

**MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**MODALIDAD PARTICULAR**  
**SECTOR PESQUERO. SUBSECTOR ACUÍCOLA**  
**CONSULTA PUBLICA**

**ARRECIFES REEF BALL EN LA PAZ,**  
**BCS, MÉXICO**

**PROYECTO DE CREACIÓN DE 3 ARRECIFES ARTIFICIALES**  
**CON ESTRUCTURAS DE CONCRETO REEF BALL**



PROMOVENTE



**AMBIOS ECOLOGIA Y ASESORIA AMBIENTALES S.A. DE C.V.**  
**RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

a Paz, Baja California Sur, México  
Diciembre de 2018

**MANIFESTACION DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**MODALIDAD PARTICULAR**  
**SECTOR PESQUERO. SUBSECTOR ACUÍCOLA**  
**CONSULTA PUBLICA**

**ARRECIFES REEF BALL EN LA PAZ,**  
**BCS, MÉXICO**

**PROYECTO DE CREACIÓN DE 3 ARRECIFES ARTIFICIALES**  
**CON ESTRUCTURAS DE CONCRETO REEF BALL**



PROMOVENTE



**AMBIOS ECOLOGIA Y ASESORIA AMBIENTALES S.A. DE C.V.**  
**RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

La Paz, B.C.S., Diciembre de 2018

CONSULTA PÚBLICA



CONSULTA PÚBLICA



## CONTENIDO

I	DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	1
I.1	DATOS GENERALES DEL PROYECTO .....	1
I.1.1	Nombre del proyecto.....	1
I.1.2	Datos del sector y tipo de proyecto.....	1
I.1.3	Ubicación del proyecto.....	1
I.1.4	Dimensiones del proyecto.....	1
I.1.5	Duración del proyecto.....	2
I.2	DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE .....	3
I.2.1	Nombre o razón social .....	3
I.2.2	Registro federal de contribuyentes .....	3
I.2.3	Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones .....	3
I.2.4	Teléfono .....	3
I.2.5	Correo electrónico.....	3
I.3	DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	3
I.3.1	Nombre o razón social .....	3
I.3.2	Registro federal de contribuyentes .....	3
I.3.3	Datos del responsable técnico .....	3
I.3.4	Dirección del responsable del estudio .....	3
I.3.5	Teléfono del responsable del estudio .....	3
I.3.6	Correo electrónico del responsable del estudio.....	4
II	DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	4
II.1	INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO .....	4
II.1.1	Tipificación del proyecto.....	5
II.1.2	Naturaleza del proyecto .....	5
II.1.3	Justificación y objetivos .....	5
II.1.4	Inversión requerida .....	6
II.1.5	Duración del proyecto.....	6
II.1.6	Políticas de crecimiento a futuro .....	6



II.2	CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO .....	7
II.2.1	Tecnología de cultivo.....	7
II.2.2	Descripción de obras y actividades principales del proyecto.....	7
II.2.3	Descripción de obras y actividades provisionales y asociadas .....	10
II.2.4	Ubicación y dimensiones del proyecto .....	10
II.3	DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES A REALIZAR EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO .....	16
II.3.1	Programa general de trabajo .....	16
II.3.2	Selección del sitio .....	16
II.3.3	Construcción, transporte, inmersión y diseño del arrecife.....	18
II.3.4	Abandono del sitio .....	20
III	VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO.	20
III.1	INFORMACIÓN SECTORIAL.....	20
III.2	ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS JURÍDICO NORMATIVOS .....	22
III.2.1	Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 .....	22
III.2.2	Plan Estatal de Desarrollo 2015-2021.....	23
III.2.3	Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018 .....	25
III.2.4	Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (POEMGC).....	26
III.2.5	Programa de Ordenamiento Ecológico del municipio de La Paz .....	27
III.2.6	Reglamento de protección al medio ambiente .....	29
III.2.7	Programa Estatal de Ordenamiento Territorial Baja California Sur, 2015..	29
III.2.8	Modelo de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California .....	31
III.2.9	Regulación en materia de Áreas Naturales Protegidas (ANP's) .....	32
III.3	ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS.....	32
III.3.1	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.....	32
III.3.2	Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.....	34
III.3.3	Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur (Decreto No. 829).....	34



III.3.4	Reglamento de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur.....	35
III.3.5	Ley de Turismo para el Estado de Baja California Sur (publicada en el boletín oficial el 20 de diciembre de 2010) .....	35
III.3.6	Ley de Pesca (Publicado en el D.O.F. de fecha 25 de junio de 1992) .....	35
III.3.7	Ley de Pesca y Acuicultura Sustentables del Estado de Baja California Sur (Decreto 1854).....	36
III.3.8	Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas.....	36
IV	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO. ....	37
IV.1	Delimitación del área de estudio.....	37
IV.2	Caracterización y análisis del sistema ambiental .....	43
IV.2.1	Aspectos abióticos .....	43
IV.2.2	Aspectos bióticos .....	71
IV.2.3	Medio socioeconómico.....	113
IV.2.4	Diagnóstico ambiental .....	120
V	IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	121
V.1	METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	121
V.1.1	Indicadores de impacto.....	121
V.1.2	Lista indicativa de indicadores de impacto .....	121
V.1.3	Criterios y metodologías de evaluación .....	123
VI	MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES .....	133
VI.1	DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL .....	133
VI.1.1	VI.1.1. Medidas de prevención y mitigación.....	133
VI.2	IMPACTOS RESIDUALES .....	138
VII	PRONOSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	138
VII.1	PRONÓSTICO DEL ESCENARIO .....	138



VII.2	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	140
VII.3	CONCLUSIONES .....	140
VIII	IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.....	141
VIII.1	FORMATOS DE PRESENTACIÓN.....	141
VIII.1.1	Flora .....	141
VIII.1.2	Fauna .....	141
IX	BIBLIOGRAFÍA. ....	141

CONSULTA PÚBLICA



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las estructuras que se utilizarán en la creación de los arrecifes artificiales en La Paz, BCS.....	9
Tabla 2. Cronograma general de trabajo, considerando el tiempo a partir de la aprobación del presente documento. ....	16
Tabla 3. Descripción de material utilizado para elaboración de estructuras Reef Ball.....	18
Tabla 4. Localización geográfica de los sitios (polígonos) de estudio (UTM).....	43
Tabla 5. Registro histórico de los ciclones registrados en B.C.S., en el periodo de 1973-2017. ....	47
Tabla 6. Tsunamis recientes observados o registrados en México (Fuente: CENAPRED 2018).....	53
Tabla 7. Suelos predominantes en el Estado de Baja California Sur.....	55
Tabla 8. Estadística de oleaje reportada para la Bahía de La Paz.....	68
Tabla 9. Especies bentónicas (moluscos y equinodermos) observados en Las Pilitas. Modificado de Aguillón-Negreros (2011). El símbolo * indica especie incluida bajo la categoría de protección especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT 2010 .....	101
Tabla 10. Revisión de especies registradas en Las Pilitas (PIL) y zona adyacente Canal San Lorenzo (CSL). ....	103
Tabla 11. Coordenadas de los sitios de muestreo en la playa Las Pilitas. ....	103
Tabla 12. Macrofitas presentes en la playa Las Pilitas. ....	106
Tabla 13. Índices ecológicos de la comunidad íctica. ....	107
Tabla 14. Índices ecológicos de la comunidad de invertebrados marinos. ....	108
Tabla 15. Macroalgas en el sitio C - La Sorpresa.....	111
Tabla 16. Invertebrados en el sitio C - La Sorpresa. El símbolo (*) indica Protección especial en NOM-059-SEMARNAT-2010. ....	111
Tabla 17. Resultados del Censo de Población y Vivienda 2015 para B.C.S. ....	113
Tabla 18. Evaluación de impactos en etapa de construcción del proyecto. ....	131
Tabla 19. Evaluación de impactos en etapa de operación del proyecto. ....	132
Tabla 20. Evaluación del proyecto.....	133
Tabla 21. Medidas de prevención y mitigación para la etapa de construcción. ....	134
Tabla 22. Medidas de prevención y mitigación para la etapa de operación. ....	136



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de las tres áreas propuestas. ....	1
Figura 2. Fabricación de Reef Ball A) Colado. B) Curado. C) Estructura seca. D) Movilización manual comprobando la resistencia al manejo. ....	7
Figura 3. Transporte de las estructuras. A) Terrestre por medio de camiones de carga especializados. B) Marino, utilizando una plancha modificada que es remolcada por una lancha con motor fuera de borda. ....	8
Figura 4. Instalación de arrecifes Reef Ball en el fondo marino. ....	8
Figura 5. Tres diferentes modelos de las estructuras Reef Ball. ....	10
Figura 6. Ubicación de los polígonos ubicados en la zona federal marítima en La Paz, Baja California Sur. ....	11
Figura 7. Desarrollo Puerta Cortés. ....	14
Figura 8. Playa Las Pilitas. ....	15
Figura 9. Playa La Sorpresa. ....	15
Figura 10. Proceso general de construcción de un Reef Ball usando moldes y globos de polyform. ....	19
Figura 11. Método de transporte de las estructuras Reef Ball utilizando globos Polyform. ....	19
Figura 12. Colocación de estructuras utilizando la técnica de descenso controlado. ....	20
Figura 13. Plataforma modificada y equipada con polipasto o malacate para el traslado de estructuras de mayor peso a la zona de inmersión. ....	20
Figura 14. Unidad de Gestión Ambiental Costera 1. Fuente: POEMGC, 2006. ....	27
Figura 15. Zonas con aptitud para la pesca. ....	28
Figura 16. Baja California Sur, se observan los municipios que conforman la entidad, el proyecto se localiza en el municipio de La Paz. ....	38
Figura 17. Sitios Seleccionados para el proyecto A) Puerta Cortés, B) Playa Las Pilitas y C) Playa La Sorpresa. Fuente: IMPLAN La Paz. ....	39
Figura 18. Municipio de La Paz B.C.S. ....	40
Figura 19. Polígono propuesto para el punto A) Puerta Cortés, localizado frente al club de playa Puerta Cortés. ....	41
Figura 20. Polígono del punto B) Playa Las Pilitas. ....	41
Figura 21. Polígono del punto C) Playa la Sorpresa. ....	42
Figura 22. Clima y régimen de lluvias. ....	44



Figura 23. Precipitación total anual en el estado de Baja California Sur (Fuente: INEGI 2017).....	46
Figura 24. Fisiografía del estado de Baja California Sur (Fuente: INEGI2017, Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica Escala 1:1 000 000, serie I.) .....	49
Figura 25. Litología de Baja California Sur. Modificada de INEGI (2017). En la figura B se indican los puntos de estudio (A-C).....	50
Figura 26. Regionalización Sísmica de la República Mexicana. Sísmicidad muy baja (A), baja (B), mediana (C) y alta (D). Fuente: CFE, 1993. La flecha indica la zona de influencia del proyecto. ....	51
Figura 27. Sismos en Baja California Sur en 2017. Fuente: CICESE, 2018.....	51
Figura 28. Sismos en el municipio de La Paz Baja California Sur en 2017. Fuente: CICESE, 2018.....	52
Figura 29. Escenario sismo-tectónico de la costa del Pacífico de mexicano y su potencial para generación y recepción de tsunamis.....	53
Figura 30. Escenario sismo-tectónico de la Ensenada de La Paz y su potencial para recepción de efectos (inundación) por tsunamis. Fuente CENEPRED 2018.....	55
Figura 31. Grupo de suelos el municipio de La Paz y del área de influencia del proyecto. (Club de Playa Puerta Cortés) y B (Las Pilitas), (Playa la Sorpresa). ....	57
Figura 32. Regiones hidrológicas, Baja California Sur.....	59
Figura 33. Temperatura observada en el punto C (Playa la Sorpresa) en el año 2010 y 2012. con la letra (F) a los meses que corresponden a la época fría Tomado de Sanchez-Caballero (2014). ....	60
Figura 34. Distribución anual de Clorofila a. Tomado de Guevara-Guillén (2018) .....	62
Figura 35. Corriente superficial de Bahía de La Paz, B. C. S. ....	64
Figura 36. Patrón de vientos. Fuente: windfinder.com. ....	65
Figura 37. Batimetría de la Bahía de La Paz. Fuente: Del Monte, 2005. ....	66
Figura 38. A. Playa La Sorpresa su exposición al oleaje proveniente de las direcciones de las principales zonas de generación. ....	69
Figura 39. Provincias biogeográficas de México (Conabio 1997). Tomado de Espinosa y Ocegueda et al. 2008.....	72
Figura 40. Uso de suelo y vegetación del municipio de La Paz. ....	73
Figura 41. Composición taxonómica de la ictiofauna que caracteriza al ecosistema de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tomado de González-Acosta et al. (2018). .	82



Figura 42. Familias, géneros y especies representativas del orden Perciformes en la bahía de la Paz, Baja California Sur, México. Tomado de González-Acosta et al. (2018).....	83
Figura 43. Mapa de localización del sitio A) Club de Playa Puerta Cortés.....	89
Figura 44. Sitio de muestreo en el punto A (Club de Playa Puerta Cortés).....	89
Figura 45. Localización geográfica de la Playa Las Pilitas. ....	93
Figura 46. Distribución de las características del sedimento en la Bahía de La Paz, B.C.S. (Modificado de Cruz-Orozco et al., 1996).....	94
Figura 47. Cuerpos de agua en la Bahía de La Paz, B. C. S.(modificado de Murillo-Jiménez, 1987).....	95
Figura 48. Perfil batimétrico del Canal de San Lorenzo, en la Bahía de La Paz, B.C.S.) México. Tomado de Silva-Dávila (1997). ....	96
Figura 49. Biomasa zooplanctonica y temperatura superficial en Bahía de La Paz. ....	99
Figura 50. Distribución espacial de la biomasa zooplanctonica en El Canal San Lorenzo-Las Pilitas B.C.S. (Tomado de Silva-Dávila 1993).....	100
Figura 51. Puntos de muestreo playa Las Pilitas.....	103
Figura 52. Profundidad en los sitios de muestreo en la playa Las Pilitas. ....	105
Figura 53. Sustrato presente en los sitios de muestreo de la playa Las Pilitas. ....	106
Figura 54. Abundancia y riqueza de peces en los sitios de muestreo en la playa Las Pilitas. ....	107
Figura 55. Playa La Sorpresa.....	109
Figura 56. Playa La Sorpresa.....	110
Figura 57. Estructura poblacional del municipio de La Paz por sexo y edad. Fuente: INEGI, 2016.....	114
Figura 58. Sector de actividad económica en B.C.S. Fuente: INEGI, 2010. ....	115
Figura 59. Porcentaje de impactos mitigables y no mitigables. ....	130

# 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

“Arrecifes Reef Ball En La Paz, BCS, México: Proyecto de creación de 3 arrecifes artificiales con estructuras de concreto Reef Ball”

### I.1.2 Datos del sector y tipo de proyecto

Sector Pesquero; Subsector acuícola (aunque no se pretende el cultivo de especie alguna)

### I.1.3 Ubicación del proyecto

Se realizará en la zona marina-costera de jurisdicción federal de la Paz, Baja California Sur (Figura 1).

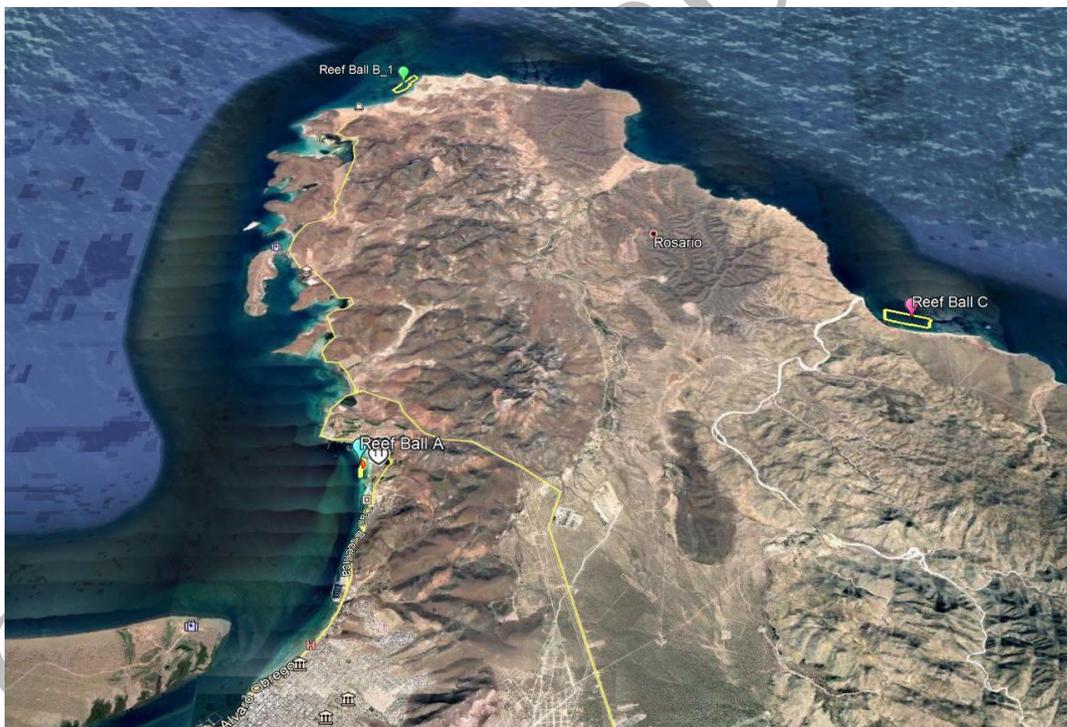


Figura 1. Ubicación de las tres áreas propuestas.

### I.1.4 Dimensiones del proyecto

El proyecto tiene contemplado realizar tres Arrecifes artificiales los cuales estarán conformados por 1500 estructuras de concreto Reef Ball, de las cuales se colocarán 300 en el primero punto denominado “Arrecife Puerta Cortés”; 600 en el segundo punto “Arrecife Las Pilitas”; 600 en el tercer punto “Arrecife La Sorpresa”

Se utilizarán tres tamaños de estructura Reef Ball:

Modelo	Base (m)	Altura(m)	Peso(Kg)	Área(m <sup>2</sup> )
Pallet Ball	1.20	0.90	700	1.13
Bay Ball	0.90	0.60	350	0.64
Mini Bay	0.76	0.50	120	0.45



Pallet Ball



Bay Ball



Mini Bay

Las cantidades de estructuras por modelo en cada uno de los tres arrecifes son:

	Arrecife Puerta Cortés	Arrecife Las Pilitas	Arrecife La Sorpresa	Totales por modelo
Pallet Ball	60	160	160	380
Bay Ball	120	220	220	560
<b>Mini Bay</b>	<b><u>120</u></b>	<b><u>220</u></b>	<b><u>220</u></b>	<b><u>560</u></b>
Total por Arrecife	300	600	600	<b><u>1500</u></b>

### *1.1.5 Duración del proyecto*

En total la duración del proyecto será de 20 años. Los primeros 10 años serán destinados a la etapa de fabricación de las estructuras y colocación en el mar, las cuales se realizarán gradualmente dependiendo de los recursos y los donantes que participen en el proyecto. En los siguientes 10 años se realizará la etapa de operación y monitoreo, durante esta etapa se genera una gran cantidad de información técnica y científica. Después de este lapso de tiempo se espera que las estructuras estén cubiertas de algas, esponjas y corales y totalmente integradas en el ecosistema.

## I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE

### *I.2.1 Nombre o razón social*

### *I.2.2 Registro federal de contribuyentes*

### *I.2.3 Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones*

AMBIOS, La Paz BCS

### *I.2.4 Teléfono*

### *I.2.5 Correo electrónico*

## I.3 DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

### *I.3.1 Nombre o razón social*

Ambios Ecología y Asesoría Ambientales S.A. de C.V.

### *I.3.2 Registro federal de contribuyentes*

### *I.3.3 Datos del responsable técnico*

### *I.3.4 Dirección del responsable del estudio*

### *I.3.5 Teléfono del responsable del estudio*

## **II DESCRIPCION DEL PROYECTO**

### **II.1 INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO**

El presente proyecto consiste en la colocación de estructuras de concreto Reef Ball con fines ecológicos, dichas estructuras se colocarán en tres puntos específicos, este tipo de estructuras para formar arrecifes artificiales se han colocado en más de 59 países incluyendo otras zonas en México con lo cual se ha contribuido a la conservación marítima ambiental.

Los arrecifes artificiales de Reef Ball se caracterizan por ser arrecifes de segunda generación, construidos con el fin principal de proporcionar sustrato nuevo a las larvas que se encuentran libres en la columna de agua.

Los Reef Ball son construidos con concreto, al cual se les incorpora un componente de microsíllica para lograr que el pH del concreto sea de 7 facilitando la fijación de las larvas de los organismos recuperando una parte de la población que por lo general se pierde.

Los Reef Ball han sido empleados con diferentes propósitos:

1. Restauración del medio marino por efectos de impactos directos del hombre sobre el medio marino.
2. Fortalecimiento de pesquerías marinas mediante la creación de zonas restringidas para la reproducción de especies marinas de importancia comercial.
3. Ayuda en el control de la erosión marina
4. Con fines de ecoturismo para la diversificación de actividades productivas costeras.

El presente proyecto, pretende aumentar en general la biomasa epibiótica (así como la correspondiente fauna móvil) de estas zonas contribuyendo a las pesquerías ribereñas, de la zona, al turismo ecológico y científico y en menor medida a la pesquería deportiva.

Adicionalmente y en caso de que exista el interés por parte de inversionistas se puede realizar en al menos uno de los sitios seleccionados el servicio de Eternal Reefs, el cual ofrece la posibilidad de que las cenizas de seres queridos puedan descansar en un arrecife totalmente natural. Para ello los restos previamente cremados son mezclados en el concreto para crear una perla. Una vez realizado esto, se añade una nueva capa de hormigón en la parte superior del arrecife. Luego, la familia puede personalizar esta parte superior del arrecife con mensajes, huellas de manos e inclusive añadir recuerdos que no sean perjudiciales para el medio ambiente.

Este servicio, dependiendo del modelo elegido, permite colocar en un mismo arrecife los restos de entre dos y cuatro personas. Un día antes a la fecha prevista para la despedida, los amigos y familiares del difunto pueden ir a visitar y tomar fotografías de los arrecifes antes de que sean colocados en el océano y posteriormente pueden practicar buceo recreativo para visitar el arrecife específico.

### *II.1.1 Tipificación del proyecto*

El presente proyecto pertenece al sector pesquero, subsector acuícola, pero no pretende el cultivo de ninguna especie sino crear sitios atractivos para especies pelágicas y bentónicas.

Pretende la construcción de 3 zonas de arrecifes artificiales aptos para ser colonizados por micro y macro algas, esponjas y corales que proporcionarán lugares de alimentación, protección, reproducción, refugio y crianza de juveniles para especies pelágicas.

### *II.1.2 Naturaleza del proyecto*

El proyecto consiste en la construcción, operación y mantenimiento de 3 zonas de Arrecifes Artificiales mediante la colocación de 1500 estructuras Reef Ball, para conformar zonas aptas para ser colonizadas por diferentes especies y ser un hábitat para todas las especies marinas que vivan asociadas al fondo marino, desarrollándose con el tiempo un área de refugio, alimentación y procreación de reclutas.

El proyecto propuesto tiene también como fin proveer sustratos para el desarrollo de arrecifes coralinos de la zona y de esta manera contribuir a la recuperación ecológica de la misma.

De igual manera, tiene como objetivo adicional ofrecer una alternativa de desarrollo económico para la localidad a través de la creación de fuentes alternativas de empleos para la gente, tanto en su etapa de fabricación, así como en el aprovechamiento por parte de la comunidad y de las organizaciones afines con actividades ecoturísticas.

### *II.1.3 Justificación y objetivos*

Los arrecifes de coral cumplen con una importante función en los ecosistemas marinos, ya que al crecer y desarrollarse crean hábitat que funciona como un lugar de encuentro, apareamiento, reproducción, refugio y crianza de juveniles de más de la mitad de las especies marinas.

Desafortunadamente los fenómenos naturales, como son los huracanes, y las actividades humanas, como la sobreexplotación del recurso, el uso de artes de pesca prohibidas y la contaminación del medio ambiente, han deteriorado a más del 30 % de los bancos de coral naturales en todo el mundo, los cuales no alcanzan a sobreponerse a la velocidad en que se afectan.

Sumado a lo anterior, el aumento de la población en las costas y el incremento del esfuerzo pesquero traen como consecuencia la disminución de estos recursos agravando la situación. Por ello, toma significativa relevancia promover actividades socioeconómicas alternas, ambientalmente sustentables, tanto para el desarrollo y conservación del medio ambiente, como para su debido aprovechamiento, y los arrecifes no son la excepción.

A través de las acciones que proponemos en este proyecto, contribuiremos a la promoción de una mejor cultura ambiental en las comunidades, dotándoles de información, capacitación y tecnología, invitando a toda la sociedad para que contribuya en las distintas fases del proyecto.

En muchas partes del mundo se han instalado arrecifes de concreto con diferentes objetivos, como el de regenerar la fauna y flora marina y con ello alentar la productividad pesquera de ciertas zonas, o bien, con la intención de luchar contra la erosión que se produce en las playas que son muy abiertas. Ya que los arrecifes artificiales permiten el refugio de especies, la reproducción marina, pero también que se detone la actividad turística (González, 2009), por lo cual el presente proyecto está encaminado a generar un beneficio ambiental en la zona y una alternativa económica.

El proyecto tiene los siguientes objetivos:

1. Crear ecosistemas submarinos en donde las especies acuáticas de la zona, se refugien, aparezcan y reproduzcan, contribuyendo así al incremento de la biomasa.
2. Así mismo, con las unidades Reef Ball incrementar las áreas de sustratos en la zona para propiciar la fijación y crecimiento de organismos que enriquezcan el hábitat submarino, contribuyendo al gran esfuerzo internacional para promover la propagación de corales.
3. Apoyar al desarrollo de las actividades pesqueras y turísticas, ya que mediante el enriquecimiento de los ecosistemas submarinos de la zona se promueven opciones alternas de actividades económicas sustentables ambientalmente, como son las que se llevan a cabo en el sector ecoturístico, mediante la pesca y buceo deportivo y la colocación de arrecifes conmemorativos.

El logro de estos objetivos solamente se podrá con la autorización, apoyo y entusiasmo de los diferentes niveles de gobierno, con la participación de la comunidad en general y la contribución académica y científica.

#### *II.1.4 Inversión requerida*

El proyecto tendrá un costo aproximado de \$3'000,000.00 MN, que serán utilizados para la construcción e instalación de los arrecifes artificiales. El costo total del proyecto será financiado por donaciones y aportaciones de particulares, empresas e instituciones ambientalistas.

#### *II.1.5 Duración del proyecto*

En total la duración del proyecto será de 20 años. Los primeros 10 años serán destinados a la etapa de fabricación de las estructuras y colocación en el mar, las cuales se realizarán gradualmente dependiendo de los recursos y los donantes que participen en el proyecto. En los siguientes 10 años se realizará la etapa de operación y monitoreo, durante esta etapa se genera una gran cantidad de información técnica y científica. Después de este lapso de tiempo se espera que las estructuras estén cubiertas de algas, esponjas y corales y totalmente integradas en el ecosistema.

#### *II.1.6 Políticas de crecimiento a futuro*

Dependiendo de la participación de la comunidad y de los resultados que se tengan se puede considerar en el futuro una ampliación del proyecto, previa autorización de las autoridades.

Dicho crecimiento, aún no está planificado y se maneja como una opción en caso de ser oportuno y necesario.

## II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO

### II.2.1 Tecnología de cultivo.

NO APLICA. No se pretende cultivar organismos de ningún tipo. La finalidad del proyecto es crear sitios que permitan la aglomeración de especies incrementando la biodiversidad del sitio.

#### II.2.1.1 Información de las especies a cultivar

NO APLICA.

#### II.2.1.2 Información biotecnológica

NO APLICA.

### II.2.2 Descripción de obras y actividades principales del proyecto

El proyecto consistirá de 3 etapas: 1) Fabricación, 2) Transporte terrestre y marítimo, y 3) colocación de las estructuras en el fondo marino.

Para la fabricación se instalará una línea de producción en un predio dentro de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, o donde el contratista considere pertinente. Ahí se realizará el mezclado de concreto, colado de estructuras Reef Ball y curado de las mismas (Figura 2).



Figura 2. Fabricación de Reef Ball A) Colado. B) Curado. C) Estructura seca. D) Movilización manual comprobando la resistencia al manejo.

El transporte terrestre se realizará mediante camiones de empresas dedicada a proveer este servicio en la ciudad de La Paz (Figura 3). Se cargarán las estructuras de manera manual o con maquinaria (bobcat) dependiendo del peso de las mismas, serán trasladadas al sitio de embarque para su transporte marítimo. Por último, las estructuras serán trasladadas de tierra firme al sitio de inmersión por medio de embarcaciones o barcaza preparadas para ese fin (Figura 3) para tener un descenso controlado de cada una de las estructuras.



Figura 3. Transporte de las estructuras. A) Terrestre por medio de camiones de carga especializados. B) Marino, utilizando una plancha modificada que es remolcada por una lancha con motor fuera de borda.

El hundimiento controlado y colocación con precisión en el fondo del mar se realiza por buzos certificados con la ayuda de boyas de flotación. Figura 4.



Figura 4. Instalación de arrecifes Reef Ball en el fondo marino.

#### II.2.2.1 Antecedentes de Reef Ball

La organización Reef Ball Development Group ha participado en más de 5,000 proyectos exitosos en 60 países del mundo que a la fecha suman más de medio millón de elementos Reef Ball colocados y bajo monitoreo constante. Esta organización brinda asesoría y asistencia directa durante la fabricación de los elementos, apoya en los trabajos de colocación y participa activamente en el monitoreo de los proyectos. Se han instalado exitosamente elementos de diseño de Reef Ball en países como Australia, Estados Unidos, Filipinas, Malasia, República Dominicana, Curazao, Mar Báltico, Suiza, España, México, Turk y Caicos, Maldivas, entre otros. En México destaca el uso en los parques marinos de Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc y en la Isla de Cozumel,

administrados por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), como herramienta de rehabilitación de arrecifes de coral y recuperación de la diversidad marina de sitios impactados por fenómenos naturales y sociales.

El representante de REEF BALL en México, Javier Del Jesús Dájer Miguel y Promovente de este proyecto ha participado exitosamente en proyectos de arrecifes artificiales Reef Ball realizados en los estados de Veracruz, Colima, Campeche, Quintana Roo y Yucatán.

#### II.2.2.2 Características de las estructuras

Las estructuras Reef Ball son esferas huecas de concreto producidas para eventualmente ser transportadas y colocadas en el fondo marino con el propósito de aumentar el hábitat para peces, corales, fauna (quetognatos, anélidos, platelmintos, entre otros) y algas. Son fabricadas con concreto, amigable al ambiente, que puede durar cerca de 500 años. Su diseño imita un arrecife natural y facilita la colonización por diversas especies marinas. Los Reef Ball son económicos de instalar y han demostrado ser estables en tormentas tropicales y huracanes, por lo cual no se requiere de estructuras de anclaje para su colocación en el fondo marino.

Las principales características de las estructuras son:

- Estructuras circulares huecas.
- Forma de domo.
- Con numerosos orificios de diferentes diámetros en su pared que ponen en comunicación su espacio interno con el exterior.

Reef Ball especifica un control estricto de la calidad del concreto para la fabricación de sus elementos, cuyas características químicas y mecánicas se mejoran mediante la adición de aditivos probados y compatibles con el ambiente marino. En primer lugar, se agrega microsílica al concreto para que al ser colocado en el mar tenga el mismo pH del agua de mar. Luego, se agregan otros dos aditivos para incrementar la fuerza del concreto y para que se le formen burbujas en la superficie de los elementos para darle una textura rugosa con fin de facilitar el reclutamiento de vida marina en la superficie de los elementos.

