Adscripción Religiosa
Sinaloa	2,320,206	204,433	1,218	194,619
Ahome	342,238	38,143	287	28,175

- **Localización y caracterización de recursos y actividades culturales y religiosas identificadas en el sitio donde se ubicará el proyecto.** La zona urbana de Topolobampo cuenta con algunas facilidades recreativa, incluyendo un atractivo malecón situado frente a la bahía, pero es en la cercana ciudad de Los Mochis donde se cuenta con mayor oferta y diversidad en cuanto a actividades culturales.

- **Grupos étnicos.** Ni el municipio de Ahome ni los terrenos para el proyecto se pueden considerar como regiones étnicas, es decir, zonas en las que predomina la lengua y costumbres de los habitantes prehispánicos de la región (Tabla IV.83). La población originaria de esta región son los Mayos, cuyas comunidades en Sinaloa se distribuyen en los municipios del Fuerte, Choix, Guasave, Sinaloa de Leyva y Ahome.

Debido a su proceso histórico, los mayos han tenido que compartir su territorio con mestizos. Prácticamente en todas las comunidades ambos grupos conviven y en algunas localidades los indígenas han sido desplazados por el otro grupo; los mayos viven preferentemente en comunidades donde se localizan sus centros ceremoniales como son: Bacorehuis, El Colorado, La Florida, Lázaro Cárdenas, Ohuira y San Miguel Zapotitlán, en el municipio de Ahome; Capomos, Charay, Jahuara II, Mochicahui, El Ranchito de Teputcahui, Sibirijoa y Tehueco, en El Fuerte; Baca (también llamado Pueblo Baca), Baimena y Huites, en Choix; Juan José Ríos en el municipio de Guasave; San Luciano en el de Angostura; y por último La Playa, en Sinaloa de Leyva, en el estado de Sinaloa.

Tabla IV.83. Población de la zona de estudio de acuerdo a la lengua que habla.

Entidad	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y no habla español	Población de 3 años y más que habla alguna lengua indígena y habla español	Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena	Población en hogares censales indígenas
Sinaloa	23,841	112	19,675	23,426	49,972
Ahome	5,226	14	4,631	5,188	12,447

- **Migración.** De acuerdo con la información del Sistema Nacional de Información Municipales (SNIM), la migración hacia el municipio es baja (Tabla IV.84). Los procesos migratorios están influidos por la oferta de oportunidades y por el desarrollo económico de la región.

Tabla IV.84. Población total por lugar de nacimiento según sexo, 2010.

Lugar de nacimiento	Población total		
	Total	Hombres	Mujeres
En la entidad federativa	372,410	183,448	188,962
En otra entidad federativa	39,951	19,962	19,989
En los Estados Unidos de América	1,816	919	897
En otro país	264	156	108

Tabla IV.84. Población total por lugar de nacimiento según sexo, 2010.

Lugar de nacimiento	Población total		
	Total	Hombres	Mujeres
No especificado	1,858	950	908
Total	416,299	205,435	210,864
Fuente: SEGOB, 2013.			

IV.15.6 Infraestructura y Servicios.

- **Vivienda.** Los resultados del censo del 2010 señalan que en el municipio había 108,911 viviendas habitadas, de las cuales 108,895 eran particulares y 16 colectivas (Tablas IV.63, IV.64 y IV.65).

  La mayor parte de las viviendas sirven como habitación a entre 3 y 5 habitantes, con un promedio de 3.8 hab/viv, es decir son habitaciones familiares. También se ha reportado que el número de viviendas desocupadas en la región es alto, por lo que el número de habitantes por vivienda sería mayor. Un proyecto como este no requiere mano de obra en cantidades tales que puedan requerir del desarrollos o núcleos habitacionales asociados.

Tabla IV.85. Viviendas habitadas y sus ocupantes según tipo de vivienda, 2015.

Municipio	Viviendas habitadas	Ocupantes a/
Estado	**806 237**	**2 965 230**
Ahome	124 261	449 033

Tabla IV.86. Viviendas habitadas en el municipio, por tipo de vivienda.

Tipos de vivienda	Número de viviendas habitadas	%
Total	**124 261**	100.00
Casa	123,043	99.02
Departamento en edificio	609	0.49
Vivienda en vecindad o cuartería	12	0.01
Otro tipo de vivienda	50	0.04
No especificado	547	0.44

- **Infraestructura para Comunicaciones y Transporte**. El municipio de Ahome y la ciudad de Topolobampo están comunicados con el resto del estado y la republica mediante vías terrestres que incluyen un tramo de la autopista de 4 carriles México-Nogales (Carretera Federal 15) que comunica los estados costeros del norte y el sur de la república. Existe además una red de carreteras asfaltadas de dos carriles, terracerías, brechas y veredas (Tablas IV.66 y IV.67), incluyendo la carretera estatal 22 Topolobampo-Los Mochis, la carretera estatal 15 Guasave-Los Mochis y la carretera estatal 32 Choix-Los Mochis.

  Los servicios de transporte público son ofrecidos por diversas empresas de autobuses foráneos de pasajeros, aunque en Los Mochis no se cuenta con una terminal que aglutine todas las líneas que prestan el servicio federal y estatal.

Tabla IV.87. Longitud de la red carretera según tipo de camino (Kilómetros).

Municipio	Total	Troncal federal a/		Alimentadoras estatales b/		Caminos rurales		
		Pavimen-tada c/	Reves-tida	Pavimen-tada c/	Reves-tida	Pavimen-tada	Reves-tida	Terracería
Estado	**16,837**	**1,316**	**0**	**3,550**	**0**	**0**	**5,264**	**6,707**
Ahome	**2,938**	103	0	354	0	0	1,648	797
Al 31 de diciembre de 2016								

Los servicios de transportación marítima se concentran en el Puerto de Topolobampo, donde actualmente se atienden cargas con origen o destino a países de Asia, Norteamérica, Suramérica y la Unión Europea principalmente. Mantiene un intercambio de exportación e importación de diversos productos tales como: maíz, fertilizantes y mineral de hierro.

Tabla IV.88. Volumen de la carga marítima movida en Topolobampo (Miles de toneladas, 2016).

Puerto	Total	Altura		Cabotaje	
		Importación	Exportación	Entrada	Salida
Total Estatal	**11,250**	**4,375**	**1,945**	**2,513**	**2,417**
Topolobampo	**6,763**	2,220	1,666	1,176	1,701
Fuente: SCT. Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.					

Entre los años 2008 y 2011 se construyeron en el puerto 25 hectáreas de patios, un muelle de gráneles de 260 metros de longitud y 14.70 m de profundidad, el dragado de construcción del canal de navegación principal de 17 km de longitud y 14.70 m de profundidad y la construcción de 1.5 km de vías de ferrocarril en la zona de ampliación.

La terminal marítima de PEMEX, especializada en el manejo de productos petroleros, cuenta con una superficie total de 68,353.6 m^2, que incluyen 55,896.9 m^2 de zona de agua y 8,688.6 m^2 de área operativa. Tiene dos posiciones de atraque de 156 m cada una, con 12 metros de profundidad.

El puerto cuenta con servicio de ferrocarriles operado por Ferromex, mediante una línea que entronca con las vías de la ruta de México a Nogales y de oeste a este, el ferrocarril Chihuahua-Pacífico, que va del puerto de Topolobampo a Creel, Chihuahua. El proyecto no requiere de transporte ferroviario.

Entre Topolobampo y la ciudad de Los Mochis se localiza el Aeropuerto Internacional de Los Mochis, el cual brinda servicio nacional con vuelos comerciales a la Ciudad de México, Guadalajara, Tijuana, Hermosillo, Loreto, San José del Cabo, La Paz, Chihuahua y Monterrey, entre otros (Tabla IV.68). En el operan líneas aéreas nacionales como Aeroméxico y Volaris, así como líneas troncales como Aeroservicios Guerrero, Transportes Aeropacífico y Aerocalafia. Por mar, tiene servicio diario de Ferry a La Paz, Baja California Sur.

Tabla IV.89. Características del Aeropuerto Internacional de Los Mochis.

Concepto	Estado	Los Mochis
Aeropuertos	3	1
Longitud de pistas de aterrizaje (Metros)	NA	2,000
Superficie de pistas (Miles de metros cuadrados)	NA	90
Superficie de plataformas (Miles de metros cuadrados)	NA	35
Superficie de rodajes (Miles de metros cuadrados)	NA	47
Fuente: Centro SCT Sinaloa. Subdirección de Transporte.		

Tabla IV.90. Operaciones de aviación realizadas en los aeropuertos del Sistema Aeroportuario Mexicano por municipio según tipo de aviación2016.

Municipio	Total	Comercial regular		Chárter	Comercial no regular		Aviación general	Carga
		Nacional	Inter-nacional		Nacional	Inter-nacional		
Estado	**70,453**	**30,102**	**2,792**	**2,682**	**10,611**	**218**	**24,048**	**0**
Ahome	**12,157**	4,262	6	2,318	615	20	4,936	0

IV.15.7 Servicios Públicos.

Los servicios básicos en el municipio incluyen energía eléctrica en la mayor parte de las comunidades alrededor de la laguna y a lo largo de la carretera Topolobampo-Los Mochis. En los Mochis y Topolobampo hay calles pavimentadas, drenaje y alcantarillado.

- **Abastecimiento de agua y servicio de drenaje.** Para Topolobampo El 98% de las viviendas cuentan con agua potable. La planta potabilizadora se localiza a 10 Km. del Puerto de Topolobampo con una capacidad de 90 l/s, las líneas principales de suministro se ubican en el Blvd. Salvador Alvarado y la antigua carretera a Los Mochis, con diámetros de 10” y 15” respectivamente.

- **Energéticos (combustibles).** Los combustibles que se utilizan en la zona son gasolina y diésel, que se obtienen en gasolineras, la mayoría asentadas en las zonas urbanas de Topolobampo y Los Mochis o en las gasolineras adyacentes a la carretera.

- **Energía eléctrica.** El suministro de energía eléctrica está a cargo de la Comisión Federal de Electricidad. Existe una cobertura del 100% en Topolobampo. La termoeléctrica Juan de Dios Bátiz, cercana al sitio del proyecto, garantiza el servicio requerido, asimismo abastece las demandas de otras localidades de la región.

- **Sistema de manejo de residuos.** En Topolobampo no existe un deposito oficial (municipal) en las inmediaciones del puerto, por lo que es común encontrar parte de los desechos generados por la población en lotes baldíos, laderas de los cerros y

orillas de las Bahías, generando no solo contaminación visual sino un foco permanente de transmisión de enfermedades infecciosas. Esta situación se tendrá en cuenta para la realización del programa de manejo de residuos del proyecto.

- **Drenaje.** A nivel municipal, los servicios de drenaje no son suficientes para toda la población, concentrándose en los centros de población más grandes. En Topolobampo el servicio cubre el 95% de la demanda. Los colectores principal y secundario se localizan por el Blvd. Salvador Alvarado con un diámetro de 24" y por la calle Peña con un diámetro de 15" respectivamente. En las zonas habitacionales ubicadas sobre el Cerro del Chivero el servicio de drenaje es superficial, bajando por los andadores peatonales, se han dado ocasiones en que se han dañado presentando derrames ocasionando focos de contaminación. El proyecto no hará uso de esta infraestructura.

- **Educación**. En 2010, en el municipio la población mayor de 15 años ascendía a 298,544 habitantes (71.71%), de los cuales el 3.31%, (9,893 habitantes) era analfabeta. En Topolobampo esta proporción es de 2.86%. Cabe mencionar que en Topolobampo no se imparte educación en todos los niveles académicos, solamente desde preescolar hasta educación técnica, con un CETMAR, por lo que aquellos que buscan acceder a la educación profesional deben migrar hacia otras partes del estado o de la república.

- **Salud y seguridad social.** En el municipio de Ahome se encuentran representadas las principales instituciones de seguridad social de la nación tales como el ISSSTE y el IMSS, además del servicio de salud estatal (Tabla IV.91). Topolobampo cuenta con 6,361 habitantes de los que 73.7% tienen acceso a servicios de salud; 2,863 son derechohabientes del IMSS, 1,357 del seguro popular y 229 del ISSSTE. El servicio de emergencia de la Cruz Roja dispone únicamente de una ambulancia, por lo que para los planes de emergencia se consideran principalmente los recursos disponibles a través del Plan de Ayuda Mutua de las industrias de Topolobampo.

Tabla IV.91. Condición de derechohabiencia en el municipio de Ahome.

Municipio	Total	Condición de afiliación a/ (Porcentaje)

		Afiliada b							No afiliada	No especifi-cado
		Total	IMSS	ISSSTE e ISSSTE estatal	PEMEX, Defensa o Marina	Seguro Popular o para una Nueva Generación	Institución privada	Otra institución		
Estado	**2,966,321**	**85.41**	**50.25**	**9.68**	**0.74**	**39.76**	**2.09**	**0.99**	**14.30**	**0.30**
Ahome	**449,215**	86.15	60.72	9.32	0.59	31.78	2.01	0.32	13.72	0.13

IV.16 Diagnóstico Ambiental.

La esencia de la manifestación de impacto ambiental se centra en la integración del proyecto con su entorno, en lo que se denomina diagnóstico ambiental del proyecto. Para realizar esta integración es importante analizar los elementos ambientales del sitio en donde se pretende depositar el material de dragado. Es por ello que se analizan las relaciones mutuas entre ambos elementos (proyecto-ambiente), tanto las que se dirigen del proyecto al entorno como los que ocurren en dirección contraria, es decir, se evalúa el comportamiento del medio con el proyecto.

El análisis que se realiza en el presente apartado se hace con base en la información descrita anteriormente en este capítulo, en donde se utilizó la metodología más adecuada para cada componente ambiental reflejado en cada apartado. En este contexto de ideas, es que se describe en el presente apartado, la situación que guarda el sitio del proyecto, una vez que se ha valorado toda la información.

Básicamente, las actividades antropogénicas que se existen actualmente en el Sistema Ambiental no se han desarrollado de la mejor manera, ya que están ejerciendo presión sin control en el ecosistema, como por ejemplo la desmesurada forma de ubicar los sitios de tiro de escombros y basura.

Aunado a lo anterior, se tiene el establecimiento de zonas para la agricultura en grandes extensiones del SA. El ecosistema presenta una tendencia a la transformación y no precisamente de adaptación, sino de reducción de riqueza, pero aún con estas debilidades existen parches de vegetación muy conservados como las áreas de manglar.

El SA del proyecto se delimitó considerando que la hidrología es un factor determinante de las características ecológicas del lugar y abarcando los elementos que se consideraron para el estudio hidrológico necesario para la modelación numérica del sistema. La vegetación en el municipio de Ahome se encuentra en la Provincia Florística Planicie Costera del Noroeste, definida por Rzedowski; muy cerca de la transición entre las zonas ecológicas tropical subhúmeda árida y semiárida, específicamente en la zona ecológica tropical subhúmeda, que tiene una distribución amplia y que abarca una porción de la planicie costera del Pacífico y otros estados de México. Se caracteriza por tener un clima cálido húmedo con una temporada larga de sequía y con una marcada estacionalidad de la precipitación, y vegetación del bosque tropical caducifolio. Es importante por su abundancia de especies, así como porque tiene los índices más elevados de endemismos de flora y herpetofauna. Sin embargo, se calcula que más del 55% de la cubierta vegetal de esta zona ha sido eliminada por la extracción forestal y por la agricultura. De manera particular en el sitio del proyecto sólo se presentan algunas especies de vegetación halófila con baja cobertura.

Este Sistema Ambiental también ha sido objeto de modificaciones en su entorno, asociado con el crecimiento de los asentamientos humanos. Estas actividades han traído como consecuencia la pérdida de ecosistemas, contaminación de los cuerpos de agua, presión por espacios de aprovechamiento, así como la pérdida de infraestructura y patrimonio familiar por la influencia de ciclones.

En lo referente a áreas de importancia ambiental, destaca la incidencia del Área del Proyecto sobre el sitio Ramsar “Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira” que es un humedal de importancia para la conservación, y que presenta factores adversos como contaminación del agua por descargas de aguas residuales incorporadas a la zona costera, destacando las de origen agrícola, y en la zona circundante, contaminación por actividades principalmente industriales, urbanas y agrícolas.

Sin embargo, es importante destacar que no toda el área dentro de los límites del sitio Ramsar comparte las características que hacen ambientales que fundamentan su reconocimiento ambiental, y no todas las características asociadas al sitio se encuentran dentro de sus límites (*e.g.* el estero que alberga las aves migratorias invernales). Por otra parte el sitio Ramsar incluye dentro de sus límites parte de las instalaciones industriales de

Topolobampo y áreas adecuadas para su crecimiento. En este caso se considera que el proyecto es compatible con el sitio Ramsar, toda vez que sus actividades son no afectan sus criterios de inscripción y las características ambientales del sitio del proyecto no incluyen elementos notables. Además, con las políticas de manejo adecuadas para dicha zona y las medidas de compensación propuestas por GPO/PIT, la calidad ambiental general del sitio Ramsar resultarán beneficiadas.

En general el SA cuentan con características ambientales importantes para su conservación pues permiten la presencia de la vida silvestre, aunque estas características no están representadas en el área del proyecto. Con base en los componentes del sistema biótico y de acuerdo al análisis numérico y de campo se distingue lo siguiente:

- En relación a la vegetación natural, en el predio destacan la vegetación halófila y las áreas desprovistas de vegetación. Fuera del predio se encuentra manglar en el bordo del terraplén del ferrocarril y en el estero entre las vías y la laguna, este último con una gran importancia biológica y ecológica, se presenta un buen estado, determinado principalmente por las condiciones ambientales que existen en la zona.