También se controla la resistencia mecánica de los elementos, para asegurar su integridad al paso de los años, además de ser una necesidad para evitar pérdidas durante el desmolde y manejo de los Reef Ball minimizando el número de elementos que se rompen durante la fabricación y manejo. Los elementos Reef Ball no llevan acero de refuerzo, sino que su resistencia se logra con los aditivos especiales que además le agregan resistencia a la abrasión. La resistencia especificada para el concreto de los Reef Ball es de 150 kg/cm<sup>2</sup> para levantar los elementos de la base durante el colado y de hasta 250 kg/cm<sup>2</sup> para su instalación, lo cual asegura la longevidad de los elementos. Las estructuras que se propone sumergir en la zona de La Paz serán de tres diferentes tamaños (Tabla 1; Figura 5)

Tabla 1. Características de las estructuras que se utilizarán en la creación de los arrecifes artificiales en La Paz, BCS.

CANTIDAD	NOMBRE	BASE	ALTURA	PESO (KG/ESTRUCTURA)*
560	Mini bay	0.76 cm	0.50 cm	120 kg
560	Bay ball	0.90 cm	0.60 cm	350 kg



Pallet Ball



Bay Ball



Mini Bay

Figura 5. Tres diferentes modelos de las estructuras Reef Ball.

### *II.2.3 Descripción de obras y actividades provisionales y asociadas*

No se planea realizar actividades provisionales o asociadas al proyecto.

### *II.2.4 Ubicación y dimensiones del proyecto*

#### II.2.4.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se realizará dentro de tres polígonos ubicados en la zona marina-costera de jurisdicción federal de la Paz, Baja California Sur (Figura 6) con una distancia de entre 50-200 de la orilla de la playa y con profundidades desde 3 hasta 10 metros.



Figura 6. Ubicación de los polígonos ubicados en la zona federal marítima en La Paz, Baja California Sur.

Arrecife 1: “Arrecife Costa Baja”



Arrecife 2: "Arrecife Las Pilitas"



Arrecife 3: "Arrecife La Sorpresa"



Arrecife 1: “Arrecife Costa Baja” 34,938 m<sup>2</sup>

Arrecife 2: “Arrecife Las Pilitas” 236,146 m<sup>2</sup>

Arrecife 3: “Arrecife La Sorpresa” 413,100 m<sup>2</sup>

Superficie total para el proyecto: 684,184 m<sup>2</sup>

#### II.2.4.2 Dimensiones del proyecto

Se crearán tres arrecifes cada uno en un sitio puntual, es decir, que no se expandirá más allá de los límites expuestos en este documento.

Primer Arrecife: El Arrecife Puerta Cortés se construirá en un polígono irregular con un área de 34,938 m<sup>2</sup>

Las trescientas unidades Reef Ball propuestas para este arrecife se colocarán formando una línea de tres filas paralelas a la costa a una profundidad de 3 a 4 metros formando un sendero de esnorqueleo.

La construcción se llevará a cabo en profundidades no menores a 3 metros fuera del canal de navegación de la bahía para no entorpecer la navegación de las embarcaciones que transiten la zona, además que contará con un sistema de boyado.

Dicho sistema de boyas cumplirá con la función de señalar el sitio, además de servir como sitio de amarre evitando el uso de anclas o estructuras de fijación que dañen el arrecife artificial.

Segundo Arrecife: El arrecife Las Pilitas se construirá en un polígono irregular con un área de 236,146 m<sup>2</sup>.

En este arrecife se utilizarán seiscientas estructuras Reef Ball, de acuerdo al diseño que se describe a continuación:

Las primeras trescientas se colocarán en línea paralela a la costa formando un sendero de esnorqueo como se instaló en el primer arrecife.

Las restantes trescientas estructuras Reef Ball se colocarán formando 10 grupos de a 30 unidades cada uno a una profundidad de 6 a 10 metros.

Tercer Arrecife: El arrecife La Sorpresa se construirá en un polígono irregular con un área de 413,100 m<sup>2</sup>.

En este arrecife al igual que en el segundo se utilizarán seiscientas estructuras Reef Ball, de acuerdo al diseño que se describe a continuación:

Las primeras trescientas se colocarán en línea paralela a la costa formando un sendero de esnorqueo como se instaló en el primer arrecife.

Las restantes trescientas estructuras Reef Ball se colocarán formando 10 grupos de a 30 unidades cada uno a una profundidad de 6 a 10 metros.

#### II.2.4.3 Vías de acceso al área donde se desarrollará la obra o actividad

El transporte se realizará en camiones medianos por las vialidades de La Paz hacia los sitios más cercanos de embarque a la ubicación de cada uno de los arrecifes, en donde serán dispuestas las estructuras en embarcaciones adecuadas o en una plataforma flotante remolcada por una lancha con motor fuera de borda hasta el sitio de inmersión.

Los tres sitios seleccionados cuentan con accesos adecuados, el sitio Puerta Cortés es el que además de contar con accesos pavimentados en todo su trayecto, cuenta además con infraestructura urbana, en esta zona existe una marina turística, hoteles, campo de golf, zona residencial y un club de playa, frente al cual se pretende realizar el proyecto (Figura 7).



Figura 7. Desarrollo Puerta Cortés.

Para acceder al sitio dos Las Pilitas se toma la carretera La Paz el Tecolote, antes de llegar a la Playa el Tecolote se continua por un camino que conduce al fraccionamiento los

azabaches, de ahí se continua rumbo a la playa por medio de un camino de terracería (Figura 8).



Figura 8. Playa Las Pilitas.

Al tercer punto del proyecto conocido como playa La Sorpresa se accede tomando el libramiento a Pichilingüe y después se toma la desviación en el entronque que conduce a La Cruces, cuando termina el tramo pavimentado se toma una desviación de terracería con rumbo a la Playa (Figura 9).



Figura 9. Playa La Sorpresa

#### II.2.4.4 Descripción de los servicios requeridos

El área de inmersión se localiza totalmente en el mar y el límite de las facilidades urbanas se encuentra en La Paz, la construcción de las estructuras Reef Ball se realizará en la ciudad

de La Paz, Baja California Sur ya sea un taller o espacio adecuado para ello, no se requiere de infraestructura específica para este tipo de obras.

Para la construcción de los Reef Ball se utilizarán los siguientes servicios:

- Agua potable. - se utilizará en el lugar donde se instale el sitio de construcción y puede ser tomada del servicio público o por abastecimientos de camiones cisternas, según sean las necesidades.
- Electricidad. - proveído por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), o en su defecto con plantas de luz portátil
- Servicios sanitarios. - Se instalarán letrinas portátiles que recibirán servicio de limpieza y desinfección oportunamente, sin embargo, en caso de que la construcción se realice en un lugar que cuente con baños estos serán utilizados para atender las necesidades de los trabajadores.
- Alimentos. - Proporcionados en un restaurante cercano al sitio de construcción.

**II.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y ACTIVIDADES A REALIZAR EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DEL PROYECTO**

*II.3.1 Programa general de trabajo*

El proceso de construcción de las estructuras se realizará en un predio ubicado en la ciudad de La Paz, durante un periodo de 10 años, tiempo en el cual también se trasportarán a los sitios de embarque cercanos a la ubicación de cada arrecife.

Se considera empezar la colocación al segundo mes después de iniciada la etapa de construcción, con un tiempo de colocación de los arrecifes a lo largo de 10 años (Tabla 2). Se recomienda realizar monitoreos posteriores a la conclusión de la obra en periodos trimestrales por dos años. Para fines prácticos, se entregará a la SEMARNAT un informe anual de las actividades de monitoreo realizadas durante ese periodo de tiempo.

Tabla 2. Cronograma general de trabajo, considerando el tiempo a partir de la aprobación del presente documento.

ACTIVIDAD	AÑOS																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Construcción de Reef Ball	[Yellow bar]																					
Transporte a la costa	[Grey bar]																					
Colocación de las estructuras	[Blue bar]																					
Operación y Monitoreo	[Green bar]																					

*II.3.2 Selección del sitio*

Los sitios de inmersión fueron previamente evaluados para identificar el paisaje, fauna y tipos de fondo que ayudarían a determinar el lugar de construcción de cada arrecife artificial. Una variable muy importante es la profundidad, ya que se pretende crear un

arrecife con una altura máxima de 0.90 metros, dejando una distancia mínima de columna de agua de 2.40 metros desde el punto más elevado hasta el espejo de agua. Esto con la finalidad de no comprometer la navegación de embarcaciones.

Para construir los arrecifes, las estructuras se ubicarán en un fondo arenoso o de roca con nula presencia de vegetación acuática sumergida (VAS), fauna nula o escasa y sin presencia de arrecifes coralinos, esto con la finalidad de no comprometer la integridad natural del ecosistema ni alterar el dinamismo del sitio.

#### II.3.2.1 Estudios de campo

Para los estudios de campo se delimitaron los polígonos en la ubicación de cada arrecife. Dentro de cada polígono se realizaron transectos ubicados a un mínimo de 80 m de la orilla, los cuales se dispusieron de manera longitud a la costa. Los sitios de muestreo fueron seleccionados al azar para tener una muestra representativa de la distribución y abundancia de la flora y fauna marina del proyecto. Una vez localizada la profundidad mínima requerida, se realizaron inmersiones con equipo SCUBA para evaluar el paisaje marino. Se verifico el tipo de fondo en cada área, se utilizó un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> para la descripción del hábitat del fondo marino superficial, tomando 5 cuadrantes sobre un transecto de 50 m, ya que, para el adecuado establecimiento de las estructuras se requiere un fondo arenoso de grano medio, y presencia escasa o nula de flora y fauna.

La ictiofauna fue caracterizada mediante un censo visual. Para el registro del número de especies y la abundancia de cada una de ellas se utilizaron tablas de acrílico y lápices de grafito. Todos los censos fueron realizados por un mismo observador con el fin de mantener el error que pudiera existir al momento de la evaluación; el tiempo de censado fue similar en cada sitio manteniendo una velocidad constante.

#### II.3.2.2 Sitios alternativos

No se contempla la realización del proyecto en sitios alternativos, pero se contemplarán los posibles cambios que se den desde el momento del trabajo realizado en campo, agosto de 2018, hasta el momento de la inmersión de las estructuras.

#### II.3.2.3 Situación legal del predio y tipo de propiedad

El predio es de jurisdicción federal. No se cuenta con título de propiedad, usufructo, o papel que acredite la propiedad. Si bien, el proyecto es promovido y financiado por el Promovente no es de uso exclusivo del mismo. Se pretende, posterior a la aceptación del presente estudio, la solicitud del Promovente de la concesión de los polígonos evaluados con la finalidad de tener un control sobre el acceso y uso de los arrecifes, así como del mantenimiento, operación y cuidado de los mismos.

#### II.3.2.4 Área Natural Protegida (ANP)

Los polígonos se encuentran fuera de cualquier ANP. Además, el objetivo del proyecto es incrementar la biodiversidad marina en el sitio donde se construyan los arrecifes.

Las Áreas Naturales Protegidas más cercana son la Isla Espíritu Santo y la Isla Cerralvo que forman parte de la Reserva de Islas del Golfo de California y El Área de Protección de

Flora y Fauna Balandra en la Bahía de La Paz, ninguna de estas áreas se verá afectada negativamente por el proyecto.

### II.3.3 Construcción, transporte, inmersión y diseño del arrecife

Las principales actividades serán la construcción y transporte de los arrecifes y su posterior disposición en el mar.

Las estructuras Reef Ball son fabricadas de acuerdo a las condiciones de la REEF BALL FOUNDATION (Tabla 3). Se construyen de cemento marino tipo II, acondicionado con microsíllica Force 10,000 de W.R. Grace que brinda al concreto una consistencia extremadamente fuerte y resistente con un pH similar al agua de mar. Un elevado pH impide la colonización y crecimiento de flora y fauna marina, incluyendo el asentamiento de larvas de coral. La microsíllica provee a las estructuras de una expectativa de 500 años o más de utilidad.

Tabla 3. Descripción de material utilizado para elaboración de estructuras Reef Ball.

MATERIAL	ETAPA	FUENTE DE SUMINISTRO	FORMA DE MANEJO Y TRASLADO
Cemento marino Tipo II*	Construcción	Local	Sólida
Polvo de piedra*	Construcción	Local	Sólida
Grava *	Construcción	Local	Sólida
Microsíllica **	Construcción	E.U.A.***	Sólida
Suple plastificador y generador de aire**	Construcción	E.U.A.	Líquido

\* Material básico para elaboración del concreto. \*\* Aditivos. \*\*\* Estados Unidos de América

**Micro-síllica:** Force 10,000 (W.R. Grace; ASTM C-1240-93). Aditivo no-tóxico que permite que la estructura alcance un pH de 8.3-8.4, semejante al del agua del mar.

**Súper plastificador y generador de aire:** WRDA-19 (W.R. Grace; ASTM C-494 type F) y Darex II (W.R. Grace; ASTM C-260). Aditivos no-tóxicos, dispersor de agua de alto rango (da una consistencia homogénea al concreto) y genera pequeñas bolsas de aire en la superficie del concreto (para facilitar la fijación de invertebrados marinos como corales).

El concreto es vaciado dentro de moldes equipados con una serie de globos, los cuales son los que producen las oquedades características de la estructura Reef Ball® (Figura 10).



Figura 10. Proceso general de construcción de un Reef Ball usando moldes y globos de polyform.

Método de transporte y de hundimiento. Trasladar las estructuras de línea de costa al sitio de inmersión es sencillo y económico, utilizando maquinaria, infraestructura y equipo de fácil acceso. Para el hundimiento de las estructuras y su colocación en el fondo marino se introduce un fuerte globo de polyform dentro del agujero central de la estructura, proveyendo flotabilidad para ser remolcadas detrás de una lancha (Figura 11). En el sitio de inmersión, los globos son desinflados lentamente y removidos para asentar el Reef Ball en el fondo marino de manera controlada. Esto permite a los buzos observar con anterioridad el tipo de fondo donde se está colocando la estructura eliminando la posibilidad de dañar formaciones cualquier ecosistema u organismo que viva asociado al bentos (Figura 12).



Figura 11. Método de transporte de las estructuras Reef Ball utilizando globos Polyform.



Figura 12. Colocación de estructuras utilizando la técnica de descenso controlado.

Para las estructuras de mayor tamaño se utilizará una plataforma modificada para elevar su flotabilidad, y equipada con un winche que permita el descenso controlado de las estructuras de mayor tamaño y peso (Figura 13). Esta plataforma será cargada con las estructuras y remolcada por una embarcación con motor fuera de borda.



Figura 13. Plataforma modificada y equipada con polipasto o malacate para el traslado de estructuras de mayor peso a la zona de inmersión.

### *II.3.4 Abandono del sitio*

Una vez concluida la construcción del arrecife, apegado al diseño y planos originales; éste permanecerá en el sitio indefinidamente, durante los primeros años se realizará un monitoreo de las zonas documentando la dinámica de repoblamiento y las condiciones de la zona.

## **III VINCULACIÓN CON LOS ORDENAMIENTOS JURÍDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y EN SU CASO, CON LA REGULACIÓN DE USO DE SUELO.**

### **III.1 INFORMACIÓN SECTORIAL**

En muchas regiones del mundo se han utilizado arrecifes artificiales desde tiempo inmemorial. Por ejemplo, en el mar Mediterráneo hace aproximadamente 3,000 años, se acumularon las rocas desechadas de las “jaulas marinas” de las pesquerías del atún, lo cual produjo se agregarán los peces. Es probable que unas pesquerías artesanales similares utilizaran esa tecnología en Australasia, ya que se han identificado trampas para peces a lo largo de su costa. En el siglo XVII se utilizaron arrecifes artificiales de escombros de

construcción y rocas para el cultivo del kelp en el Japón, en donde tiene su origen el concepto moderno de “arrecife artificial”.

Este concepto se extendió a los Estados Unidos en la década de 1830, en la que se utilizaron maderos de cabañas frente a la costa de Carolina del Sur para mejorar la pesca y posteriormente en muchas otras zonas del mundo (Stone *et al*, 1991).

Más recientemente, los arrecifes artificiales se han utilizado para contrarrestar tendencias alarmantes de degradación de las aguas costeras, pérdidas de hábitats submareales y la fuerte disminución de las poblaciones de peces. Tales arrecifes se construyen o colocan en el fondo marino imitando algunas funciones de los arrecifes naturales. Así, con el tiempo han surgido y se han desarrollado otros usos de los arrecifes artificiales, como el fomento del turismo (submarinismo, navegación de recreo y pesca), la mejora y la producción de recursos marinos vivos, acuicultura, gestión de la biodiversidad, investigación científica, control de la erosión y estabilización de la costa y defensa costera.

Con la finalidad de crear en las costas del municipio de La Paz áreas de crianza que pueden ser aprovechadas con fines recreativos, se propone la implementación de un programa con estructuras conocidas como Reef Ball, en tres zonas seleccionadas, todas localizadas en las costas que corresponden al municipio de La Paz B.C.S.

De acuerdo al Programa de Desarrollo Turístico del Municipio de La Paz, Estado de Baja California Sur, este está integrado por los ámbitos de saneamiento ambiental, desarrollo urbano, desarrollo turístico y desarrollo social y económico para procurar un proceso de impulso integral alrededor de la actividad turística. Esta estructura de la estrategia general de desarrollo se deriva de la misión y visión establecidas para el municipio, surgidas del proceso de planeación estratégica. La estrategia general se base en el aprovechamiento sustentable de los recursos turísticos, lo cual deberá ir de la mano con acciones de mejoramiento de imagen urbana y la propuesta de nuevos productos turísticos. Se espera que la suma de estos elementos permita generar nuevas oportunidades para el desarrollo social y económico de la población, atendiendo así a las necesidades de oportunidad y empleo.

*El presente proyecto se enmarca en este mismo contexto, ya que permite generar nuevos productos turísticos, la colocación de Reef Ball además de su impacto ecológico genera áreas recreativas que pueden ser visitadas por turistas nacionales y extranjeros, se convierte por si solo en un laboratorio natural de investigación científica, donde los estudiantes de posgrado e investigadores podrán realizar monitores, investigaciones y estudios sobre la fauna marina y contribuye al desarrollo económica al generar áreas de crianza para especies con valor comercial o pesca deportiva.*

El buceo recreativo es una de las actividades que se practican en el municipio y existen distintos lugares que son frecuentados por buceadores de México y otras partes del mundo, también en la zona se realiza con frecuencia actividades de buceo científico y de investigación esto debido a la gran riqueza biológica del Golfo de California y al número de centros de investigación, estudiantes e investigadores que se encuentran en la ciudad de La Paz, entre ellos el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), el Centro

Interdisciplinario de Ciencias Marinas del IPN (CICIMAR), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS).

Por otro lado y en contraste con la actividad de buceo recreativo en el municipio de La Paz B.C.S. al igual que en el resto del estado la actividad pesquera comercial y deportiva es una de las principales actividades económicas, en el caso de la pesquería comercial está en su mayoría es de tipo rívereno, dentro del municipio en la zona que corresponde al Golfo de California se identifican 18 localidades pesqueras, de igual forma en la zona existen muchos campamentos pesqueros que explotan la zona con fines comerciales, por otro lado la pesca deportiva en el Golfo de California es una de las más importantes, la pesca deportiva es una de las principales atracciones turísticas y por lo tanto fuente de empleo y divisas en el Golfo de California y en B.C.S., ya que sus aguas se encuentran entre las más ricas del mundo en cuanto a especies de valor deportivo y comercial. Los principales sitios en B.C.S. en donde esta actividad se lleva a cabo son La Paz, Loreto y Los Cabos. Cada año se celebran torneos para la captura de marlín y dorado principalmente (CONAPESCA, 2012).

Finalmente en el contexto regional otra actividad que se desarrolla de manera paralela a las anteriores es la conservación marino, si bien el Golfo de California es una de las regiones más ricas, con una alta productividad y con un acervo genético importante, muchos sectores se han abocado a la tarea de la conservación entendiendo esta como un esquema de participación en la que los distintos sectores sobre todo las comunidades locales puedan obtener beneficios mediante esquemas de sustentabilidad.

En este sentido el proyecto se enmarca en un contexto integral ya que pretende coadyuvar al fortalecimiento de las distintas actividades descritas fomentando un esquema que permita la conservación e investigación, pero también el aprovechamiento sustentable de los recursos.

Los proyectos de arrecifes artificiales se clasifican en el sector pesquero en la medida que estos tengan la meta principal de generar zonas de fijación y reproducción de las especies.

En el caso presente proyecto, este también se incluye en el Sector Turístico como una actividad que genere áreas recreativas que permitan disminuir la carga en zonas naturales sobre todo en buceo recreativo.

## III.2 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS JURÍDICO NORMATIVOS

### *III.2.1 Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*

Un eje estratégico del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 es el cuidado del medio ambiente ya que este es una fuente de beneficios palpable. Es decir, los incentivos económicos de las empresas y la sociedad deben contribuir a alcanzar un equilibrio entre la conservación de la biodiversidad, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el desarrollo de actividades productivas.

*El proyecto en este sentido está encaminado a la conservación de la biodiversidad y contribuye al aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, ya que genera áreas*

*de refugio y crianza para especies que en su etapa madura migran hacia mar abierto en donde son aprovechadas por la pesca comercial y deportiva.*

El turismo representa la posibilidad de crear trabajos, incrementar los mercados donde operan las pequeñas y medianas empresas, así como la posibilidad de preservar la riqueza natural y cultural.

*La colocación de Reef Ball constituye un fortalecimiento para el sector turismo ya que se generan áreas de interés para la práctica del buceo recreativo incrementando la oferta para esta actividad que ya se ha consolidado en el municipio como una de las más importantes.*

Posicionar adicionalmente a México como un destino atractivo en segmentos poco desarrollados, además del de sol y playa, como el turismo cultural, ecoturismo y aventura, salud, deportes, de lujo, de negocios y reuniones, cruceros, religioso, entre otros.

*El proyecto contribuye a este eje de la política federal principalmente como un destino de turismo de naturaleza, pero adicionalmente con la posibilidad de incorporar servicios funerarios (Eternal Reef) en las estructuras de Reef Ball se genera un nuevo tipo de negocio que además se asocia a un turismo innovador y creciente vinculado con este servicio.*

Para proteger los ecosistemas marinos se debe promover el desarrollo turístico y la pesca de manera sustentable.

*El proyecto se enmarca en esta estrategia específica ya que satisface ambas premisas, por un lado, fomenta el turismo responsable y genera condiciones favorables para la pesca responsable.*

Fortalecer la investigación científica y tecnológica que nos permita comprender mejor los procesos ecológicos. Cuidar los ecosistemas requiere una comprensión profunda de sus mecanismos e interrelaciones, por lo que se deberá estimular la investigación en este campo y en los relacionados con su protección y regeneración.

*Las estructuras que se pretende instalar en el lecho marino, por si solas representan laboratorios naturales de investigación, los cuales contribuyen al conocimiento científico de la flora y fauna marina y generan datos e información que pueden ser utilizados para la toma de decisiones y en general para el desarrollo de conocimiento científico.*

### *III.2.2 Plan Estatal de Desarrollo 2015-2021*

En el ámbito de turismo, la percepción internacional de la media península es favorable, La Paz y Loreto presentan día a día mejores condiciones para incrementar su oferta turística, incidiendo esto de manera positiva para el flujo de inversiones productivas, de movilidad estudiantil, de proyectos de colaboración conjunta en el ámbito académico, social y ambiental. Es decir, las posibilidades del estado como destino de proyectos productivos, científicos, de negocios se vislumbran positivas.

*El proyecto además de contribuir en la oferta turística con áreas de recreación genera importantes inversiones y fuentes de trabajo, representa una oportunidad para la movilidad estudiantil ya que se generan zonas de interés para realizar investigaciones o tesis tanto de licenciatura como de posgrado.*

Se trate de empresas y proyectos pro ambiente “A nivel internacional, la zona de Los Cabos se consolida como una de las mejores opciones para los crecientes flujos de turismo en el mundo.” 16 (productos orgánicos, energías alternativas, turismo alternativo), proyectos de conservación (protectora de especies endémicas, o en peligro de extinción), proyectos científicos, éstos constituyen una oportunidad de inclusión de voces u opiniones que se quieran sumar al modelo delimitado por la sociedad sudcaliforniana, con vistas a la conservación de su medio ambiente, como un bien preciado.

*La entidad sobre todo en ciertas regiones se ha caracterizado por su interés en el medio ambiente y la conservación de los recursos naturales, el proyecto se vincula con estas estrategias ya que representa la conservación del medio y de las especies marinas.*

El objetivo es ser un estado líder en desarrollo humano sostenible con una economía diversificada y sustentable que contemple, al menos: inversión, turismo, pesca y oportunidades para todos.

*La colocación de los Reef Ball se suma a este objetivo estatal contribuye a la diversificación de la economía, representa una inversión importante en el sector turismo, pesquero y de conservación.*

La pesca deportivo-recreativa es otra actividad de importancia económica para el estado. Además de conferirle una identidad como primer destino a nivel internacional, contribuye significativamente a la economía regional y genera empleos directos indirectos potenciados por su fuerte vínculo con el sector turístico.

*La creación de zonas de desarrollo para especies pelágicas contribuye de manera importante para la actividad pesquera y comercial.*

La problemática que enfrenta la pesca en Baja California Sur, así como en el resto del mundo, tiene su raíz en el hecho de que existe una disponibilidad limitada de recursos pesqueros contra un esfuerzo pesquero creciente. Por ello, se deben buscar nuevas alternativas en recursos novedosos todavía no aprovechados para poder diversificar e incrementar los niveles de producción.

*El proyecto, pretende entre otros objetivos generar zonas de crianza para larvas de peces pelágicos y generar condiciones para su reproducción contribuyendo al incremento de la biomasa de especies con valor comercial.*

Propiciar el desarrollo integral de la pesca deportiva en el estado, en el marco de la concurrencia y coordinación de las Dependencias e Instituciones de los tres niveles de gobierno.

*Como se indicó el proyecto favorece el desarrollo y continuidad de actividades con un alto valor económico como la pesca deportiva de la cual dependen muchas familias y empresas locales tanto en La Paz como en otros municipios del estado.*

Compromiso con el medio ambiente: las acciones de este gobierno deberán desarrollarse de manera armónica con el entorno y su imagen, garantizando a las generaciones un medio adecuado para su desarrollo, protegiendo los recursos naturales, con un cuidado responsable de la calidad del aire, agua y suelo.

*El proyecto contribuye en las distintas estrategias de conservación y cuidado del medio ambiente y de las especies marinas de la zona.*

Impulsar la ciencia, tecnología y la innovación fortaleciendo los mecanismos de vinculación y colaboración con los centros de investigación enfocándonos a las áreas prioritarias de atención del estado.

*La colocación de las estructuras de Reef Ball, representan zonas de interés científico ya que son laboratorios vivientes para estudios de poblaciones, comportamiento, genética, etc., parte de las acciones de seguimiento del proyecto es la de realizar monitoreos permanentes, lo cual permitirá generar información que será útil para divulgación científica, estudios específicos, estrategias de manejo, etc.*

Innovación y el desarrollo tecnológico, promoviendo la ciencia y la apropiación social del conocimiento en áreas de relevancia productiva y sustentable de nuestra entidad.

*El proyecto por si solo es innovador aun cuando ya se ha aplicado en distintos puntos del mundo y de México con resultados favorables para el medio ambiente y los recursos marinos, la tecnología desarrollada en estos proyectos será implementada y adoptada en la entidad, ya que la producción de las estructuras se realizará en la entidad con personal que será capacitado para la construcción, el traslado y la colocación de las estructuras en los sitios seleccionados.*

### *III.2.3 Plan Municipal de Desarrollo 2015-2018*

Fortalecimiento de la pesca y acuacultura para el desarrollo productivo del sector pesquero del Municipio de La Paz.

*Como se indicó el proyecto contribuye al fortalecimiento de este sector y puede en etapas posteriores concentrarse en otras zonas de interés con estructuras de mayor tamaño enfocadas principalmente a fortalecer la pesca comercial.*

Implementación y ejecución de programas en apoyo al sector, tanto en equipamiento, conservación y artes de pesca.

*El proyecto se vincula directamente con el sector pesquero tanto en la parte de conservación como en la productividad de la pesquería ribereña de la cual dependen muchas familias y forma parte de una de las actividades más importantes del municipio.*

El primer eje integrado por dos grandes objetivos: Desarrollo Social incluyente y Desarrollo Económico Sostenible. Este eje contempla todas las acciones que habrán de emprenderse para mejorar la calidad de vida de los Paceños, a través de la cultura, el deporte, salud, vivienda y educación. Parte fundamental de sus líneas de acción son las enfocadas a lograr un desarrollo económico, teniendo como centro el turismo y el desarrollo local; estrategias que en conjunto y en armonía con el cuidado del medio ambiente logran incrementar las fuentes de empleo y mejorar la economía de los hogares. Fortaleceremos a las familias paceñas para lograr una Paz fuerte, social y económicamente.

*El proyecto se vincula directamente con los dos objetivos centrales de la política municipal, principalmente en lo referente al Desarrollo Económico Sostenible, el cuidado del medio ambiente, la generación de empleos y el fomento al turismo.*

Abrir canales de vinculación con quienes están desarrollando proyectos de divulgación científica, para que éstos puedan llegar a más personas y la comunidad conozca mejor el medio ambiente en el que vive.

*La implementación de un monitoreo y seguimiento permanente del proyecto permitirá generar una gran cantidad de información técnica y científica y a su vez incorporar en este sentido programas de educación ambiental y divulgación científica, para ello se tendrá un plan específico de vinculación con los sectores de investigación, académico y científico del municipio.*

Coadyuvar en equilibrio entre el desarrollo y crecimiento de la población de nuestro municipio y el respeto al medio ambiente, tendiente a un desarrollo sostenido a través de la inclusión de la gestión ambiental en todos los proyectos, planificación y políticas que promuevan el bienestar de nuestros ciudadanos e incrementen nuestra capacidad productiva para la mejora de la calidad de vida.

*El proyecto que funciona como un laboratorio viviente y que debido a su accesibilidad permitirá que los pobladores locales puedan realizar actividades deportivas y recreativas como el buceo y buceo libre (de manera controlada) coadyuven a lograr este equilibrio y respeto al medio ambiente.*

Planificación y conservación del medio ambiente para la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

*El proyecto en sí está encaminado a la conservación del medio ambiente y de las especies marinas particularmente, lo cual permitirá contribuir a la calidad ambiental de nuestras playas y en menor medida a la economía debido a la generación de empleos directos e indirectos en las distintas etapas del proyecto.*

Sensibilización para la conservación del Medio Ambiente.

*Cualquier proyecto que busca una mejoría de los ecosistemas y de las poblaciones debe de ir acompañado de estrategias de difusión y divulgación que contribuyan a generar una mayor conciencia y sensibilización en la población, por lo cual el proyecto considera como una estrategia de éxito la difusión y divulgación de los resultados que se generen con la implementación del proyecto.*

#### *III.2.4 Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California (POEMGC).*

El área de influencia del proyecto se encuentra en la Unidad de Gestión Ambiental costera 1 (UGC1) Los Cabos – La Paz (Figura 14). La unidad se distribuye desde Los Cabos hacia el norte hasta la Bahía de La Paz, con 9,851 km<sup>2</sup> de superficie total. Se encuentra en un nivel medio de presión terrestre y vulnerabilidad, resaltándose que se deberá mantener los mismos niveles de presión terrestre (medio) y marina (medio).

La unidad ambiental particular del proyecto es 2.2.2.7.1.6b, presentando nivel alto de turismo y conservación, medio en pesca ribereña y bajo en pesca industrial, con un nivel alto de fragilidad y medio de vulnerabilidad y bajo de presión.



Figura 14. Unidad de Gestión Ambiental Costera 1. Fuente: POEMGC, 2006.

### *III.2.5 Programa de Ordenamiento Ecológico del municipio de La Paz*

El modelo de ordenamiento ecológico es un mapa de regionalización ecológica que típicamente resulta de un análisis de aptitud. En este modelo se señalan las unidades de gestión ambiental (asociadas a los lineamientos y estrategias ecológicas que correspondan) que muestran un patrón de ocupación territorial (o distribución de las actividades económicas y productivas) que maximiza el consenso y minimiza los conflictos ambientales.

#### **III.2.5.1 Sector Pesca**

La actividad pesquera que se realiza en los litorales del municipio es de tipo artesanal o ribereña. Se utilizan embarcaciones menores propulsadas con motores fuera de borda. Entre el 60 y 70% de los pescadores del municipio se encuentran organizados en cooperativas, el resto son permisionarios independientes. Las principales especies que se capturan son la almeja chocolate, camarón, huachinango, ostión, mantarraya, sierra, pierna y tiburón. En el Golfo de California, las principales zonas de pesca se encuentran en el área de San Evaristo, Bahía de La Paz, El Sargento y La Ventana, mientras que, en el Océano Pacífico, destacan las comunidades de Todos Santos, Conquista Agraria y Puerto Chale (Figura 15).

*El proyecto como se ha indicado incide de manera positiva en la pesquería ya que al generar nuevas áreas de crianza contribuye al aporte de peces pelágicos en la zona y de otras especies de moluscos.*

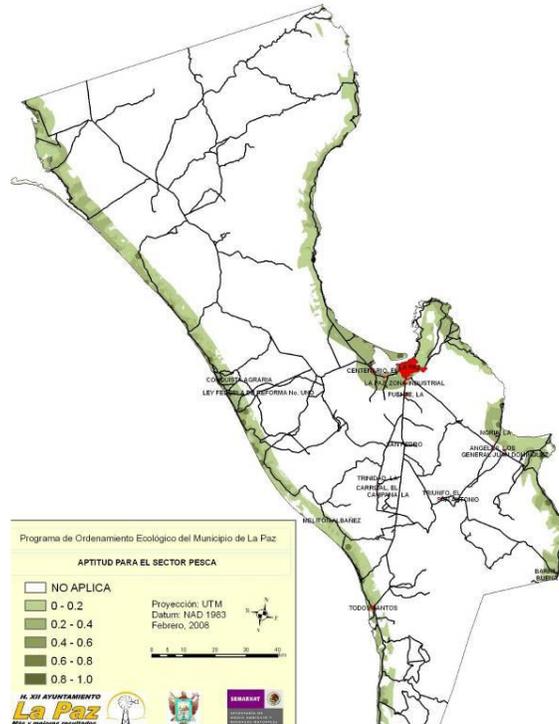


Figura 15. Zonas con aptitud para la pesca.

### III.2.5.2 Turismo

En cuanto al sector turismo el Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de La Paz tiene como objetivo fortalecer el desarrollo turístico en el municipio y consolidar la actividad de turismo ecológico de aventura de baja densidad. La ciudad de La Paz y Todos Santos son los sitios más atractivos para invertir en negocios turísticos de este tipo. En menor escala, Los Barriles y Los Planes también aparecieron como centros de población interesantes para este subsector.

Por otro lado, los ecosistemas señalados como los más valorados fueron las playas e islas, aunque tienen la intención de diversificarse y especializarse en diferentes regiones del municipio, aumentando con ello la importancia de los oasis, montañas y desiertos.

*El proyecto contribuye a la diversificación de áreas para la práctica de actividades recreativas como el snorkel y buceo, además ayuda a disminuir la carga de sitios naturales que en ocasiones son sobreexplotados.*

De acuerdo a este instrumento en la zona existe un aptitud alta para el desarrollo inmobiliario turístico, la aptitud para la pesca es variable en el punto denominado Puerta Cortés no existe aptitud para esta actividad, sin embargo en los otros puntos esta va de media a alta por lo que el *proyecto beneficia sustancialmente esta vocación y contribuye a este tipo de actividades, en cuanto al desarrollo turístico la aptitud va de moderada a muy alta en toda esta zona por lo que el proyecto puede contribuir al generar áreas de recreación controladas, la aptitud para la conservación va de muy baja a baja para esta zona sin embargo el proyecto no es incompatible no genera restricciones en el uso del área aunque si*

*un control para evitar afectación debido a una capacidad de carga excesiva, y por el otro lado como ya se dijo favorece el desarrollo turístico y las actividades pesqueras las cuales en la zona presentan aptitudes importantes.*

### *III.2.6 Reglamento de protección al medio ambiente*

El reglamento de protección al medio ambiente en su capítulo primero (Disposiciones Generales), indica que la preservación, la conservación y la restauración del equilibrio ecológico y el mejoramiento del ambiente en el territorio del municipio, el establecimiento de parques urbanos, de zonas sujetas a conservación ecológica y de otras zonas prioritarias de preservación y restauración del equilibrio ecológico en el municipio son acciones que deberán ser consideradas.

*El proyecto se apega a estos lineamientos tanto en los aspectos de conservación y preservación como en el establecimiento de zonas sujetas a conservación.*

### *III.2.7 Programa Estatal de Ordenamiento Territorial Baja California Sur, 2015*

#### *III.2.7.1 Turismo*

Una de las principales fortalezas de la entidad es el sector turismo, y diversos indicadores muestran el rápido crecimiento relacionado con el sector, en número de hoteles, vuelos, número de viajeros, derrama económica, entre otros. Baja California Sur cuenta con numerosos recursos naturales, los pueblos mágicos de Todos Santos y Loreto, sitios para turismo de aventura y una amplia oferta de diversos atractivos culturales.

El turismo es la columna vertebral de las actividades económicas del estado, el cual se concentra fundamentalmente en La Paz y Los Cabos en el segmento de sol y arena, pero se debe considerar la ampliación de la oferta hacia otros ámbitos geográficos, como el resto de los municipios, así como también en la diversificación de la oferta, hacia otros segmentos como turismo rural, de aventura u otros.

*El proyecto es un impulsor del turismo principalmente del turismo alternativo ya que genera zonas de interés para actividades de buceo libre y SCUBA, y de manera adicional contribuye no solo al repoblamiento de zonas naturales sino a disminuir la carga y presión sobre algunas zonas que pueden llegar a ser sobreexplotadas.*

Las actividades de innovación son relativamente reducidas, y aunque hay un importante desarrollo de universidades y centros de investigación en la entidad, no se ha desarrollado para encadenarlo a otros sectores productivos.

*El proyecto puede servir como vinculante entre el sector académico y de investigación con la actividad turística, actualmente en varias partes del mundo se practican diversas ramas del turismo entre ellas existe el turismo científico que puede ser incluido como parte del proyecto incorporando jóvenes estudiantes e investigadores en tareas de monitoreo, investigación y elaboración de tesis, existen programas como el verano científico que pueden ser considerados como detonante para este tipo de vinculaciones.*

De acuerdo con este escenario, el desarrollo económico de la entidad se orientará a los servicios financieros, de seguros e inmobiliarios son los rubros que más aportan al PIB estatal, sin embargo, el gobierno del Estado se aboca más a turismo, pesca, agricultura y minería principalmente. Además, Baja California Sur se destaca en toda América Latina por contar con los centros más importantes en el estudio e investigación de ciencias marinas.

*El proyecto es una excelente oportunidad para generar investigaciones, monitoreos, trabajos de tesis y programas de educación ambiental y divulgación de la ciencia.*

### III.2.7.2 Sector pesca y biodiversidad

El litoral de Baja California Sur comprende una línea de costa de 2,705 kilómetros, e incluyen islas, por lo que en conjunto es el 23 por ciento del litoral total del país. Su ubicación favorece una de las riquezas pesqueras más importantes de México. Baja California Sur ocupa los primeros lugares en producción de abulón, calamar y langosta, donde en los mares circundantes hay especies marinas entre las que destacan el camarón, callo de hacha, jaiba, sardina, atún y una amplia variedad de pez escama, moluscos bivalvos y crustáceos. La fuerza productiva en la entidad consta de 10,385 pescadores organizados en 391 Sociedades Cooperativas de producción Pesquera, y 6,700 permisionarios privados, industriales pesqueros y pescadores libres. La flota pesquera es eminentemente ribereña y la componen unas 3,591 embarcaciones.

*El proyecto se vincula de manera directa con este importante sector ya que genera áreas de crianza y refugio para especies que en su vida juvenil y adulta forman parte de las principales pesquerías de la zona.*

La gran variedad de ambientes ecológicos que tiene Baja California Sur pueden hacer posible el cultivo de gran cantidad de especies de alto valor comercial como el camarón, abulón, mejillón, almejas, ostión, callo de hacha, madre perla, concha nácar, peces marinos y otras especies como macro y micro algas, lo cual ofrece la oportunidad de diversificar los cultivos y crear mejores condiciones en la calidad de vida para la población a través de la acuicultura.

*El proyecto contribuye al incremento de este tipo de especies y sobre todo genera áreas de crianza que son reglamentadas lo cual permite el desarrollo de muchas especies de interés comercial.*

El sector primario, se concentra en Mulegé y Comondú, aunque es en La Paz donde se genera un mayor nivel de producción y de valor agregado. La acuicultura y la pesca son dos de los sectores clave de la economía primaria, pero requiere de un impulso importante para que destaque en el desarrollo económico de la entidad.

*En La Paz el tipo principal de pesquería que se practica es la pesquería ribereña, por lo que el proyecto contribuye al ser una zona de crianza de especies que pueden en sus etapas adultas ser una fuente importante de recursos para esta actividad.*

La Paz, paraíso que se distingue por sus hermosas playas, es uno de los destinos de playa favoritos del turismo nacional e internacional; destacan por su belleza, de poca pendiente de arena blanca y suave playas como: El Tesoro, Tecolote, Coromuel, Caimancito, Balandra

y Pichilingüe (en esta última se localiza la estación de transbordadores que ofrecen servicio a Mazatlán y Topolobampo en Sinaloa). Sin olvidar a la Isla Espíritu Santo y sus isletas, donde la práctica del kayakismo, campismo, ecoturismo, buceo, snorkeleo, pesca deportiva agrandan aún más la gama de atracciones de este bello puerto.

*El proyecto genera áreas que permiten incrementar las zonas de buceo recreativo y disminuir la carga de otras zonas naturales.*

El tema de turismo se insertó en proyectos de ecoturismo, centrados en el turismo de mar y cultura, así como actividades varias que van desde el surf, el senderismo, turismo alternativo al de playa, la pesca deportiva, así como el avistamiento de flora y fauna hasta actividades como el campismo

*El proyecto contribuye en este sentido a fomentar las actividades recreativas de playa como el buceo libre y SCUBA, así como a la pesca deportiva generando zonas de crianza de especies con valor para la pesca deportiva.*

Aprovechamiento de los recursos pesqueros, naturales de manera responsable y competitiva.

*El proyecto favorece esta actividad y genera áreas de crianza para especies con valor comercial.*

Preservar y conservar la pesca deportiva en los destinos turísticos por ser su principal atractivo.

En cuanto a la pesca, se mencionó que el aprovechamiento de los recursos pesqueros, naturales de manera responsable y competitiva, debe llevar a cabo un programa de apoyo para la adquisición de embarcaciones y motores para que incursione en la pesca de mediana altura, así como organizar y capacitar al sector productivo. Es importante que se apoye con Infraestructura a los productores para la inocuidad de los productos del mar y con canales de comercialización para el consumo nacional y de exportación. En el mismo tema, se debe de investigar áreas susceptibles para el desarrollo de la acuicultura y maricultura y preservar y conservar la pesca deportiva en los destinos turísticos por ser su principal atractivo. El crear infraestructura para el proceso, conservación de los productos del mar es indispensable.

*El proyecto contribuye a las actividades de pesca ribereña y está asociado a programas de divulgación y educación ambiental que se pueden dirigir a hacia la pesca responsable y el aprovechamiento sustentable.*

### *III.2.8 Modelo de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California*

De acuerdo a este ordenamiento el proyecto se localiza en la Unidad de Gestión Ambiental Costera: UGC1

Nombre: Los Cabos - La Paz

Ubicación: Limita con el litoral del Estado de Baja California Sur que va de Los Cabos al norte de la Bahía de La Paz.

Superficie total: 9,851 km<sup>2</sup>.

SECTORES CON APTITUD PREDOMINANTE	PRINCIPALES ATRIBUTOS AMBIENTALES QUE DETERMINAN LA APTITUD (VER DETALLES EN ANEXO 2)
<b>TURISMO (APTITUD ALTA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fondeaderos, puertos naturales, centros náuticos y marinas</li> <li>- Infraestructura hotelera y de comunicaciones y transportes</li> <li>- Servicios asociados al buceo, al surf, a la pesca deportiva y a los deportes acuáticos</li> <li>- Zonas de distribución de mamíferos marinos, tortugas marinas y aves marinas</li> <li>- Playas de interés para el sector</li> <li>- Áreas naturales protegidas: Parque Nacional Cabo Pulmo, Área de Protección de Flora y Fauna Cabo San Lucas y las Islas Espíritu Santo y Cerralvo, entre otras, que forman parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas de Golfo de California</li> </ul>
<b>CONSERVACIÓN (APTITUD ALTA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta biodiversidad</li> <li>- Zonas de distribución de especies y poblaciones en riesgo y prioritarias para la conservación conforme a la Ley General de Vida Silvestre, entre las cuales se encuentra el pepino de mar, la tortuga laud, la tortuga golfina, el tiburón peregrino, el tiburón blanco, el tiburón ballena, la ballena jorobada y la ballena azul</li> <li>- Zonas de distribución de aves marinas</li> <li>- Áreas naturales protegidas: Parque Nacional Cabo Pulmo, Área de Protección de Flora y Fauna Cabo San Lucas y las Islas Espíritu Santo y Cerralvo, que forman parte del Área de Protección de Flora y Fauna Islas de Golfo de California</li> </ul>

### Lineamiento ecológico

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. En esta Unidad se deberá dar un énfasis especial a un enfoque de prevención que permita mantener los niveles de presión actual, la cual está dada por un nivel de presión terrestre medio y por un nivel de presión marina medio.

*El proyecto se adecua a los lineamientos de este instrumento*

#### III.2.9 Regulación en materia de Áreas Naturales Protegidas (ANP's)

De conformidad a la dispuesta en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), en material e inventario actualizado en Sistema de Áreas Naturales Protegidas (SINANP) que compete a la Federación, el sitio donde se pretende desarrollar el proyecto No se encuentra dentro del padrón de ANP's, así como tampoco existen propuestas para la declaratoria del área ni sus colindancias. Sin embargo, se tomarán las medidas precautorias para no dañar ninguna especie de flora o fauna al momento de la colocación del arrecife artificial.

### III.3 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS

Las leyes establecidas para la protección, cuidado y uso de los diferentes ecosistemas naturales, así como de los recursos que en ellos se encuentran fueron consideradas dentro de la planeación de la construcción y operación del proyecto. Se tomaron en cuenta, tanto leyes federales como estatales y municipales.

#### III.3.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

**TÍTULO PRIMERO:** Disposiciones Generales. Capítulo I: Normas Preliminares. Artículo. 1. Fracciones III, IV y V.

*Congruencia: El proyecto propone la creación de un área que no solo rehabilite el paisaje marino, sino que al mismo tiempo recupere la diversidad faunística, incluyendo especies de importancia económica, cumpliendo de esa manera con preservar, restaurar y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales.*

Capítulo IV: Instrumentos de la Política Ambiental. Sección I: Planeación Ambiental. Artículo 18.

*Congruencia: La finalidad del arrecife es preservar, conservar y rehabilitar el hábitat submarino.*

Sección V: Evaluación de Impacto Ambiental. Artículo 28. Fracciones X y XII. Artículo 30 y 31.

*Congruencia: las estructuras tipo Reef Ball serán colocadas en zonas marinas del Golfo de California en La Paz, BCS y como tal es necesario someter el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental para obtener la autorización y poder realizarlo con base a legislación.*

*En el documento se enlistan los efectos ambientales positivos y negativos que la realización y la operación que proyecto tendrá dentro del ecosistema marino. Del mismo modo, se hace mención de las medidas preventivas y estudios realizados por biólogos marinos especializados.*

Sección VII: Autorregulación y Auditorías Ambientales. Artículo 38.

*Congruencia: Establecer un arrecife artificial promoverá el acumulación de especies de diferentes especies de flora y fauna, permitiendo un enriquecimiento del hábitat y del paisaje marino. Se plantea un programa de monitoreo posterior a la instalación de las estructuras para verificar el adecuado funcionamiento y el posible aprovechamiento sustentable para captura de organismos que sirvan como parentales o pie de cría en maricultura.*

Sección VIII: Investigación y educación Ecológica. Artículo 39.

*Congruencia: El arrecife podrá ser visitado y evaluado por instituciones científicas y educativas que así lo requieran, promoviendo de esta manera el conocimiento del ecosistema marino, en particular el hábitat de arrecife, los monitoreos que se realicen generan gran cantidad de información científica y de ahí se desprenden acciones de divulgación, la zona es idónea para la realización de tesis o trabajos de investigación.*

**TÍTULO SEGUNDO:** Biodiversidad. Capítulo III: Flora y Fauna Silvestre. Artículo 79. Fracciones I, II, III y V.

*Congruencia: Durante la colocación y operación del arrecife no se afectará la flora y fauna de la zona, por el contrario, se establecerán sitios que proporcionen refugio a diversas especies de la región, fomentando la recuperación del hábitat y favoreciendo la preservación de la diversidad.*

**TÍTULO TERCERO:** Aprovechamiento Sustentable de los Elementos Naturales. Capítulo I. Aprovechamiento Sustentable del Agua y Ecosistemas Acuáticos. Artículo 88. Fracciones I y II.

*Congruencia: No se alterará la calidad del agua ni el equilibrio ecológico del sitio donde se sumerjan las estructuras, por el contrario, se promoverá el asentamiento de más vida marina en sitios de baja diversidad de flora y fauna.*

**TÍTULO CUARTO:** Protección al Ambiente. Capítulo II: Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Artículo 110. Fracción II.

*Congruencia Las únicas emisiones atmosféricas se realizarán durante la construcción de las estructuras y se cumplirán con los requerimientos establecidos en las Normas Mexicanas, estas actividades se realizan en tierra en un patio o bodega por lo que no se afecta la zona marina, los volúmenes de producción son bajos y por lo tanto el impacto es mínimo y mitigable.*

Capítulo III: Prevención y Control de la Contaminación del Agua y de los Ecosistemas Acuáticos. Artículo 117. Fracción I.

*Congruencia: Reef Ball Foundation ha realizado estudios en los cuales se demuestra que las estructuras no generan cambios en la composición química del agua ni desprenden sustancias tóxicas que signifiquen un riesgo para el ecosistema.*

*III.3.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental*

**Capítulo I.** Disposiciones Generales. Capítulo II: De las Obras o Actividades que Requieren Autorización en Materia de Impacto Ambiental y de las Excepciones. Artículo 5. Inciso U: actividades acuícolas que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas. Fracción IV.

*Congruencia: A pesar de caer dentro de la categoría de ACUACULTURA, la instalación de arrecifes artificiales no pretende realizar cultivo alguno de especies. Por el contrario, el objetivo es aumentar la diversidad marina y enriquecer el ecosistema*

*III.3.3 Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur (Decreto No. 829)*

**TÍTULO TERCERO:** De la Política Ecológica Ambiental. Capítulo I. De los principios de la política ambiental estatal. Artículo 11. Fracciones: I, III, IV, V, VIII, X.

*Congruencia: Con la construcción del arrecife no solo se respetarán las condiciones presentes del ambiente, sino que se mejorarán al incrementar la biodiversidad del sitio creando un impacto positivo. Una vez establecido el arrecife, se implementará un programa de seguimiento y vigilancia para proteger, preservar, mejorar y aprovechar, de manera sustentable, los recursos naturales renovables del lugar.*

*Congruencia: El proyecto considera los lineamientos establecidos en el ordenamiento ecológico local y cumple con ellos cabalmente. La construcción del arrecife artificial no genera ningún impacto negativo permanente, por el contrario, los impactos son positivos.*

*Congruencia: La construcción de los Reef Ball no genera aguas residuales, por lo que no existen problemas de contaminación de los acuíferos. De igual manera, el material con el que están contruidos no genera contaminación por metales, materia orgánica o alguna otra por lo que no representa peligro alguno para el ambiente marino.*

*Congruencia: La Catedral del Agua será construida en una zona que no se encuentra en dentro de un ANP o en gestiones de serlo. Sin embargo, se tomarán las consideraciones y prevenciones adecuadas para no causar daños en el ambiente.*

*III.3.4 Reglamento de la Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur.*

**TÍTULO SEGUNDO.** De la evaluación de impacto ambiental. Capítulo Primero. De las autorizaciones.

*Congruencia: La construcción del arrecife artificial generará cambios en el ecosistema sumergido, siendo todos positivos. Sin embargo, se somete el presente documento ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para su evaluación y obtener el permiso pertinente para la realización de la obra.*

*Congruencia: La única fuente fija utilizada será el camión revolador que se encargará de la mezcla del concreto, el impacto será puntual, temporal y mínimo. Se solicitará a la empresa proveedora del servicio que el vehículo cuente con el mantenimiento adecuado.*

*III.3.5 Ley de Turismo para el Estado de Baja California Sur (publicada en el boletín oficial el 20 de diciembre de 2010)*

**TÍTULO PRIMERO. DE LAS DISPOSICIONES GENERALES;** Capítulo Único. Disposiciones Generales. Artículo 3. Fracciones I, VIII, IX y XI.

*Congruencia: La construcción de La Catedral del Agua impulsará la modernización de infraestructura turística, fomentando la inversión privada y optimizando la calidad de los servicios. Será un atractivo más dentro del municipio de La Paz, generando la visita de más turistas que permitirá consolidar el municipio como uno de los más importantes del país dentro del sector productivo.*

*Congruencia: Dentro del Plan de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California, se considera al municipio de La Paz con alta aptitud para el desarrollo turístico, por lo que la construcción de este proyecto no se contrapone con lo establecido en la legislación.*

*III.3.6 Ley de Pesca (Publicado en el D.O.F. de fecha 25 de junio de 1992)*

**Capítulo I:** Disposiciones Generales. Artículo 1. Artículo 3. Fracción V y VI.

*Congruencia: Dentro del arrecife, se designarán zonas de pesca artesanal sustentable y de pesca deportiva, respetando las especies que no cumplan la talla comercial y favoreciendo*

*la recuperación del stock pesquero. Las especies que se encuentren sujetas a protección especial no serán dañadas durante la inmersión y operación del arrecife, por el contrario, se rehabilitará el hábitat submarino para beneficio de las mismas. Del mismo modo, se podrán utilizar adultos en etapa reproductiva como parentales y juveniles como pie de cría, respectivamente, para realizar maricultura.*

### *III.3.7 Ley de Pesca y Acuicultura Sustentables del Estado de Baja California Sur (Decreto 1854)*

TÍTULO PRIMERO. DEL OBJETO Y ÁMBITO DE LA APLICACIÓN. Capítulo Único. Disposiciones Generales. Artículo 2.

*Congruencia:* El incremento en la biodiversidad a causa del arrecife permitirá un aumento en las poblaciones de especies de importancia económica y alimenticia. Del mismo modo, con el arrecife establecido en el fondo marino se limitará el uso de redes o artes de pesca poco selectivas o muy agresivas con el ecosistema. Se promoverá la investigación, así como los monitoreos periódicos para conservar, proteger y cuidar el nuevo ecosistema y los recursos pesqueros que en él se agreguen.

*Congruencia:* La construcción de La Catedral del Agua promoverá la colonización por especies de interés para los practicantes de la pesca deportiva, fomentando y promoviendo la práctica de esta actividad en una zona en donde no se realiza.

*Congruencia:* La Secretaría promueve y fomenta esta actividad con énfasis a las especies nativas. La construcción del arrecife no pretende el establecimiento o introducción de una sola especie sino promover un ensamblaje de las especies que se encuentran en el medio natural, promoviendo de esta manera, la formación de un ambiente mega diverso que permita el aprovechamiento de diferentes especies sin comprometer el stock.

### *III.3.8 Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas*

**Artículo 3.-** Es vertimiento en las zonas marinas mexicanas, cualquiera de los supuestos siguientes:

- I. Toda evacuación, eliminación, introducción o liberación en las zonas marinas mexicanas, deliberada o accidental, de desechos u otras materias incluyendo aguas de lastre alóctonas, provenientes de buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones;
- II. El hundimiento deliberado de buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones, así como las que se deriven de éste;
- III. El almacenamiento de desechos u otras materias en el lecho del mar o en el subsuelo de éste desde buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones;
- IV. El abandono de buques, aeronaves, plataformas u otras construcciones, u otros objetos, incluyendo las artes de pesca, con el único objeto de deshacerse deliberadamente de ellas;
- V. La descarga de cualquier tipo de materia orgánica como atrayente de especies biológicas, cuyo fin no sea su pesca.

## IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.

### IV.1 Delimitación del área de estudio

El presente proyecto se localiza en el estado de Baja California Sur, el cual cuenta con una superficie de 73,909 km<sup>2</sup>. Se localiza en el noroeste del país. El clima es muy seco, principalmente, con una temperatura media anual entre 18 y 22 grados centígrados, y una precipitación anual promedio menor a 200 mm (Figura 16).

La población total del estado es de 712,029 personas, de las cuales el 49.6% son mujeres y el 50.4% hombres, según la Encuesta Intercensal 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

---

Coordenadas geográficas extremas	Al norte 28°00'00", al sur 22°52'19" de latitud, al este 109°24'47" al oeste 115°04'56" de longitud oeste. a/
Capital	La Paz
Porcentaje territorial	El estado de Baja California Sur representa el 3.8% de la superficie del país. b/
Colindancias	Baja California Sur colinda al norte con Baja California y el Golfo de California; al este con el Golfo de California; al sur y oeste con el Océano Pacífico.

---

CONSULTA

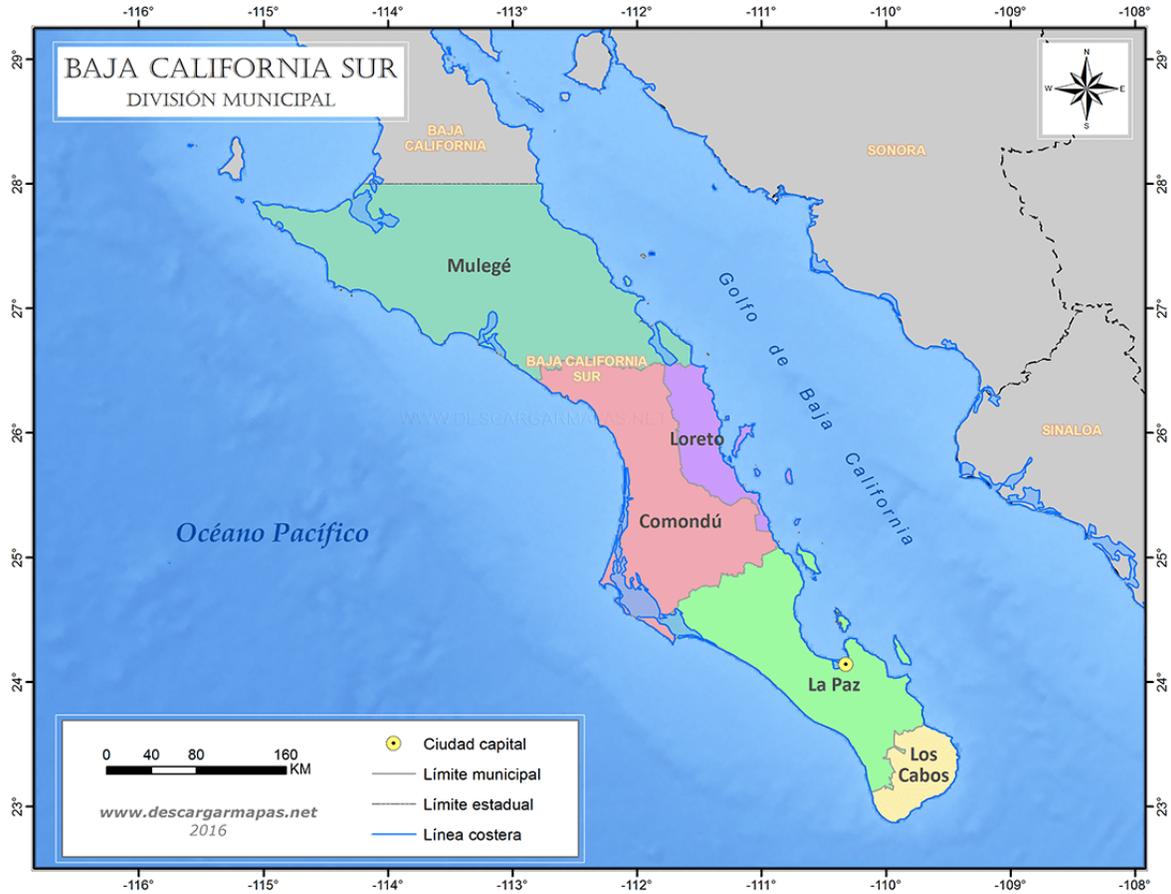


Figura 16. Baja California Sur, se observan los municipios que conforman la entidad, el proyecto se localiza en el municipio de La Paz.

El proyecto se localiza en tres puntos dentro del Golfo de California, las tres zonas se localizan en las costas frente al municipio de La Paz B.C.S (Figura 17 al Figura 21).



Figura 17. Sitios Seleccionados para el proyecto A) Puerta Cortés, B) Playa Las Pilitas y C) Playa La Sorpresa. Fuente: IMPLAN La Paz.

El Municipio de La Paz se localiza en la parte centro - sur del Estado y cuenta con una superficie territorial de 20,274 Km<sup>2</sup> que representan el 27.5% de la superficie total del Estado; colinda al norte con el Municipio de Comondú, al sur con el Municipio de Los Cabos; al este con el Golfo de California y al oeste con el Océano Pacífico.

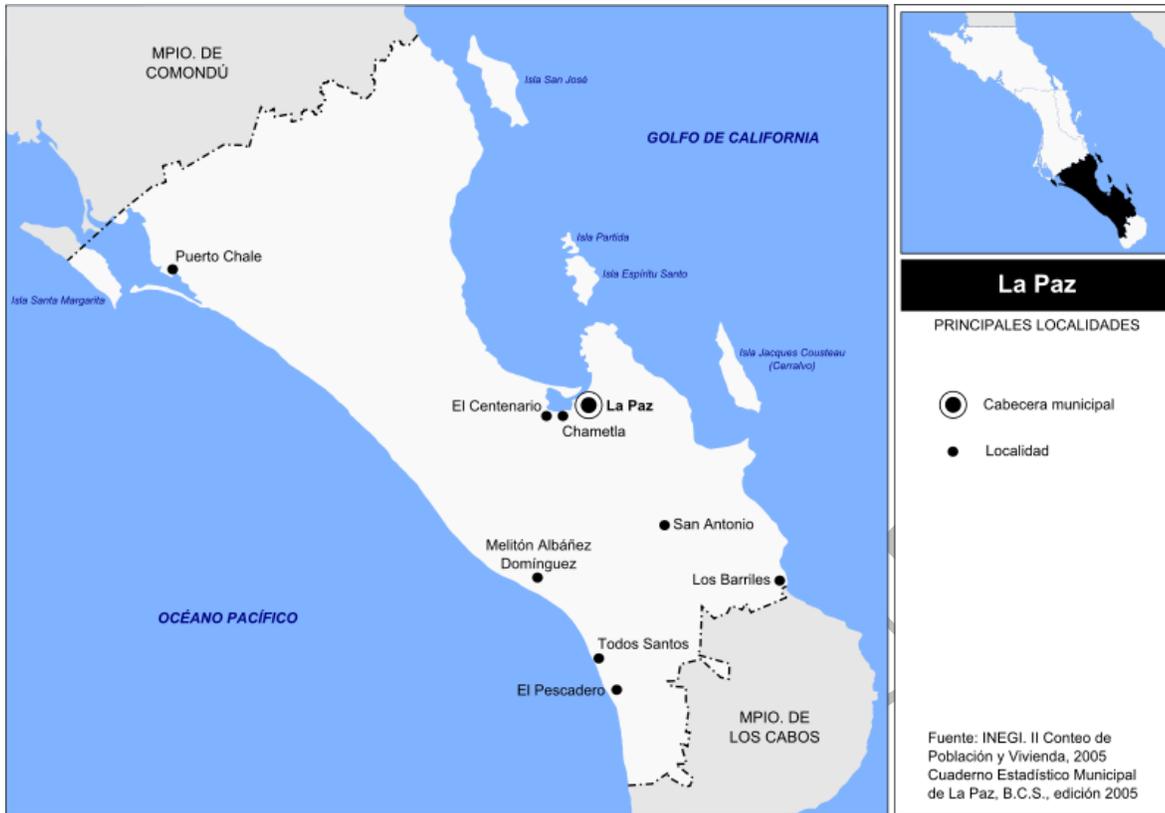


Figura 18. Municipio de La Paz B.C.S.