- De acuerdo a los resultados de campo, el área del SA posee una gran diversidad faunística, estos resultados son influenciados principalmente por la presencia de las aves, las cuales por sus hábitos de vuelo, se distribuyen tanto en el ambiente terrestre como en el acuático; otros factores que influyen son el hecho de que es relativamente sencillo su registro, además de que el SA presenta una amplia zona costera y que se ubica en la zona de la ruta migratoria del Pacífico que utilizan las aves durante su migración al sur. Su presencia y participación en diferentes niveles tróficos, así como su sensibilidad a la exposición de contaminantes, convierte a este grupo como un indicador de cambios ambientales.

- La situación en el área del proyecto es diferente, ya que ésta se encuentra mayormente perturbada por su cercanía a la localidad de Topolobampo y a su uso para actividades urbanas e industriales principalmente Dichas zonas cuentan con menores recursos para la fauna silvestre local. En el terreno donde se establecerán las zonas de tiro hay conejos y liebres. En la zona donde se establecerá el campamento provisional hay además iguanas de la especie *Ctenosaura macrolopha*.

- De acuerdo a los resultados del muestreo de mamíferos y reptiles, se obtuvo una baja representatividad en relación al listado de distribución potencial; sin embargo, su baja presencia en el Área de Proyecto es concordante con el hecho de que la zona ha sido modificada y no presenta condiciones adecuadas para su permanencia.

- Por otra parte, el grupo de los anfibios tiene nula representación, ya que éste presenta un grupo de hábitos peculiares en relación con la salinidad del agua, además de que gran parte de ellos no toleran los hábitats con altos disturbios.

- En cuanto a la presencia de aves, durante los periodos de anegación del terreno hay presencia de aves en el Área del Proyecto aunque aparentemente sólo son sitios de paso, ya que no hay recursos ni condiciones para su alimentación y/o anidación. Cabe señalar que el terreno se secó después de las obras de desazolve que la CONAGUA realizó en el Dren Mochis en febrero de 2019.

- El paisaje actualmente no es completamente natural, se encuentra la presencia urbana e industrial que se generó de manera deliberada sin un orden adecuado, esto contrasta con los atractivos que se presentan en la bahía. La inserción del proyecto ocurriría entonces en un lugar con paisajes ya degradados.

La región posee un crecimiento demográfico bajo, sin embargo, su ubicación geográfica privilegiada, combinada con la dotación de recursos naturales, han favorecido el desarrollo regional y se prevé que esa tendencia continúe en las próximas décadas.

En resumen, podemos concluir que aunque el proyecto se ubica cerca de la Bahía de Ohuira, la interacción ambiental de las zonas de tiro es netamente terrestre, toda vez que no se ocuparán cuerpos de agua. En cuanto a las actividades que si se realizarán en la laguna, como el rebombeo para transportar el producto del dragado, estas son actividades temporales que incluyen medidas para mantener la calidad del agua.

De igual manera se concluye que a diferencia del SA, caracterizado por presentar tanto áreas destinadas a la conservación como zonas perturbadas, el sitio del proyecto se ubica en los límites de transición de ambas zonas (conservadas–perturbadas), pero

específicamente corresponde a un área alterada, rodeada por áreas que pueden aprovecharse e inclusive restaurarse.

Con base en lo anterior, es importante destacar que debido a que el área específica del proyecto esta alterada, ambientalmente son pocos los elementos que se verán afectados más allá del actual estado en el que se encuentran, sin embargo, considerando que en las inmediaciones del sitio del proyecto existen algunos elementos ambientales importantes (flora y fauna), será necesario realizar el seguimiento de los mismos a efecto de monitorear los posibles cambios que sufran, lo cual nos permitirá evaluar los impactos del proyecto sobre el medio biótico y en su caso se deberán establecer las medidas de atención necesarias (medidas de mitigación).

V. IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

V.1 Metodología para la Identificación de Impactos Ambientales.

La valoración de los impactos ambientales depende de la identificación de los cambios potenciales al entorno, en donde se evalúan las posibles consecuencias de las actividades inherentes al proyecto sobre la zona de influencia en que se inserta, la cual en este caso consiste de terrenos desprovistos de vegetación o con una cobertura baja de vegetación halófila.

Con base en la información descrita en el Capítulo II de este documento referente a las actividades a realizar para el depósito del material de dragado, así como la información del Capítulo IV relativa a los rasgos distintivos de la zona y los componentes ambientales que pueden ser afectados, se realizará en el presente apartado un análisis de las posibles interacciones y de la magnitud de los impactos potenciales.

Con este análisis se tendrá una visión de la relación Proyecto–Entorno en la que se ha incluido una lista de actividades a realizar de acuerdo con las características del proyecto y los factores ambientales que en general pueden ser afectados en un entorno previamente transformado por la construcción de infraestructura, incluyendo vías de comunicación e instalaciones para actividades industriales (la Terminal de Almacenamiento y Reparto de PEMEX, la estación de recepción de gas natural del gasoducto Trans-Canada y la planta de amoniaco de GPO).

V.1.1 Matriz de Interacciones.

Esta técnica, basada en una modificación de la Matriz de Leopold, nos brinda una primera aproximación al estudio de causas y efectos en la que se seleccionarán los componentes que pueden ser afectados por las acciones emprendidas para la consecución del proyecto para así vislumbrar aquellos elementos que serán los más afectados. Con estos se construirá una matriz de interacciones.

Para la identificación de los impactos generados por el proyecto propuesto, este se dividió en 4 etapas con 16 actividades, las cuales se incluyen en la matriz de interacciones. Este proyecto no tiene una etapa de operación y mantenimiento. Al concluir el proyecto al terreno se le podría dar otro uso, pero esto sería algo independiente del presente proyecto. Por lo tanto, en este caso el retiro de la maquinaria y equipos sería la etapa de abandono del sitio.

ETAPAS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO

1. Selección del Sitio.
   - Análisis de alternativas.
2. Preparación del Sitio.
   - Instalación del campamento provisional.
   - Levantamientos topobatimétricos.
   - Procedimientos preventivos en las instalaciones provisionales.
3. Construcción.
   - Traslado de los equipos de dragado al sitio de la obra.
   - Botado de los equipos de dragado.
   - Trabajos de dragados.
   - Dragado auxiliar para la pasarela.
   - Dragado en el muelle y dársena de maniobras.
   - Tubería de descarga flotante.
   - Embarcaciones auxiliares.
   - Conformación de las zonas de tiro.
   - Construcción de la fosa de captación.
   - Traslado y colocación de material de bancos.
   - Colocación de barreras antiturbidez.
4. Abandono del sitio.
   - Retiro de la maquinaria y equipos.

Esta fase del proceso comienza con la identificación de las interacciones posibles mediante una matriz que consistirá en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas figurarán las acciones del proyecto y dispuestas en filas los componentes medioambientales presentes en el Sistema Ambiental (SA) y el predio para el proyecto (Tabla V.1).

Una vez identificadas las interacciones, se inicia la valoración de las mismas, eliminando de la matriz aquellos componentes que no presentan interacciones y considerando la condición del componente del medio que potencialmente puede ser modificado como

consecuencia de la realización del proyecto. Para ello se establecen diferentes niveles que se definen de acuerdo a la magnitud de la modificación y se definen como:

- **Sin Interacciones Esperadas.** Cuando las acciones del proyecto no se relacionan con alguno de los componentes ambientales, ya sea porque la distancia o la ubicación no lo permite o porque el componente ambiental no responde a determinados flujos de materia o energía, se considera que la interacción es nula.

- **Efectos Desconocidos o Indefinidos.** En esta categoría se incluyen aquellas interacciones acerca de las cuales no hay antecedentes, o bien que dependan de elemento extrínsecos al proyecto, como pueden ser los juicios subjetivos.

- **Interacción Adversa Relevante.** Se considera cuando un elemento del SA, resulta aniquilado totalmente o dañado severamente por la implantación del proyecto y cuya prevención o mitigación exige medidas técnicas de gran magnitud y costo.

- **Interacción Adversa Media.** Se presenta cuando un elemento del SA es parcialmente perturbado por la construcción del proyecto. Cabe aclarar, que en este caso el elemento que ha perdido su integridad o estado prístino, puede coexistir con el conjunto de la obra. Para amortiguar la modificación de las condiciones antes de la construcción del proyecto, se requiere de obras técnicas sencillas.

- **Interacción Adversa No Relevante.** Este nivel de impacto previsible se da cuando la modificación de un elemento es casi nula. También se pueden incluir aquellos procesos o aspectos que en condiciones normales no tienen efectos sobre el medio ambiente, pero si no se toman las precauciones adecuadas pueden afectarlo de manera negativa. A diferencia del impacto previsible medio, estos no se deben generar por lo que requieren medidas de prevención en lugar de mitigación.

Dado que los impactos pueden ser de carácter adverso o benéfico para el medio ambiente, lo cual constituye el sentido del impacto, a las interacciones anteriores se han agregado dos categorías más, de acuerdo con lo que se presenta en la Tabla V.1, en donde se incluyen los símbolos que se emplearán en la matriz de interacción.

Tabla V.1. Acciones impactantes y factores impactados en el proyecto.

Tipo de Impacto	Símbolo		Tipo de Impacto	Símbolo
Sin Interacciones Esperadas	·		Interacción Adversa No Relevante	□
Efectos Desconocidos o Indefinidos	◈		Interacción Benéfica	●
Interacción Adversa Relevante	◘		Interacción Benéfica No Relevante	○
Interacción Adversa Media	■			

Tabla V.2. Matriz de Leopold modificada para el proyecto de la zona de tiro de PIT.

	SS	PREPARACIÓN DEL SITIO			CONSTRUCCIÓN											AS
	Análisis de alternativas	Instalación del campamento provisional	Levantamientos topobatimétricos	Procedimientos preventivos en las instalaciones provisionales	Traslado de los equipos de dragado al sitio de la obra	Botado de los equipos de dragado	Trabajos en las áreas de dragados	Movilización del sedimento del canal auxiliar para la pasarela	Movilización del sedimento del muelle y dársena de maniobras	Operación de la tubería de descarga flotante	Operación de las embarcaciones auxiliares	Conformación de las zonas de tiro	Construcción de la fosa de captación	Traslado y colocación de material de bancos	Colocación de barreras antiturbidez	
Atmósfera																
a. Calidad del aire	·	·	·	·	·	·	·	□	□	·	·	□	·	□	·	
b. Entorno acústico	·	·	·	·	·	·	□	■	■	·	·	□	·	·	·	
Geología y Edafología																
a. Suelos Lacustres	·	·	·	○	·	·	·	·	·	·	·	□	·	·	·	
b. Terrenos inundables	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	■	·	·	·	
Hidrología																
a. Escurrimientos Superficiales	·	·	·	○	·	·	·	·	·	·	·	□	·	·	·	
b. Calidad de agua pluvial	·	·	·	○	·	·	·	·	·	·	·	□	●	·	●	
Biodiversidad																
a. Asociaciones vegetales	·	□	·	○	·	·	·	·	·	·	·	□	·	·	·	
b. vegetación halófila	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	□	·	·	·	
c Fauna silvestre (lepóridos)	·	□	·	·	·	·	·	·	·	·	·	□	·	·	·	
c Fauna silvestre (iguanas)	·	□	·	·	·	·	·	·	·	·	·	□	·	·	·	
Ecosistemas del SA																
a. Áreas para desarrollo vegetación nativa	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	○	·	□	·	
b. Ecosistemas marinos	●	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	○	·	●	
Paisaje																
a. Entorno visual	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	□	·	·	○	○
Entorno Socioeconómico																
a. Comunidad local (economía)	·	·	○	·	·	·	·	·	·	·	·	○	·	○	·	
b. Comunidad local (salud y seguridad)	·	·	·	·	□	·	·	·	·	·	·	·	·	□	·	
c. Navegación en la laguna	·	·	□	·	□	·	□	·	·	□	□	·	·	·	□	

Nota: No se tiene contemplada la etapa de abandono del sitio debido a que el terreno no perderá su potencial para ser aprovechado posteriormente para nuevas actividades.

SS = Selección del Sitio.

V.1.2 Diagramas de interacción.

El desarrollo de diagramas de interacción sirve para presentar información acerca de las causas y las consecuencias de los impactos generados. En estos diagramas se señala la forma en que se relacionan los agentes causales con los elementos del entorno que resulten afectados, presentando incluso los efectos secundarios y terciarios. En la Figura V.1 se presenta la interacción de los impactos ambientales identificados para el proyecto de la zona de tiro, mismos que sustentan los resultados previamente expuestos; también se pueden observar algunos de los impactos secundarios del proyecto, es decir aquellos que afectan al medio biofísico y socioeconómico derivados una acción dada, pero que no son iniciados directamente por esa acción.

La limitación que tienen estos diagramas es que la información que presentan es mínima en los aspectos técnicos de la predicción de impactos y los medios para evaluar comparativamente los impactos de distintas alternativas. Adicionalmente, estos diagramas pueden llegar a ser muy complicados visualmente, aunque en este caso, por ser pocas las obras y actividades involucradas, es posible comprenderlo fácilmente.

Otras limitaciones de los diagramas de interacción es que no se califican los impactos de manera cuantitativa, por lo que no es fácil realizar la comparación de distintas alternativas del proyecto. Además, no se pueden hacer representaciones espaciales de la información.

En el diagrama realizado para este proyecto se presentan las distintas etapas del proyecto y las acciones que se realizan en cada una de ellas. Para cada acción se identifican las principales fuentes de impacto y los impactos ambientales asociados, señalando los diferentes receptores.

Con base en la información obtenida en la matriz de impactos y el diagrama de interacción, en el siguiente apartado se realiza una descripción por componente ambiental afectado en cada una de las etapas que integran el proyecto.

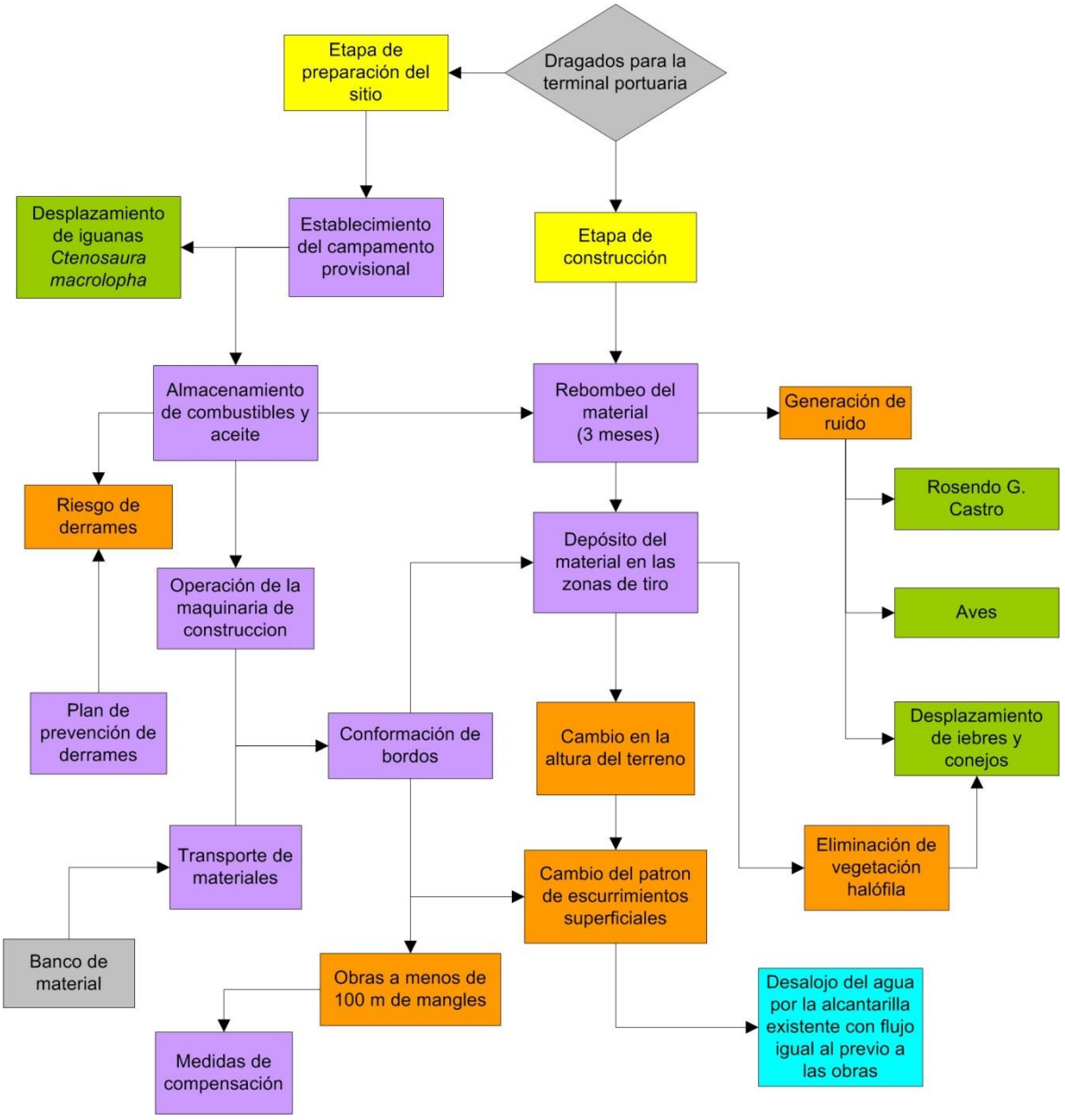


Figura V.1. Diagrama de interacciones para el proyecto de la zona de tiro.

V.2 Identificación y Caracterización de los Impactos Ambientales.

Una vez identificadas las interacciones que constituyen propiamente los impactos ambientales se procederá a evaluar las características de los mismos para así poder planear y diseñar las medidas de mitigación, compensación y/o monitoreo de los mismos.

El modelo matricial que se ha empleado contiene las actividades básicas que posteriormente se detallarán en el proyecto ejecutivo correspondiente y los elementos del medio que se consideró que pueden interactuar entre sí.

Bajo este contexto, las perturbaciones generadas en el sistema pueden tener varios criterios de acuerdo a la naturaleza del impacto y a las características del ambiente, es así que, la evaluación de los impactos debe considerar el disturbio con los efectos colaterales a través del tiempo y espacio. En el presente trabajo se consideraron seis parámetros:

- **Carácter.** Hace referencia a los efectos hacia el interior del sistema, reflejando la respuesta de los componentes ante los impactos identificados, de donde se tienen dos criterios para este rubro: adverso (+) o benéfico (-).

- **Magnitud.** Es la dimensión físico-espacial de los efectos en el sistema a partir de la fuente de impacto relacionada con el proyecto, las cuales comprenden tres niveles:
    - Local, menos de un kilómetro alrededor de la obra o actividad que produce el impacto;
    - Zonal mayor que un kilómetro y menor de cinco y;
    - Regional, más de cinco kilómetros.

- **Duración.** Denota la permanencia del impacto en el ambiente, considerando tres atributos:
    - Temporal, el impacto y sus consecuencias duran el mismo tiempo que la actividad que lo produce; y
    - Permanente, los disturbios se mantienen en el ambiente por tiempo indefinido mayor de 5 años.

- **Significancia.** Se refiere a la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales, indicándose si es considerado significativo (SI) o no significativo (NO).

- **Acumulativo.** El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el

pasado o en el presente, indicándose si es considerado acumulativo (SI) o no acumulativo (NO).

- **Residual.** El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación, indicándose si es considerado residual (SI) o no residual (NO).

Tabla V.3. Caracterización de los principales impactos identificados, atribuibles al proyecto.

IMPACTOS		C	M	D	S	A	R
V.3.1. Calidad del aire.	V.3.1.1. Reducción de la calidad del aire por emisiones a la atmósfera de la maquinaria de construcción.	-	L	T	No	No	No
	V.3.1.2. Reducción de la calidad del aire por polvo durante la construcción.	-	L	T	No	No	No
V.3.2. Calidad del entorno acústico.	V.3.2.1. Reducción de la calidad del entorno por ruido en la construcción.	-	L	T	No	No	No
V.3.3. Geología y Edafología.	V.3.3.1. Pérdida de suelos tipo lacustre por la elevación del terreno.	-	L	T	No	No	No
	V.3.3.2. Pérdida de terrenos inundables	-	L	P	No	No	No
V.3.4. Hidrología.	V.3.4.1. Modificación del drenaje pluvial superficial	-	L	T	No	No	No
	V.3.4.2. Reducción de la calidad de agua por arrastre de sedimentos	-	L	T	No	No	No
V.3.5. Vegetación.	V.3.5.1. Reducción de la cobertura de vegetación halófila.	-	L	T	No	No	No
	V.3.5.2. Alteración de la vegetación de ruderal en el campamento provisional.	-	L	T	No	No	No
	V.3.5.2. Ocupación de un área a menos de 100 m de individuos de mangle.	-	L	P	No	No	No
V.3.6. Fauna.	V.3.6.1. Desplazamiento de fauna silvestre por las actividades constructivas.	-	L	T	No	No	No
V.3.7. Ecosistemas del SA.	V.3.7.1. Desarrollo de áreas de vegetación nativa.	+	L	P	No	No	No
V.3.8. Paisaje.	V.3.8.1. Transformación de la calidad visual del paisaje.	+/-	Z	P	No	No	No
V.3.9. Medio Socioeconómico.	V.3.9.1. Aumento de la oferta de empleo en Topolobampo.	+	R	T	No	No	No
	V.3.9.2. Aumento en la posibilidad de incidentes viales por vehículos en circulación durante la construcción.	-	Z	T	No	No	No

C = Carácter: Adverso (+), Benéfico (-), Elementos subjetivos (+/-).
M = Magnitud: L (Local, en área < 1 km), **Z** (Zonal, en área < 5 km), **R** (Regional, en área > 5 km).
D = Duración: T (Temporal, dura lo que la actividad impactante), **P** (Permanente, dura más de 5 años).
S = Significancia: Si (es significativo), **No** (no es significativo).
A = Acumulativo: Si (es acumulativo), **No** (no es acumulativo).
R = Residual: Si (es residual), **No** (no es residual).
* Aunque la posibilidad es permanente la ocurrencia es nula u ocasional.

V.3 Descripción de los Impactos Identificados.

De acuerdo con los resultados del análisis anterior, podemos observar que los impactos ambientales aparecen únicamente en la etapa de construcción del proyecto, ya que no hay una etapa de operación. Los cambios son causados principalmente por las actividades para desplazar y confinar el material de dragado.

V.3.1 Calidad del aire.

V.3.1.1. Reducción de la calidad del aire por emisiones a la atmósfera de la maquinaria de construcción. Durante la construcción se generarán emisiones a la atmósfera por el uso de la maquinaria utilizada para conformar los bordos perimetrales y los equipos utilizados para el rebombeo del material dragado. También se generarán emisiones de los camiones usados para el transporte del material de banco.

Estas emisiones no tendrán consecuencias graves ya que, además de tener una magnitud baja, la topografía de la zona y los vientos permitirán disipar estas emisiones rápidamente. Así, no se espera un incremento notable de PM10, compuestos orgánicos volátiles (COVs) y óxidos de nitrógeno (NOx) provenientes del escape de vehículos. Se considera que será un impacto puntual, temporal y adverso, pero no significativo.

V.3.1.2. Reducción de la calidad del aire por polvo durante la construcción. El material dragado tiene un contenido de humedad muy alto por no hay generación de polvo derivado de las actividades de colocación de este material. Esto previene que sobre la vegetación en áreas aledañas, como la que hay en el bordo del ferrocarril, el polvo se deposite en forma de una capa sobre las hojas, disminuyendo su capacidad fotosintética.

En el caso del material de banco, la colocación, nivelación y compactación de los bordos de contención también puede generar la dispersión de polvo, especialmente si las actividades se realizan en la época seca. En este caso la magnitud del impacto es baja por la ausencia de áreas densamente vegetadas a lo largo de trayecto hacia el sitio del proyecto y en el área inmediata a donde estarán los bordos.

Cuando hayan concluido las actividades de depósito de material, en la época de secas inicialmente pueden generase polvaredas por efecto del viento. En la época de lluvias el material tiene un contenido de humedad muy alto por lo que no hay generación de polvo. Se considera que será un impacto puntual, temporal y adverso, pero no significativo.

V.3.2 Entorno acústico.

V.3.2.1. Reducción de la calidad del entorno por ruido en la construcción. El ruido es provocado por el aumento de la energía residual en forma de ondas sonoras en las inmediaciones del sitio de construcción. Durante la construcción será provocado principalmente por la maquinaria empleada para el rebombeo del material dragado. En este caso, la generación de ruido no provocará afectaciones a la población debido a que el sitio de operación de dichos equipos está lejos de áreas residenciales, específicamente de la localidad Rosendo G. Castro. Esto hace que el impacto sea puntual, por lo que es considerado como adverso no significativo.

El ruido es provocado por el aumento de la energía residual en forma de ondas sonoras. De acuerdo con el Artículo 155 de la LGEEPA están prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, en cuanto rebasen los límites máximos establecidos en las normas oficiales mexicanas que para ese efecto expida la Secretaría, considerando los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de contaminantes en el ambiente que determine la Secretaría de Salud. De acuerdo con el Artículo de la LGEEPA ya mencionado, en la construcción de obras o instalaciones que generen energía térmica o lumínica, ruido o vibraciones, así como en la operación o funcionamiento de las existentes deberán llevarse a cabo acciones preventivas y correctivas para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes en el equilibrio ecológico y el ambiente.

El controlar las emisiones de ruido en los sitios donde se realiza una construcción es importante para mantener la calidad ambiental, especialmente porque dichas obras se llevan a cabo parcialmente en un área de importancia ecológica, como es el Sitio Ramsar 2025, Lagunas de Santa María-Topolobampo-Ohuira.

Como se describió en el Capítulo IV, el ruido de fondo en el sitio del proyecto es bajo dentro del predio e incluye el ruido de la carretera, algunas actividades en las instalaciones de los bancos de material cercanos y el tráfico de vehículos pesados hacia PEMEX. Lo niveles promedio actuales en la zona industrial se encuentran entre 63.0 y 65.44 dB (A), mientras que en la carretera frente a la zona residencial de Rosendo G. Castro el nivel está alrededor de 62.03 dB (A).

Como referencia, la Tabla V.4 presenta niveles comparativos de acuerdo a la intensidad del ruido. Dado que el ruido se mide en una escala logarítmica, una reducción de 3 dB equivale a reducir el ruido a la mitad. Como aproximación general, sí en el sitio de una obra para ser oído a 2 m de distancia es necesario gritar, el nivel de ruido probablemente está alrededor de 85 dB (A).

Tabla V.4. Nivel de intensidad del sonido.

Fuente de sonido.	Nivel en decibeles	Efecto de los decibeles
Avión despegando (a 25 metros)	150	Ruptura del tímpano
Trueno, sierra de cadena. Antorcha de oxígeno (121 dB).	120	Doloroso. 32 veces más intenso que 70 dB.
Acerera, bocina de auto a 1 metro. Avión turbohélice a la potencia de despegue a 200 pies (118 dB). Remachadora (110 dB); música rock en vivo (108 - 114 dB)	110	Umbral de dolor promedio en humanos. 16 veces más fuerte que 70 dB.
Despegue del avión (a 305 metros), uso del motor fuera de borda, motocicleta, tractor agrícola, martillo neumático, camión de basura. Aviones Boeing 707 o DC-8 a una milla náutica (6080 pies) antes del aterrizaje (106 dB); paso elevado del jet a 1000 pies (103 dB); Helicóptero Bell J-2A a 100 pies (100 dB)	100	8 veces más fuerte que 70 dB. Daño serio posible en 8 horas de exposición.
Aviones Boeing 737 o DC-9 a una milla náutica (6080 pies) antes del aterrizaje (97 dB); podadora (96 dB); motocicleta a 25 pies (90 dB). Prensa de periódicos (97 dB).	90	4 veces más fuerte que 70 dB. Posible daño en exposición de 8 horas.
Lavavajillas, fábrica promedio, tren de carga (a 15 metros). Lavado de autos a 20 pies (89 dB); paso elevado del avión de hélice a 1000 pies (88 dB); camión diésel 40 mph a 50 pies (84 dB); tren diésel a 45 mph a 100 pies (83 dB). Procesador de alimentos (88 dB); fresadora (85 dB); eliminación de basura (80 dB).	80	2 veces más fuerte que 70 dB. Posible daño en exposición de 8 horas.
Vehículo de pasajeros a 65 mph a 25 pies (77 dB); autopista a 50 pies del límite del pavimento en horas de tráfico (76 dB). Habitación con música (76 dB); sonido del radio o TV, aspiradora (70 dB).	70	Base arbitraria de comparación. Los valores superiores de los setenta son molestos para algunas personas.
Conversación en restaurante, oficina, música de fondo, unidad de aire acondicionado a 100 pies.	60	La mitad de la intensidad de 70 dB. Bastante tranquilo.
Suburbio tranquilo, conversación en casa. Grandes transformadores eléctricos a 100 pies.	50	Un cuarto de la intensidad de 70 dB.
Biblioteca, canto de aves (44 dB); límite más bajo del sonido ambiental urbano	40	Un octavo de la intensidad de 70 dB.

Tabla V.4. Nivel de intensidad del sonido.

Fuente de sonido.	Nivel en decibeles	Efecto de los decibeles
Zona rural tranquila.	30	Un dieciseisavo de la intensidad de 70 dB. Muy silencioso.
Susurros, crujido hojas.	20	
Respiración.	10	Apenas audible.
Fuente: IAC ACOUSTICS, 2018.		

A fin de establecer el nivel de ruido alrededor del sitio de la obra se empleó un modelo computacional para resolver las ecuaciones de propagación de sonido. La Tabla V.5 presenta los valores característicos de ruido generado por algunos equipos de construcción. Los valores de la tabla corresponden a lo registrado a 15 m de la fuente de sonido, lo cual corresponde aproximadamente a valores de 80 a 85 dB en la fuente, para la maquinaria básica empleada para la conformación de las zonas de tiro.

Tabla V.5. Nivel de ruido característico para algunos equipos de construcción.

Tipo de Maquinaria	**Nivel de Ruido Característico a 15 m (dBA)**
Retroexcavadora.	80
Bulldozer.	85
Compactador.	82
Compresor.	81
Bombas.	76
Aplanadora.	74
Camión de carga.	88
Fuente: Federal Transit Administration, 1995.	

Sin embargo, para este caso las fuentes de ruido relevantes son las estaciones de rebombeo de 1,280 HP y 1,792 HP que generan emisiones de ruido de 120 dB y 130 dB respectivamente. Para la modelación se consideró la emisión de ruido de los 22 equipos de rebombeo operando de forma simultánea, con un equipo de 130 dB y uno de 120 dB en cada una de las 11 estaciones de rebombeo, con una temperatura ambiente de 35 ºC. En dicho modelo se consideró que:

- El sonido proviene de fuentes fijas no direccionales.

- El terreno donde se hará el depósito de material es plano y continuo, al igual que la laguna.
- Las condiciones meteorológicas influyen poco en la propagación del ruido en la dirección del viento.
- No se contemplan vientos fuertes o inversión térmica que pueda afectar la propagación.

Los resultados de la modelación de los trabajos de construcción se presentan en la Figura V.2 y la Figura V.3. Como puede verse, a en los límites del predio cerca de la carretera el ruido generado por las actividades de rebombeo de sedimentos estará cercano a pero por debajo de 68 dB(A) que establece el Reglamento de Protección al Ambiente del Municipio de Ahome para el horario de las seis a las veintidós horas. Este nivel estaría por arriba del ruido de fondo alrededor de las áreas industriales y habitacionales. Las urbanizaciones más cercanas son las instalaciones de PEMEX y el poblado de Rosendo G. Castro que está a más de 900 m de la posición del equipo más cercano. El ruido se generará de forma temporal y no continúa, debido a que el horario de trabajo es únicamente diurno y tendrá una duración de aproximadamente 2.5 a 3 meses.

Por otra parte, el área natural donde el impacto del ruido es mayor corresponde a la zona de manglares alrededor a lo largo del estero que se desarrolla de la alcantarilla hacia la laguna. En este estero hay aves y pequeños mamíferos que serían ahuyentados por el ruido de la construcción El mayor riesgo es que el ruido se realice en la época de reproducción de las aves y que estas se vean obligadas a abandonar sus nidos.

En contraste, la zona cercana con mayor incidencia de aves (la Isla de Los Patos) se encuentra lo suficientemente alejada para que el nivel del ruido se encuentre por debajo de 60 dB, que se considera como un ambiente bastante tranquilo, con la mitad de la intensidad de 70 dB. El resto de las áreas con niveles de mayor intensidad se localiza en aguas abiertas o, como el caso de la ciudad y el puerto de Topolobampo, resguardada del ruido por barreras naturales.

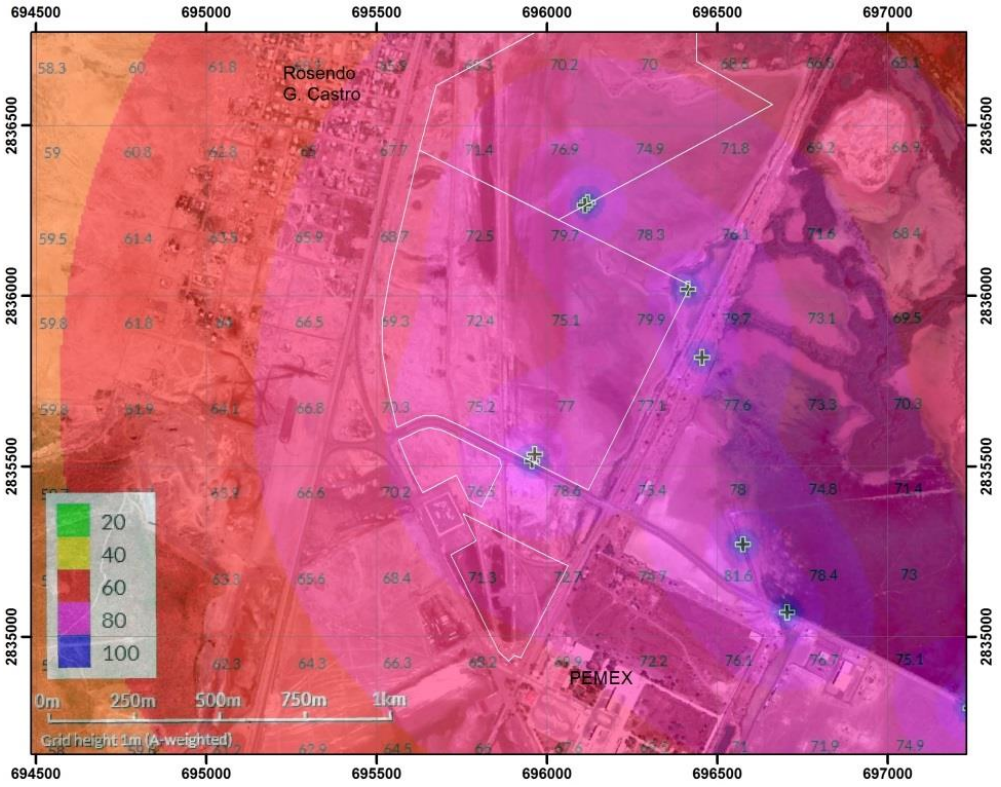


Figura V.2. Modelación del ruido de la construcción de la zona de tiro (dBA).