Las áreas propuestas se encuentran influenciados por el Golfo de California (GC), ubicado al noroeste de México, es un mar marginal semicerrado que se caracteriza, entre otros rasgos, por su riqueza biológica. En su extremo sur se comunica abiertamente con el Océano Pacífico oriental, a través del cual se establecen los intercambios de calor y masa más importantes.

El Golfo está emergiendo como una región socioeconómica en la cual el ecosistema marino congrega actividades productivas de cinco estados de la República Mexicana: Baja California Sur, Baja California, Sonora, Sinaloa y Nayarit. Simultáneamente, el G.C se ha convertido en zona prioritaria para la conservación ambiental, tanto de instituciones públicas como de ONG's nacionales e internacionales.

De los tres sitios seleccionados para el proyecto A) Puerta Cortés, B) Las Pilitas y C) Playa la sorpresa, los dos primeros se localizan dentro de la Bahía de La Paz, la playa La Sorpresa se localiza al sur de la Bahía de La Paz también dentro del municipio de La Paz B.C.S. con condiciones muy similares a las de la playa Las Pilitas.



Figura 19. Polígono propuesto para el punto A) Puerta Cortés, localizado frente al club de playa Puerta Cortés.



Figura 20. Polígono del punto B) Playa Las Pilitas.

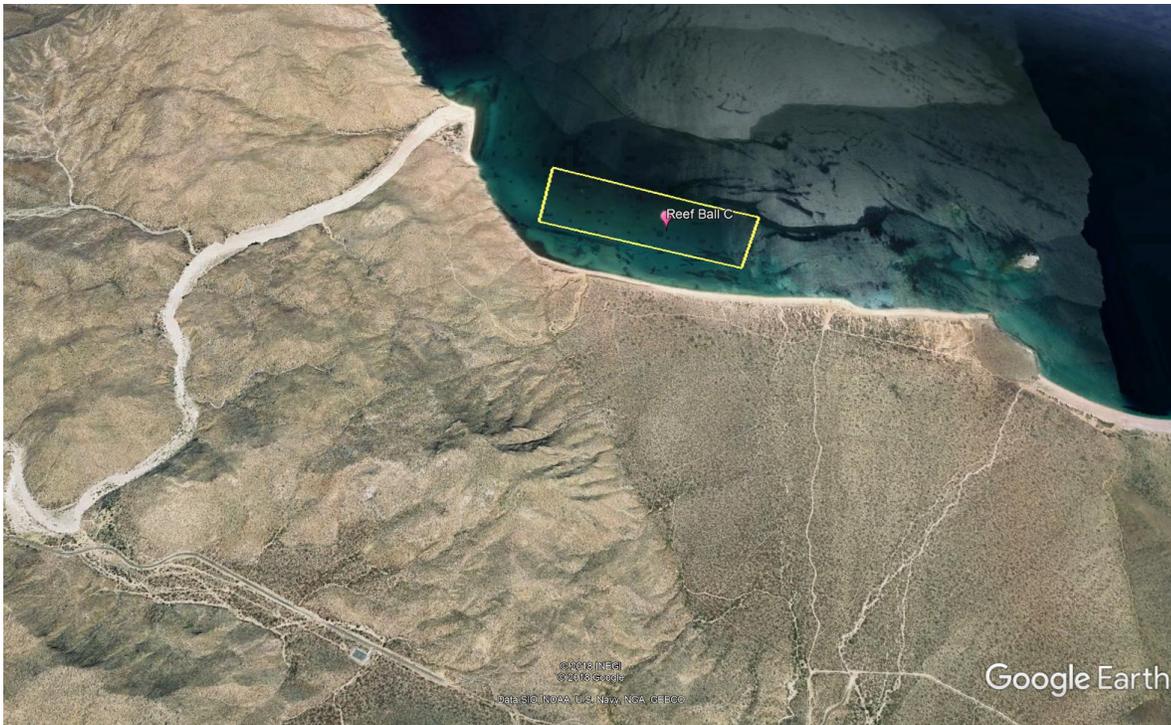


Figura 21. Polígono del punto C) Playa la Sorpresa.

El área de influencia del proyecto comprende la desembocadura de la ensenada de La Paz en la parte sur de la Bahía. Las áreas seleccionadas se encuentran en la zona federal marina del municipio de La Paz B.C.S. dentro del Golfo de California.

Los polígonos donde se colocarán las estructuras o Reef Ball se encuentran frente a las playas: A - Club de Playa Puerta Cortés, B - Las Pilitas ambas dentro de la Bahía de La Paz, y C - Playa la Sorpresa que se localiza fuera de dicha Bahía hacia el sur de la entidad en la porción este de la Península de Baja California Sur.

El polígono A - La zona Club de Playa Puerta Cortés (24°12'46.2" latitud Norte, 110°18'04.0" latitud Oeste), se localiza en La Bahía de la Paz frente a la desembocadura de la Ensenada de La Paz, se ubica en entre los 24° 07' y 24° 21' latitud norte y de 110° 17' a 110° 40' longitud oeste (Obeso-Nieblas et al., 2004), esta zona se localiza frente al desarrollo turístico de Puerta Cortés, es una pequeña playa somera que prácticamente no es utilizada excepto por los clientes del desarrollo turístico.

El polígono B - Las Pilitas (24°21'10.1" latitud Norte, 110°17'22.0" latitud Oeste) pertenece al mismo municipio y colinda al norte con la Isla espíritu Santo, al este con el Golfo de California y al oeste con La Bahía de La Paz. El polígono, es una playa conocida localmente como Las Pilitas, se localiza cerca de la playa El Tecolote una de las zonas más visitadas principalmente por la población local, Las Pilitas se localiza al sur de la Playa El Tecolote y es visitada principalmente por habitantes de la ciudad de La Paz sin embargo el uso de esta playa es mucho menor.

El polígono C - Playa la Sorpresa (24°15'25.1" latitud Norte, 110°10'32.2" latitud Oeste) se ubica al norte del Canal Cerralvo y colinda al Este con la Isla Cerralvo (Jack Cousteau).

La inmersión de las estructuras Reef Ball® se realizará en un sitio específico dentro de cada polígono de las localidades mencionadas (Tabla 4). Aproximadamente entre 110 y 180 metros de la orilla frente al predio del polígono A) Puerta Cortés, B) Las Pilitas entre 134 y 496 metros de la línea de costa y C) Playa la Sorpresa entre 132 y 368 metros

Tabla 4. Localización geográfica de los sitios (polígonos) de estudio (UTM).

ARRECIFE PUERTA CORTÉS	
Y	X
570887.76	2678124.14
570965.59	2678143.04
571005.61	2677900.87
570937.23	2677836.07
570915.26	2677793.87
570928.40	2677652.74
570902.00	2677619.77
570874.37	2677823.62
570890.55	2677896.84
570896.34	2678046.53
570893.61	2678094.79
ARRECIFE LAS PILITAS	
Y	X
570999.18	2693258.38
570907.84	2693023.80
570899.33	2692793.33
570768.39	2692639.34
570538.29	2692461.78
570404.70	2692628.78
ARRECIFE LA SORPRESA	
Y	X
572348.31	2693630.71
572398.54	2693343.91
572176.94	2693353.75
572166.46	2693592.49

## IV.2 Caracterización y análisis del sistema ambiental

El sistema ambiental en el cual se pretende desarrollar el proyecto corresponde a la zona marina de tres playas localizadas en el municipio de La Paz B.C.S.

### IV.2.1 Aspectos abióticos

#### IV.2.1.1 Clima

El estado de Baja California Sur presenta clima muy seco semicálido (BWh) y cálido (BWh') con alta variación de temperatura diaria principalmente en la estación de verano. El estado presentó clima muy seco semi cálido (BWh) en 63.14 % su superficie, el 28.85 % fue

muy seco muy cálido y cálido (BW(h')), el 3.95 % fue seco semicálido (BSH), el 2.63 % fue seco templado (BSk), el 0.94 % fue templado subhúmedo con lluvias en verano (C(w)) y el 0.49 % fue seco muy cálido y cálido (BS0(h')) (INEGI, 2017).

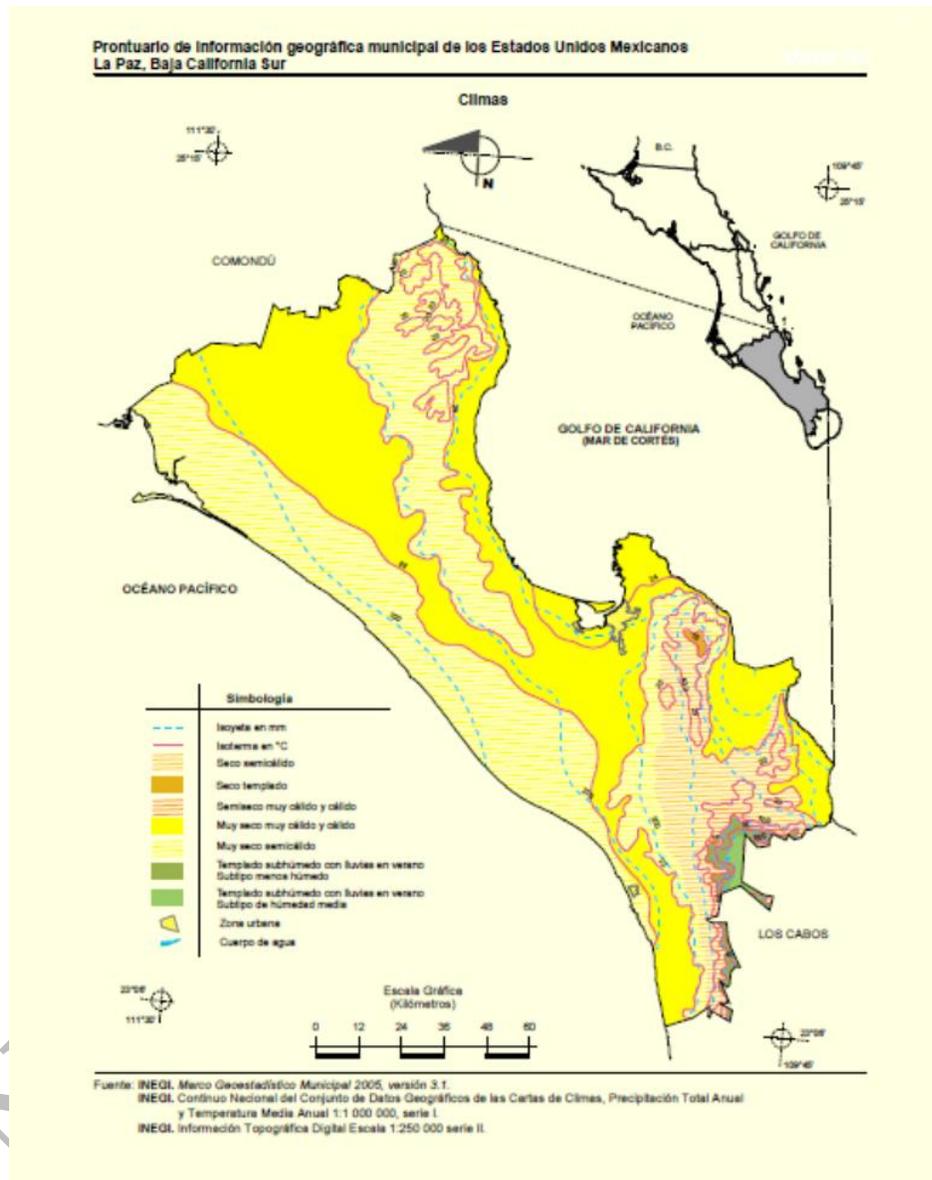


Figura 22. Clima y régimen de lluvias.

La variación del clima en B.C.S. se debe a que el estado es una prolongada y estrecha franja continental influenciada por el Pacífico Nororiental y el Golfo de California. Se presentan elevaciones de origen volcánico de las cuales en la parte centro y norte hacia el Golfo de California se localizan las Sierras de Santa Lucía, las Vírgenes y la Giganta. En la parte sur se encuentran las Sierras San Lorenzo y la Laguna, mientras que al norte del Pacífico se localizan las Sierras de San Francisco, Santa Martha y San José. Otro factor que influye en el clima son las corrientes marinas, sobre todo en la costa occidental del estado donde las

temperaturas son más bajas con relación a las del interior, debido a la corriente oceánica fría de California (CC). Adicional a esto, el estado se encuentra en el área de influencia del Centro Semipermanente de Alta Presión del Pacífico (CSAP), que en conjunto con la CC genera condiciones de aridez y bajos niveles de precipitación pluvial.

En el área de influencia del proyecto (sitios: A, B y C) se reporta solamente la incidencia de un subtipo de clima, que corresponde a BW(h') (muy seco muy cálido y cálido). Este es un tipo de clima del grupo de los secos seco; caracterizados a un área donde la manifestación de los elementos meteorológicos (precipitación, temperatura) presentan condiciones tales que la evaporación excede a la precipitación y se presenta una temperatura media anual mayor a 22°C y con una temperatura del mes más frío mayor a 18°C (INGEGI 2000, 2017; Figura 22).

#### IV.2.1.2 Temperatura

La temperatura promedio anual en el estado de Baja California Sur varía de 22.3 a 24.8 °C. En cambio, el estado presenta un intervalo de temperatura promedio mensual más variable que va de 14.6 °C para el municipio de Mulegé hasta 31.7 °C en Loreto. La ciudad de La Paz, se ubica al norte del Trópico de Cáncer, donde el pico máximo de temperatura es sobresaliente en verano. La temperatura promedio mensual más baja para el municipio de la Paz es de 18.3 °C en enero y la más alta se registró en el mes de agosto con 30.9 °C. La temperatura en La Paz, varía cada día lo cual se observa de forma más marcada en la época de verano en donde se ha registrado la máxima temperatura extrema para el mes de julio (44.0 °C). La zona de ejecución del proyecto (puntos A, B y C) se encuentra en una zona con variación isotermal de 24 a 26 °C.

#### IV.2.1.3 Precipitación

En época de verano y otoño el Estado de Baja California Sur es influenciado por los ciclones tropicales del Pacífico que proporcionan masas de aire húmedo generando lluvias moderadas e intensas principalmente en el sureste. Mientras que la precipitación pluvial promedio en el estado es de 215.2 mm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> junto con el alto índice de evaporación, se generan pocos cuerpos de agua perenes. El registro más reciente de precipitación en el municipio de La Paz mostró valor promedio de 178.8 mm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> (precipitación escasa). Los meses con más precipitación promedio para el municipio son septiembre (68.9 mm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>) y Agosto (43.6 mm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>). Recientemente se sabe que el año de 1984 ha sido el más lluvioso, mientras que 2010 ha sido el de menor precipitación registrada históricamente en el municipio de La Paz (Figura 23).

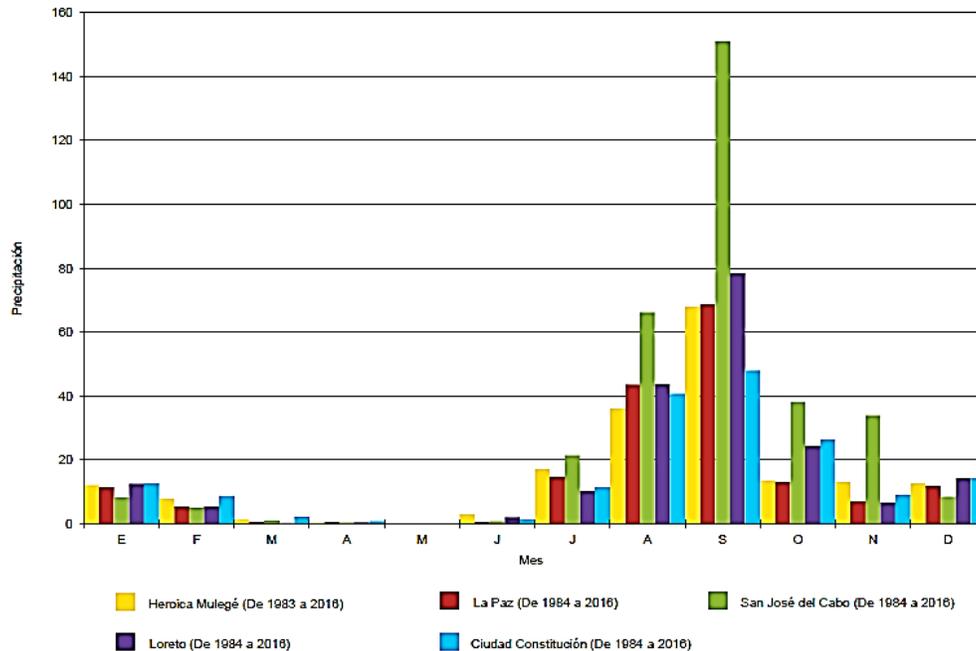


Figura 23. Precipitación total anual en el estado de Baja California Sur (Fuente: INEGI 2017).

#### IV.2.1.4 Vientos

Los vientos dominantes estacionales del Golfo de California provienen del noroeste en invierno y primavera, y del sureste en verano y otoño. La Bahía de La Paz se encuentra sujeta principalmente a dos patrones de vientos. Los vientos del sur y sureste, que ocurren al final de la primavera y persisten desde verano hasta inicio del otoño, localmente llamados Coromuel, con magnitudes de  $\sim 4 \text{ m s}^{-1}$ , y que generalmente ocurren combinados con calmas frecuentes. Los vientos del norte y noroeste, dominantes a finales del otoño y en el invierno, son fuertes y persistentes, y alcanzan magnitudes de  $12 \text{ m s}^{-1}$ . Estos patrones de viento corresponden al carácter monzónico que rige sobre el Golfo de California y aunados a las variaciones estacionales de radiación solar y la influencia de procesos que ocurren en el golfo, son los que generan las condiciones hidrográficas propias de la bahía. La mayor incidencia de huracanes en la zona se da en los meses de agosto a noviembre. Esto cambia la dinámica en los patrones promedio de viento. La velocidad media del viento en La Paz para el año 2017 fue de  $11.9 \text{ Km/h}$  con mínima de  $9.9 \text{ Km/h}$  en noviembre y máxima de  $16.2 \text{ Km/h}$  en junio. En La Paz, el mes de mayo para el mismo año registró  $15.1 \text{ km/h}$  con racha máxima de  $1835.3 \text{ km/h}$ .

Respecto a la presión atmosférica del municipio, para el mismo año, se registró presión atmosférica promedio de  $1013.6 \text{ hPa año}^{-1}$  con variación de  $\pm 2.6 \text{ hPa}$ . La presión mínima se registró en septiembre con  $1010.1 \text{ hPa año}^{-1}$  y la máxima en enero con  $1017.5 \text{ hPa año}^{-1}$ .

A lo largo del año se presenta una temporada de huracanes debido a que se estado de Baja California Sur se encuentra en el cinturón subtropical de alta presión, al presentarse la época calurosa del año se obtienen los centros de máximo calentamiento marítimo, los cuales están influidos por la corriente fría de California y la contracorriente cálida ecuatorial.

Dicha zona se encuentra entre 7 y 16°N y entre 90 y 110°W; conforme la temporada avanza, la región de formación se extiende hacia el norte y hacia el oeste. A lo largo de la temporada se afectan diferentes estados, siendo la primera quincena de agosto la época en que más se afectan los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California y Baja California Sur.

Entre 1973 y 2017 se han ingresado 24 ciclones en B.C.S. que incluyen tormentas tropicales y huracanes moderados categoría 1 y 2 (H1 y 2), de los cuales, sólo se han registrado tres entradas de ciclones en La Paz (Tabla 5). El primero fue “Irah” en 1973, el cual fue clasificado como H1 con vientos de 130 Km/h. En 1976, se registró el huracán “Liza”, el cual ha sido el de máxima categoría (H4), mismo que mostró vientos de hasta 220 Km/h. “Juliette”, es el huracán más reciente que ha entrado en la ciudad de La Paz, se registró en el 2001 con vientos de 120 Km/h al momento de tocar tierra, el cual fue catalogado como H1. Este huracán dejó una cantidad significativa de precipitación pluvial en toda la región. Para el caso de La Paz, la precipitación pluvial durante los tres días que duró el evento, sobrepasaron los 500 mm (Tabla 5).

Cabe destacar que en 2014 el Huracán Odile afecto al sur de la península como huracán categoría 2.

Tabla 5. Registro histórico de los ciclones registrados en B.C.S., en el periodo de 1973-2017.

Año	Lugar de entrada a la tierra	Ciclón	Viento Máximo (Km/h)	Categoría
1973	La Paz	Irah*	130 (65)	H1 (TT)
1976	La Paz	Liza*	220 (215)	H4
1982	Las Lagunas	Paul	158 (158)	H2 (H2)
1989	B. de Los Muertos	Kiko	195	H3
1992	Punta Abreojos	Lester	120 (85)	H1 (TT)
1993	Las Lagunas	Calvin	165 (75)	H2(TT)
1995	Cabo San Lucas B.C.S.	Henriette	158	H2
1996	Todos Santos	Fausto	130 (120)	H1 (H1)
1997	Bahía Tortugas	Nora	130 (120)	H1 (H1)
1998	Los Cabos	Isis	110 (120)	TT (H1)
1999	San José del Cabo	Greg	120	H1
2001	La Paz	Juliette*	120 (55)	H1 (DT 3v)
	San José del Cabo	Marty	160	H2
2003	Cd. Constitución	Ignacio	165	H2
2006	El Saucito	John	175	H2
2007	San José del Cabo	Henriette	130	H1
2008	Puerto Cortés, B.C.S.	Norbert	165 (140)	H2 (H1)
2010	Cabo San Lucas, B.C.S.	Georgette	65	TT
	Cabo San Lucas, B.C.S.	Lorena	75/95	TT
2013	Bahía Magdalena	Octave	55/75	DT
2014	Cabo San Lucas, B.C.S.	Odile	175/95	H2
	Cd. Constitución	Blanca	65/85	TT
2015	Santa Rosalía	16-E	55/85	DT
2017	Cabo San Lucas, B.C.S.	Lidia	65/85	TT

Categoría: escala de Saffir-Simpson, se clasifican en: H1, 119-153 (km/h); H2, 154-177 (km/h); H3, 178-209 (km/h); H4, 210-249 (km/h) y H5, mayor de 250 (km/h). TT: Tormenta tropical. Fuente: Elaboración con base en: Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). \*Ciclones que han entrado a la ciudad de La Paz B. C. S.

Las tormentas y huracanes afectan principalmente en regiones costeras expuestas. Dadas las características de la Bahía de La Paz, los efectos no son tan intensos como en otras

regiones menos protegidas. Al respecto, las estructuras Reef Ball que serán usadas en este proyecto, han sido sometidas a pruebas de corrientes de gran intensidad y no fueron desplazadas incluso aquellas que fueron sumergidas e instaladas exitosamente, en zonas de mayor dinámica marina como Isla Mujeres, Cancún y Cozumel en el estado de Quintana Roo.

#### IV.2.1.5 Geología y geomorfología

Debido a la falla de San Andrés, La península de Baja California se separa del continente americano, lo que aumenta el ancho del Golfo de California de 2 a 3 cm/año. La península se originó por eventos tectónicos y magmáticos, por lo cual se encuentran tres unidades litológicas: ígneas, sedimentarias y metamórficas, cuyas edades de formación abarcan desde la era Mesozoica hasta la Cenozoica.

Las unidades litológicas se generaron por subducción debido a la colisión entre las placas Oceánica Pacífica y Continental Americana; además corresponden a modelos geológicos de geosinclinal y de arco insular magmático marino y continental, ocurridos desde el Paleozoico Tardío. El estado de B.C.S. se incluye dentro la provincia fisiográfica Península de Baja California, la cual se divide en una Subprovincia llamada Subprovincia de la Sierra de La Giganta y en tres discontinuidades: Desierto de San Sebastián Vizcaíno, Llanos de la Magdalena y Del Cabo (Figura 24).

La provincia del estado de Baja California Sur, se extiende desde el norte de la ciudad de La Paz hasta al sur de Cabo San Lucas y está conformada por las sierras Las Cruces, El Novillo, La Gata, La Victoria (La Laguna, San Lorenzo y San Lázaro) y La Trinidad, que en conjunto tienen una alineación norte-sur. Su morfología es de montañas complejas altas y bajas en una etapa de madurez para una región árida.

El área de influencia del presente proyecto (Sitios A – C) se ubica en la discontinuidad del Cabo, la cual contempla el Sur de Bahía de La Paz y se extiende al sur del trópico de Cáncer y corresponde al extremo meridional del estado (Figura 24). Los sitios A (Club de Playa Puerta Cortés) y B (Las Pilitas), se crearon en el periodo terciario y la roca presente en el área es de tipo ígnea extrusiva. La roca más representativa de este grupo que predomina en los puntos de estudio A y B, es el granito que forma a la Sierra de Las Cruces.



Figura 24. Fisiografía del estado de Baja California Sur (Fuente: INEGI2017, Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica Escala 1:1 000 000, serie I.)

En cambio, el sitio C (Playa la Sorpresa), fue originado en el periodo cretácico y el área presenta roca ígnea intrusiva y no se presentan fallas o fracturas en el área de influencia del proyecto (Figura 25) (INEGI, 2017).

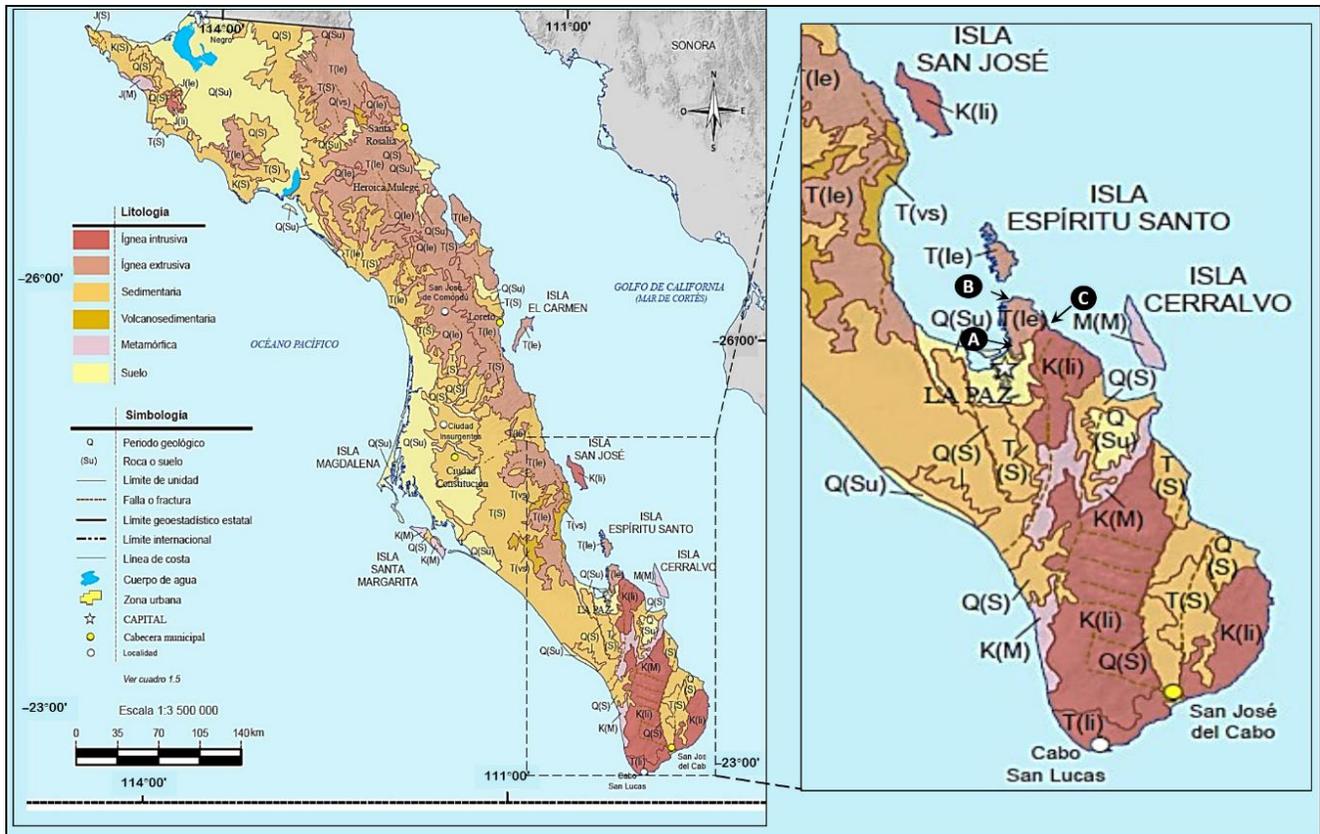


Figura 25. Litología de Baja California Sur. Modificada de INEGI (2017). En la figura B se indican los puntos de estudio (A-C).

## Susceptibilidad

De acuerdo a la Regionalización Sísmica de la República Mexicana establecida por la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 1993), la mayor parte de la península de Baja California se encuentra en zonas asísmicas que incluye la parte norte y noreste de México y la península de Yucatán. Sin embargo, considerando el origen de la península de Baja California, es común que se presenten sismos de magnitud 3 y de forma ocasional de magnitud 4 y 5.

El área de influencia del presente proyecto se encuentra ubicado dentro de zonas con intensidad sísmica baja (B) e intermedia (C). Ambas zonas registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo (Figura 26).

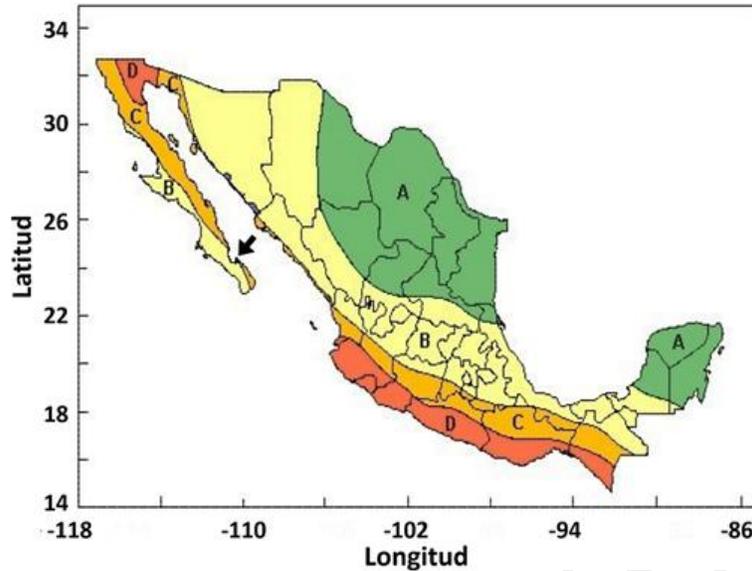


Figura 26. Regionalización Sísmica de la República Mexicana. Sismicidad muy baja (A), baja (B), mediana (C) y alta (D). Fuente: CFE, 1993. La flecha indica la zona de influencia del proyecto.

De acuerdo con CICESE (2018), en el 2017 se han presentado 25 sismos en el sur del Golfo de California correspondiente al estado de B.C.S., de los cuales se presentan sismos mayormente de escala 3 (n=19) y 2 (n=9), mientras que solo se registró un sismo con magnitud de 5 (n=1) (Figura 27).