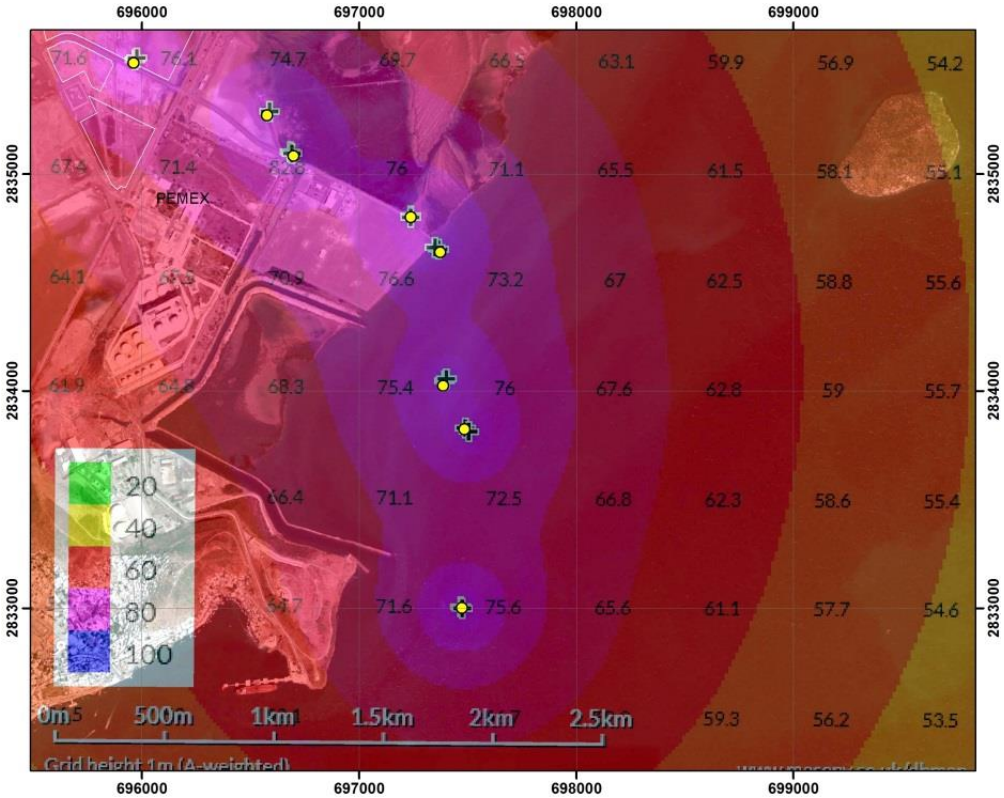


Figura V.3. Modelación del ruido de la construcción en la laguna (dBA).

Se ha considerado que el efecto del ruido será adverso de manera puntual en el entorno natural y laboral, pero es temporal sin efectos permanentes. El hecho de que el proyecto se ubique en una zona abierta representa por sí mismo un factor que favorece la mitigación del ruido en las áreas más alejadas, pero sin ser suficiente para la zona del estero.

Los impactos del ruido a largo plazo están asociados con cualquier cambio en el uso permanente del sitio del proyecto por fuentes móviles estacionarias y fuera del sitio. El proyecto propuesto no resultaría en cualquier aumento en las fuentes móviles fijas o fuera del sitio a largo plazo. Por lo tanto, el proyecto propuesto no daría lugar a un aumento permanente sustancial en los niveles de ruido ambiental en la vecindad del proyecto.

V.3.3 Geología y Edafología.

V.3.3.1. Pérdida de suelos tipo lacustre por el depósito de material. Esta pérdida de suelo que se da durante la conformación de las zonas de tiro, pero el material que se colocará en esas áreas es similar al existente por lo que no cambia la naturaleza fundamental de la zona. Tanto los suelos existentes como el material a colocar presentan bajo contenido de materia orgánica y altas concentraciones de sales.

En ocasiones, en las zonas inundables estos suelos pueden sustentar gran cantidad de organismos, constituyendo áreas de alimentación para otras especies, pero en el predio esto no ocurre, ya que no hay ningún tipo de organismo en el subsuelo.

V.3.3.2. Pérdida de terrenos inundables por la construcción de las zonas de tiro. La afectación por la pérdida de la superficie inundable por donde las aguas pluviales escurren hacia la alcantarilla se considera un impacto ambiental no significativo, ya que la superficie afectada respecto al total existente de áreas inundables en el SA, es muy baja.

En particular, la zona que será ocupada ya está aislada del resto de las áreas inundables por obras de infraestructura como el terraplén de la vía del ferrocarril y la carretera de la zona industrial. A lo largo del año los periodos de desecación de este terreno son prolongados, lo cual no ha permitido el desarrollo de vegetación.

V.3.4 Hidrología.

V.3.4.1. Modificación del drenaje superficial. La construcción de las zonas de tiro (aproximadamente 109.18 ha) modificará el flujo del agua hacia la alcantarilla que pasa por abajo del terraplén del ferrocarril. Sin embargo, el patrón de drenaje de la zona ya está modificado debido a la construcción de las obras de infraestructura de la zona, tales como los caminos de acceso, el mismo terraplén del ferrocarril y la carretera Los Mochis-Topolobampo; en el camino hacia la planta de amoniaco hay alcantarillas que han evitado la acumulación de agua estancada en la zona donde se ubicarán la zona de tiro ZT-01 y ZT-02. Debido a lo anterior, el impacto será local y no será significativo.

V.3.4.2. Calidad de agua pluvial. La construcción de la zona de tiro no modificará la calidad del agua pluvial que se captará en la zona, toda vez que no habrá generación de ningún tipo de residuo en el área del proyecto.

Los sedimentos a colocar en las zonas de tiro no se encuentren contaminados por ninguna sustancia por lo que tampoco son una fuente de contaminación. Considerando lo anterior, se puede constatar que prácticamente el impacto del proyecto sobre la calidad del agua pluvial, es nulo.

V.3.5 Vegetación.

V.3.5.1. Reducción de la cobertura vegetal. En general, una de las primeras acciones para la construcción de cualquier proyecto es la remoción de la vegetación, que en este caso corresponde a vegetación halófila. Sin embargo, para este proyecto no se llevará a cabo el desmonte de la zona sino que el material se depositará directamente sobre el suelo en su condición actual.

El área donde se conformarán las zonas de tiro es de aproximadamente 109.18 ha y está localizada en una porción del terreno entre las vías del ferrocarril, el camino de acceso a PEMEX, el camino de acceso a la planta y la carretera Los Mochis-Topolobampo en la cual se desarrolla vegetación halófila, aunque también presenta zonas sin vegetación.

La vegetación halófila que se eliminará corresponde a un estrato herbáceo con baja cobertura y con áreas sin vegetación aparente (Figura V.4 y Figura V.5). El impacto por la pérdida de vegetación será permanente en donde se construirá la infraestructura, con posibilidad de recuperación sobre la nueva superficie que se creará.

En los taludes de los bordos de contención también podrá desarrollarse vegetación, ya sea de manera espontánea o inducida. Dado que la superficie con vegetación que será afectada es poca y que ésta no representa ecosistemas naturales de gran valor ecológico o de alta productividad, se considera que el impacto será local, permanente, pero no significativo.



Figura V.4. Vegetación en la porción sur de la zona de tiro (al fondo a la derecha, terrenos de PEMEX).



Figura V.5. Porción oeste de la zona de tiro (al fondo el centro de capacitación de GPO).

V.3.5.2. Ocupación de un área a menos de 100 m de individuos de mangle. El proyecto no ocupará los taludes del terraplén del ferrocarril alrededor de la alcantarilla, en donde

crece mangle. Sin embargo, las áreas para las zonas de tiro y la fosa de captación de sólidos si se encuentran a menos de 100 m de dicha vegetación.

.

V.3.6 Fauna.

V.3.6.1. Pérdida de fauna silvestre por reducción del hábitat y remoción de la cubierta vegetal. Al eliminar la vegetación del sitio del proyecto en la etapa de preparación del sitio se perderá una superficie pequeña del hábitat conformado por la vegetación halófila. Los organismos que residen ahí se verán obligados a desplazarse a las áreas colindantes.

El tráfico de vehículos durante la construcción puede representar un riesgo para la fauna que aún quede en el predio o que provenga de los predios vecinos. Este riesgo abarca sólo a fauna silvestre menor como liebres y conejos, ya que no hay especies mayores en la zona. Por tratarse de una superficie relativamente baja se considera que el impacto será local, adverso no significativo.

V.3.7 Ecosistemas del SA.

V.3.7.1. Creación de áreas verdes con vegetación nativa. El área que ocuparán las zonas de tiro posee baja cobertura vegetal y está constituido por depósitos lacustres en los que predominan los suelos de materiales finos con lentes de arena intercaladas.

De acuerdo con las imágenes históricas del sitio, estas áreas anteriormente no presentaban ningún otro tipo de vegetación y no han sido adecuadas para la expansión de las asociaciones vegetales que la rodean. De acuerdo con esto, no se perderán áreas naturales ni áreas que eventualmente pudiesen constituir un sistema natural relevante.

Un aspecto importante del sitio es que, a pesar de ser una zona inundada ocasionalmente por las lluvias, no se desarrolla ahí vegetación acuática. Al mismo tiempo, los suelos tienen una salinidad muy alta que no permite el desarrollo de vegetación terrestre. Estas limitantes provocan que la porción del predio que será ocupada no participe de los procesos ecológicos del SA, por lo cual no habrá un impacto sobre servicios ambientales en este lugar. Sin embargo, en los taludes de los bordos de contención podrá desarrollarse vegetación, lo cual compensaría en cierta medida la propia eliminación de cubierta vegetal.

V.3.8 Paisaje.

V.3.8.1. Transformación de la calidad visual del paisaje. El impacto sobre el paisaje se relaciona con elementos subjetivos, por lo cual es difícil de calificar con precisión el efecto que tendrán las nuevas obras. Sin embargo, la tendencia en las áreas vecinas al predio ha sido el desarrollo industrial, con las instalaciones de PEMEX y CFE, por lo que el paisaje ya incluye elementos artificiales relacionados con esas industrias, incluyendo los tanques de almacenamiento, la estación de recepción de gas natural para y la chimenea de la termoeléctrica.

Para este proyecto se realizó un análisis de la cuenca visual ubicando puntos de observación a lo largo de la carretera frente al terreno para la zona de tiro (Figura V.6), considerando una elevación de hasta 3.00 m snmm, sin sobrepasar el nivel de la carretera.



Figura V.6. Ubicación de los puntos de observación para el análisis de la cuenca visual.

Con información topográfica de la región (Figura V.7) se realizó un modelo digital de elevaciones (MDE) donde a la superficie del agua se le dio un valor de cero. El modelo digital de elevación produjo un archivo ráster que consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información de la altura sobre el nivel del mar.

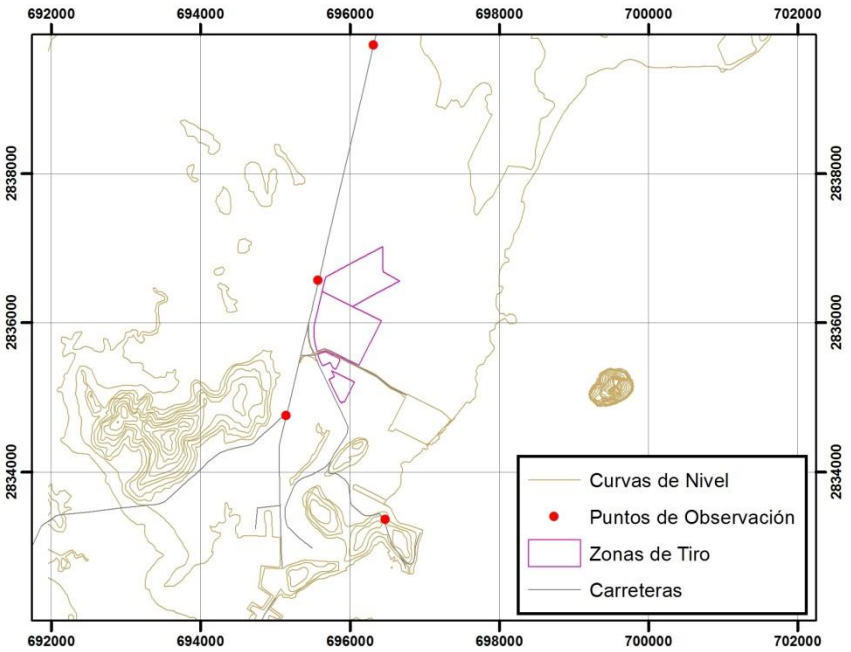


Figura V.7. Mapa topográfico con las curvas de nivel utilizadas para el MDE.

También se utilizó la información de la vegetación en la zona de interés para incorporar sus alturas en otro archivo ráster (Figura V.8).

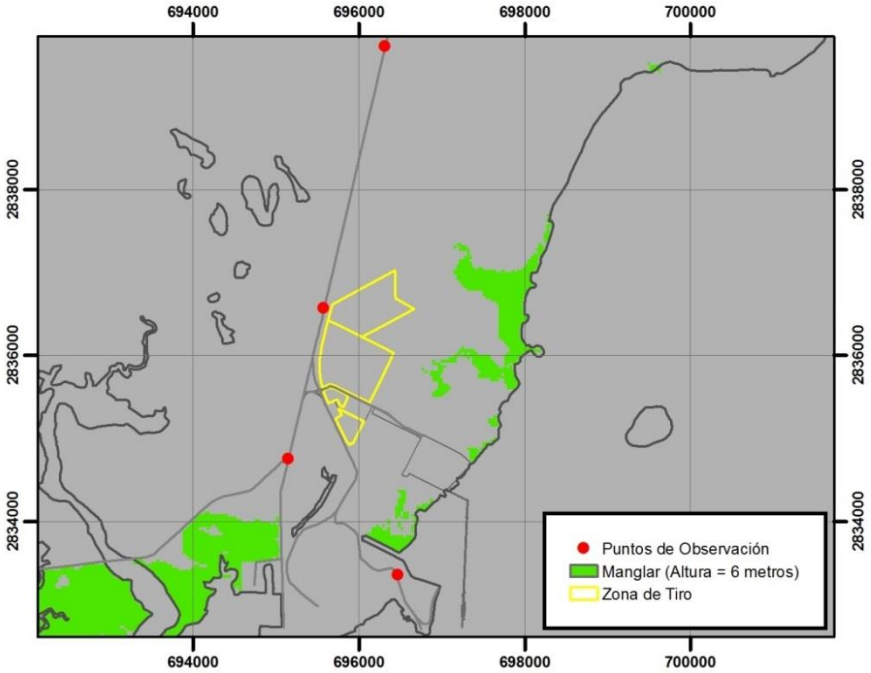


Figura V.8. Coberturas de vegetación utilizadas para el MDE.

Dicho archivo considero únicamente la vegetación arbórea de manglar que se encuentra alrededor de la laguna y que tiene una altura promedio de 6 m. La cobertura de mangle alrededor de la Bahía de Ohuira es baja en comparación con el manglar existente en las

Bahías de Santa María y Topolobampo, pero es el único tipo de vegetación que puede tener un efecto (aunque limitado) en la visibilidad. También hay vegetación arbórea en el terraplén del ferrocarril de los Mochis aunque esta franja es estrecha y con cobertura vegetal heterogénea, por lo que no fue incluida en el modelo. Las demás áreas con cobertura vegetal presentan vegetación xerófila o halófila en los estratos herbáceo o arbustivo que no interfieren con la visibilidad.

Los valores contenidos en los archivos ráster de altura topográfica y de altura de la vegetación se sumaron mediante algebra de mapas para obtener el archivo que se emplea para el análisis de la cuenca visual (Figura V.9).