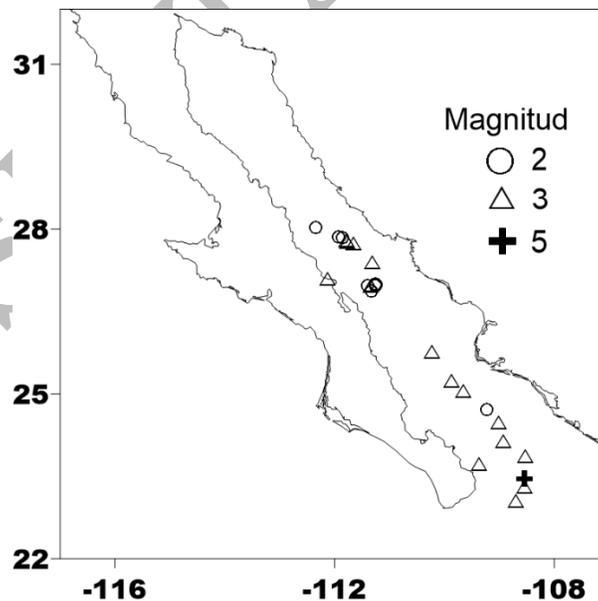


Figura 27. Sismos en Baja California Sur en 2017. Fuente: CICESE, 2018.

Los registros de sismicidad reciente en la Paz B.C.S. desde 2016 hasta 2018, reportan 10 sismos con intensidad que varía desde 2.5 a 4.1 grados de magnitud. Estos ocurrieron

mayormente en el 2017 (n=7) y para el presente año, se ha registrado un sismo de magnitud 3.6 grados ubicado a 120.18 km al este de la ciudad de La Paz (Figura 28).

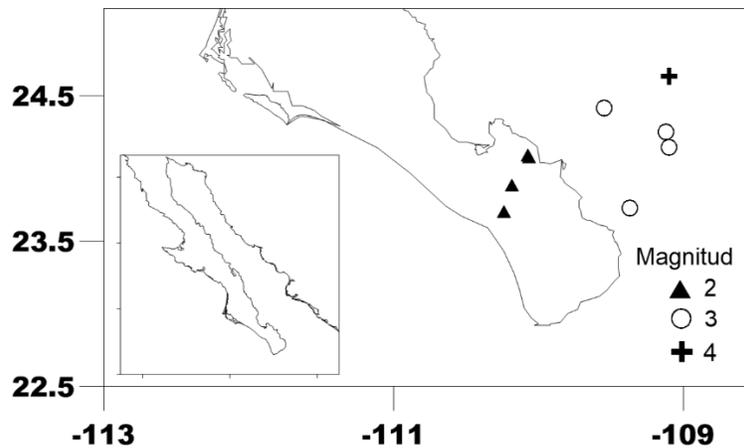


Figura 28. Sismos en el municipio de La Paz Baja California Sur en 2017. Fuente: CICESE, 2018.

### Tsunamis locales ocurridos México

En la costa del Pacífico de México, se diferencian dos zonas de hundimiento de borde de placas tectónicas que suelen presentar falla con movimiento vertical. En el Sur, la Placa de Rivera gira y la placa de Cocos se hunde bajo la Placa de Norteamérica a lo largo de la Fosa Mesoamericana. Esto constituye una frontera de colisión con hundimiento, generadora de tsunamis locales, algunos de los cuales han demostrado destructividad en las costas de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, con olas de hasta 10 metros de altura. Esta zona también es receptora de tsunamis lejanos y regionales, con alturas esperables menores (Figura 29). En contraste, al norte de la Placa de Rivera, la Placa del Pacífico se desliza hacia el norte con respecto a la Placa de Norteamérica, a lo largo de la falla de desgarre del Golfo de California. Esto propicia que las costas de Baja California, Sonora y Sinaloa no sean fuentes de origen de tsunamis locales, sino únicamente receptoras de tsunamis lejanos, con alturas máximas de ola de 3 metros (Figura 29).



Figura 29. Escenario sismo-tectónico de la costa del Pacífico de mexicano y su potencial para generación y recepción de tsunamis.

El Catálogo de Tsunamis en la Costa Occidental de México, documenta 124 tsunamis de origen lejano, local y regional desde 1732 hasta 2004. Del total de tsunamis registrados, 57 son de origen lejano, 65 locales y dos de origen regional. Hasta la fecha, ningún tsunami de origen lejano hasta ahora registrado ha tenido más de 2.5 metros de altura máxima de olas en las costas de México, lo que sugiere que el riesgo implicado es menor (Tabla 6).

Tabla 6. Tsunamis recientes observados o registrados en México (Fuente: CENAPRED 2018).

Fecha		Sismo			Tsunami		Olas
Año	Día/Mes	Epicentro	Zona	Tipo	Magnitud	Lugar de registro	Altura (m)
1992	01-sep	11.8° N; 87.4° W	Nicaragua	Regional	7.2	Isla Socorro	0.29
						Cabo San Lucas B.C.S.	0.28
1995	30-jul	24.2° S; 70.7° W	Chile	Lejano	7.8	Isla Socorro	0.23
						Cabo San Lucas B.C.S.	0.1
1995	09-oct	18.9° N; 104.1° W	México	Local	7.6	Manzanillo	2.0
						Cabo San Lucas B.C.S.	0.5
						Isla Socorro	0.2
						Barra de Navidad	5.1
						Melaque	4.5
						Cuastecomate	4.4

Fecha		Sismo			Tsunami		Olas
Año	Día/Mes	Epicentro	Zona	Tipo	Magnitud	Lugar de registro	Altura (m)
						La Manzanilla	0.4
						Boca de Iguanas	5.1
						El Tecuán	3.8
						Punta Careyes	3.5
						Chamela	3.2
						San Mateo	4.9
						Pérula	3.4
						Punta Chalacatepec	2.9
1996	21-feb	9.6° S; 80.2° W	Perú	Lejano	7.8	Isla Socorro	0.25
2003	22-ene	18.8° N; 103.9° W	México	Local	7.8	Manzanillo	1.2
						Lázaro Cárdenas	0.24
						Zihuatanejo	0.6
2004	26-dic	3.3° N; 95.8° E	Indonesia	Lejano	9	Manzanillo	0.80
						El Sauzal	0.2
						Cabo San Lucas	0.20
						B.C.S.	

Exceptuando el tsunami local ocurrido el 16-nov1925 en Zihuatanejo Guerrero, el cual fue provocado por un terremoto de magnitud de 7 que dio origen al tsunami con olas de hasta 11 m de altura, los otros registros más recientes (posteriores a 1950) mostraron olas  $\leq 5.1$  metros de altura. Actualmente, en México no se tiene registro de la ocurrencia de tsunamis tan destructivos como los de Chile (1960 y 2010); Alaska (1964); Sumatra (2004) y Japón (2011). Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que tsunamis de estas características puedan ocurrir en la costa del Pacífico Mexicano, específicamente en los Estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

De acuerdo al atlas nacional de riesgo por inundación, el estado de Baja California Sur presenta tres zonas en riesgo por fenómenos y perturbaciones geológicas (fenómenos geológicos causados directamente por los movimientos de la corteza terrestre). La Zona 1 incluye a la Ensenada de la Paz y la zona del Mogote (al sur de la Bahía de la Paz), son consideradas zonas de riesgo por ocurrencia de tsunamis lejanos (CENAPRED 2018). La zona 2 al suroeste de la paz BCS y la zona 3 se refieren a la Isla Magdalena, ambas en la costa occidental de Baja California Sur en el Océano Pacífico. Con base a los registros de tsunamis ocurridos en México, en La Paz B.C.S., se han registrado efectos de tsunamis lejanos y locales con olas de 0.2 a 1.5 m de altura. Sin embargo, la zona de influencia del proyecto que incluye a los puntos A (Club de Playa Puerta Cortés), B (Las Pilitas) y C (Playa la Sorpresa) no se encuentra dentro de la zona de riesgo de inundación por efectos de tsunamis (Figura 30).

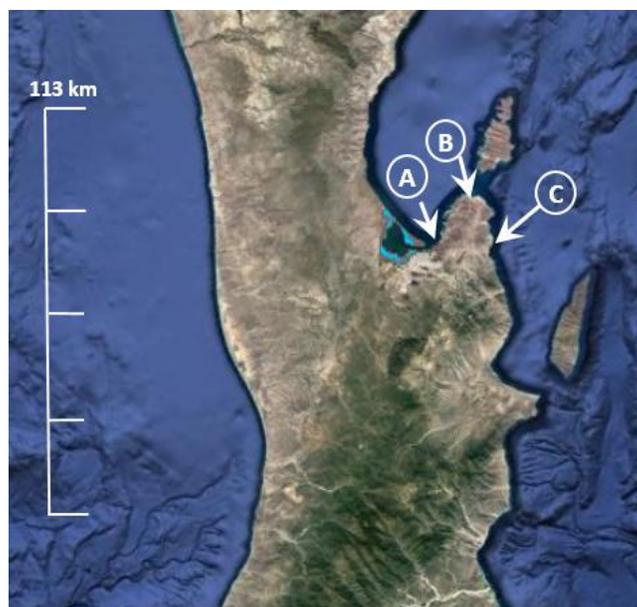


Figura 30. Escenario sismo-tectónico de la Ensenada de La Paz y su potencial para recepción de efectos (inundación) por tsunamis. Fuente CENEPRED 2018.

## Suelos

En México existen 26 de los 32 grupos de suelo reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (IUSS, 2007). Dominan los Leptosoles (28.3% del territorio), Regosoles (13.7%), Phaeozems (11.7%), Calcisoles (10.4%), Luvisoles (9%) y Vertisoles (8.6%) que, en conjunto, ocupan 81.7% de la superficie nacional (INEGI, 2007). La península de Baja California presenta suelos jóvenes los cuales son principalmente de cuatro clases: Arenosoles, Calcisoles, Leptisoles y Vertisoles (Tabla 7). Debido a la geología, topografía y clima, su textura es gruesa y poco fértil con escasa retención de humedad, lo que dificulta actividades como la agricultura o ganadería. Sin embargo, es apta para el desarrollo urbano y turismo con algunas restricciones que se derivan de su estructura granular, por lo que son suelos con poca consistencia y fácilmente erosionables.

Tabla 7. Suelos predominantes en el Estado de Baja California Sur.

CLASE	TOTAL	PORCENTAJE (%)
Arenosoles	94,605.92	56.23
Calcisoles	59,893.833	35.60
Leptisoles	3,757.236	2.23
Vertisoles	10,001.269	5.94
Total	168,258.258	100

La zona norte del estado presenta suelos Arenosol y Calcisol predominantemente. En la región central del estado, se presentan los tipos Arenosoles, Calcisoles y Vertisoles. Mientras en la porción sur del estado se presentan los Arenosoles y Calcisoles.

Los Arenosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados de textura arenosa que localmente pueden ser calcáreos. En pequeñas áreas puede aparecer sobre areniscas o rocas silíceas muy alteradas y arenizadas. Pueden aparecer sobre dunas recientes, lomas de playas y llanuras arenosas bajo una vegetación herbácea muy clara y en ocasiones en mesetas muy viejas bajo bosque muy claro. El clima puede ser cualquiera, desde árido a húmedo y desde muy frío a muy cálido. Este es el tipo de suelo predominante en la Península El Mogote.

En el municipio de La Paz B.C.S se presenta una variedad de nueve tipos dominantes de suelo, de los cuales, Regosol, Leptosol y Arenosol son los más comunes. El suelo Regosol (suelos jóvenes) resulta del depósito reciente de roca y arena acarreadas por el agua, normalmente se encuentran al pie de las sierras, donde son acumulados por los ríos que descienden de la montaña cargados de sedimentos. En el estado de Baja California Sur se presentan al pie de las principales sierras del estado. Los Regosoles se establecen como el grupo predominantemente más extenso, el cual es característico de climas desérticos y semidesérticos. El Regosol eútrico: presenta manto de material suelto, sobrepuesto a la capa dura de la tierra, principalmente compuesto por gravas. Proceden en gran medida de la desintegración de los diferentes materiales litológicos que conforman a los sistemas montañosos. En la Llanura Costera los Regosoles 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 varía de 8 a 12 mmhos/cm de conductividad eléctrica. Son de textura media y presentan una fase física lítica (INEGI, 2006).

El suelo Arenosol alude al tipo arenoso. Los Arenosoles se desarrollan sobre materiales no consolidados de textura arenosa que, localmente, pueden ser calcáreos. En pequeñas áreas puede aparecer sobre areniscas o rocas silíceas muy alteradas y arenizadas. Aparecen sobre dunas recientes, lomas de playas y llanuras arenosas bajo una vegetación herbácea muy clara y, en ocasiones, en mesetas muy viejas bajo un bosque muy claro. El clima puede ser cualquiera, desde árido a perhúmedo y desde muy frío a muy cálido. El perfil es de tipo semicálido (AC), con un horizonte ocasionalmente frío (E). En la zona seca solo se presenta un horizonte ócrico superficial. En los trópicos perhúmedos tienden a desarrollar un horizonte albico. En la zona templada húmeda muestran rasgos aluviales de humus, hierro y arcilla, sin llegar a tener carácter diagnóstico. A nivel área de influencia se desarrolla un tipo de suelo arenosol sódico el cual tiene 15 por ciento o más sodio (Na), más magnesio (Mg) intercambiables en el complejo de intercambio dentro de 50 cm de la superficie del suelo en todo el espesor.

En el área de influencia del proyecto se encuentran dos tipos de suelo. Los sitios A (Club de Playa Puerta Cortés) y B (Las Pilitas) presentan suelo Leptosol (Figura 31), los cuales se establecen como el grupo predominante a nivel nacional, encontrándose en la Sierra Madre Oriental, la Occidental y la del Sur, las Penínsulas de Yucatán y Baja California y una vasta

región del Desierto Chihuahuense. Este tipo de suelo se caracteriza por tener una profundidad muy somera de 10 cm en promedio, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo, se encuentran estrechamente relacionados con los Regosoles, Cambisoles y Vertisoles (CIBNOR, 2013; INEGI, 2006).

En cambio, que el punto de estudio C (Playa la Sorpresa) se encuentra en suelo Regosol (Figura 31).

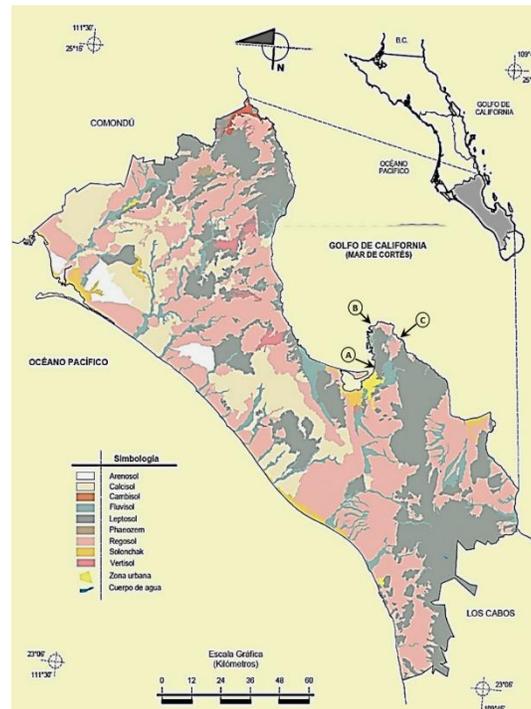


Figura 31. Grupo de suelos el municipio de La Paz y del área de influencia del proyecto. (Club de Playa Puerta Cortés) y B (Las Pilitas), (Playa la Sorpresa).

#### IV.2.1.6 Hidrología superficial y subterránea

##### Superficial

Baja California Sur presenta cuatro Regiones Hidrológicas (RH02, RH03, RH05 y RH06). Esta última región hidrológica, cuenta con una superficie de 11,500.31 km<sup>2</sup>, la cual se encuentra ubicada en la parte sur y sureste del estado. El drenaje se define de paralelo a subparalelo y dendrítico, conformado por corrientes intermitentes que desembocan en el Golfo de California.

La zona de influencia del proyecto que incluye los puntos A (Club de Playa Puerta Cortés) y B (Las Pilitas), y C (Playa la Sorpresa) se ubican en la sexta Región Hídrica (RH06): Baja California Sur-Este (La Paz), en la cuenca A (La Paz–Cabo San Lucas), sub cuenca d (Las Palmas; Figura 32). La cuenca A) Arroyo La Paz – Cabo San Lucas va desde el oeste de la punta El Mogote hasta Cabo San Lucas. Limita al este con la RH03, al occidente con las cumbres de la Sierra La Laguna, San Lorenzo y la victoria. Incluye las ciudades de La Paz,

San Antonio, San Bartolo, Buena Vista Santiago, Caduaño, San José del Cabo y Cabo San Lucas. Cuenta con una superficie de 6,872.48km<sup>2</sup>.

La cuenca A, se orienta de Noroeste a Suroeste, con pendiente hacia el Golfo de California. Por la aridez de la zona, así como por las características geológicas, el coeficiente de escurrimiento para toda el área es de 0 a 5% lo que ocasiona la ausencia de corrientes superficiales permanentes de importancia.

La zona en donde se localiza el punto C (Playa la Sorpresa) está caracterizada por la presencia de suelos con fase sódica en la zona costera y en menor proporción suelos con fase salina. Específicamente para el área del proyecto se presentan los dos tipos de fases siendo de mayor cobertura la sódica y en la zona cercana a la costa predomina la fase salina.

La hidrografía de la región está constituida por gran cantidad de arroyos provenientes de los flancos orientales de las sierras: Los Filos de los Treinta y Cinco, Tarabillas y La Giganta entre otros rasgos orográficos. Estas corrientes son de corta trayectoria y de pequeños cauces que desembocan en el Golfo de California. En la región, son escasos los embalses y cuerpos de agua. El agua tiene un uso exclusivo para las labores pecuarias (INEGI, 1996).

En la Región Hidrológica 6, las corrientes superficiales que existen son de longitud corta y únicamente llevan agua en forma esporádica, es decir, los arroyos son cauces secos intermitentes. En virtud de que la lluvia es de escasa intensidad y duración, y las serranías se encuentran cerca de la costa, ocasiona que nunca se establezca un régimen de escurrimiento que permita la formación de corrientes permanentes. Entre los arroyos más destacados en la zona son: El Coyote o Vinoramas, Las Cruces, Boca del Rosario y Agua de Vázquez, escurrimientos ubicados dentro del SAR.

Las corrientes son de carácter torrencial, efímero y drenan al Océano Pacífico. Los cauces más importantes son: Los Altares, Santa Inés, San Jacinto, con longitud de 25 Km, El Caracol, con 120 Km y Candelaria con 28 Km. Para esta cuenca se obtuvo un coeficiente de escurrimiento medio de 7.61% y un volumen medio anual drenado de 130.106 millones de m<sup>3</sup>, de un volumen medio precipitado de 1'709.335 millones de m<sup>3</sup>. El recurso es usado principalmente por la agricultura y ganadería (INEGI, 1996).

La presa de la Buena Mujer constituye la única obra dentro del municipio en donde se pretende realizar este proyecto. La presa, se construyó para el control de avenidas extraordinarias que pudieran ocasionar daños a la ciudad de La Paz y a sus habitantes. Esta presa se encuentra a 14 Km de la ciudad de La Paz y a 21.7 Km promedio de los sitios de influencia del proyecto en cuestión (A: Club de Playa Puerta Cortés, B: Las Pilitas y C: Playa la Sorpresa. Sin embargo, dentro del área de influencia del proyecto, específicamente no se encuentran cuerpos de agua ni zonas de escurrimiento importantes, encontrándose agua únicamente en época de lluvias, esto se debe al clima, tipo de vegetación y propiedades edafológicas.

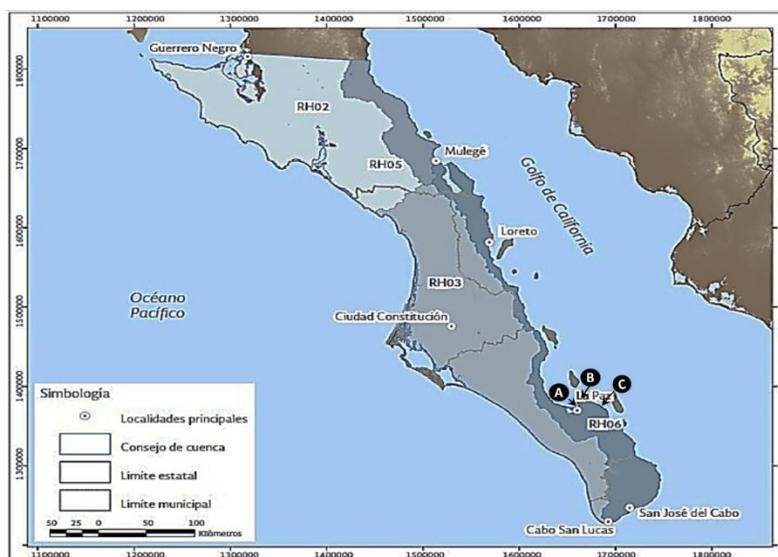


Figura 32. Regiones hidrológicas, Baja California Sur.

La geomorfología y la ubicación geográfica de La Bahía de La Paz, definen sus características hidro-meteorológicas como escurrimientos, infiltración, precipitación, evaporación. Durante los años de moderada precipitación el volumen de agua que ingresa al subsuelo es del 5 al 15% (Cruz-Falcón et al. 2011).

#### IV.2.1.7 Oceanografía

El tipo de crecimiento y el asentamiento de diferentes especies de los organismos pelágicos y bentónicos son influenciados (entre otros factores) por las condiciones físicas y químicas del agua, tales como salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y profundidad. Conocer la dinámica de tales variables, proporciona información relevante que permite tomar decisiones con base a conocimientos científicos que incrementen la posibilidad de éxito del presente proyecto.

#### *Caracterización fisicoquímica de los sitios de influencia del proyecto*

##### **Temperatura**

Los perfiles acumulados de temperatura en periodo de 10 años en Bahía de La Paz y zona oceánica adyacente muestran marcada variación de éste parámetro. Sin embargo, en la época de primavera, se presenta un gradiente térmico vertical de  $0.16\text{ }^{\circ}\text{C m}^{-1}$  en los primeros 50 m. En cambio, en verano, la temperatura superficial promedio es de  $24.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con gradiente térmico vertical de  $0.12\text{ }^{\circ}\text{C m}^{-1}$ . En otoño, la temperatura superficial es de  $28.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  con gradiente térmico promedio de  $0.18\text{ }^{\circ}\text{C m}^{-1}$ . La época de invierno muestra temperatura superficial media de  $19.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los valores de temperatura superficial y vertical (a 10 m de profundidad) observados en el sitio A (Club de Playa Puerta Cortés), fueron  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivamente. El sitio B (Las Pilitas), muestra temperatura homogénea de  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  desde la superficie hasta los primeros 10 m de profundidad en el mes de marzo. C (Playa la Sorpresa) presenta variación en la temperatura que va de 21 en la superficie hasta  $18.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  en 50 m de profundidad (Guevara-Guillén, 2011).

Los registros más puntuales para el punto C (Playa La Sorpresa) muestra diferencias en cuanto a la temperatura registrada para cada una de las épocas del año (fría, transición y cálida). La temperatura registrada en abril y mayo (época fría) del año 2010 fue de 21°C mientras que en julio y octubre (época cálida) se registraron temperaturas de 26°C y 29°C respectivamente, en el año 2012 registra temperaturas más altas para la época fría en comparación con el año 2010, en mayo la temperatura es de 25°C y en diciembre de 22°C mientras que la temperatura en junio y octubre (época cálida) del año 2012 fueron de 27°C y 29°C respectivamente (Figura 33).

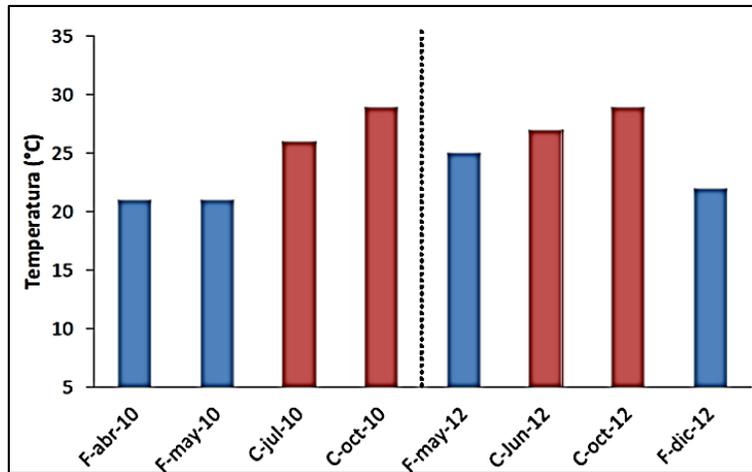


Figura 33. Temperatura observada en el punto C (Playa la Sorpresa) en el año 2010 y 2012. con la letra (F) a los meses que corresponden a la época fría Tomado de Sanchez-Caballero (2014).

### Salinidad

La bahía de La Paz, es un sistema barotrópico, los perfiles de temperatura y salinidad presentan poca variación, por lo que son muy parecidos en toda la bahía; las isobatas e isopicnas son paralelas y la columna de agua se mantiene estable (Torrez-Alfaro, 2010).

En la Bahía de La Paz, la salinidad varía dependiendo de la estación del año. En primavera se presentan diferencias principalmente en los primeros 100 m con una haloclina bien definida desde la superficie hasta 100 m, con un gradiente de 0,01 ups/m en los primeros 50 m. En la capa superficial (-50 m) se pueden presentar tres masas de agua: aguas del Golfo de California, agua Superficial Ecuatorial y agua Subsuperficial Subtropical mientras que a mayores profundidades se encuentran agua Subsuperficial (Obeso-Nieblas *et al.*, 2008).

En verano la salinidad varía entre 35 y 35,7 ups. La vertical haloclina varía en la capa superficial de 150 m. En los primeros 50 m se presenta un gradiente de 0,006 ups/m. Entre los 150 y 200 m se encuentra principalmente la masa de agua del Golfo de California y en menor proporción distribuida en la bahía agua Superficial Ecuatorial y agua Subsuperficial Subtropical (Obeso-Nieblas *et al.*, 2008).

En otoño la salinidad superficial promedio es de 35.1 ups hasta los 35 m, y 35.6 ups hasta los 50 m. La haloclina entre los 50 y 100 m de profundidad tiene un gradiente de 0,0125 ups/m. A mayores profundidades, la salinidad disminuye gradualmente. Se encuentran

masas de agua Superficial Ecuatorial hasta los 80 m, aguas del Golfo de California hasta los 110 m y a mayor profundidad aguas Subsuperficiales Subtropicales (Obeso-Nieblas *et al.*, 2008).

En invierno se pueden presentar una capa mezcla de 55 m y una haloclina escarpada con un gradiente de 0,009 ups/m. Con salinidades entre los 35 a 35.5 ups, la cual disminuye a mayor profundidad. Igualmente, se pueden presentar tres masas de agua: aguas del Golfo de California, agua Superficial Ecuatorial y agua Subsuperficial Subtropical mientras que a mayores profundidades se encuentran agua Subsuperficial Subtropical (Obeso-Nieblas *et al.*, 2008).

Los antecedentes de salinidad en el área de influencia del proyecto muestran para el punto A (Club de Playa Puerta Cortés) un intervalo de salinidad en la superficie de 35.5, mientras que, a 10 m de profundidad, éste parámetro es de 36.5 ups. El punto B (Las Pilitas) muestra valores de salinidad constantes en los primeros 10 m de la columna de agua (35.3 ups), probablemente influenciada por el Agua Superficial Ecuatorial (ASE) que denota la intrusión de agua del Golfo de California. Los registros del punto C (Playa la Sorpresa), la cual se encuentra ubicada en la zona adyacente a la Bahía de la Paz, muestra menor salinidad superficial de 35.3 y 35.4 (a 10 m de profundidad) (Obeso-Nieblas *et al.*, 2008, Guevara-Guillén, 2011).

### **Oxígeno disuelto**

La concentración de oxígeno disuelto en La Bahía de La Paz desciende rápidamente por debajo de los 50 m de profundidad con concentraciones <1 ml/l por 100 m y <0.5 ml/l por 300 m (Silverberg *et al.*, 2014). Esto refleja la conexión libre a través de los 275 m de profundidad en el norte de la bahía con el agua sub-superficial pobre en oxígeno adyacente en el sur del Golfo de California (Alvarez-Borrego and Lara-Lara, 1991; Seibel, 2011).

En la ensenada de La Paz, el oxígeno disuelto varía a lo largo de toda la primavera con concentraciones de 3.56 a 6.92 ml/l con un promedio de 5.27 ml/l. En cambio, en verano el agua es menos oxigenada con concentraciones de 2.92 a 5.7 ml/l con promedio de 3.8 ml/l. La concentración promedio de oxígeno registrada en el periodo Primavera-verano en el punto A (Club de Playa Puerta Cortés) es de 4.24 ml/l (Cervantes-Duarte y Guerrero-Godínez, 1988).

### **pH**

El pH en la costa occidental de Baja California puede presentar valores entre los 7.8 y 8.04 los cuales se encuentran correlacionados directamente con la temperatura (Hernández-Ayón, 2003).

### **Nutrientes**

El Golfo de California presenta una alta disponibilidad de nutrientes debido a la surgencia por viento (eólica), mezcla de marea y circulación termohalina, los cuales se presentan principalmente al norte y en la parte media del golfo (CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA, 2007).

La Bahía de La Paz presenta dos periodos durante el año: uno de baja concentración de clorofila (junio a noviembre) y otro de alta concentración (diciembre a mayo) (Coria-Monter et al. 2014).

De acuerdo con Guevara-Guillen et al. (2018), los valores de clorofila (Cl -a) para la Bahía de La Paz en el periodo de 10 años (2000-2009) mostró un promedio anual de  $0.76 \text{ mg m}^{-3}$ . Sin embargo, durante la temporada de invierno que comprende de diciembre - marzo, se observaron valores altos ( $0.78 - 1.28 \text{ mg m}^{-3}$ ) y los valores más altos se registraron en los meses Enero y Febrero ( $1.24 - 1.28 \text{ mg m}^{-3}$ ). En cambio, de Abril a Noviembre (verano - transición) excepto en Junio se observaron valores de baja concentración de Clorofila y los meses de Septiembre y Octubre ( $0.34 - 0.33 \text{ mg m}^{-3}$ ) fueron los meses menos productivos (Figura 34).

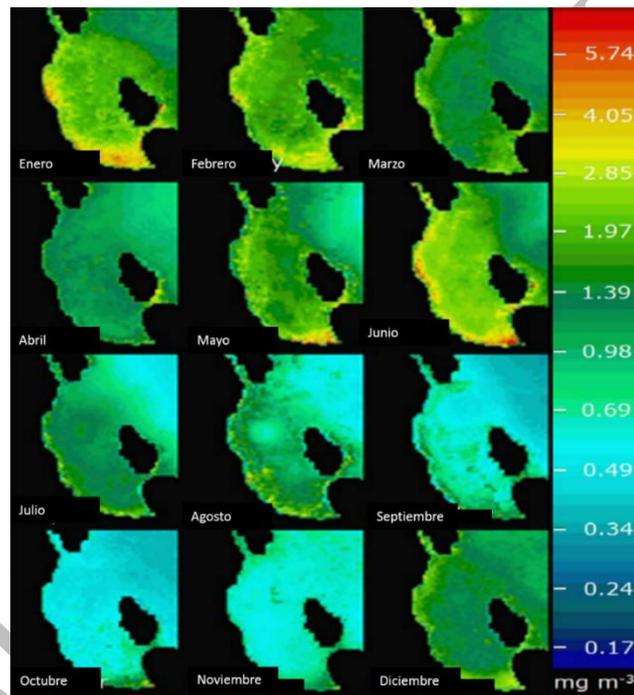


Figura 34. Distribución anual de Clorofila a. Tomado de Guevara-Guillén (2018)

A lo largo de la Ensenada de La Paz se observan concentraciones variables de amonio, nitritos, nitratos y fosforo. Durante la primavera, la concentración promedio de amonio en superficie es de  $1.38 \mu\text{mol/l}$  y en fondo es de  $1.9 \mu\text{mol/l}$ , siendo menor en verano con concentraciones de  $1.01 \mu\text{mol/l}$  en superficie y  $0.81 \mu\text{mol/l}$  en fondo. Los nitritos no presentan variación en la concentración promedio en superficie o fondo con valores en primavera de  $0.12 \mu\text{mol/l}$  y en verano de  $0.11 \mu\text{mol/l}$ . Los nitratos varían poco en la columna de agua, presentando en primavera una concentración promedio en superficie de  $0.44 \mu\text{mol/l}$  y en fondo de  $0.42 \mu\text{mol/l}$ , siendo igual en verano con  $0.30 \mu\text{mol/l}$  en superficie y fondo. Los fosfatos presentan una concentración superficial promedio de  $1.75 \mu\text{mol/l}$  y  $1.81 \mu\text{mol/l}$  en fondo durante la primavera y  $1.31 \mu\text{mol/l}$  en superficie y  $1.33 \mu\text{mol/l}$  en fondo durante el verano (Cervantes-Duarte y Guerrero-Godínez, 1988).