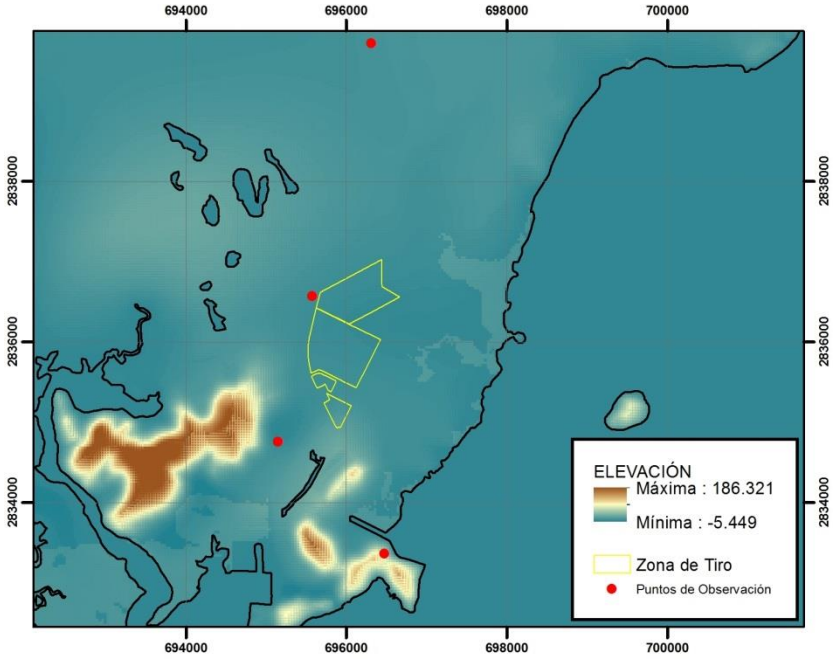


Figura V.9. Modelo Digital de Elevación con altura topográfica y cobertura vegetal.

El análisis de la cuenca visual genero el mapa que se presentan en la Figura V.12 y que representa las áreas que pueden verse desde el punto de observación considerado y, por lo tanto, desde los cuales se puede observar el sitio del proyecto. Una cuenca visual identifica las celdas de un ráster de entrada que pueden visualizarse desde una o más ubicaciones de observación. Cada celda del ráster de salida recibe un valor que indica cuántos puntos de observador pueden verse desde cada ubicación. Para un punto de observación dado, a cada celda que puede visualizar ese punto se le otorga un valor de 1. A todas las celdas que no pueden ver el punto de observación se les otorga un valor de 0.

Para el caso de Rosendo G. Castro la vista desde las casas en realidad no alcanza hasta el sitio del proyecto ya que es interrumpida por las construcciones frente a la carretera y por arboles dispersos (no incluidos en el archivo ráster de vegetación).

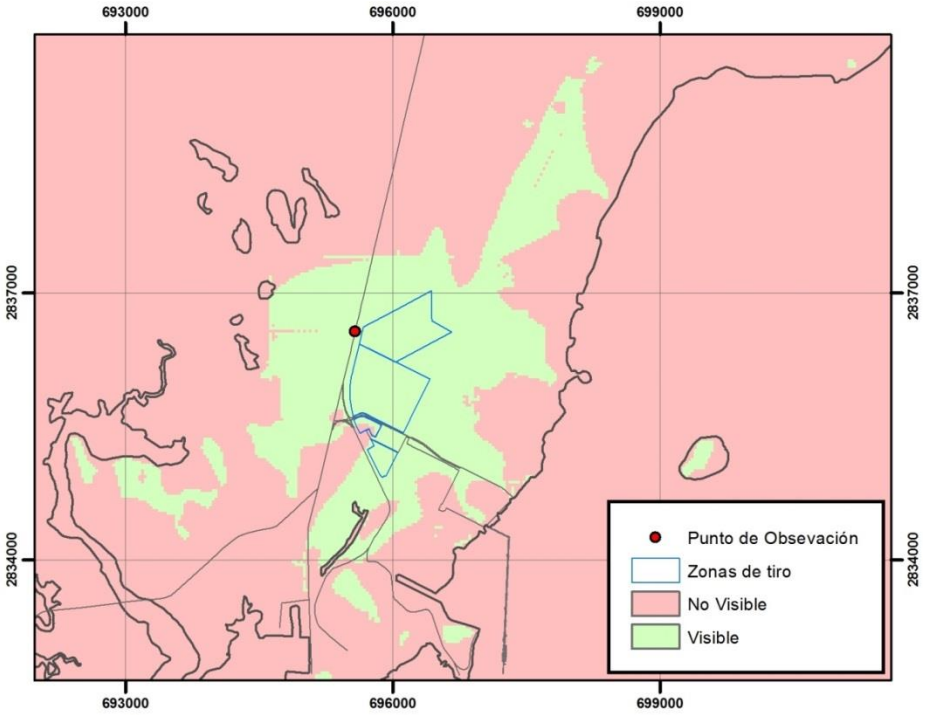


Figura V.10. Cuenca visual con un punto de observación en Rosendo G. Castro.

De acuerdo con lo anterior podemos ver que el sitio del proyecto es visible desde la zona plana que flanquea la carretera hacia el oeste del proyecto y desde Rosendo G. Castro y las zonas altas que rodean la Bahía de Ohuira. Sin embargo, las construcciones y árboles del poblado limitan dicha visibilidad.

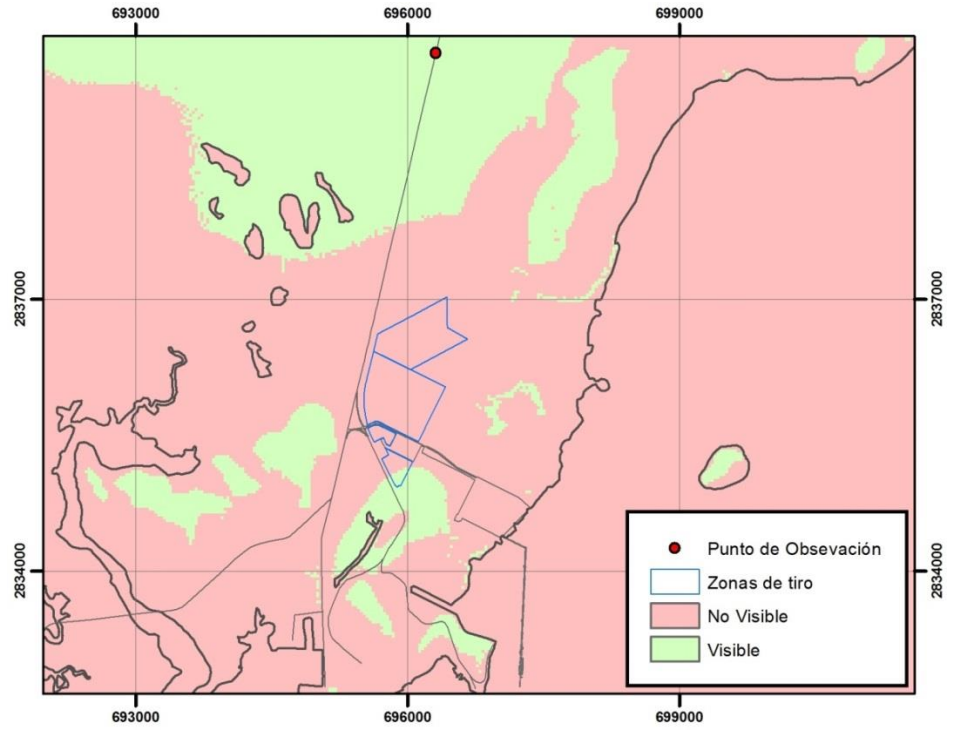


Figura V.11. Cuenca visual con punto en la carretera, en dirección a Los Mochis.

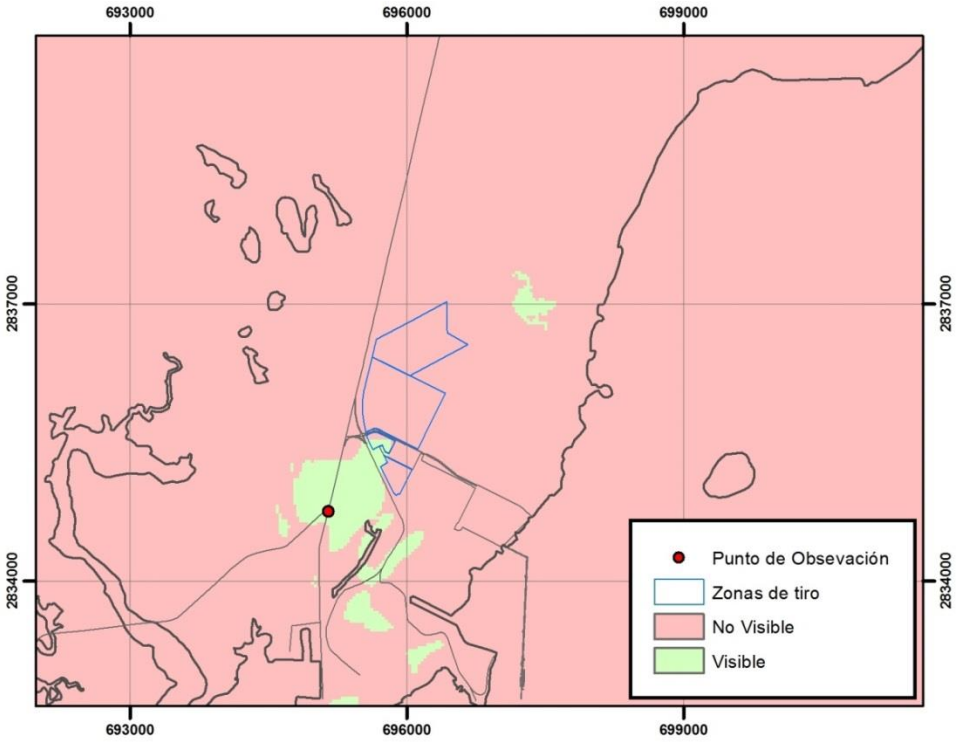


Figura V.12. Cuenca visual con punto en la carretera, en dirección a El Maviri.

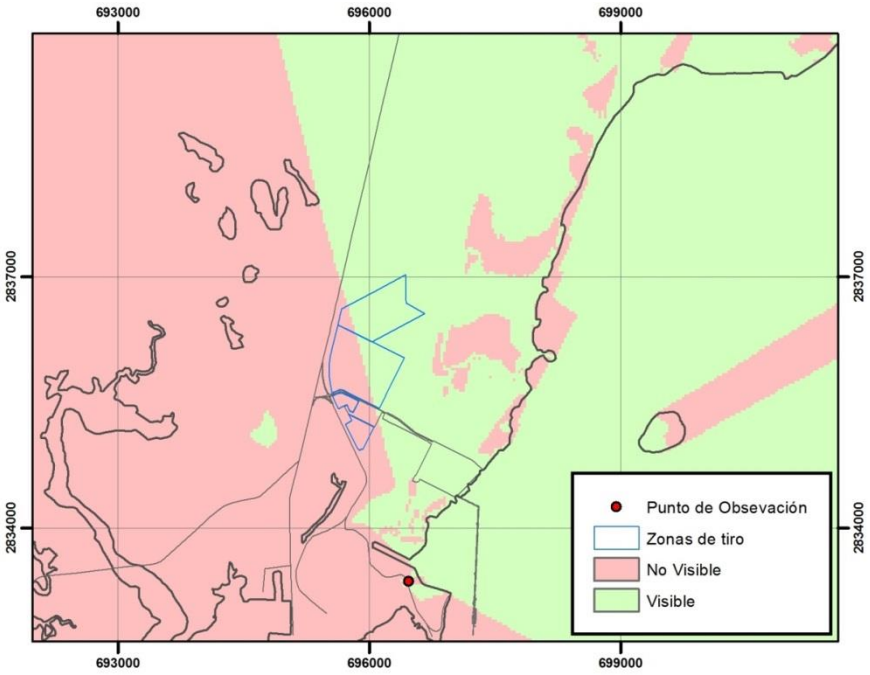


Figura V.13. Cuenca visual con un punto de observación en un área elevada.

De acuerdo con lo anterior se considera que hay dos factores que intervienen para que no exista un impacto visual sobre las comunidades cercanas o a lo largo de la carretera:

1. El hecho de que los depósitos no se elevarán por arriba del nivel de la carretera.
2. La poca visibilidad del sitio desde el mayor número de casas en la localidad inmediata, al sitio y
3. La atenuación del paisaje por la distancia.

El impacto en el paisaje sería visible, aunque probablemente imperceptible desde:

- La carretera Los Mochis-Topolobampo.
- Puntos elevados en las cercanías del lugar.

La zona de tiro estará conformada con un perfil bajo, sin rebasar el nivel de la carretera, por lo que los cambios sólo serán perceptibles desde zonas cercanas y no podrán ser vistas a distancia. En este sentido, la cuenca visual estaría limitada a una zona pequeña.

V.3.9 Medio Socioeconómico.

V.3.9.1. Aumento de la oferta de empleo en Topolobampo. La conformación de las zonas de tiro traerá consigo demanda de mano de obra en la etapa de construcción, que será cubierta preferentemente por la población local, incluyendo personal que tenga experiencia en el sector de la construcción, operando maquinaria pesada.

Tal condición contribuirá a reducir el déficit de empleo y complementar los ingresos económicos de una parte de los residentes de Topolobampo ocupados en el sector de la construcción.

Además, las empresas constructoras cuentan con personal propio que se traslada a los sitios de las obras según sea requerido, lo cual amplia el alcance de los beneficios derivados de la creación de empleos.

Al incrementar la oferta de empleo en las zonas urbanas, se propicia una mejoría en las condiciones de vida de la población económicamente activa, así como el incremento en sus ingresos, por lo que se considera benéfico. La oferta de empleo sólo durará en tanto se conforman las zonas de tiro, por lo que el efecto en el tiempo es temporal. Por su carácter temporal y alcance zonal, aunado a la población beneficiada, el impacto se considera poco significativo y pero benéfico.

V.4 Resumen de los Impactos Ambientales por Etapa.

A través de la descripción realizada en el presente apartado se ha podido constatar que en muchos casos los impactos adversos son de baja magnitud debido a las características propias de las actividades a realizar, es decir no generan contaminantes. A continuación, se describen los impactos ambientales que se presentan en cada etapa del desarrollo del proyecto.

V.4.1 Selección del sitio.

El análisis de alternativas que se realizó en esta etapa tuvo como objetivo encontrar un medio de disposición del material de dragado que no involucrará el vertimiento al mar. Se incluyó también una caracterización de los sedimentos para identificar contaminantes o sustancias tóxicas que pudiesen influir en la forma de disposición, la cual arrojo que los estos están limpios y no representan un riesgo para el medio ambiente.

En este caso la etapa de selección del sitio del proyecto también se incluyó la revisión de la información existente, incluyendo estudios no invasivos, los cuales arrojaron que desde el punto de vista técnico y económico el sitio seleccionado es una de las opciones más adecuadas para el proyecto.

Por otra parte, desde el punto de vista ambiental la construcción de la zona de tiro se ha propuesto sobre una superficie de escasa vegetación halófila, la cual ha reducido su participación en los procesos ecológicos e hidráulicos por la presencia de obras de infraestructura como el terraplén del ferrocarril y las vialidades que la separan del resto de las áreas naturales del municipio.

V.4.2 Preparación del sitio.

Generalmente en esta etapa suelen ocurrir los mayores impactos ambientales adversos sobre la superficie física del proyecto debido a acciones como el desmonte y despalme del terreno. Sin embargo, dadas las características del sitio (cobertura vegetal escasa, en el

estrato herbáceo) los impactos esperados se asocian sólo con el establecimiento de un campamento provisional, el arribo de la maquinaria y el personal de construcción al sitio.

V.4.3 Construcción.

La primera actividad importante del proyecto será la construcción de los bordos de contención para lo cual se colocará material de bancos directamente sobre el suelo natural. El principal impacto será la ocupación de suelos de textura fina a media, con muy alto contenido de sales, el cual será permanente, pero limitado a áreas actualmente desprovistas de vegetación o con vegetación halofita escasa.

Durante la construcción se presentarán pocos impactos ambientales adicionales y ninguno de ellos se considera significativo. En el medio terrestre los impactos son aquellos que normalmente se asocian a las actividades de la construcción, como son la presencia del personal de construcción (con generación de residuos sólidos y aguas residuales de origen sanitario), emisiones a la atmósfera y ruido generado por los equipos de construcción, en su mayoría confinados a los límites del predio.

V.4.4 Operación y Mantenimiento.

El proyecto no tiene una etapa de operación y mantenimiento.

V.4.5 Abandono del Sitio.

El proyecto no tiene una etapa de abandono del sitio.

VI.MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

VI.1 Clasificación de las Medidas de Mitigación.

Las medidas que permitirán cumplir los objetivos del proyecto en el sentido de no contribuir al deterioro del entorno de Topolobampo, se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Prevención.** Aquellas medidas tendientes a evitar un impacto negativo son las preventivas. En el caso de las actividades cotidianas que se realizarán en la construcción de las zonas de tiro, estas se enfocan a evitar impactos adicionales a los que ocurrirán por el depósito del material, así como los generados por el uso de maquinaria pesada, vehículos y la presencia del personal en la construcción y vehículos ligeros. Aquí se incluyen las prácticas adecuadas en el manejo de los residuos sólidos y líquidos.

  El segundo grupo de medidas de prevención, que son las más importantes, se ha integrado al proyecto desde el diseño con el uso de las mejores estrategias disponibles para limitar la dispersión de sedimentos en la laguna, así como para la prevención y el control de derrames accidentales.

- **Mitigación.** Son las medidas que buscan reducir los efectos adversos de los impactos inevitables del proyecto. En este caso las medidas se enfocan principalmente a mitigar el efecto del ruido de los equipos utilizados para el rebombeo de los sedimentos.

- **Remediación.** Son las que, una vez causado el impacto adverso, permiten eliminar sus efectos y restablecer en lo posible las condiciones previas del sitio afectado. Dado que se parte de un sitio prácticamente sin vegetación ni características naturales notables, la aplicación de medidas de remediación es limitada.