### **Tipo de costa.**

Según la clasificación genética de Shepard (1976), en la Bahía de La Paz predominan las costas primarias, aunque también se pueden distinguir algunas costas secundarias. Entre las costas primarias se pueden encontrar aquellas moldeadas por la erosión continental, fallas y acumulación continental, mientras que entre las que resultan de la acción de procesos marinos o secundarios se observan costas de barrera, costas de manglar y costas rectas e irregulares, moldeadas por el oleaje. Otra característica de la zona costera es la que se presenta a través de su playa o borde litoral. Donde se manifiestan los correspondientes a sedimentos finos, gruesos, gravosos y acantilado. Las secciones detectadas para la zona de influencia del proyecto se caracterizan, en el punto A (Club de Playa Puerta Cortés), por presentar costa de depositación continental. En este sentido, la colocación de las estructuras no provocará la eliminación o remoción de ningún ecosistema sumergido, por el contrario, con la creación del arrecife se proveerá de sustrato apto para ser colonizado por diversas especies de flora y fauna.

En el punto B (Las Pilitas) y C (Playa la Sorpresa) se presenta principalmente costa de erosión continental y en gran parte a zona de playa gravosa y cantiles y en menor proporción playa de arena media a fina.

### **Sedimentología costera**

En las playas de la bahía los sedimentos son principalmente de tipo arenoso. Las concentraciones de carbonatos van de 20 y 25%, distribuidas en forma de cuñas, desde el canal de San Lorenzo y hacia el norte de la bahía. Este modo de distribución probablemente obedezca a la acción de las corrientes de marea de flujo que introducen el sedimento y lo distribuyen en esa forma o también a la relativa abundancia de organismos bentónicos de composición calcárea (Nava-Sánchez y Cruz-Orozco, 1989). De acuerdo con López-López (2013), la proporción más alta de material calcáreo se encuentra en algunas bahías como Balandra al norte de Pichilingue y San Gabriel en la isla Espíritu Santo y además en el canal de San Lorenzo. En esta zona se localiza el punto B (Las Pilitas).

### **Circulación**

En base al comportamiento superficial de los radiolarios y a la geomorfología de los depósitos costeros, se sugiere un patrón de circulación superficial de agua en la bahía, en donde: 1) las aguas del Golfo de California penetran por la boca noroeste, 2) la energía del oleaje origina una corriente litoral de norte a sur por su margen occidental y, 3) las aguas del Canal San Lorenzo, que penetran por su boca sureste, generan corriente hacia el norte y sur por los márgenes costeros. En este sentido, en la zona de influencia del proyecto, se presenta influencia por la corriente litoral de norte a sur para el punto A (Club de Playa Puerta

Cortés). Mientras que los puntos B (Las Pilitas) y C (Playa la Sorpresa) son influenciados por las aguas del Golfo de California (Figura 35).

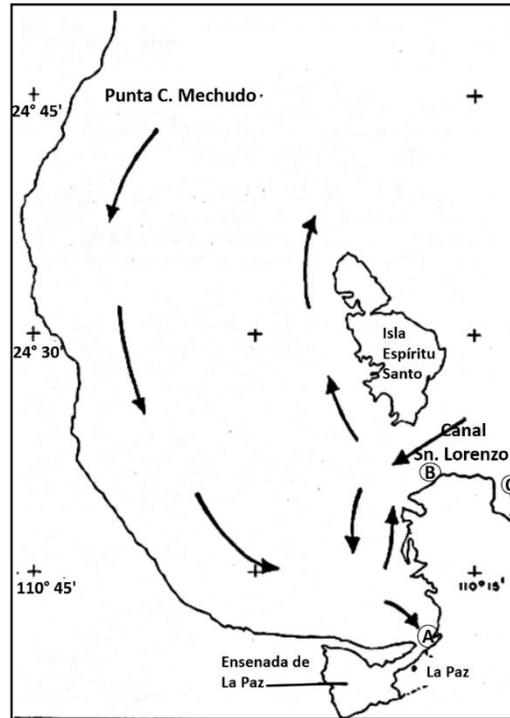


Figura 35. Corriente superficial de Bahía de La Paz, B. C. S.

### Oceanografía física

La circulación general y variabilidad del Golfo de California (GC) está influenciado por procesos oceanográficos y atmosféricos que ocurren en el Océano Pacífico (OP). Esos factores envuelven fenómenos relevantes en el GC, tales como el calentamiento y balance en salinidad, circulación termohalina y barotrópico, fuerzas de marea y movimientos de baja frecuencia, así como los procesos atmosféricos en la interface aire-mar (momentum, calor e intercambio de agua dulce) e interacciones no lineales de todos esos fenómenos con topografía de fondo (Guevara-Guillén et al. 2018).

La bahía presenta tres masas de agua: 1) proveniente del canal de San Lorenzo, en el oriente, con gran variedad en los factores hidrológicos (salinidad, temperatura y oxígeno disuelto) debido a la fuerte influencia de las corrientes de marea; 2) es más estable y está influenciada por el sur del Golfo de California (en el noreste de la bahía); y 3) se origina en el contacto de los dos anteriores. Al norte de la bahía se observa la mayor estabilidad en las masas de agua (Torrez-Alfaro, 2010).

La circulación del agua en general es ciclónica (contrario a las manecillas del reloj), impulsada por los vientos del noreste (Coromuel). El agua de la bahía se introduce por su apertura norte y sale por el canal de San Lorenzo; por corrientes de marea que fluyen a una velocidad de 1 m/s (Torrez-Alfaro, 2010).

La bahía está influenciada por un régimen de brisa y tres patrones de viento: “Coromueles”, viento medio de 5 m/s proveniente del noroeste; “Nortes”, vientos extremos con velocidades de 10 m/s y “Coyas”, provenientes del sureste. La humedad relativa es del 50 % durante el día en un clima semidesértico (Torrez-Alfaro, 2010; Figura 36).

La capa de mezcla se presenta a profundidades mayores a 100 m en el centro de la bahía, con excepción de la parte más somera al sur-sureste en las cercanías del canal de entrada a la laguna costera y la laguna en sí (Torrez-Alfaro, 2010).

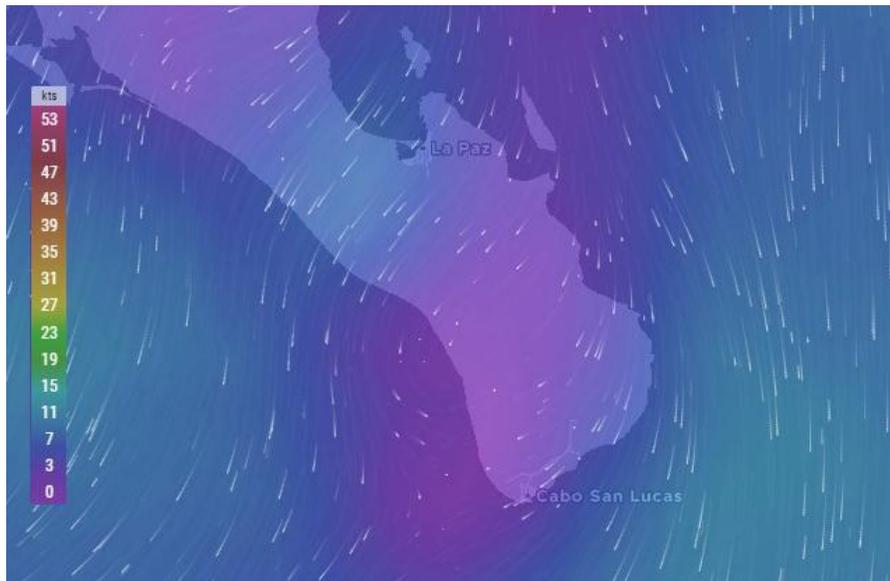


Figura 36. Patrón de vientos. Fuente: windfinder.com.

### Batimetría

La bahía se caracteriza por ser una depresión marina somera a profunda, que aumenta progresivamente de profundidad de sur a norte. La Bahía de La Paz presenta profundidades promedio de 71 m, con valores mínimos de 2.6 m y de hasta 324 m. Frente a la desembocadura de la Ensenada de La Paz, es un área relativamente somera en donde se localiza el punto A (Club de Playa Puerta Cortés) se encuentran profundidades de 5 a 20 m (Figura 37; Del Monte et al., 2005). En cambio, en el área correspondiente al canal de San Lorenzo (punto B, Las Pilitas) se presentan profundidades de 20 a 200 m hasta profundidad máxima de 750 metros en la parte este del canal, sin embargo, el polígono propuesto no alcanza profundidades mayores a 30 m. Aunque el punto C (Playa la Sorpresa) se localiza entre la Isla Cerralvo (la cual presenta una profundidad máxima de 320 metros), la variación batimétrica observada en el punto C es muy poco abrupta donde a una distancia variable de 600 a 1,200 metros se distribuye la plataforma desde playa. La profundidad promedio de cambio a esa distancia varía de 10 a 40 metros de profundidad. Se presentan sitios con profundidad de -80 metros a una distancia de 1700 metros de la costa. En el sitio C (Playa la Sorpresa) se presenta una pendiente promedio del 2-3 grados. En zonas donde la profundidad cambia drásticamente (-20 metros a -40 metros) se tienen pendientes de 8

grados, para zonas de -40 a -80 metros se tienen pendientes de 18 grados. Sin embargo, la profundidad de los sitios de muestreo de playa La Sorpresa hasta los islotes oscila de 4-11.

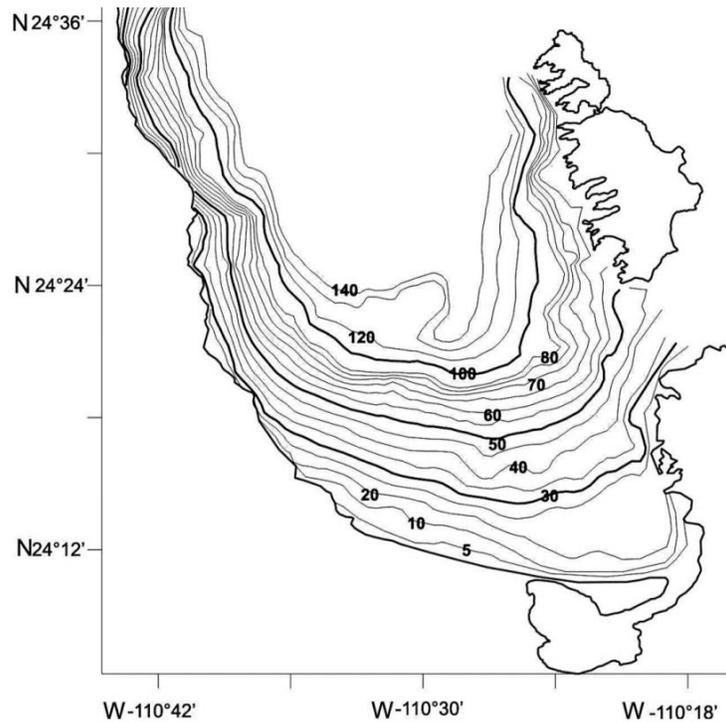


Figura 37. Batimetría de la Bahía de La Paz. Fuente: Del Monte, 2005.

La plataforma en donde se ubica el punto C (Playa la Sorpresa), frente a Punta Los Muertos, la plataforma interna es relativamente somera (profundidades menores a 20.0 m) y presenta dos pequeños afloramientos de roca; el ancho en esta zona es de aproximadamente 1140.0 m entre la punta rocosa y el quiebre de la plataforma. Hacia la parte media el ancho de la plataforma disminuye a 1000.0 m y en el extremo noroeste, frente a Punta Rosario, se reduce a 600.0 m aproximadamente. Frente a Punta Los Muertos destaca la presencia de una amplia plataforma de abrasión (erosión por oleaje) que disminuye su amplitud hacia el sureste. Entre esta plataforma y el borde de la plataforma interna, se observa una estructura en forma de valle submarino que se extiende hacia el sureste internándose en la Ensenada El Palo. El quiebre o borde de esta plataforma desciende abruptamente desde los 20.0 m hasta los 80.0 m de profundidad, este rasgo se asocia al fallamiento normal noroeste-sureste que se presenta en la parte occidental del sur de la península, que a su vez está asociado al fallamiento regional del Golfo de California.

Los valores de inclinación (pendientes de 2 – 6°) del fondo, registrados en el punto C (Playa la Sorpresa), confirma la presencia del pequeño escalonamiento entre las distintas zonas batimétricas.

El impacto que las estructuras Reef Ball® causará en la topografía submarina local, será prácticamente nulo y puntual, es decir, solo ocurrirá en el sitio en donde se instale el arrecife

artificial, cuya edificación está diseñada para no interrumpir el desplazamiento de especies marinas ni causar problemas a la navegación de embarcaciones ribereñas.

### **Corrientes**

La circulación superficial en Bahía de La Paz, está ligada al patrón de vientos estacionales y a un sistema relativamente estable de corrientes costeras generado por mareas. Las corrientes generadas por las mareas en la bahía tienen una magnitud menor a la influencia ejercida por los vientos y las otras ondas presentes. Sin embargo, las velocidades de las corrientes significativamente mayores son registradas durante tormentas. Mientras que, las corrientes en la boca y en la parte interior de la Ensenada de La Paz, están determinadas básicamente por la acción de las mareas. En esta zona, se contempla el punto A (Club de Playa Puerta Cortés). En cambio, las corrientes en Canal San Lorenzo (punto B Las Pilitas), y frente a Cabeza de Mechudo son fuertemente influenciadas por los efectos de ondas de bajas frecuencias, contrastando con la costa de El Mogote, donde las altas frecuencias son las que predominan (Obeso-Nieblas, 2010).

En el área que comprende el punto B (Las Pilitas) y el C (Playa la Sorpresa), se presentan en la zona de playa corrientes superficiales de 0 a 0.10 m/s. en la zona correspondiente a batimetría de 0 a -10 metros se presentan corrientes con velocidades de 0.1 a 0.26 m/s. En las zonas con profundidades mayores a -40 metros y -60 metros, se estimaron velocidades de 0.15 a 0.30 m/s. La marea que se presenta en esta zona, corresponden al tipo mixto semidiurno con pleamar máxima de 0.86 m sobre el nivel medio del mar y mínima de -0.95 m. Este tipo de marea presenta amplia desigualdad en el rango y en el tiempo entre las pleamares y bajamares de cada día, indicando que la marea es el factor dominante en la corriente observada.

La dinámica de corrientes marinas no se verá interrumpida, ya que las estructuras que se sumergirán en el mar están diseñadas para permitir la circulación libre entre las oquedades del Reef Ball®.

### **Mareas**

En el Golfo de California solo 3% de la variación del nivel de marea es astronómico y el resto depende de dicha co-oscilación. En cambio, las mareas de la Bahía de La Paz dependen de la co-oscilación de la marea en el Golfo de California y ésta a su vez de la co-oscilación con el Océano Pacífico. La marea en la bahía es semidiurna, con reflujos intensos entre pleamar y bajamar, lo que da lugar a corrientes de marea fuertes mayores que corrientes de reflujos (Torrez-Alfaro, 2010). La marea tiene una mayor influencia en el patrón de circulación y el viento influye mayormente en las zonas poco profundas y canales, llegando a dominar el patrón de circulación general. En el canal de navegación del puerto de La Paz se han registrado velocidades de corriente de marea mayores a 1 m/s (Torrez-Alfaro, 2010). La zona de influencia del presente proyecto, particularmente en el punto A (Club de Playa Puerta Cortés) se presenta un régimen de mareas de tipo mixto semidiurno con corrientes que alcanzan velocidades máximas en el canal de mareas de la Ensenada de La Paz (100 cm/s). Mientras que en el canal de San Lorenzo (punto B Las Pilitas), las mareas son más bajas (25 cm/s) (Álvarez-Arellano y Murillo Jiménez, 1989). No obstante, el canal San Lorenzo y

es caracterizado por una intensa mezcla producida por las corrientes de marea en dicho canal, lo que también provoca gran variabilidad anual de los parámetros fisicoquímicos (salinidad, temperatura y oxígeno disuelto). En este sentido, en esta zona con baja velocidad de marea, se espera que la creación de arrecifes artificiales con estructuras Reef Ball® favorezca la dinámica de dicho punto.

## Oleaje

En la laguna de La Paz el oleaje y la marea son mínimos, aunque ejercen una gran influencia en sus márgenes. Sin embargo, el oleaje en la bahía de La Paz, generado por los vientos, comúnmente alcanza hasta 60 cm de alto (López-López 2013).

En la Tabla 8, se presentan los registros de oleaje para la Bahía de La Paz reportados por Troyo-Diéguez (2013). Se puede observar que, en la Bahía de La Paz, durante el invierno, la altura significativa varía de 0.49 a 0.55 m con períodos significativos asociados, entre 4.3 y 6.0 segundos, es decir, tiene las características de oleaje local.

El registro con que se cuenta para las condiciones de verano muestra que la energía de oleaje incidente durante esta época del año es mucho menor. La altura significativa es de 0.25 m con un período significativo asociado de 5.0 segundos. Se observa claramente que el oleaje proviene principalmente del NNE y WNW, inclusive en el verano. Esto sugiere que, aunque en el Golfo de California el oleaje sea del sureste, la refracción que experimenta hace que arribe del NNE a la costa al sur de la Bahía de La Paz.

La Playa La Sorpresa (punto C, de este proyecto) se encuentra expuesta principalmente al oleaje proveniente del norte, noreste y noroeste, siendo este último el predominante durante el invierno. Hacia el sureste la ensenada se encuentra relativamente protegida por la Isla Cerralvo. El “Fetch” (distancia sobre la que sopla el viento durante un tiempo determinado para generar olas) ortogonal (NE) a la playa La Sorpresa mide aproximadamente 178 km, el del norte (N) 320 km, del noroeste (NW) 540 km y del sureste 500 km. Como se puede ver en la figura siguiente la parte sur de la Bahía de La Paz y la Playa La Sorpresa tienen una exposición directa al oleaje proveniente del norte y noroeste (Figura 38).

Tabla 8. Estadística de oleaje reportada para la Bahía de La Paz.

Localidad	Altura significativa (Hs) (Metros)	Periodo significativo (Ts) (Segundos)	Dirección de arribo (Grados)
Noviembre 1994	0.55	4.8	288 (WNW)
Noviembre 1995	0.49	4.3	355 (NNE)
Agosto 1996	0.25	5.0	356 (NNE)
Febrero 1998	0.51	6.0	356 (NNE)

El oleaje de mayor importancia en la costa peninsular de la bahía y en Canal San Lorenzo (punto B Las Pilitas), es de tipo local y se presenta durante el invierno y parte del otoño, cuando los vientos del noroeste y del norte son más intensos y persistentes y cuentan con un importante fetch. Estos vientos son capaces de desarrollar un oleaje local importante en un tiempo relativamente corto (Obeso-Nieblas, 2003). La propagación del oleaje es muy similar al comportamiento de los vientos locales que en condiciones extremas de vientos durante el invierno han generado olas de hasta 170 cm (CONANP, 2006).

Entre tanto, durante el verano se puede apreciar un oleaje predominantemente de tipo swell relativamente pequeño, debido a que los vientos del sureste y sur que predominan en la región, no son capaces de desarrollar oleaje de tipo local, porque no cuentan con un fetch significativo (Obeso-Nieblas, 2003).

La dinámica de las playas y de las zonas adyacentes es directa o indirectamente producto de la acción de las olas. Estas mueven los sedimentos y consecuentemente modifican la configuración del fondo y de la línea de costa, además de la distribución de los sedimentos. Ellas también generan corrientes que facilitan el transporte litoral (Obeso-Nieblas, 2003).



Figura 38. A. Playa La Sorpresa su exposición al oleaje proveniente de las direcciones de las principales zonas de generación.

### Transporte litoral

El transporte litoral es el movimiento de arena causado por la incidencia oblicua del oleaje, éste cambia dependiendo de las condiciones climáticas, siendo más abundante durante los huracanes (Nava-Sánchez et al. 1994). El transporte litoral en el margen norte de la barrera se ha estimado en  $122,400 \text{ m}^3$  (Torrez-Alfaro, 2010).

Los sedimentos de la Bahía de La Paz son material terrígeno. La concentración de carbono orgánico se da en el centro de la bahía: 1) al oriente, los carbonatos son más abundantes principalmente en el norte de la isla partica y al sur del canal de San Lorenzo, como resultado de la dispersión de bancos arrénciales fósiles existentes en esa área; 2) en el margen norte de la barrera arenosa (erosión en invierno y acreción en verano), los procesos sedimentarios en la bahía son estacionales y no estacionales en el sur-sureste y noroeste, ya que estos márgenes están controlados por las corrientes de refluo de mareas, aunque es posible que al oriente se lleve a cabo un proceso de erosión en abril y acreción en octubre a febrero (Torrez-Alfaro, 2010). Sobre la barrera que protege la parte norte de la laguna, las velocidades de sedimentación son muy altas y las dunas tienen estacionalidad en la sedimentación por los vientos del sur en verano y del norte en invierno. La barrera arenosa presenta el margen norte dunas activas, escarpes de erosión y agua dulce en el occidente y

cordones de playa antiguos, vados y agua salida en el oriente. El margen sur de esa barrera presenta pantanos de manglar, marismas y ganchos de depósito. La laguna costera y barrera arenosa se origina hace 5 a 6 mil años por el ascenso holocénico del nivel del mar y el transporte litoral de sedimentos provienen del oeste, por lo que hasta la fecha la barrera arenosa se incrementa de oeste a este (Torrez-Alfaro, 2010).

Dentro de la bahía de La Paz se localiza la laguna de La Paz, donde los procesos de sedimentación son más evidentes en la porción sur y oeste de la laguna. En esta zona existe una serie de arroyos con corrientes torrenciales intermitentes que aportan material terrígeno, siendo los más importantes los arroyos La Palma y el Cajoncito. También existe aporte eólico de arena fina de las dunas presentes en la porción más estrecha de la barrera y suministro de sedimentos provenientes de la margen suroeste de la bahía, por el flujo de la marea (Nava-Sánchez y Cruz-Orozco, 1989). Los sedimentos en la laguna están compuestos principalmente por arena de origen aluvial proveniente de las sierras La Giganta y La Pintada, excepto en la parte norte, la cual está constituida por arena eólica y transporte litoral, que proviene sólo de la sierra La Giganta. Alrededor de la laguna existen varias zonas de manglar que atrapan sedimentos finos (limo/arcilla), formando así áreas pantanosas altas (López-López 2013).

La selección del sedimento está relacionada con la uniformidad del medio transportante (Sahu, 1964), por lo que el grado de selección del sedimento refleja la uniformidad o los cambios que presentan los procesos costeros (oleaje y corrientes). El sedimento de la plataforma en el área del proyecto se encuentra de pobremente a moderadamente seleccionado. Esto refleja las condiciones cambiantes en la energía de oleaje y corrientes como resultado de la refracción ocasionada por los afloramientos de roca y la rugosidad del fondo marino.

Frente a la playa La Sorpresa (punto C del presente proyecto), el sedimento en la plataforma presenta un ligero gradiente en dirección noroeste que va de los gránulos en Punta Los Muertos pasando por las arenas medias a finas en la parte central e incrementando su tamaño a arenas muy gruesas en el área cercana a los acantilados. La distribución del sedimento en la plataforma, enfrente de la playa La Sorpresa, es heterogéneo y no se observa algún patrón que se pueda asociar con los cambios en la energía del oleaje por refracción del fondo marino. En general el tamaño de grano que predomina en esta área es de arenas gravosas.

Los depósitos de cantos rodados y algunas rocas de tamaño mayor a medio metro proporcionan rugosidad del fondo marino en el área se debe a que se encuentran distribuidos en diferentes partes de la plataforma, principalmente en el área cercana a los afloramientos de roca y Punta Los Muertos. El sedimento moderadamente bien seleccionado a bien seleccionado se encuentra en algunas zonas puntuales tanto cercanas a la línea de costa como a diferentes profundidades, por lo que su distribución de tamaño y grado de selección no debe asociarse con la profundidad. Asimismo, en el punto C (Playa la Sorpresa) el análisis sedimentario (celda litoral) comprende una serie de celdas litorales entre las que se encuentra la celda litoral Agua de Vázquez. Las principales fuentes de sedimento son los arroyos que episódicamente aportan grandes cantidades de arena al sistema litoral, el

transporte o deriva a lo largo de la playa y la erosión de los acantilados, particularmente del escarpe de erosión del borde costero de la planicie aluvial al noroeste de Punta Los Muertos. Una vez que la arena entra al sistema costero, esta es transportada a lo largo de la playa por la acción del oleaje, hasta que es obstaculizada por la presencia de una saliente costera (punta) o algún cañón submarino que intercepta la deriva o la desvía mar adentro. La celda litoral de la Playa La Sorpresa se encuentra delimitada por Punta Rosario al noroeste y Punta Los Muertos al sureste; la longitud aproximada entre estas puntas o salientes costeras es de 3.0 km. En virtud de que la Playa La Sorpresa se encuentra más o menos a la misma latitud que la parte sur de la Bahía de la Paz y tiene una exposición directa a los vientos y oleaje del norte-noroeste, para alimentar el modelo de transporte de sedimento paralelo a la costa se utilizaron los datos de oleaje medidos en la Bahía de La Paz (Troyo-Diéguez, 2003).

#### *IV.2.2 Aspectos bióticos*

México se encuentra en el cuarto lugar dentro de los 17 países megadiversos del mundo, que conjuntamente albergan cerca del 70% de la riqueza biológica mundial y contribuye, en promedio, con el 10% de la riqueza biológica global. Considerando la gran extensión que tiene México, es de esperarse que presente gran diversidad de flora y fauna, siendo el poseedor de la cuarta biota más rica del mundo, presentando el octavo lugar en aves, quinto en flora vascular y anfibios, tercero en mamíferos y primero en reptiles, aportando aproximadamente el 10% de la riqueza global en cada taxón (Espinosa y Ocegueda, 2008).

México se divide en dos regiones biogeográficas, la Neártica y Neotropical. La región Neártica, abarca toda la América del Norte y el archipiélago de las costas de California. Los componentes mexicanos de esta región incluyen las áreas áridas subtropicales del norte del país, en las provincias biogeográficas de California, Baja California (las provincias de Isla de Guadalupe y California (noroeste de la península de Baja California), Sonora, Altiplano Mexicano y Tamaulipas. Esta región, en México incluye ocho provincias (Espinosa y Ocegueda, 2008). La vegetación predominante de esta región son algunas variantes de bosques y matorrales templados. Entre los grupos característicos de la región Neártica están los pinos (*Pinus*), oyameles o abetos (*Abies*), enebros (*Juniperus*) y encinos (*Quercus*). El de las salamandras es el grupo de anfibios más relacionados con la región Neártica; algunos géneros de lagartijas como *Abronia* y *Barisia* son típicamente neárticos.

De las dos regiones biogeográficas que incluyen 20 Provincias, el área del proyecto que comprende los puntos A (Club de Playa Puerta Cortés), B (Las Pilitas), y C (Playa la Sorpresa) se encuentra en la Provincia biogeográfica denominada Neotropical árido del Norte del Cabo (Morrone, 2005, Espinosa y Ocegueda et al. 2008), el cual presenta en su mayoría mamíferos, reptiles y aves que están adaptados a clima árido y seco, al igual que organismos asociados a ecosistemas marinos (Figura 39).



Figura 39. Provincias biogeográficas de México (Conabio 1997). Tomado de Espinosa y Ocegueda et al. 2008.

#### IV.2.2.1 Ecosistema Terrestre

El presente proyecto se desarrollará en su totalidad dentro de una superficie marina. Sin embargo, a continuación, se describe brevemente del ambiente terrestre adyacente con el objeto de brindar información en el contexto del Sistema Ambiental Regional (SAR).

#### Flora

La vegetación que se encuentra en Baja California Sur es propia de zonas áridas, formada por organismos que se han adaptado a altas temperaturas y períodos muy largos de sequía. El 87.63% de la superficie estatal está cubierta de matorral, entre ellos los cardones (*Pachycereus pringlei*), nopaleras, biznagas (*Ferocactus townsendianus*), choyas (*Opuntia cholla*), palo adán (*Fouquieriadigetii*), pitahaya (*Stenocereusthurberi* y *Stenocereusgummosus*), gobernadora, mezquite (*Prosopispubescens*), chirinola, lechuguilla y garambullo (*Lophocereusschottii*).

El tipo de vegetación dominante en Baja California Sur es el Matorral Sarcocaulé. Esta consta de vegetación arbustiva de tallos carnosos, gruesos frecuentemente retorcidos y

algunos con corteza papirácea. Se extiende desde el sur de Baja California hasta la región de Los Cabos, el Matorral Sarcocaula presenta adaptaciones al xeromorfismo (condiciones desérticas), por lo cual se encuentra baja cobertura vegetal y escasa talla del componente leñoso. Se encuentran sobre terrenos rocosos y suelos someros en climas tipo B (secos) y se caracteriza por la buena capacidad de adaptación a las condiciones de aridez de las especies presentes dentro de esta comunidad. Se localiza principalmente en la subprovincia Sierra de la Giganta y en parte de la Discontinuidad Del Cabo, sobre sierras altas, mesetas, lomeríos, bajadas, llanuras y algunos valles. Las asociaciones vegetales que se presentan son dependientes tanto de posiciones topográficas como latitudinales, tipos de suelo e influencia litoral. Las especies más representativas son: *Fouquieria diguetii* (palo Adán), *Bursera microphylla* (torote colorado), *Jatropha cinerea* (lomboy blanco), *Jatropha cuneata* (matacora), *Pachycereus pringlei* (cardón pelón), *Cercidium floridum* (palo verde), *Stenocereus gummosus* (pitahaya agria), *Lemairocereus thurberii* (pitahaya dulce), *Yucca valida* (datilillo), *Haematoxylon brassiletto* (palo Brasil o tamarindo), *Cyrtocarpa edulis* (ciruelo), *Lophocereus* (garambullo), *Opuntia cholla* (cholla), y algunos representantes de *Agave* (magüey) y *Simmondsia chinensis* (jojoba).

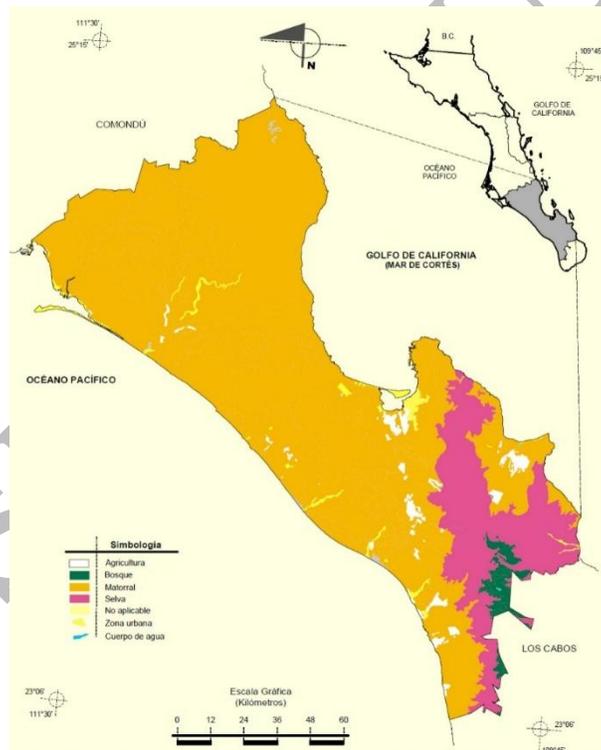


Figura 40. Uso de suelo y vegetación del municipio de La Paz.