- **Rehabilitación.** En el caso de encontrar elementos ambientales dañados o la ocurrencia de impactos, por causas ajenas a la construcción de la zona de tiro, como serían la urbanización previa o la presencia de especies invasoras en un área

natural, se puede considerar la realización de obras de rehabilitación. En este caso no se presentan las condiciones mencionadas.

- **Compensación.** Finalmente, en el caso de no poder encontrar medidas que prevengan, remedien o rehabiliten alguno de los elementos alterados por la conformación de las zonas de tiro de material de dragado, se pueden implementar medidas en elementos diferentes como medidas de compensación. En este caso se consideran medidas de compensación a fin de cumplir con la normatividad aplicable a los individuos del mangle *Avicennia germinans* en el sitio, ya que aunque no serán afectados, no es posible mantener la franja de 100 m de distancia con el mangle de los bordos.

VI.2 Agrupación de los Impactos de Acuerdo con las Medidas de Mitigación Propuestas.

A través de la revisión de impactos realizada en el capítulo anterior ha sido posible determinar que el proyecto para la construcción de las zonas de tiro no provocará impactos ambientales significativos y que los impactos no significativos que ocurrirán son pocos y, en algunos casos, pueden reducirse aún más mediante la aplicación de algunas medidas adicionales a las ya incorporadas en el propio proyecto.

La Tabla VI.1 presenta las medidas de mitigación propuestas. Es importante señalar que, como se mencionó, estas medidas consideran que el proyecto incluye en su diseño numerosas medidas para reducir y controlar sus emisiones a la atmósfera y los riesgos por el manejo de combustibles y lubricantes, con lo cual se busca mantener las condiciones ambientales en la zona de tiro y sus alrededores, ya que esta no está asociada a impactos adversos significativos.

Tabla VI.1. Medidas de control y mitigación ambiental, aplicables al proyecto de depósito de material de dragado.

Impacto	Medida Aplicable	Tipo	Objetivo	Momento de Ejecución	Responsable de su Aplicación
Atmósfera					
V.3.1.1. Reducción de la calidad del aire por emisiones a la atmósfera de la maquinaria de construcción.	Verificación y mantenimiento periódico de los vehículos y maquinaria	P	Reducir la cantidad de emisiones a la atmósfera.	Construcción	Promovente/ Empresa constructora
V.3.1.2. Reducción de la calidad del aire por polvo durante la construcción.	Emplear lonas para cubrir la carga de los camiones que transporten el material de banco.	P	Reducir la cantidad de polvo disponible para resuspensión por el viento.	Construcción	Promovente/ Empresa constructora
	En la época seca, mantener húmedos los materiales pétreos para los de contención y rociar la zona de trabajo según sea necesario.	M		Construcción	Promovente/ empresa constructora
V.3.2.3. Reducción de la calidad del entorno por ruido en la construcción.	Dar mantenimiento adecuado a la maquinaria para evitar rebasar los niveles de ruido permitidos en la normatividad aplicable	P	El nivel de ruido se mantendrá dentro de los límites establecidos en las normas mexicanas	Construcción	Promovente
		P	Dar a los trabajadores condiciones de trabajo adecuadas y evitar la degradación del entorno de la zona de tiro.	Construcción	Promovente
	Colocar barreras alrededor de las estaciones de rebombeo en la zona terrestre cercanas al manglar entre la laguna y la alcantarilla.	M	Reducir la afectación a la fauna que habita en esa vegetación por el incremento del stress o el ahuyentamiento forzado.	Construcción	Promovente/ Empresa constructora
Geología y Edafología.					
V.3.3.1. Pérdida de terrenos inundables por la construcción de las zonas de tiro.	Respetar los límites del diseño del proyecto.	C	No afectar un área mayor a la necesaria, con material del dragado.	Construcción	Promovente
Hidrología					

Tabla VI.1. Medidas de control y mitigación ambiental, aplicables al proyecto de depósito de material de dragado.

Impacto	Medida Aplicable	Tipo	Objetivo	Momento de Ejecución	Responsable de su Aplicación
V.3.4.1. Calidad de agua de drenaje de las zonas de tiro.	Construir la fosa de captación de sólidos	p	Evitar el exceso de partículas en el agua que drene a través de la alcantarilla hacia la laguna.	Construcción	Promovente
Vegetación.					
V.3.5.1. Reducción de la cobertura de vegetación halófila.	Permitir el desarrollo de vegetación nativa en la zona de tiro, donde el material a depositar es similar al existente.	C	Mantener en la zona presencia de flora nativa.	Construcción	Promovente
V.3.5.2. Reducción de la cobertura de vegetación de ruderal en el terraplén del ferrocarril.	Retiro de todas las estructuras y material del campamento provisional al finalizar las obras.	C	Permitir la recuperación natural de la cobertura vegetal.	Construcción	Promovente
Fauna.					
V.3.6.1. Desplazamiento de iguanas (*Ctenosaura macrolopha*) en el terraplén del ferrocarril.	Diseñar y aplicar un programa de captura y reubicación de reptiles de la vegetación ruderal existente donde se instalará el campamento provisional	M	Rescatar a los reptiles que se encuentren en la zona que ocupará temporalmente el proyecto.	Inmediata-mente antes de iniciar los trabajos, progresando al ritmo de las obras.	Promovente/ empresa constructora
Medio Socioeconómico					
V.3.9.2. Aumento en la posibilidad de incidentes viales por el aumento de vehículos en circulación durante la construcción.	Realizar una campaña permanente de seguridad para los conductores, a fin de prevenir accidentes.	P	Evitar daños al personal y las instalaciones de la zona de tiro.	Mientras haya transporte de material de bancos.	Promovente
Tipos de medidas: M = Mitigación; P = Prevención; C = Compensación; R = Rehabilitación; D = Remediación.					

Impacto V.3.5.2. Con relación a las medidas de compensación por la ocupación de áreas a una distancia menor a 100 m de la vegetación de mangle, la empresa se encuentra desarrollando un programa de rehabilitación del sistema lagunar con beneficio para extensas áreas de manglar (Figura VI.1.1).

VI.3 Descripción de la Estrategia o Sistema de Medidas de Mitigación.

VI.3.1 Selección del Sitio.

En la etapa de selección del sitio del proyecto no hay impactos ambientales por mitigar, ya que como se explicó anteriormente sólo se realizaron los estudios pertinentes para el desarrollo del diseño y planos de estructuras. Las únicas medidas que pudieron aplicarse fueron preventivas, al evitar la selección de un sitio inadecuado para el desarrollo. Tales medidas habrían sido como se describe a continuación:

- Se verificó que el proyecto cumpliese con los planes de desarrollo estatales y municipales. En este caso no hay un conflicto, aunque posteriormente la presencia de la zona de tiro deberá tomarse en cuenta en los procesos de desarrollo de nuevos planes y programas de ordenamiento.

- Se verificó que en el sitio elegido no existiesen elementos naturales que requirieran de protección especial o que fuesen irremplazables. Este criterio se cumple ampliamente por la ubicación del sitio en una zona previamente alterada por la construcción de infraestructura hidráulica, rellenos y taludes para el ferrocarril, PEMEX, así como por la ausencia de vegetación en gran parte del terreno con escasa fauna residente en el área a ocupar.

- Se verificó que el proyecto no afecta los criterios de inscripción de la región como sitio Ramsar y que no hubiese áreas de importancia para las aves en las áreas a ocupar por las zonas de tiro. En ese sentido, el proyecto se desarrolla en un lugar donde ya existía actividad industrial antes de que se realizara la inscripción del sitio Ramsar 2025.

VI.3.2 Preparación del sitio.

En esta etapa el sitio se alistará las instalaciones de apoyo para la construcción de la zona de tiro, y será en este momento cuando ocurra el impacto previsible pero reversible por la modificación del terreno. Igualmente, será en este momento cuando se elimine la

vegetación sobre parte del terreno (exceptuando a los arboles), debido a los preparativos para el hacer el acopio de materiales y equipos.

En la parte de los bordos del terraplén del ferrocarril, no será necesario aplicar el programa de rescate de iguanas ya que al no haber obras que afecten esas áreas se puede garantizar que dicha especie no será afectada por el proyecto.

VI.3.3 Construcción.

Durante la construcción se presentarán pocos impactos ambientales y ninguno de ellos se considera significativo. Estos pueden atenuarse a través de las siguientes medidas:

- Los residuos sólidos como material de empaque, restos de alimentos y basura en general, generados por el personal encargado de la construcción del conjunto de obras para conformar las zonas de tiro deberán concentrarse en tambos metálicos de 200 L de capacidad, con la finalidad de ser transportados al sitio que el municipio designe. Deberá contarse con contenedores para separar los diferentes tipos de basura en, por lo menos, orgánicos e inorgánicos.

- Se deberá proveer agua para consumo humano y de uso general, la cual deberá almacenarse en tinacos y suministrarse por medio de garrafones de plástico de 20 L para facilitar su manejo y su control. Se deberá contar con sistemas que permitan que el agua se distribuya entre los trabajadores sin contaminarla. El agua uso general podrá suministrarse y almacenarse en tambos de plástico de 200 L.

- El ruido en la etapa de construcción será producto de la maquinaria empleada y este se considera como un impacto ambiental inevitable en este tipo de actividades. El ruido no afectará áreas pobladas por la distancia existente entre los equipos de rebombeo y los límites del predio. Durante el desarrollo de las obras se deberá medir el nivel de ruido para asegurarse que cumple con la normatividad aplicable y en caso contrario aplicar medidas como el uso de barreras contra el ruido.

- El impacto en el entorno laboral será mitigado proporcionando a los trabajadores del equipo de seguridad adecuado como lo son tapones y orejeras antirruido.

- El ruido de las estaciones de rebombeo cerca de áreas naturales con vegetación de manglar deberá mitigarse mediante el uso de barreras.

- La generación de grasas y aceites durante la construcción es un impacto ambiental adverso que será mitigado evitando su disposición sobre el suelo, almacenándolo en tambos de 200 L, para posteriormente disponer de ellos a través de una empresa especializada en su manejo.

- **Tráfico vehicular.** El tráfico vehicular durante la construcción será provocado por los vehículos de transporte del material para los bordos de contención. Esto implica numerosos camiones que deben cruzar la carretera Los Mochis-Topolobampo desde los bancos de material frente a la zona del proyecto. El recorrido de los camiones es sólo de hasta 1.6 km en la carretera, por lo que los riesgos se reducen de forma importante.

  Para reducir la posibilidad de accidentes será necesario trabajar en coordinación con las autoridades correspondientes para colocar señalización, semáforos y/o personal que auxilie en el control del tráfico.

  Una vez que lleguen a la vialidad de acceso en el predio, y dado que en la zona donde se realizará la construcción no hay otras empresas que generen tráfico de vehículos, no se prevén problemas por congestionamientos de las vías de acceso.

VI.4 Medidas Aplicables No Relacionadas con Impactos Específicos.

A continuación, se presentan una serie de medidas y recomendaciones que se integrarán en manuales de Buenas Prácticas para la empresa responsable de la construcción de las estructuras para la zona de tiro de material de dragado. Estas medidas no están orientadas a impactos específicos y muchas ya forman parte del manejo ambiental del proyecto.

Tabla VI.2. Medidas de Gestión Ambiental no relacionadas con impactos específicos.

Obra / Concepto	Medida Aplicable	Objetivo	Momento De Ejecución
Maquinaria de construcción (Contaminación por hidrocarburos).	Aplicar medidas de seguridad en el manejo de grasas y aceites.	Evitar la contaminación del suelo y agua.	Durante toda la etapa de construcción.
	Prevenir la fuga de combustibles y lubricantes	Evitar la contaminación del suelo y agua.	
Maquinaria de construcción (Almacenamiento de combustible).	No almacenar combustibles en el área.	Limitar los riesgos de derrames accidentales.	Durante la etapa de construcción.
	El transporte de combustible al área de construcción deberá hacerse en carrotanques o en tambos metálicos nuevos de 200 L, en la cantidad necesaria para la maquinaría, sin almacenar más de lo necesario para garantizar la continuidad de las operaciones.	Evitar cualquier derrame accidental.	
Generación de Residuos peligrosos (Mantenimiento de la maquinaria de construcción)	Mantener un control de los residuos peligroso generados durante el mantenimiento y disponer de ellos adecuadamente.	Evitar que este tipo de residuos pueda contaminar el suelo o las aguas pluviales.	Durante el tiempo que dure la construcción.
	Control estricto de envases de aceite y otras sustancias empleadas para el mantenimiento de las estructuras de la zona de tiro.	Evitar el riesgo de contaminación de suelos por este tipo de materiales.	Durante toda la etapa de construcción.

VI.4.1 Maquinaria de construcción (Contaminación por hidrocarburos).

Para prevenir la fuga de combustibles y lubricantes de la maquinaria empleada para la construcción de las zonas de tiro, esta deberá estar siempre en buen estado mecánico, evitando además realizar reparaciones, cambios de aceite o carga de combustible en áreas sin protección contra derrames. El mantenimiento mayor y reparaciones deberán realizarse preferentemente en talleres fuera del área del proyecto.

La mejor opción de manejo para los residuos generados como aceites gastados, envases vacíos y materiales impregnados que se generen durante la obra es enviarlos a un centro de acopio tan pronto como han sido generados. Esto es más práctico que almacenarlos temporalmente en el lugar, ya que la cantidad generada es baja y por estar cerca de una

zona portuaria e industrial, incluyendo a PEMEX, probablemente todos los días podrán enviarse fuera del sitio del proyecto.

Es muy importante señalar que se debe evitar la aplicación de los aceites gastados para el control del polvo durante la construcción de la zona de tiro. Se debe tener presente la importancia de evitar que los aceites contaminen el suelo ya que, por su persistencia, este tipo de sustancias pueden llegar eventualmente a las zonas bajas, a la laguna costera y las aguas subterráneas.

El abastecimiento de combustible a la maquinaria pesada deberá realizarse mediante bombeo, evitando el vaciado directo desde otros bidones o el uso de embudos, a fin de evitar derrames al suelo o escurrimientos superficiales.

Los cambios de aceite de la maquinaria se deben hacer en talleres o en zonas designadas para este fin, cuando se trate de equipos pesados. Para prevenir que haya derrames es necesario colocar los contenedores en que se almacena temporalmente el aceite en bandejas colectoras, que retengan todo el aceite que salpique o escurra.

Si se da algún tipo de mantenimiento de emergencia a la maquinaria, cuando se manejen piezas aceitosas estas se deben colocar en charolas que atrapen el aceite y nunca directamente sobre el suelo. Si es necesario enjuagar algo que esté cubierto de aceite o que haya sido utilizado para contener aceite, se debe hacer en lavaderos especiales los cuales se deberán señalizar de manera apropiada. Si se utilizan solventes, una vez usados no se deben mezclar con el aceite.

Los materiales desechables usados para limpiar partes grasosas son potencialmente peligrosos por estar contaminados con grasas y aceites. Las estopas sucias se deben almacenar en recipientes que no absorban el aceite y que no tengan fugas. Estos recipientes deben estar en las áreas de trabajo y no se deben utilizar para otro tipo de desperdicios. Los trapos y estopas parcialmente usados deben ser almacenados en un lugar separado. En caso de que ocurra un derrame accidental se debe retirar rápidamente el material contaminado y almacenarlo en un tibor vacío hasta que se pueda disponer de él adecuadamente.

Un punto muy importante es mantener separado el aceite de otros residuos. Aun cuando no hay normas que prohíban mezclar otras sustancias con el aceite, el hacerlo así limita las posibilidades de reciclar el aceite usado. Es recomendable reunir todo el aceite en tambos etiquetados claramente con la leyenda: **"únicamente aceite"**.

VI.4.2 Maquinaria de construcción (Almacenamiento de combustible).

En la zona de almacenamiento de combustibles para la maquinaria, así como para otros materiales que puedan generar contaminación al suelo se recomienda que como medidas mínimas de seguridad se realicen las siguientes acciones:

Construir dentro de los límites de la zona de tiro, pero fuera de la zona de trabajo, una plancha de concreto pobre del tamaño adecuado al volumen esperado, con pendiente al centro y un canal colector alrededor de la plancha, con la finalidad de retener cualquier derrame. Este sitio deberá estar lejos de cualquier fuente de ignición, cubierto para protegerlo de los rayos solares y con ventilación para evitar la acumulación de vapores.

El transporte de combustibles al área de construcción deberá hacerse en autotanque o en tambos metálicos nuevos de 200 L sobre un vehículo con una plataforma estables que permita transportarlos de forma vertical y asegurándolos adecuadamente para evitar el posible derramamiento accidental.

Se recomienda que el volumen de almacenamiento de combustibles sea únicamente el necesario para garantizar la continuidad de las actividades, aplicando las precauciones necesarias para reducir los riesgos que implica el manejo de combustibles. En caso de alerta de tormenta se deberán remover todos los combustibles y residuos, para llevarlos a sitios seguros donde no haya riesgo de derrames o dispersión.

VI.4.3 Generación de residuos peligrosos.

Como se señaló en el punto anterior, al dar mantenimiento a los equipos empleados para la carga de material de dragado se generarán algunos residuos considerados peligrosos

por las normas NOM-052-SEMARNAT-2005 y NOM-054-SEMARNAT-1993. Estos residuos incluyen aceites usados para maquinaria y materiales contaminados con lubricantes y combustibles.

Estos residuos deben manejarse con apego a la normatividad vigente, incluyendo la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, así como su reglamento tomando en cuenta una posible inclusión en la categoría de gran generador. Además de los residuos derivados de las actividades de mantenimiento (lubricantes) los residuos pueden incluir envases de lubricantes, solventes, aditivos, estopas o trapos impregnados de estos productos, filtros y aceites gastados de los vehículos de servicio, entre lo más relevante.

Para el manejo de todos estos residuos se deberán emplear los servicios de una empresa autorizada por SEMARNAT para el traslado de los residuos al sitio de disposición definitiva, donde se manejen de acuerdo a los reglamentos aplicables, las normas NOM-003-SCT-2008, la NOM-011-SCT-2-2003 y las demás aplicables.

VI.5 Programa de Salud, Higiene y Medioambiente .

Gas y Petroquímica de Occidente, S.A. de C.V., empresa promovente del proyecto para la construcción la zona de tiro ha desarrollado para su proyecto de terminal portuaria un Programa de Salud, Higiene y Medioambiente a través del cual se dará seguimiento al cumplimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación señalando los procedimientos para hacer, en caso necesario, las correcciones y los ajustes para que dichas medidas cumplan su objetivo. Este programa podría adecuarse para incorporar lo referente a la construcción de la zona de tiro de material de dragado.

En lo referente al medio ambiente, el PSHM deberá ampliarse para incluir el área de influencia de la zona de tiro, específicamente en los siguientes temas:

1 Medio ambiente.
- 1.1 Emisiones al aire y calidad del aire ambiente.
- 1.2 Manejo de materiales peligrosos.
- 1.3 Manejo de residuos.
- 1.4 Ruido.
- 1.5 Conservación de flora y fauna.

A través del programa se llevarán a cabo acciones de seguimiento ambiental de todas aquellas actividades identificadas por su potencial impacto en el medio ambiente, durante los trabajos de construcción. Las actividades de seguimiento ambiental se basarán en lo posible en indicadores directos e indirectos de emisiones, efluentes y uso de recursos aplicables al proyecto concreto.

La frecuencia del seguimiento debería permitir obtener datos representativos sobre los parámetros objeto del seguimiento. Los datos de seguimiento se analizarán y revisarán con regularidad, y se compararán con las normas vigentes para así adoptar las medidas correctivas necesarias.

VI.5.1. Objetivos del Programa.

- Implementar un sistema de trabajo que permita la ejecución del proyecto de forma ágil y regular, asegurándose que, dentro de esta metodología, se incluya el cumplimiento completo de las obligaciones ambientales contenidas en la MIA-P y en el resolutivo correspondiente, y que a su vez, permita detectar y corregir oportunamente los impactos ambientales atribuibles en construcción.

- Vigilar el desarrollo y seguimiento de las medidas de prevención, mitigación y compensación de los impactos ambientales relevantes identificados para las distintas etapas del proyecto consignadas en la MIA-P y la demás información complementaria presentada, así como aportar datos para la toma de decisiones respecto a posibles desviaciones en los resultados de las mismas.

- Registrar y ordenar la información sobre el estado que guarda cada etapa, integrar los datos obtenidos en los reportes necesarios y dar seguimiento oportuno a la gestión inherente.

VI.6 Programa General de Monitoreo.

Durante las etapas de construcción se implementarán los programas de monitoreo y los de protección ambiental que sean requeridos (Tabla VI.3), tomando como base los programas particulares que se describen a continuación.

Cada uno de los programas se desarrollará considerando, sin ser limitativa, la siguiente estructura base:

- Antecedentes.
- Objetivos.
- Principios y lineamientos.
- Descripción de Actividades.
- Resultados.
- Indicadores y evaluación del cumplimiento.

Tabla VI.3. Programas ambientales para aplicar en las distintas etapas del proyecto.

Programa	Etapa de aplicación		
	P	C	O
Programa de monitoreo de ruido.	NA	✓	NA
Programa de reubicación de iguana espinosa (*Ctenosaura macrolopha*).	✓	NA	NA
Programa de manejo de residuos.	✓	✓	NA
P = Preparación del sitio; C = construcción: NA = No Aplica.			

Las actividades que cada una de las áreas señaladas serán los elementos que facilitarán el cumplimiento ambiental y la evaluación del mismo, de tal forma que se disponga de los elementos necesarios para validar la acción de la administración del proyecto.

Cada una de las actividades a realizar estará relacionada con el mecanismo de evaluación por medio de indicadores específicos que se integrarán a los reportes de cumplimiento.

VI.6.1. Programa de reubicación de iguana espinosa (*Ctenosaura macrolopha*).

Antes de instalar el campamento provisional sobre el terraplén del ferrocarril se aplicará el programa para el rescate y reubicación de las iguanas que habitan esas áreas. El objetivo no es retirarlas definitivamente de la zona sino sólo alejarlas temporalmente de las áreas en las que puedan ser dañadas por las actividades. La reubicación puede hacerse hacia zonas cercanas sobre el mismo terraplén del ferrocarril Este programa puede contener lo siguiente:

- Delimitación del área de aplicación del programa.
- Metodología para búsqueda y captura de las iguanas.
- Instrucciones para el manejo de los organismos.
- Selección de materiales y equipos.
- Descripción de instalaciones para alojamiento temporal, si se requieren.
- Evaluación de los posibles sitios de liberación.

VI.6.3. Programa de monitoreo de emisiones de ruido.

VI.6.3.1. Niveles de Presión Sonora. Los niveles presión sonora se medirán en por lo menos cuatro puntos estratégicos durante la construcción de la zona de tiro. La frecuencia y el número de monitoreos podrán revisarse posteriormente.

Estos monitoreos se refieren únicamente al ruido en el medio ambiente. El ruido desde el punto de vista laboral tendrá su propio programa de monitoreo.

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y, EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

VII.1 Construcción de Escenarios.

A partir de la información disponible se han desarrollado los escenarios que se presentan en la Tabla VII.1 considerando el sitio con y sin el proyecto.

Tabla VII.1. Escenarios para el sitio del proyecto con o sin la zona de tiro.

Conceptos.	Escenario sin el Proyecto.	Escenario con el Proyecto.
Emisiones a la atmósfera.	No habrá nuevas emisiones a la atmósfera en la zona del proyecto.	Habrá emisiones a la atmósfera por los equipos utilizados en la etapa de construcción de la zona de tiro.
Generación de ruido.	No habrá nuevas fuentes de ruido en la zona del proyecto.	Durante la etapa de construcción habrá emisiones de ruido en la zona de tiro por los equipos de rebombeo del sedimento, pero dentro de los límites establecidos por la normatividad y sin rebasar los límites del predio del proyecto.
Descarga de aguas residuales.	No habrá nuevas fuentes generadoras de agua residual.	Habrá generación de agua residual de los sanitarios portátiles para el personal que labore en la etapa de construcción, pero estas serán retiradas del sitio por la misma empresa que rente dichos sanitarios.
Vegetación	No habrá alteraciones en la vegetación halófila del sitio.	La vegetación halófila será eliminada al colocar el material de dragado pero la cobertura podrá restablecerse en la nueva superficie una vez que concluyan las actividades.
Hábitats marinos	Una zona marina podría recibir el vertimiento del material de dragado, con presión a los ecosistemas.	No habrá vertimientos en zonas marinas.
Aumento en la oferta de empleo	No habrá oferta de nuevos empleos en el sector industrial.	Habrá oferta de nuevos empleos permanentes en el sector industrial.

Por otra parte, se considera que el escenario considerando el desarrollo del proyecto con y sin la aplicación de las medidas de mitigación no presenta diferencias significativas.

VII.2 Conclusiones.

El proyecto propuesto se desarrollará en un área costera del municipio de Ahome, colindante con la ciudad de Topolobampo. En esta zona es necesario lograr un equilibrio entre la tendencia a establecer áreas de conservación en la región, la presión que ya ejercen las actividades humanas como la agricultura con uso de fertilizantes, así como las actividades industriales y portuarias. Todo esto hace necesario que cualquier actividad adicional que se realice en la zona garantice que no se provocarán daños a los elementos y la función de los ecosistemas existentes en la zona.

Para entender el sitio, se definió un Sistema Ambiental (SA) que abarca los principales núcleos urbanos cercanos, grandes extensiones de terrenos inundables y zonas agrícolas. En este sentido el efecto del SA sobre el proyecto de la zona de tiro es mayor que el que tiene el proyecto sobre el SA, excepto en los aspectos socioeconómicos, lo cuales se verán beneficiados por el proyecto.

Para reforzar el análisis documental, para este estudio se realizaron trabajos en campo puntuales que dan certeza a las conclusiones que se presentan a continuación. Dichos trabajos incluyen la identificación y el análisis de la distribución de la vegetación y la fauna, encontrándose que son escasos en el sitio del proyecto en comparación con el SA.

Cabe señalar que la información disponible señala que el predio es un área previamente modificada y no un sistema natural con alto grado de conservación y que después de las alteraciones el sitio tiende a incorporarse a una dinámica de desarrollo que requiere acciones para compensar los cambios.

Asimismo, a pesar de ser un área que se anega por el efecto de las lluvias y las restricciones al desagüe natural por la presencia de infraestructura vial, el terreno queda seco la mayor parte del año, lo cual evita la expansión y persistencia de la vegetación halófila, limitando también la presencia de fauna.

También se considera que el proyecto no representa una fuente de impactos ambientales significativos ya que desde su diseño ha tomado en cuenta la normatividad nacional y las Guías sobre Medio Ambiente, Salud y Seguridad del IFC, así como las restricciones legales aplicables. Como medida de compensación, la empresa se encuentra desarrollando un programa de rehabilitación que abarca a la Bahía de Ohuira. Las principales conclusiones son las siguientes:

- El sitio del proyecto se encuentra en su mayor parte desprovisto de vegetación y con escasa fauna residente (conejos y liebres), por lo que su productividad natural es muy baja y no hay un intercambio de materia o energía que le otorgue un papel relevante para el ecosistema regional.

- El predio del proyecto forma parte de una gran extensión de terrenos bajos, generalmente planos y con depresiones que cubren gran parte del municipio de Ahome. Sin embargo, el terraplén por donde actualmente corre el ferrocarril y posteriormente la carretera Los Mochis-Topolobampo rompen la continuidad de este sistema dejando al predio aislado de la mayor parte de los terrenos inundables.

- La empresa contempla acciones de rehabilitación que abarcan la calidad del agua y el manejo ambiental de la Bahía de Ohuira y sus alrededores. Esta medida se propone considerando la totalidad del proyecto de PIT y porque no es posible mantener la franja de 100 m entre las zonas de tiro y los individuos de mangle en el terraplén del ferrocarril (especificaciones 4.14 y 4.16). A largo plazo esto puede contribuir a incrementar la calidad ambiental del sitio.

A. Áreas con valor ecológico. En relación con las áreas que, por su valor ecológico, en un marco de referencia local y regional, se considera importante señalar lo siguiente:

- El valor ecológico del predio está limitado por una combinación de alta salinidad de los suelos (que excluye a especies de flora terrestre) y variaciones extremas en su régimen hídrico (con prolongadas sequías que excluyen la vegetación acuática).

  Estos factores determinan que la mayor parte del predio se encuentre desprovista de vegetación y por lo tanto no ofrezca un hábitat adecuado para ninguna especie

terrestre de la región. Además, existen tiraderos a cielo que reducen aún más la calidad ambiental.

B. Áreas protegidas por instrumentos legales. Al analizar las áreas del predio en relación con los instrumentos legales vigentes, se encontró que:

- En la actualidad, no hay ningún decreto de ninguno de los tres niveles de gobierno (municipal, estatal o federal) que pudiese provocar un conflicto con el aprovechamiento de los terrenos con fines de construcción de la zona de tiro.

C. Áreas reguladas por instrumentos de planeación. Respecto a la definición de las áreas del predio que están sujeta a los criterios de desarrollo de algún instrumento de planeación vigente se tiene que:

- En la actualidad, no hay ningún instrumento de planeación vigente de carácter municipal o estatal que regule o limite el desarrollo de la zona. No obstante, el proyecto ha tomado en cuenta las tendencias de desarrollo de la zona, mismas que han sido consideradas en la planeación de la región.

VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.

VIII.1 Formatos de Presentación.

VIII.1.1 Fotografías.

En el cuerpo del documento se incluye la memoria fotográfica del sitio del proyecto.

VIII.1.2 Videos.

En el presente estudio no se incluyen videos.

VIII.1.3 Planos del Proyecto.

En el Anexo E se incluyen los planos del proyecto que se indican en la Tabla VIII.1.

Tabla VIII.1. Índice de planos zona de tiro en Topolobampo.

No	Subcarpeta	Nombre	Clave
Carpeta "/01_general zona de tiro"			
1		Planta general zona de tiro	PETC5-PG-ZT-01
Carpeta "/02_particulares zona de tiro"			
2		Planta zona de tiro zt-01 producto de dragado	PETC5-PP-ZT-01
3		Planta zona de tiro zt-02 producto de dragado	PETC5-PP-ZT-02
4		Planta zona de tiro zt-03 producto de dragado	PETC5-PP-ZT-03
5		Planta zona de tiro zt-04 producto de dragado	PETC5-PP-ZT-04
6		Planta zona de tiro zt-05 producto de dragado	PETC5-PP-ZT-05
7		Planta zona de tiro zt-06 producto de dragado	PETC5-PP-ZT-06
8		Planta zona de tiro zt-07 producto de dragado	PETC5-PP-ZT-07
9		Planta zona de tiro zt-08 producto de dragado	PETC5-PP-ZT-08
Carpeta "/03_secciones material producto de dragado"			
10	PETC5-SECC_ZT-01	Secciones material producto de dragado zt-01	PETC5-SECC_ZT-01_01
11		Secciones material producto de dragado zt-01	PETC5-SECC_ZT-01_02
12		Secciones material producto de dragado zt-01	PETC5-SECC_ZT-01_03
13		Secciones material producto de dragado zt-01	PETC5-SECC_ZT-01_04
14	PETC5-SECC_ZT-02	Secciones material producto de dragado zt-02	PETC5-SECC_ZT-02_01
15		Secciones material producto de dragado zt-02	PETC5-SECC_ZT-02_02
16		Secciones material producto de dragado zt-02	PETC5-SECC_ZT-02_03
17	PETC5-SECC_ZT-03	Secciones material producto de dragado zt-03	PETC5-SECC_ZT-03_01

Tabla VIII.1. Índice de planos zona de tiro en Topolobampo.

No	Subcarpeta	Nombre	Clave
18		Secciones material producto de dragado zt-03	PETC5-SECC_ZT-03_02
19		Secciones material producto de dragado zt-03	PETC5-SECC_ZT-03_03
20		Secciones material producto de dragado zt-03	PETC5-SECC_ZT-03_04
21	PETC5-SECC_ZT-04	Secciones material producto de dragado zt-04	PETC5-SECC_ZT-04_01
22		Secciones material producto de dragado zt-04	PETC5-SECC_ZT-04_02
23		Secciones material producto de dragado zt-04	PETC5-SECC_ZT-04_03
24		Secciones material producto de dragado zt-04	PETC5-SECC_ZT-04_04
25	PETC5-SECC_ZT-05	Secciones material producto de dragado zt-05	PETC5-SECC_ZT-05_01
26		Secciones material producto de dragado zt-05	PETC5-SECC_ZT-05_02
27		Secciones material producto de dragado zt-05	PETC5-SECC_ZT-05_03
28		Secciones material producto de dragado zt-05	PETC5-SECC_ZT-05_04
29	PETC5-SECC_ZT-06	Secciones material producto de dragado zt-06	PETC5-SECC_ZT-06_01
30		Secciones material producto de dragado zt-06	PETC5-SECC_ZT-06_02
31		Secciones material producto de dragado zt-06	PETC5-SECC_ZT-06_03
32		Secciones material producto de dragado zt-06	PETC5-SECC_ZT-06_04
33	PETC5-SECC_ZT-07	Secciones material producto de dragado zt-07	PETC5-SECC_ZT-07_01
34		Secciones material producto de dragado zt-07	PETC5-SECC_ZT-07_02
35		Secciones material producto de dragado zt-07	PETC5-SECC_ZT-07_03
36		Secciones material producto de dragado zt-07	PETC5-SECC_ZT-07_04
37		Secciones material producto de dragado zt-07	PETC5-SECC_ZT-07_05
38		Secciones material producto de dragado zt-07	PETC5-SECC_ZT-07_06
39	PETC5-SECC_ZT-08	Secciones material producto de dragado zt-08	PETC5-SECC_ZT-08_01
40		Secciones material producto de dragado zt-08	PETC5-SECC_ZT-08_02
41		Secciones material producto de dragado zt-08	PETC5-SECC_ZT-08_03
42		Secciones material producto de dragado zt-08	PETC5-SECC_ZT-08_04
43		Secciones material producto de dragado zt-08	PETC5-SECC_ZT-08_05
Carpeta "/04_general bordo perimetral"			
44		Planta general de bordos perimetrales con material de banco	PETC5-PG-BP-ZT-01
Carpeta "/05_secciones bordo perimetral"			
45	PETC5-SCC-BP1-ZT	Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP1-ZT-01
46		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP1-ZT-02
47		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP1-ZT-03
48	PETC5-SCC-BP2-ZT	Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP2-ZT-01
49		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP2-ZT-02
50	PETC5-SCC-BP3-ZT	Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP3-ZT-01
51		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP3-ZT-02
52		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP3-ZT-03

Tabla VIII.1. Índice de planos zona de tiro en Topolobampo.