Para el municipio de La Paz, 80.4% de la vegetación está conformada por matorral, 14.42 % por selva, 1.68 % bosque y 1.34 % no aplicable. Las cercanías del área donde se ubica los tres puntos que contempla el presente proyecto A (Club de Playa Puerta Cortés), B (Las Pilitas) y C (Playa la Sorpresa) presentan vegetación tipo matorral (Figura 40). Para el punto C, la vegetación presente en el área terrestre colindante con el proyecto corresponde al tipo de vegetación de Selva Baja Caducifolia y Matorral Sarcocaula. Sin embargo, cabe mencionar

que los puntos considerados para la realización obras y actividades del proyecto no tiene ninguna injerencia sobre el tipo de vegetación previamente mencionado y por lo tanto dicha zona no se verá afectada por ningún tipo de impacto ambiental.

## **Fauna**

La Fauna de toda esta zona cuenta con especies características del desierto:

**Reptiles:** *Phrynosoma coronatum* (Camaleón) *Dipsosaurus dorsalis* (Cachorón Güero), *Callisaurus draconoides* (Cachimba), *Phrynosoma coronatum* (Camaleón), *Cnemidophorus tigris* (Güico), *Masticophis fuliginosus* (Culebra chirrionera) y *Crotalus ruber* (Víbora de Cascabel).

**Mamíferos:** *Dipodomys merriami* (rata canguro), *Urocyon cinereoargenteus* (zorra gris), *Canis latrans* (coyote) y *Lynx rufus*, (gato montés); dos especies de lagomorfos: *Lepus californicus* (liebre cola negra) y *Sylvilagus audubonii* (conejo).

**Aves:** *Zenaida asiatica* (paloma de alas blancas), *Myiarchus cinerascens* (papamoscas cenizo), *Larus livens* (gaviota pastas amarillas).

Como se ha mencionado el proyecto no afectara zonas terrestres, ya que los Reef Ball serán colocados en el lecho marino, la única actividad terrestre contemplada es la fabricación de las estructuras, las cuales se realizarán en un taller o patio adecuado localizado en la zona urbana de La Paz.

### IV.2.2.2 Ecosistema Marino

#### **Fitoplancton**

La productividad primaria del área de influencia sigue un patrón definido que está determinado por la influencia de procesos oceanográficos y el patrón estacional de la productividad de la bahía. Sin embargo, la magnitud puede cambiar entre diferentes años por la influencia de fenómenos oceanográficos que ocurren a gran escala. Por ejemplo, la densidad fitoplanctónica en el sur de la Bahía de La Paz, muestra valores altos entre noviembre y abril y durante periodos templados, como cuando ocurre el fenómeno de La Niña.

En el área de influencia se han encontrado valores de abundancia de fitoplancton en general mayores a las 1,000 diatomeas/l, con un promedio anual de 36,391 diatomeas/l. En general el fitoplancton en la Bahía y la Ensenada de La Paz es muy diverso (más de 100 especies a la vez) y sus poblaciones fluctúan en relación con la temperatura del agua y el periodo de luz solar. En Golfo de California, se han identificado al menos 83 taxa de dinoflagelados incluyendo variedades y formas, esto es cerca del total mundial de 120 especies conocidas. Del total de dinoflagelados reportados para el Golfo de California, el género *Ceratium* es uno de los más conspicuos. Sin embargo, las especies *Ceratium furca* var. *furca*, *C. fusus* var. *fuscus*, *C. lineatum*, *C. longipes*, *C. tripos* y *C. dens*, han sido reportadas como agentes formadoras de marea roja.

#### **Macrofitas**

En las últimas tres décadas se han adicionado 15 especies no nativas a la flora marina de México, lo que aparentemente representa un riesgo para los ambientes marinos (León-Álvarez *et al.* 2017)

En la Bahía de La Paz se han reportado 284 especies de macrofitas, de las cuales el 62 % de las algas son rojas, 15 % cafés y 23 % verdes. Se puede determinar que existe una mezcla de elementos templados (32%), endémicos (24%) y tropicales (44%), estos últimos predominantes en las algas verdes y cafés.

De las macrofitas reportadas en la Bahía, 43 especies susceptibles de explotación y de interés comercial como posibles fuentes de antibióticos, por ejemplo, *Spyridia filamentosa*, *Laurencia pacifica* y *Caulerpa sertulariodes*. Mientras que *Sargassum* spp. puede usarse como fertilizante, complemento alimenticio para animales y se usa como fuente para la extracción de alginatos.

Las especies con mayor distribución y abundancia en la Bahía de La Paz, son *Sargassum sinicola*, *S. herporhizum*, *Spyridia filamentosa*, *Caulerpa sertularioides*, *Laurencia johnstonii*, *Enteromorpha clathrata* y varias especies del género *Ulva* (Alga verde).

La riqueza específica de macrofitas presenta estacionalidad, con máximo en primavera y mínimo en otoño, lo que sugiere que son especies con influencia subtropical, estas variaciones en riqueza y en diversidad dependen casi exclusivamente del sustrato y la temperatura. En general la riqueza específica es mayor en invierno y primavera (80 especies) y menor en verano (40) y otoño (20).

En la Bahía de La Paz, se ha observado que cada año se presenta una gran acumulación de algas de especies de *Ulva* (*Ulva expansa*, *U. latuca* y *U. rigida*) y otros géneros en las playas del malecón costero de la Ciudad de La Paz, siendo *Ulva* uno de los principales componentes de estos florecimientos. Este hecho en diversas partes del mundo, se asocia en general, al menos con la fluctuación de temperatura, salinidad, Luz (luminosidad), concentración y tipo de nitrógeno y fósforo. En la Bahía de la Paz, ocurren las especies *Ulva acanthophora*, *U. clathrata*, *U. intestinalis*, *U. flexuosa*, *U. lactuca*, *U. lobata*, *U. nematoidea* y *U. rigida*, *U. expansa*, *U. flexuosa* y *U. prolifera* (Chávez-Sánchez 2017). Los florecimientos de *Ulva* en la Bahía de La Paz generan un impacto negativo ya que su descomposición por microorganismos causa olor desagradable y un aspecto poco armonioso con el paisaje, generando al municipio altos costos por la limpieza periódica de las playas.

## Zooplankton

La bahía de La Paz (BLP) es considerada el ecosistema costero más grande de la porción occidental del golfo de California. En esta bahía, la comunidad de zooplankton muestra variaciones estacionales muy relacionadas con aquellas que presenta el fitoplancton. En la Bahía de La Paz la biomasa zooplanktónica es alta durante el invierno, con un máximo en febrero; durante la primavera puede verse una biomasa importante, con máximo registrado en mayo, mientras que en verano la densidad zooplanktónica disminuye y llega al mínimo valor durante el otoño.

Los principales componentes del zooplancton durante un ciclo anual son los copépodos, quetognatos y eufásidos, sin embargo en ciertos periodos y áreas son más abundantes los decápodos, anfípodos, cladóceros, sifonóforos, medusas, ctenóforos y larvas de peces. Se han encontrado dos géneros y diez especies de quetognatos, que son depredadores muy activos. Las poblaciones están dominadas por dos especies: *Sagitta enflata* y *S. euneritica*. Los eufásidos (genéricamente llamados “krill”) están representados por cuatro géneros y siete especies de la familia Euphausiidae: *Nyctiphanes simplex*, *Euphausia eximia*, *E. tenera*, *E. distinguenda*, *Nematoscelis difficilis*, *N. gracilis* y *Stylocheiron affine*; de ellas *Nyctiphanes simplex* es la especie dominante, con valores de abundancia por arriba del 98% en su estado larval y del 27 al 99.8% en la fase adulta. Esta especie costera es muy importante en la red trófica del área, pues es alimento de mamíferos marinos, aves, peces óseos y cartilagosos, así como de otros organismos del zooplancton.

Al interior de la Bahía de La Paz los copépodos están representados por especies neríticas (*Eucalanus attenuatus*, *Temora discaudata* y *Corycaeus speciosus*) y especies oceánicas (*Labidocera acuta*, *Rhincalanus nasutus*, *Euchaeta marina* y *Candacia aethiopica*).

Dentro de la Ensenada de La Paz se han registrado 69 especies, 34 géneros y 26 familias de copépodos. La diversidad aumenta en el canal principal de la ensenada durante todo el año y existe mayor incidencia de las especies neríticas y oceánicas antes mencionadas, debido al fuerte intercambio de agua entre la bahía y la ensenada a través de las corrientes de marea. En el interior de la Ensenada de La Paz los copépodos más abundantes son *Acartia clausi*, *Acartia lilljeborgii* y *Paracalanus parvus*. El comportamiento de la abundancia y la diversidad de esta comunidad a lo largo de un ciclo anual presenta un claro descenso desde la primavera hasta el invierno. En esta comunidad se presenta una baja diversidad debido a la alta dominancia de un par de especies: *Acartia clausi* y *Acartia lilljeborgii*, que representan el 79% de la abundancia en las cuatro épocas del año.

La composición de larvas de peces dentro de la bahía es cerca de 100 especies; las familias más abundantes son: Clupeidae, Myctophidae, Gonostomidae y Haemulidae. Se ha observado que el comportamiento de la abundancia de larvas de peces está en relación directa con la biomasa zooplanctónica y en relación inversa con la temperatura.

Durante el invierno la presencia de larvas es importante (febrero con 9,343 larvas/10 m<sup>2</sup> de superficie marina), aumenta durante la primavera (mayo con 11,776 larvas/10 m<sup>2</sup> de superficie marina) y presenta una disminución paulatina mientras transcurre el verano, hasta alcanzar el valor mínimo durante agosto (7000 larvas/10 m<sup>2</sup> de superficie marina). Durante la primavera, cuando hay mayor cantidad de alimento disponible en el medio, las larvas de peces presentan su mayor abundancia, dada principalmente por miembros de la familia Clupeidae.

En el área de influencia del sitio A se ha encontrado que el ictioplancton está integrado por 18 familias, lo que representa el 50% de las especies de peces, juveniles y adultos, reportados para esa zona. Se ha observado que de acuerdo a la variación estacional de la abundancia y de la frecuencia de las larvas de peces, destacan las familias Gobiidae, Gerreidae, Engraulidae, Clinidae y Blenidae, consideradas como residentes y propias de estos cuerpos de agua. El área de influencia de los sitios B y C presentan características oceánicas lo que

favorecen la presencia de especies pelágicas (sardinias y atunes, Clupeidae y Scombridae) y especies mesopelágicas (peces linterna, Myctophidae) con fines reproductivos.

## **Invertebrados marinos**

### **Poríferos (esponjas)**

Es un grupo muy abundante y está bien representado en la zona intermareal del Golfo de California. La mayoría de las esponjas crecen, proliferan y forman incrustaciones en numerosos sustratos y en todas direcciones, puesto que su morfología y tamaño es resultado de una multitud de factores bióticos y abióticos. Las esponjas se distribuyen preferentemente en las costas rocosas de la ensenada, normalmente se encuentran adheridas a sustratos duros e inertes, y en ocasiones como epibiontes sobre conchas de moluscos, caparazones de crustáceos decápodos, talos de algas y algunos corales. Son frecuentes en aguas poco profundas del litoral rocoso de la ensenada, principalmente al este y noreste de la misma.

Las especies más comunes en la Ensenada de La Paz son: *Cliona celata*, *Leucosolenia* y *Haliclona*. Específicamente *Clionacelata* es una esponja encostrante que se encuentra en casi todo objeto que se encuentre sumergido y que sea susceptible de colonización, también se le considera un organismo marino clave en el ciclo del calcio y carbonatos en ambientes litorales y bentónicos. La acción de esta esponja es degradar conchas de moluscos y estructuras calcáreas diversas. También se le ha usado como indicador ecológico del régimen de salinidad en una región particular, debido a sus tolerancias específicas a este parámetro.

### **Cnidarios y Ctenóforos**

El Phylum Cnidaria está formado por tres clases: Anthozozoa (anémonas de mar, gorgonias, plumas de mar, corales), Hydrozoaria (hidroides, hidromedusas, sifonóforos), y Scyphozoa (medusas verdaderas). La distribución y abundancia de los sifonóforos epipelágicos del Golfo de California, indica que no hay especies exclusivas del golfo. El calicóforo de aguas de plataforma *Muggiaea atlantica* es la especie desifonóforo dominante en el zooplancton, alcanza densidades incluso mayores a 10,000 organismos en 1,000 m<sup>3</sup> en algunas localidades, sobre todo en la región de la cabecera y en las estaciones próximas a áreas de surgencia.

En El Mogote se puede observar al hidrozooario *Aglaophenia diegensis*, creciendo en la zona intermareal del norte de esta barrera arenosa. *Cerianthus* es una anémona que vive enterrada en la arena, formando un tubo en el que se esconde, es muy común en la arena frente a los manglares de El Mogote, y puede ser vista con cierta regularidad hasta la punta de la barrera arenosa, frente a Coromuel. Se localiza desde la zona intermareal hasta los 3 m.

En el área circundante al El Mogote, sobre todo la zona con costa rocosa hay pequeñas zonas en las que existen corales. El más común es *Pocillopora elegans*, especie tropical, con distribución desde el sur del golfo hasta Panamá y responsable de los arrecifes de Bahía Pulmo, Cerralvo y Espíritu Santo entre otros. Son arrecifes que forman hábitat para numerosas especies adaptadas a este ambiente, entre ellas varias especies de peces que sólo

viven en estas áreas (peces de arrecife). Otras especies de corales registradas en los sustratos rocosos de la Bahía de La Paz son *Porites panamensis*, *Porites californica*, *Astrangiapedersenii*, *Tubastrea tenuilamellosa*, *Cycloseris* y el gorgónido *Gorgonia* spp.

Se han registrado muy pocas especies de cnidarios en el área circundante a El Mogote, en la zona arenosa norte no es raro ver alpenatuláceo *Ptilosarcus* (pluma de mar) enterrado en la arena, cerca del área de manglares. En tanto que, en la zona sur, desde la punta, comienza a predominar en el suelo arenoso-limoso *Renilla* sp., otro cnidario colonial que tiene forma de hoja.

El único ctenóforo que ha sido registrado para la Bahía de La Paz es *Pleurobranchia* sp., y algunas veces ha sido visto varado en las playas arenosas de la Bahía de La Paz. En época de marejada o en invierno, puede verse varada en la playa de El Mogote a *Physalia* sp., un hidrozooario colonial que puede medir de 2.5 a 30 cm.

### **Equinodermos**

En el área de influencia del proyecto se han registrado 92 especies de equinodermos, de las que 21 pertenecen a la clase asteroidea, 26 a la clase Echinoidea, 27 a la clase Holothuroidea y 18 especies a la clase Ophiuroidea. Esta riqueza de especies de equinodermos es considerada entre las más altas conocidas en el Pacífico mexicano y en la región del Pacífico Oriental Tropical.

De las 92 especies consideradas destaca la presencia de dos especies de equinodermos endémicos de la bahía: el asteroideo *Mithrodia enriquecasoi* y el holotúrido *Laetmogone scotoeides*, ambas encontradas en zonas cercanas a la Isla Espíritu Santo.

Los holoturoideos son un recurso muy explotado en varios países, y aunque no se consume en México, se ha explotado sin control desde hace algunos años. Lo poco que se conoce en el país acerca de estos organismos, se basa principalmente en algunos aspectos taxonómicos, de reproducción y de distribución. En la Bahía de La Paz se han encontrado dos especies de holoturoideos de cierta importancia, *Isostichopus fuscus* y *Neothyone gibbosa*, *I. fuscus* es una especie protegida actualmente bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Pr) y solo puede colectarse con fines científicos. *N. gibbosa* es factible de ser utilizada en la medicina.

En la Bahía de La Paz y en la zona cercana a El Mogote, se encuentran estrellas de mar, las especies más comunes son *Astropecten armatus*, *Acanthaster planci*, *Heliaster kubiniji*, *Linckia columbiae*, *Pharia pyramidata*, *Phataria unifascialis* y *Mithrodia bradleyi*. Los erizos de mar comunes son *Tripneustes depressus*, *Toxopneustes roseus* y *Eucidaris thouarsii*. Los pepinos de mar más comunes son *Holothuria zaca*, *Isostichopus fuscus* y *Holothuria impatiens*. Los equinoideos pertenecieron a la pequeña galleta de mar *Mellita longifissa*, distribuida a lo largo de la costa norte de El Mogote, en sustrato arenoso, entre uno y tres metros de profundidad.

### **Crustáceos**

El grupo de los crustáceos es de los más diversos en el medio marino, en el Pacífico mexicano están registradas 720 especies, de las que 580 se encuentran en el Golfo de California. Dentro del grupo de los crustáceos, se han registrado un total de 105 especies para el área

de influencia, entre las que destacan el género *Callinectes* (jaibas) y la especie *Panulirus inflatus* (langosta azul) por su importancia comercial en el sector pesquero.

En el área de influencia del sitio A, se encuentran dos especies del género *Callinectes*: *C. arcuatus* con 87.24 % del total y *C. bellicosus* 12.76 %, *C. arcuatus* es más abundante en agosto y presenta menor abundancia en diciembre y enero, mientras que *C. bellicosus* presenta la mayor abundancia en el mes de febrero y la menor en septiembre. La época de desove de *C. arcuatus* se registra todo el año mientras que la de *C. bellicosus* es en noviembre y diciembre.

En el área de influencia de los sitios B y C se han registrado al menos 53 especies de crustáceos decápodos, entre ellos hay que destacar al cangrejo de rocas *Grapsus*, el camarón común *Penaeus californiensis*, *Penaeus vannamei*, *Penaeus brevirostris*, al violinista que vive en los manglares *Uca princeps*, *U. crenulata* y *U. música*, a los comensales de la madreperla *Pontonia margarita*, y otros cangrejos que viven en las raíces de los mangles como *Upogebia dawsoni*, *Upogebia thistlei*, al cangrejo que vive en el sargazo *Thor algicola*, al comensal del coral *Axius vivesi*, y al comensal de bivalvos *Pinnotheres* sp.

## Moluscos

Este grupo taxonómico es particularmente diverso en la desembocadura de la ensenada, durante el verano es común encontrar restos sin vida o moribundos del calamar gigante común *Dosidicus gigas* (Clase Cephalopoda) que llegan a la costa de la bahía después de su reproducción y muerte. Otro cefalópodo importante es el nautilus de papel o *Argonauta nouryi*, *A. pacificus* y muy raramente *A. argo*, cuyas conchas nidamentales producidas por la hembra son arrastradas por las corrientes y depositadas en la zona noroeste de El Mogote entre marzo y junio. Otros cefalópodos registrados en la Bahía de La Paz son *Octopus digueti*, común sólo en la ensenada, y *Octopus hubbsorum*, común en la bahía, pero ausente en la ensenada.

En la bahía se han encontrado alrededor de 306 especies de moluscos, de las cuales 120 son de bivalvos, 173 de gasterópodos, 8 de cefalópodos, 3 de polioplacóforos y 2 de escafópodos.

En el área de influencia del sitio A se presentan 70 especies de moluscos, pertenecientes a 26 Familias y 8 Ordenes, dentro de las Clases Bivalvia y Gasterópoda. Las familias más representativas son Veneridae, seguida de Donacidae y Turridae. La comunidad de moluscos bentónicos está dominada principalmente por dos especies: *Chione californiensis* (almeja roñosa) y *Crassispira cerithoidea*, seguida por un grupo de especies *Donax navicula* (almeja común de playa arenosa), *D. californicus*, *Tivela byronensis* (almeja blanca enana), *Cerithidea montagnei*, *Laevicardium elenense* y *Transennella modesta*. Con menor abundancia *Dosinia ponderosa* (almeja blanca), *Argopecten ventricosus* (catarina), *Polinices* sp. (Caracol carnívoro), *Oliva incrassata*, *Tagelus californianus*, *Megapitaria squalida* (chocolata), *Anadara multicostata* (pata de mula) y diversas especies de *Oliva* y *Olivella* que son usadas a menudo como ornamento por los pobladores de la zona, así como varias especies de *Polinices*, que son caracoles llamativos para el mismo propósito. Por otro lado, destaca el ostión de mangle *Saccostrea palmula*, que habita en grandes números en las raíces de los mangles

En el área de influencia B y C se han identificado 678 individuos, 593 bivalvos pertenecientes a 36 especies, 11 familias y 4 órdenes y 85 gasterópodos pertenecientes a 6 especies, 4 familias y 4 órdenes.

La clase bivalvia es la dominante en la caleta de Balandra, en la que *Lucina prolongata* presenta la mayor abundancia, sin embargo, *Divalinga eburnea* y *Tellina felix* fueron las especies dominantes en verano e invierno respectivamente.

### Peces

En el Golfo de California se encuentra diferentes tipos de ambientes, por ejemplo arenoso, demersal, arrecife rocoso y rocoso-arenoso, donde se distribuyen los peces. Entre los peces demersales que se consideran de tipo comercial, se encuentran la cabrilla piedrera (*Ephinephelus labriformis*), la cabrilla enjambre (*E. panamensis*) y la cabrilla sardinera (*Mycteroperca rosacea*); el pargo (*Lutjanus argentiventris*) y el coconaco (*Hoplopagrus güentheri*); los Haemulidos como el burro almejero (*Haemulon sexfasciatum*), el rayadillo (*Microlepidotus inornatus* y *Anisotremos interruptus*); la chopa de Cortés (*Kyphosus elegans*); el perico azulado (*Scarus ghobban*); la mojarra muelona (*Calamus brachysomus*); el mero chino (*Cirrithus rivulatus*) y el cochito (*Balistes polylepis*). También se extraen algunas rayas y mantarrayas como *Zapteryx exasperata*, *Dasyatis brevis*, *Urolophus concentricus* y *Myliobatis californica*.

#### *Ambiente de arrecife rocoso:*

La riqueza específica en cuanto a peces de arrecife es mayor en este ambiente, registrándose 53 especies, de las cuales 23 representan el 95% de la abundancia total de organismos. La especie más importante es el mulegino (*Abudefduf troschellii*), seguida del pez erizo (*Diodon holocanthus*) y es común encontrar el roncador de roca (*Pareques viola*).

#### *Ambiente de arrecife rocoso-arenoso:*

En este ambiente se presentan ocho especies de importancia numérica. *Stegastes rectifraenum* es la especie más importante dentro de éstas y en general es una especie que presenta amplia distribución en el Golfo de California, con abundancia elevada. Una especie común en el Parque, aunque no en la parte sur del golfo, es el rayadillo (*Microlepidotus inornatus*). El ángel rey (*Holocanthus passer*) es un componente importante dentro del grupo de especies que se encuentran dentro del Parque, siendo además común en los ambientes rocosos de la parte sur del golfo (Isla San José hasta Cabo San Lucas). El resto de las especies consideradas de mayor importancia son *Abudefduf troschellii*, *Thalassoma lucasanum*, *Mycteroperca rosacea*, *Cantigaster punctatissima* y *Scarus ghobban*. La importancia de estas especies radica en que utilizan estos ambientes como zona de reproducción, alimentación y de protección de larvas y juveniles.

#### *Ambiente arenoso:*

En la zona de rompeolas habita el mulegino de roca (*Nexilarius concolor*); el perico sin dientes (*Nicholsina denticulata*) y el botete de espinas (*Sphoeroides lobatus*), y los lenguados *Bothus constellatus*, *B. leopardinus*, *Citharichthys platophrys*, *Symphurus atramentatus* y *S. williamsi* son especies que se presentan principalmente donde los mantos de *Sargassum*

sp., ofrecen un hábitat de refugio. Se encuentran dentro del Parque una importante variedad de tiburones como el zorro azulado (*Alopias pelagicus*), zorro cebucano (*A. superciliosus*), tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*), toro (*C. leucas*), volador (*C. limbatus*), chato o gambuzo (*C. obscurus*), cazón (crías de *Carcharhinus* spp.), mako (*Isurus oxyrinchus*), tripa (*Mustelus* spp.), limón (*Negraprion brevirostris*), bironche (*Rhizoprionodon longurio*), cornuda barrosa (*Sphyrna lewini*) y cornuda prieta (*S. zygaena*), entre otros.

Algunas mantarrayas que se encuentran son la mantarraya arenera (*Dasyatis longus*), la mantarraya lodera (*D. brevis*), la manta blanca o mariposa (*Gymnura marmorata*), la cubana (*Mobula* spp.), la guitarra (*Rhinobatus productus*), algunas especies de los géneros *Urolophus* y *Raja*.

De acuerdo con González-Acosta et al. (2018), el número total de especies nominales de peces conocidas en la Bahía de La Paz (BLP) es de 533. Se reconocen 314 géneros, 123 familias, 34 órdenes y 2 clases: Actinopterygii (467 especies) y Chondrichthyes (66 especies). El orden Perciformes representa 56% de la ictiofauna total, con 10 familias que corresponden al 34% de la riqueza específica. La mayor afinidad íctica con las provincias de Cortés (82.4%) y mexicana (68.3%), sugiere la existencia de una zona de transición para especies templadas y tropicales. Los hábitats preferenciales de las especies que ocurren en BLP son fangos arenosos (38%), rocosos (30%) y biotopos de manglar (29%).

La NOM-059-Semarnat-2010, incluye 6 teleósteos bajo protección especial y 2 especies amenazadas de condriactios. 82 especies se capturan artesanalmente en la BLP (Anexo II).

La familia Carcharhinidae (peces cartilagosos) es la más representativa con 6 géneros y 12 especies 7 de las cuales pertenecen al género *Carcharhinus* (Blainville, 1816). En orden de importancia le siguen los Myliobatiformes (6 familias, 9 géneros y 19 especies), con mayor representación de la familia Mobulidae (3 géneros y 8 especies). En cambio, 87.6% de la riqueza total en BLP está representada por la clase Actinopterygii (peces óseos) la cual está integrada por 467 especies, agrupadas en 278 géneros, 101 familias y 25 órdenes (Figura 41).

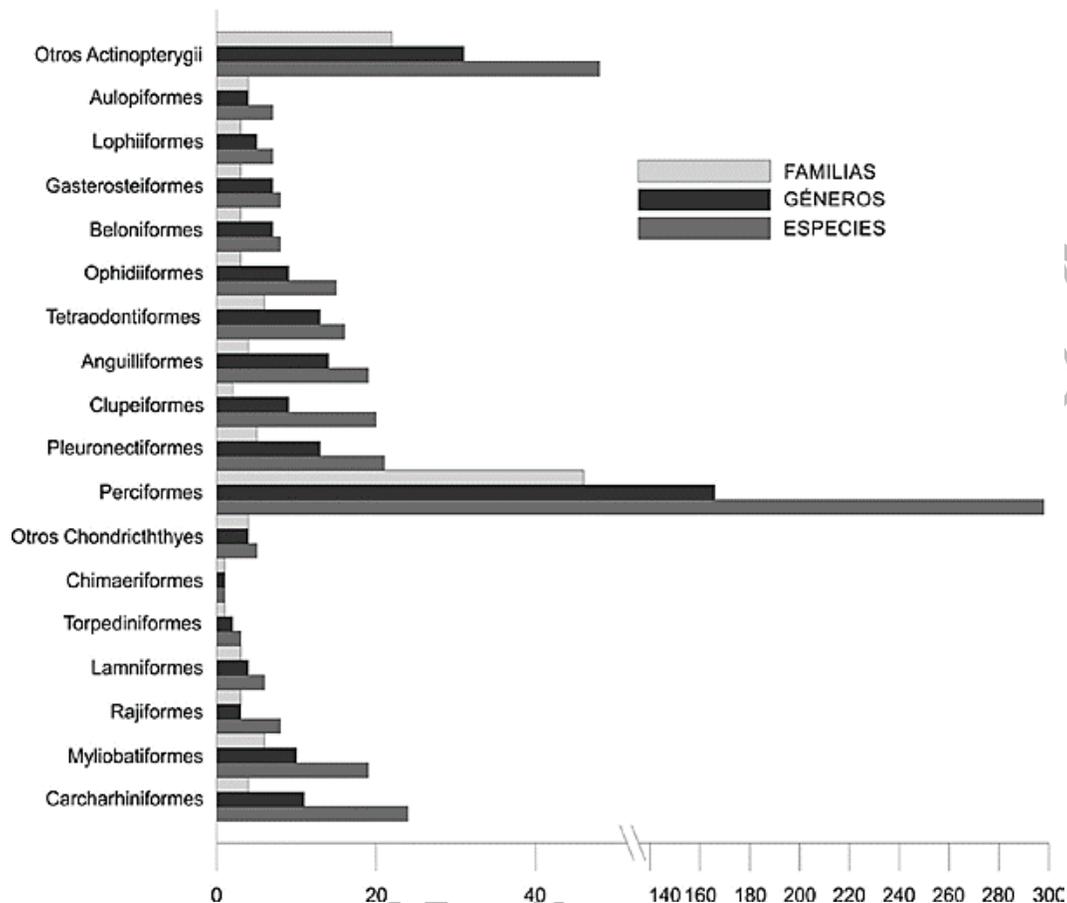


Figura 41. Composición taxonómica de la ictiofauna que caracteriza al ecosistema de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tomado de González-Acosta et al. (2018).

El orden Perciformes (peces óseos marinos, provistos de radios espinosos en las aletas) es el de mayor riqueza con 298 especies, 166 géneros y 46 familias (Figura 41), que representan el 64% de la clase y 56% del elenco total aquí reportado; 10 familias: Carangidae (13 géneros y 28 especies), Gobiidae (21 géneros, 28 spp.), Haemulidae (8 géneros, 22 spp.), Sciaenidae (9 géneros, 18 spp.), Labridae (8 géneros, 18 spp.), Serranidae (8 géneros, 18 spp.), Epinephelidae (6 géneros, 13 spp.), Labrisomidae (6 géneros, 12 spp.), Pomacentridae (5 géneros, 12 spp.) y Chaenopsidae (7 géneros, 11 spp.), representan el 60.4% del orden, 38.5% de la clase y 33.8% de la riqueza total en BLP (Figura 42). En orden de importancia le siguen los órdenes Pleuronectiformes (5 familias, 13 géneros y 21 spp.), Clupeiformes (2 familias, 9 géneros y 20 spp.), Anguilliformes (4 familias, 14 géneros y 19 spp.), Scorpaeniformes (4 familias, 7 géneros y 16 spp.), Tetraodontiformes (6 familias, 13 géneros y 16 spp.) y Ophidiiformes (3 familias, 19 géneros y 15 spp.), los cuales representan el 23% de la clase Actinopterygii y 20% del elenco total de la bahía (González-Acosta et al. 2018).