No	Subcarpeta	Nombre	Clave
53		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP3-ZT-04
54		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP3-ZT-05
55		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP3-ZT-06
56		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP3-ZT-07
57		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP3-ZT-08
58		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP3-ZT-09
59	PETC5-SCC-BP4-ZT	Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP4-ZT-01
60	PETC5-SCC-BP5-ZT	Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP5-ZT-01
61	PETC5-SCC-BP6-ZT	Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP6-ZT-01
62		Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP6-ZT-02
63	PETC5-SCC-BP7-ZT	Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP7-ZT-01
64	PETC5-SCC-BP8-ZT	Secciones de construcción bordos perimetrales con material de banco	PETC5-SCC-BP8-ZT-01

VIII.2 Otros Anexos.

Junto con el presente documento se incluyen los anexos descritos en el texto, los cuales consisten de lo siguiente:

Anexo A. Acta Constitutiva de la empresa.
Anexo B. Resumen ejecutivo de dragado y zonas de tiro.
Anexo C. Oficio APITOP-DG-034-/2017.
Anexo D. CALSA – Disponibilidad de Terrenos.
Anexo E. Planos del Proyecto.
Anexo F. Resultado de los análisis de sedimentos.
Anexo G. Listado de aves potenciales y observadas.

VIII.3 Glosario.

A continuación se definen los términos técnicos que se utilizan en la Manifestación de Impacto Ambiental para el depósito del material del dragado en la Bahía de Ohuira, municipio de Ahome, Sinaloa. Los asteriscos señalan las definiciones que provienen de la legislación mexicana.

- **Administrador portuario:** Persona jurídica constituida o domiciliada en el país que administra un puerto o terminal portuario. El administrador portuario puede ser público o privado.

- **Área de operaciones acuática:** Espacio acuático comprendido entre los muelles de terminales con facilidades de atraque directo y los rompeolas artificiales, o entre dichos muelles y la línea fijada mediante balizas u otros puntos de señalización, o el espacio necesario para el amarre y desamarre a boyas.

- **Área de desarrollo portuario:** Espacios terrestres, marítimos, lacustres y fluviales calificados por la autoridad portuaria aptos para ser usados en la construcción, ampliación de puertos o terminales portuarios, o que por orden de razón logístico, comercial, urbanístico o de otra naturaleza se destinan como tales.

- **Áreas de atraque y permanencia de las naves:** En la franja marítima de 500 metros que circundan una instalación portuaria a mar abierto, de penetración o de dársena.

- **Atraque:** Operación de conducir la nave desde el fondeadero oficial del puerto y atracarla al muelle o amarradero designado.

- **Azolve:** deposiciones en el fondo o lecho de los ríos, lagos, canales, mares, etc.

- **Basura.** Residuos domésticos, de comida y operacionales (excluyendo pescado fresco y sus partes, drenaje y aguas residuales) generadas durante las operaciones normales y que pueden producirse de manera continua.

- **Batimetría.** Medida de la profundidad en los cuerpos de agua y estudio topográfico de su piso.

- **Calado.** Distancia vertical medida entre el nivel del agua y el borde inferior de la quilla. Generalmente el calado en la popa es mayor que en la proa. El calado de popa es el que se define como calado de la embarcación.

- **Canal de entrada y salida de naves:** espacio marítimo natural o artificial utilizado como tránsito de las naves para permitirles acceder a las instalaciones portuarias o retirarse de ellas.

- **Concesión portuaria:** Acto administrativo por el cual el estado otorga a personas jurídicas nacionales o extranjeras, el derecho a explotar determinada infraestructura portuaria o ejecutar obras de infraestructura portuaria para la prestación de servicios públicos. Supone la transferencia de algún tipo de infraestructura portuaria de titularidad estatal para su explotación por parte de la entidad prestadora a fin que la misma sea objeto de mejoras o ampliaciones.

- **Chalan, Barcaza o panga:** Casco sin superestructura ni propulsión propia, generalmente de forma rectangular que se usa como medio de transporte o para apoyar la carga o descarga de embarcaciones mayores.

- **Daño a los ecosistemas:** Es el resultado de uno o más impactos ambientales sobre uno o varios elementos ambientales o procesos del ecosistema que desencadenan un desequilibrio ecológico. *

- **Daño ambiental:** Es el que ocurre sobre algún elemento ambiental a consecuencia de un impacto ambiental adverso. *

- **Daño grave al ecosistema:** Es aquel que propicia la pérdida de uno o varios elementos ambientales, que afecta la estructura o función, o que modifica las tendencias evolutivas o sucesionales del ecosistema. *

- **Dársena:** Área más resguardada de un puerto, protegida contra la acción del oleaje para abrigo o refugio de las naves y con la extensión y profundidad adecuadas para que

las embarcaciones realicen las maniobras de atraque, desatraque y ciaboga con seguridad.

- **Dársena de ciaboga:** Área marítima dentro del puerto donde los buques las maniobras de giro y revire con el fin de enfilarse hacia las distintas zonas del puerto.

- **Dársena de maniobras:** Áreas dentro del puerto destinadas a las maniobras de preparación del buque para el acercamiento o despegue del muelle, normalmente con ayuda de remolcadores.

- **Desequilibrio ecológico grave:** Alteración significativa de las condiciones ambientales en las que se prevén impactos acumulativos, sinérgicos y residuales que ocasionarían la destrucción, el aislamiento o la fragmentación de los ecosistemas.

- **Desmonte.** Remoción de la vegetación existente en las áreas destinadas a la instalación de la obra.

- **Draga:** Embarcación dotada de medios para limpiar y dar profundidad adecuada a puertos, canales, dársenas, ríos, etc.

- **Dragado:** Operación que consiste en excavar bajo el agua para limpiar el fondo de los puertos, canales, ríos, lagos, etc.

- **Dragado de construcción:** Acción de desarrollar proyectos nuevos de vías de comunicación marítima, canales, atracaderos y dársenas mediante maquinaria y equipo especialmente diseñados.

- **Dragado de mantenimiento:** Acción para restituir o mantener las dimensiones de proyecto de canales, atracaderos y dársenas.

- **Duración.** El tiempo de duración del impacto; por ejemplo, permanente o temporal.

- **Embarcadero:** Instalación en la costa marítima o riveras fluviales o lacustres sin infraestructura de defensa o abrigo, destinada al atraque y atención de embarcaciones menores.

- **Eslora:** Se refiere a la eslora total de la nave tal como figura en el certificado de matrícula.

- **Espigón:** Macizo saliente o dique que avanza en el mar o en un rio para protección de un puerto.

- **Estructura portuaria:** Obras de infraestructura y superestructura construidas en puertos para atender a las naves.

- **Fondeo:** Operación de conducir la nave al fondeadero oficial del puerto.

- **Impacto ambiental acumulativo.** El efecto en el ambiente que resulta del incremento de los impactos de acciones particulares ocasionado por la interacción con otros que se efectuaron en el pasado o que están ocurriendo en el presente. *

- **Impacto ambiental residual.** El impacto que persiste después de la aplicación de medidas de mitigación. *

- **Impacto ambiental significativo o relevante:** Aquel que resulta de la acción del hombre o de la naturaleza, que provoca alteraciones en los ecosistemas y sus recursos naturales o en la salud, obstaculizando la existencia y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos, así como la continuidad de los procesos naturales. *

- **Impacto ambiental sinérgico.** Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varias acciones supone una incidencia ambiental mayor que la suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente. *

- **Impacto ambiental.** Modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

- **Infraestructura de acceso acuático:** Constituida por canales, zonas de aproximación, obras de defensa (rompeolas, espigones, esclusas) y señalización (faros, boyas) que se encuentren en el área de operaciones acuática.

- **Infraestructura de área portuaria:** Constituida por muelles, diques, dársenas, áreas de almacenamiento en tránsito, boyas de amarre y otras vías de comunicación interna (pistas, veredas).

- **Infraestructura portuaria:** Obras civiles e instalaciones mecánicas, eléctricas y electrónicas, fijas y flotantes construidas o ubicadas en los puertos, para facilitar el transporte y el intercambio modal.

- **Instalaciones portuarias:** Obras de infraestructura y superestructura construidas en un puerto o fuera de él, destinadas a la atención de naves, prestación de servicios portuarios o construcción y reparación de naves.

- **Irreversible**. Aquel cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar por medios naturales a la situación existente antes de que se ejecutara la acción que produce el impacto.

- **Magnitud.** Extensión del impacto con respecto al área de influencia a través del tiempo, expresada en términos cuantitativos.

- **Manga:** Es la anchura máxima de la embarcación y se expresa en metros. En diseño se utiliza el término manga moldeada (manga en flotación dentro de forros). En canales y esclusas, se utiliza la manga extrema (fuera de miembros y defensas del casco). Manga en cubierta, etc.

- **Maniobra:** Conjunto de evoluciones realizadas por una embarcación.

- **Marea:** Es el movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar, producido por las fuerzas de atracción gravitacional que ejercen la luna y el sol combinadas con la fuerza centrifugar el efecto causado por la rotación de la tierra.

- **Medidas de mitigación.** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas. *

- **Medidas de prevención:** Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para evitar efectos previsibles de deterioro del ambiente. *

- **Milla náutica:** Unidad de distancia para la navegación en una esfera equivalente a un minuto de arco de grado de meridiano, igual a 1,852.30 metros o 6,080 pies.

- **Muelle:** Infraestructura portuaria en la orilla de un río, lago o mar especialmente dispuesta para cargar y descargar las naves y para la circulación de vehículos.

- **Muelle privado:** Es aquel que se proporciona para el uso exclusivo de un usuario con el propósito de facilitar el cargue y descargue de naves.

- **Nave:** Toda construcción naval destinada a navegar, cualquiera que sea su clase incluida sus partes integrantes y partes accesorias, tales como aparejos, repuestos, pertrechos, maquinarias, instrumentos y accesorios que sin formar parte de la estructura de la nave se emplea en su servicio tanto en la mar como en el puerto.

- **Naturaleza del impacto.** Se refiere al efecto benéfico o adverso de la acción sobre el ambiente.

- **N.B.M.:** Nivel de Bajamar Media.

- **N.B.M.I.:** Nivel de Bajamar Media Inferior.

- **Obra de dragado:** Trabajos de construcción o mantenimiento, motivo de un proceso de adjudicación de un contrato y sujetos al proyecto.

- **Puerto:** Localidad geográfica y unidad económica de una localidad donde se ubican los terminales, infraestructuras e instalaciones terrestres y acuáticos, naturales o artificiales, acondicionados para el desarrollo de actividades portuarias.

- **Puerto de cabotaje:** Es aquel que se utiliza para operaciones comerciales entre puerto nacionales.

- **Puerto fluvial:** Lugar situado sobre la ribera de una vía fluvial navegable, adecuado y acondicionado para las actividades portuarias.

- **Puerto lacustre:** Lugar situado sobre la ribera de un lago navegable, adecuado y acondicionado para las actividades portuarias.

- **Puerto marítimo:** Conjunto de espacios terrestres, aguas marítimas e instalaciones que, situado en la ribera del mar, reúnan condiciones físicas, naturales o artificiales y de organización que permitan la realización de operaciones de tráfico portuario y sea utilizado para el desarrollo de estas actividades por la administración competente.

- **Recinto portuario:** Espacio comprendido entre las obras de abrigo o línea externa de demarcación del área operativa acuática, y el límite perimetral terrestre del área en que se ubican las instalaciones portuarias.

- **Remolcador:** Embarcación especialmente diseñada con el tirón necesario para remolcar o empujar a otras embarcaciones, plataformas, chalanes o dar salvamento. Puede ser de puerto o de altamar.

- **Remolque:** Servicio portuario que se proporciona con remolcadores para auxiliar a las embarcaciones en las maniobras de fondeo, entrada, salida, atraque, desatraque y enmienda, dentro de los límites del puerto.

- **Reversibilidad.** Ocurre cuando la alteración causada por impactos generados por la realización de obras o actividades sobre el medio natural puede ser asimilada por el entorno debido al funcionamiento de procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

- **SCT:** Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

- **Servicios portuarios:** Los que se prestan en las zonas portuarios para atender a las naves, a la carga, embarque y desembarque de personas.

- **SEMARNAT:** Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- **SEMAR:** Secretaria de Marina.

- **SFP:** Secretaria de la Función Pública.

- **Sistema ambiental**. Es la interacción entre el ecosistema (componentes abióticos y bióticos) y el subsistema socioeconómico (incluidos los aspectos culturales) de la región donde se pretende establecer el proyecto.

- **Terminal portuario:** Unidades operativas de un puerto habilitadas para proporcionar intercambio modal y servicios portuarios; incluye la infraestructura, las áreas de depósito transitorio y las vías internas de transporte.

- **Terminal portuario de uso privado:** Establecido por una persona jurídica para satisfacer sus propias necesidades a las de las empresas del grupo económico al que pertenece.

- **Terminal portuario de uso público:** Es aquel que presta servicios directamente o a través de terceros a cualquier cliente o usuario que lo solicite en las condiciones de operación ofertadas.

- **Zona de tiro**: Zona o lugar elegido en tierra o mar y definido en el proyecto para verter el material producto del dragado.

- **Zona marítima, fluvial o lacustre:** Área del territorio nacional correspondiente al espejo de agua que comprende las aguas jurisdiccionales, marítima, fluvial o lacustre excluyendo las zonas portuarias.

- **Zona portuaria:** Área del territorio nacional que comprende los límites físicos de las áreas de terreno asignadas a los puertos, incluyendo las áreas delimitadas por los perímetros físicos en tierra, los rompeolas, defensa de canales de acceso y las estaciones de prácticos.

- **Zona federal:** Es la constituida por la franja de 10 metros contigua al cauce de las corrientes, o al vaso de los depósitos de propiedad nacional. Dicha zona se reduce a 5 metros en los cauces cuya anchura sea de 5 metros o menos.

- **Zona franca**: Área o zona del recinto portuario fuera de la jurisdicción de la Aduana que está bajo control de la Administración Portuaria.

- **Zona libre:** La que suele establecerse en algunos puertos o lugares de la costa, cuyos límites están determinados por razones administrativas, económicas o políticas y en donde existe dispensa de derechos arancelarios.

- **Zona marítimo terrestre:** Está constituida por la franja de 20 metros de ancho de tierra firme, que no cubra la marea, contigua a las playas de mar o a las riberas de los ríos desde su desembocadura en el mar hasta donde llega el mayor reflujo anual, río arriba.

VIII.4 Bibliografía.

Baev, P., & Penev, L. (1995). BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. *Version 5.1.* Sofia-Moscow.

Balart, E., Castro, A., J.L., & R. Torres, O. (1992). Ictiofauna de las bahías de Ohuira, Topolobampo, y Santa María, Sinaloa, México. *Invest. Mar. CICIMAR, 2*(7), 91-103.

Canchola, C. (2009). *Construcción de un canal navegable en el estero La Pinta, Puerto Peñasco Sonora.* México: IPN-ESIA.

CAPSA. (2016). *Visita al sitio de la obra.* CAPSA. Topolobampo, Sinaloa: CAPSA.

Colwell, R. &. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosopical Transactions of Royal Society of London Series B, 345*, 101-118.

Colwell, R. (1997). *EstimateS: statistical estimation of species richness and share species from samples. .* Connecticut, USA: Departament of Ecology and Evolutionary Biology University of Connecticut.

Doyle, J. D., Tunnicliff, B., Kuehl, R., & Brickler, S. K. (1992). Instability of fecal coliform populations in waters and bottom sediments at recreational beaches in Arizona. *Water Research, 26*(7), 979-988.

Frías V., A., & Moreno C., G. (1986). *Ingeniería de Costas.* México, D.F.: AMIP.

Gutiérrez-Barreras, A. (1999). *Ictiofauna de fondos blandos de la Bahía de Topolobampo, Sinaloa, México. Tesis de Maestría.* México: IPN-CICIMAR.

Halffter G., C. M. (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En J. S. G. Halffter, *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma.* (págs. 5-18). Zaragoza: Monografías Tercer Milenio. Sociedad entomológica Aragonesa.

IMPLAN AHOME. (2014). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano: Ahome.* Ahome, Sinaloa.: Instituto Municipal de Planeación de Ahome.

Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement.* New Yersey: Princeton University Press.

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos basicos de muestreo y análisis de ecología vegetal.* Santa Cruz, Bolivia: El Pais.

Munn, C. (2004). *Marine Microbiology: ecology and applications.* New York: BIOS Scientific Publisher.

Muñoz-Pedreros, A., Moncada, J., & Larraín, A. (2000). Variabilidad de la percepción del recurso paisaje en el sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural, 73*, 729-738.

Osuna-Flores, I. (2004). Plaguicidas organofosforados en camarones, sedimento y agua superficial de la Bahía de Ohuira, Topolobampo, Sinaloa, México. *Afinidad, 61*(513), 387-392.

Peet, R. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics, 5*, 285-307.

Rzedowski, J. (2006. 1ra Edición Digital). *Vegetación de México.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la.

SEMAR. (2018). EMAS 76320 Topolobampo, Sinaloa. Obtenido de http://smn.cna.gob.mx/emas/catalogo/OBISPO.html

SMN. (Enero de 2016). *SMN Estaciones*. Obtenido de http://smn.cna.gob.mx/emas/

Vanderborght, J., & Billen, G. (1975). Vertical distribution of nitrate concentration in interstitial wáter of marine sediments with nitrification and denitrification. *Limnology and Oceanography, 20*(6), 953-961.