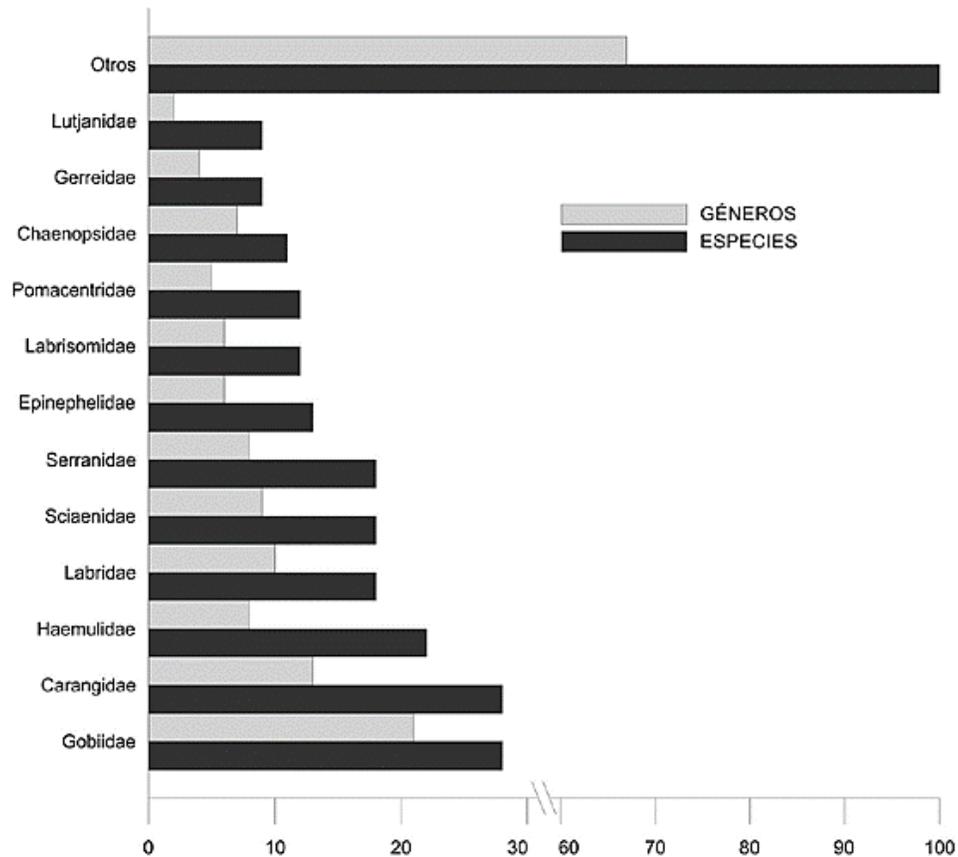


Figura 42. Familias, géneros y especies representativas del orden Perciformes en la bahía de la Paz, Baja California Sur, México. Tomado de González-Acosta et al. (2018).

Del total de especies registradas en BLP, 160 especies se asocian a fondos duros (arrecifes) y pertenecientes a las familias Ginglymostomatidae, Scyliorhinidae, Carcharhinidae, Rhinobatidae, Urotrygonidae, Muraenidae, Ophichthidae, Synodontidae, Carapidae, Ophidiidae, Bithytidae, Antennariidae, Mugilidae, Holocentridae, Syngnathidae, Fistulariidae, Scorpaenidae, Epinephelidae, Serranidae, Opistognathidae, Priacanthidae, Malacanthidae, Nematistiidae, Lutjanidae, Haemulidae, Sciaenidae, Kyphosidae, Chaetodontidae, Pomacanthidae, Cirrhitidae, Pomacentridae, Labridae, Tripterygiidae, Blenniidae, Labrisomidae, Chaenopsidae, Gobiesocidae, Gobiidae, Microdesmidae, Ehippidae, Luvaridae, Acanthuridae, Bothidae, Balistidae, Monacanthidae, Ostraciidae y Diodontidae (Anexo II).

Las especies que se consideran en el área de influencia del proyecto son: *Gymnothorax castaneus*, *Fistularia commersonii*, *Sargocentron suborbitalis*, *Epinephelus labriformis*, *Epinephelus panamensis*, *Paranthias colonus*, *Myctoperca rosacea*, *Lutjanus argentiventris*, *Haemulon sexfasciatum*, *Mulloidichthys dentatus*, *Pomacanthus zonipectus*, *Holacanthus passer*, *Johnrandallia nigrirostris*, *Stegastes rectifraenum*, *Stegastes flavilatus*, *Abudefduf troschelii*, *Chromis atrilobata*, *Chromis limbaughi*, *Cirrhitichthys oxycephalus*, *Halichoeres dispilus*, *Halichoeres nicholsi*, *Thalassoma*

*lucasanum, Bodianus diplotaenia, Scarus perrico, Scarus compressus, Scarus rubroviolaceus, Scarus ghoban, Crocodilichthys gracilis, Elecanticus punctulatus, Prionurus punctatus, Sufflamen verres, Canthigaster punctatissima y Diodon holocanthus.*

Entre los condictrios más importantes en el área de influencia se encuentra el tiburón perro (*Heterodontus mexicanus*) aunque es capturada incidentalmente en las redes, no es aprovechada comercialmente y por lo regular son retornados al mar, esta especie es más frecuente durante invierno-primavera. El tiburón ballena (*Rhincodon typus*) tiende a concentrarse entre septiembre y octubre en el sur de la bahía, lugar en el que se han registrado o avistado hasta 14 individuos. El tiburón ballena es el pez más grande que existe, puede llegar a medir hasta 18 m de longitud y es una especie poco conocida biológicamente. Debido a que no se aprovecha su carne ni sus aletas ni se le captura, aunado a su carácter pacífico y a su tamaño, se ha convertido en atractivo turístico.

Uno de los tiburones considerados como cazón es *Mustelus lunulatus*, es relativamente abundante en la bahía y se le ha encontrado cerca de Espíritu Santo y El Quelele. Se ha propuesto que en primavera la Bahía de La Paz es un sitio para la expulsión de neonatos de esta especie. Otros tiburones capturados comercialmente en la Bahía de La Paz son el tiburón volador o sardinero (*Carcharinus limbatus*), el tiburón piloto (*Carcharinus falciformis*), el bironche (*Rhizoprionodon longurio*), tiburón azul (*Prionace glauca*) y las cornudas barrosa, arqueada y prieta o martillos (*Sphyrna lewini, Sphyrna mokarran y Sphyrna zygaena* respectivamente).

Las especies de peces más importantes comercialmente que ocurren en la Bahía de La Paz son: los pargos (*Lutjanus* spp.), pierna (*Caulolatilus princeps*), jurel (*Caranx hippos, Carangoides vinctus*), cabrillas (*Epinephelus analogus, Paralabrax maculatofasciatus*), cochito (*Balistes polylepis*), robalo (*Centropomus robalito, Centropomus nigrescens*), mojarra (*Diapterus* spp., *Eucinostomus* spp., *Eugerres* spp., *Gerres cinereus*), lisa (*Mugil cephalus, Mugil curema*), corvina (*Cynoscion* spp.), sardina (*Opisthonema libertate, Sardinops sagax*), lenguado, (*Achirus mazatlanus, Symphurus atricauda, Paralichthys* spp.), pámpano (*Trachinotus paloma*), tiburones, cazón, y rayas (*Heterodontus mexicanus, Squatina californica, Alopias* sp., *Isurus oxyrinchus, Mustelus lunatus, Carcharinus falciformis, Carcharinus limbatus, Carcharinus obscurus, Galeocerdo cuvieri, Nasolamia velox, Prionace glauca, Rhizoprionodon longurio, Sphyrna lewini, Sphyrna mokarran, Sphyrna zygaena, Dasyatis brevis, Dasyatis longa*) entre otros. Sin embargo, las especies de interés comercial que se encuentran bajo alguna categoría de riesgo o conservación incluyen a 40 especies: *Aetobatos laticeps, Alopias pelagicus, Alopias superciliosus, A. vulpinus, Carcharhinus brachyurus, C. falciformis, C. leucas, C. limbatus, C. obscurus, C. carcharias, Cephaloscyllium ventriosum, Epinephelus quinquefasciatus, Galeocerdo cuvier, Ginglymostoma unami, Gymnura marmorata, Isurus oxyrinchus, Mobula birostris, M. japonica, M. munkiana, M. tarapacana, M. thursoni, Mustelus californicus, M. henlei, M. lunulatus, Mycteroperca rosacea, Myliobatis californica, Nasolamia velox, Negaprion brevirostris, Odontaspis ferox, Paralabrax auroguttatus, Paralichthys woolmani, Prionace glauca, Pseudobatos productus, Rhizoprionodon longurio, Semicossiphus pulcher, Sphyrna mokarran, S. zygaena, S. corona, S. lewini y Squatina californica.*

## Especies amenazadas y bajo protección especial de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010

De la ictiofauna registradas en Bahía de La Paz, hasta ahora, las dos únicas especies amenazadas son los elasmobranchios, *Rhincodon typus* (tiburón ballena) y *Carcharodon carcharias* (Tiburón Blanco). En cambio, las especies clasificadas bajo protección especial son seis: *Poecilia butleri* (Topote del Pacífico), *Pomacanthus zonipectus* (Pez ángel de Cortez), *Chromis limbaughi* (Castañeta mexicana), *Holacanthus clarionensis* (Ángel de Clarión), *Holacanthus passer* (Muñeca real, Ángel bandera) y *Opistognathus rosenblatti* (Bocón manchas azules).

### Especies exóticas

La especie dulceacuícola *Poecilia butleri* (molly) actualmente distribuida en biotopo de manglar y *Sparus aurata* (dorada) son las especies exóticas hasta ahora registradas en la Bahía de La Paz.

### Mamíferos marinos

En el área de influencia del proyecto existe una gran diversidad de mamíferos marinos. Se han registrado cuatro especies de carnívoros, el lobo marino común de California (*Zalophus californianus*), que tiene una población permanente de aproximadamente 350 individuos en Los Islotes; hay observaciones esporádicas del lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*), de la foca común (*Phoca vitulina*) y de la foca elefante (*Mirounga angustirostris*). La colonia existente en Los Islotes de lobo marino de California es de gran interés debido a que se le considera como la lobera reproductora más sureña de la distribución de la subespecie.

En el área de la bahía se han observado siete de las 11 especies reconocidas de ballenas barbadas (misticetos) y 20 de las 68 especies reconocidas de cetáceos dentados (odontocetos). La riqueza específica en este lugar es de las más altas en el mundo, hay especies que se observan durante todo el año (tursiones y rorcual común), especies que visitan la bahía como destino migratorio invernal (ballena jorobada y ballena azul), especies típicas de aguas tropicales (delfín tornillo y delfín de dientes rugosos) y especies típicas de aguas templado-frías (delfín de costados blancos, zífido de Baird).

Dentro de los mamíferos más relevantes en la Bahía de La Paz se encuentra la ballena de Sei o rorcual de Sei (*Balaenoptera borealis*, la cual habita principalmente aguas frías y templadas de la plataforma continental. Se estima una población actual de 14,000 individuos. Está en la categoría de “Vulnerable” para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

El rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) habita exclusivamente aguas tropicales y subtropicales, es frecuente durante el verano y otoño en la región de las Grandes Islas, particularmente en Canal de Ballenas, en aguas cercanas a Loreto y en la Bahía de La Paz aunque hay registros hasta la región de Los Cabos y Bahía Banderas, Nayarit. Al igual que el rorcual común, el rorcual tropical varía mucho su presencia a través de los años, aunque dentro de la bahía su distribución es más amplia que la de otros rorcuales. Dentro del Golfo

de California se ha estimado una población de cerca de 400 individuos y dentro de la Bahía de La Paz, se han estimado 235 ballenas.

Otra especie importante es la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), habita en todos los océanos del mundo, en el Golfo de California se han realizado algunos registros durante las cuatro estaciones del año, lo que sugiere que algunos individuos permanecen dentro del golfo y no migran hacia aguas frías del Pacífico Norte. En la Bahía de La Paz, principalmente en la región central, se les ha observado con frecuencia entre invierno y primavera. Realizan una larga migración desde sus áreas de alimentación, en Alaska a California Central, para reproducirse en el Pacífico mexicano y centroamericano durante el invierno y principios de primavera. Es común observar grupos de madre con cría y escolta, que se cree que es un macho adulto. En aguas mexicanas su número se estima en más de 3,000 individuos, esta especie se considera “Vulnerable” para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

La ballena gris (*Eschrichtius robustus*) está representada por dos grandes poblaciones a escala mundial, la casi extinta población asiática y la población americana mucho más numerosa. Esta última realiza migraciones a lo largo de la línea de costa desde el mar de Bering, donde se alimenta durante el verano, hasta la costa Oeste de la Península de Baja California y Golfo de California, donde se reproduce. Los registros de esta especie dentro del Golfo de California son esporádicos, aunque al parecer antes de su explotación fueron muy frecuentes, principalmente en Bahía Yavaros, Sonora. No todos los individuos migran fuera del golfo, pues se registran durante todo el año. En la Bahía de La Paz es común su presencia en invierno. La abundancia de ballena gris en la bahía ha presentado grandes fluctuaciones a lo largo de los años, aparentemente esto está relacionado con la disponibilidad de alimento y con la temperatura superficial del mar. A diferencia de otras ballenas, esta especie se alimenta de anfípodos que filtra del suelo marino. Esta ballena efectúa una migración enorme, se mueven cerca de 9,000 Km desde Alaska, hasta aguas mexicanas, su población actual se estima en más de 20,000 animales.

En la Bahía de La Paz se han observado muy ocasionalmente ejemplares de *Mesoplodon peruvianus*, mesoplodonte pigmeo, y *Mesoplodon* sp.

El zífido más común en México es el Zífido de Cuvier (*Ziphius cavirostris*). Lo más distintivo de la especie es su largo hocico en forma de pico de ganso, por lo que se le ha llamado ballena pico de ganso, y se alimentan principalmente de calamares y peces de aguas profundas.

Otro cetáceo importante es el cachalote (*Physeter macrocephalus*), los avistamientos más comunes ocurren en el área entre Loreto e Isla Cerralvo. En la Bahía de La Paz se les ha observado en todo el año, principalmente en la región central y noroccidental, su presencia en esta zona se relaciona con la del calamar gigante (*Dosidicus gigas*). Dentro del Golfo de California se estima una población de 400 organismos.

En la Bahía de La Paz se han observado, aunque muy raramente, los cachalotes pigmeo (*Kogia breviceps*) y enano (*Kogia simus*). Ambas especies de aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, ocasionalmente observados dentro de la bahía, especialmente el cachalote

enano. Se piensa que son odontocetos comunes en la bahía debido al número de varamientos del cachalote pigmeo y a que se les ha avistado durante todo el año.

Existen avistamientos de nueve especies de delfines dentro de la Bahía de La Paz. El delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*), común en cautiverio en numerosas partes del mundo, tiene una población estimada en el Golfo de California de 6,000 individuos. El delfín de costados blancos (*Lagenorhynchus obliquidens*) sólo habita la región del Pacífico Norte, en aguas templadas y subtropicales con influencia de corrientes frías. Se le ha observado en la Bahía de La Paz entre invierno y primavera excepto un avistamiento en verano cerca de Pichilingue y el Canal de San Lorenzo.

Sólo se conoce un avistamiento del delfín de Risso o delfín gris (*Grampus griseus*) en la Bahía de La Paz. Es común que formen grupos de menos de 12 individuos. Es frecuente verlos acompañados de delfines de costado blanco, calderones o tursiones. Se ha estimado una población en el Golfo de California de cerca de 10,000 individuos.

El cetáceo más frecuentemente avistado en la Bahía de La Paz es el tursión o tonina (*Tursiops truncatus*). Esta especie se distribuye en todos los océanos tropicales y subtropicales del mundo. Dentro de la Bahía de La Paz se distribuye principalmente en las aguas circundantes de El Mogote, incluida la Ensenada de La Paz. Se ha estimado una población dentro del Golfo de California de más de 30 000 individuos. Esta especie es el cetáceo más común en cautiverio, en México se les exhibe en zoológicos, circos y delfinarios.

Otro delfín registrado en el sur del Golfo de California es el delfín manchado (*Stenella attenuata*), el registro más norteño es a la altura de Guaymas, Sonora. Dentro de la Bahía de La Paz, sólo se conocen dos avistamientos, uno al oriente de la Isla San José y el otro al oriente de Espíritu Santo. En el Golfo de California se ha estimado una población de delfín manchado de unos 20.000 individuos.

Los delfines observados en el interior de la bahía pertenecen a la subespecie *Stenella longirostris orientalis*, con una coloración gris plomo uniforme. Del mismo modo que las especies anteriores, se estima una población de unos 20,000 individuos para el Golfo de California, siendo la población del delfín tornillo oriental la más afectada por la pesca del atún aleta amarilla con red de cerco en el Pacífico Oriental tropical.

Al interior del Golfo de California se han avistado unos 22 delfines listados (*Stenella coeruleoalba*), y en la Bahía de La Paz se han recolectado tres cráneos. Se estima una población cercana a los 8,000 individuos en el Golfo de California, esta especie también es capturada junto con el atún con red de cerco.

El delfín común habita aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, en el Golfo de California hay dos especies de delfín común: *Delphinus delphis* y *Delphinus capensis*, se estiman poblaciones de 30,000 y de 60,000 individuos respectivamente. A *Delphinus capensis* es posible encontrarlo en abundancia dentro de la Bahía de La Paz, pues se les ha visto en más de 250 ocasiones.

En algunas ocasiones se ha observado a la orca falsa (*Pseudorca crassidens*) dentro del Golfo de California, aunque no existen datos acerca de su población. Esta especie, junto con los calderones, son los delfines que con mayor frecuencia presentan varamientos masivos.

En la región central de la Bahía de La Paz, y cerca de los Islotes se ha registrado al menos en 22 ocasiones a la orca (*Orcinus orca*), sin embargo, no existe información acerca de la población dentro del Golfo de California.

En el Golfo de California se han identificado al menos 29 colonias de lobo marino común (*Zalophus californianus*), y en la Bahía de La Paz existe una lobera en Los Islotes, en el extremo norte de la Isla Partida, la población, de unos 350 individuos se ha mantenido constante en los últimos años. De la población total en México (unos 90,000 individuos) se estima que viven unos 24,000 a 28,000 en el Golfo de California. Actualmente el lobo fino de Guadalupe (*Arctocephalus townsendi*) se restringe a la Isla Guadalupe, en la costa occidental del Golfo de California, no se conoce que efectúe migraciones o desplazamientos estacionales, y últimamente se le ha observado en las islas del sureste de California y en el interior del Golfo de California, hasta la Bahía de Guaymas, se estima una población actual de unos 3,500 individuos.

Existen al menos seis registros en la lobera de Los Islotes del elefante marino (*Murounga angustirostris*). Actualmente se estiman unos 60,000 individuos, de los que 35,000 se reproducen en aguas mexicanas.

Los mamíferos marinos presentes en la Bahía de La Paz que están contemplados bajo algún estatus o bajo protección (Pr) especial según la NOM-059-SEMARNAT-2010 son: *Balaenoptera edeni* (Rorcual tropical), *Balaenoptera borealis* (Rorcual de Sei, Pr), *Balaenoptera physalus* (Rorcual común), *Balaenoptera musculus* (Ballena azul), *Megaptera novaeangliae* (Rorcual jorobado), *Eschrichtius robustus* (ballena gris), *Delphinus capensis* (delfín común de rostro largo), *Delphinus delphis* (delfín común de rostro corto), *Lagenorhynchus obliquidens* (delfín de costados blancos), *Grampus griseus* (delfín de Risso), *Globicephala macrorhynchus* (calderón de aletas cortas), *Peponocephala electra* (calderón pigmeo), *Pseudorca crassidens* (falsa orca), *Stenella attenuata* (delfín manchado), *Stenella longirostris* (delfín tornillo), *Stenella coeruleoalba* (delfín listado, Pr), *Steno bredanensis* (Delfín de dientes rugosos), *Tursiops truncatus* (tursión), *Kogia breviceps* y *K. simus* (cachalotes pigmeo y enano), *Orcinus orca* (Orca); *Zalophus californianus* (lobo marino de California), *Phoca vitulina* (foca común), *Physeter macrocephalus* (cachalote), *Mesoplodon peruvianus* (mesoplodonte pigmeo), *Berardius bairdii* (mesoplodonte de Baird), *Ziphius cavirostris* (zífido de Cuvier) y *Mesoplodon* sp. (mesoplodonte especie). También una especie en peligro de extinción (P) *Arctocephalus townsendi* (lobo fino de Guadalupe) y la especie amenazada (A) *Murounga angustirostris* (elefante marino).

### **Caracterización de cada Área**

#### **A Club de Playa Puerta Cortés**

El Club de Playa Puerta Cortés, se encuentra ubicado en la Bahía de La Paz, la cual se encuentra protegida por el complejo insular de Espíritu Santo. Al sureste de la bahía se ubica la Ensenada de La Paz la cual está separada de la bahía por una barrera de arena

denominada El Mogote. Esta barrera forma el canal de La Paz con una longitud aproximada de 5 Km (Figura 43).

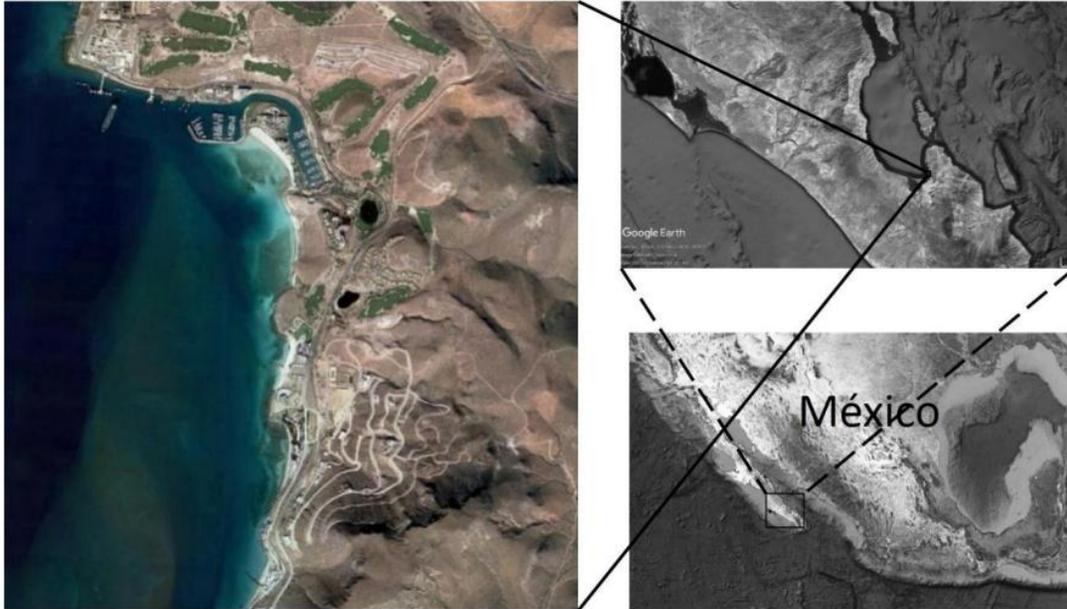


Figura 43. Mapa de localización del sitio A) Club de Playa Puerta Cortés

Para la caracterización de la zona se realizó un muestreo tomando seis puntos al azar. Para tener una muestra representativa de la distribución y abundancia de la flora y fauna marina (Figura 44).

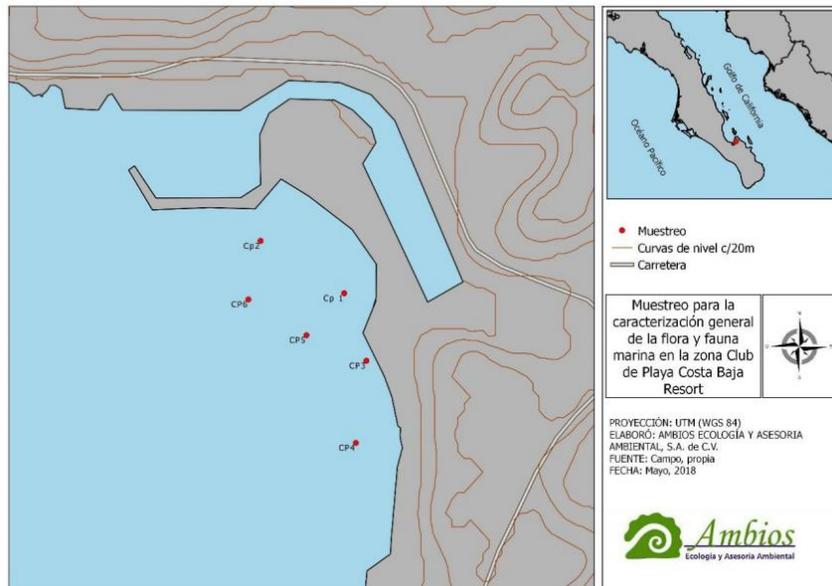


Figura 44. Sitio de muestreo en el punto A (Club de Playa Puerta Cortés).

La metodología utilizada para llevar a cabo el listado taxonómico de especies que ocurren en el área, se aplicó la técnica de censos visuales mediante buceo libre, efectuándose a través de transectos lineales de 50 m de longitud y con una distancia de 2.5 m de cada lado de la línea, para cubrir un total de 250 m<sup>2</sup> por transecto. Para el registro de la abundancia y diversidad de peces en cada uno de los Transectos se utilizaron tablas de acrílico y lápices de grafito. Todos los censos fueron realizados por un mismo observador, el tiempo de censado fue similar en cada sitio manteniendo una velocidad constante.

Debido a que los peces son un componente conspicuo de los sistemas arrecifales, su identificación in-situ se realizó con un alto grado de confiabilidad, mientras que para aquellas especies que presentan dicromatismo, principalmente de las familias Labridae y Haemulidae, se contó con el apoyo de una cámara fotográfica submarina. Estas especies se identificaron utilizando las guías para peces de la región (Thomson et al., 1979 y 2000; Allen y Robertson, 1994; Fisher et al., 1995; Grove y Lavenberg, 1997; Robertson y Allen, 2002). La metodología utilizada para levantar el censo de especies de invertebrados bentónicos en los puntos de muestreo, fue utilizando la técnica de censos visuales mediante buceo libre, efectuándose a través de transectos lineales de 50 m de longitud paralelos a la línea de costa, tomando una distancia de 2.5 m de cada lado de la línea (la anchura se estimó visualmente), para cubrir un total de 250 m<sup>2</sup> por transecto para el caso de los peces, y para la fauna bentónica, se utilizó el mismo transecto de 50 m de longitud, solo que se tomó una distancia de 1 m a cada lado de la línea (la anchura se estimó visualmente), para cubrir un total de 100 m<sup>2</sup>. Los sitios de muestreo fueron seleccionados al azar para tener una muestra representativa de la distribución y abundancia de la flora y fauna marina del proyecto en total fueron 6 puntos de muestreo. Posteriormente la composición específica fue analizada para cada localidad, con el fin de determinar la abundancia y diversidad. La Abundancia Relativa (%NI) para cada especie se calculó mediante la siguiente expresión:  $\%Ni = (Ni / NT) \times 100$  Donde %Ni es el porcentaje de la abundancia relativa de la especie i, Ni es el número de individuos de la especie i y NT es el número total de los individuos de todas las especies de peces. Mediante este índice, se evidencia la importancia porcentual de cada especie y los cambios que presenta la comunidad a través de las diferentes estaciones. La Diversidad (H') de especies se calculó por medio del índice de Shannon Wiener (Margalef, 1981), el cual se expresa de la siguiente manera:  $S H' = - \sum (ni/N) \ln (ni/N)$  i=1 Donde ni es el número de individuos perteneciente a la i-ésima especie en la muestra S, N es el número total de individuos en la muestra y S es el número de especies en la muestra. Este índice proporciona una mejor información sobre la comunidad al considerar tanto el número de especies como la abundancia de cada una de éstas. Obtiene los valores máximos de diversidad cuando todas las especies en la muestra tienen el mismo número de individuos por especie (Ludwing y Reynolds, 1988).

## Resultados

Los puntos elegidos para este estudio se caracterizaron por presentar variación en su profundidad, con rangos medios entre 0.5 a 2 m. El tipo de sustrato que se encuentra en los sitios muestreados fue muy variado desde sustratos finos hasta rocas. Los sitios CP 1, 3 y 5 presentaron la mayor cobertura de arena con 47.25 %, 68.5 % y 55.5 % respectivamente. Los

sitios CP 3 y 5 presentaron las coberturas de sedimento fino más altas con 31.5 % y 33.5 % respectivamente. Se encontraron macro algas en la mayoría de los sitios (excepto CP 3), con la mayor cobertura en CP 4 con 39%, seguido de CP 6 con 27 % y CP 1 con 26.5 %. La cobertura de fondos duros fue similar en las estaciones CP 1, 2, 4 y 6 sobresaliendo CP 2 con 21.5 %. Las estaciones CP 3 y 5 no presentaron cobertura de rocas. Se observó cobertura de corales en los sitios CP 2, 4 y 6, los cuales no superaron el 1 %.

### **Flora marina**

En las zonas de muestreos se identificaron 12 especies de macro algas distribuidas en 9 familias, de las cuales *Sargassum horridum* es la más abundante. También se identificó la especie de fanerógama *Ruppia marítima* (Ocoshal de agua), presentando parches con poca densidad.

### **Peces**

Se realizó un conteo total de 221 ejemplares. De los cuales se registraron 15 familias y 23 especies ícticas en los sitios muestreados.

Del total de especies registradas, solo tres de las 23 registradas (*Paralabrax maculatofasciatus*, *Abudefduf troschellii* y *Sufflamen verres*) acumularon el 56 % de la abundancia total. La especie más abundante fue *A. troschellii* el 35.7% de la abundancia total; mientras que *P. maculatofasciatus* contribuyó con el 15% de la abundancia total.

En cuanto a la abundancia de especies por sitio se encontró que el punto de muestreo CP4 fue el más abundante con 94 individuos registrados y aportó 45.5% de la abundancia total. En este mismo sitio, la especie más abundante fue el pintaño amarillo o mulegino *A. troschellii* con 51 individuos registrados. Mientras que el sitio CP3 fue el menos abundante con 3.1%, es decir únicamente se observaron 7 individuos.

El número de especies registradas por estación fluctuó entre 3 a 13 especies. La estación CP 3 presentó la menor cantidad de especies al igual que la menor abundancia; mientras que en la estación CP 6 se encontró una mayor cantidad de especies y fue la segunda con mayor abundancia en el muestreo.

El índice de diversidad vario entre 1.19 a 3.27. Los valores de diversidad más bajos se presentaron en las estaciones cercanas a la línea de costa (CP 1 y 3), las cuales presentan sustrato arenoso. Los valores más altos se presentaron en las estaciones CP 2, 5 y 6, predominando el sustrato arenoso – rocoso con alta cobertura de macrófitas y pastos marinos.

## Invertebrados Bentónicos

Se registraron 17 especies de invertebrados distribuidas en 6 phylum en los sitios de muestreo. Las estaciones que se encuentran más lejanas a la línea de costa presentaron los valores de riqueza más altos (CP 2, 4 y 6), los cuales se encuentran asociados a fondos rocosos con alta cobertura de macrófitas. Mientras que las estaciones más cercanas (CP 1, 3 y 5) presentaron los valores más bajos, los cuales presentaron sustrato arenoso.

Las especies *Elysia diomedea*, *Bunodosoma californicum*, *Bispira monroi* y *Neaxius vivesi* fueron las más abundantes representando el 33 %, 16 %, 15 % y 9% de la abundancia total respectivamente. La especie *Elysia diomedea* fue la única que se encontró en la mayoría de las estaciones (CP 1 – 5), seguida de la especie *Neaxius vivesi* la cual se encontró en las estaciones CP 1, 2, 4 y 6. Las especies *Bunodosoma californicum* y *Bispira monroi* se encontraron en dos estaciones CP 2 y 4 para la primera y CP 5 y 6 para la segunda.

La diversidad en los sitios de muestreo presentó valores de 0.79 a 2.56. Al igual que la riqueza y abundancia, los valores de diversidad más altos ( $> 2$ ) se encontraron en las estaciones CP 2, 4 y 6. La mayoría de los invertebrados identificados en este estudio son sésiles por lo que existe una relación directa entre el tipo de sustrato y la diversidad encontrada en el ecosistema.

## Conclusiones

La zona del Club de Playa Puerta Cortés presentó una variedad de ictiofauna característica de la zona con organismos permanentes como estacionales de tallas pequeñas. Aunque se encontró una mayor abundancia frente a la playa adyacente, los índices de riqueza y diversidad en la mayoría de las estaciones son iguales o más altos que los presentes en el Club de Playa. Se observaron invertebrados sésiles y de vida libre comúnmente presentes en esta zona, los cuales prefieren fondos rocosos y macro algas. Los índices ecológicos de riqueza, abundancia y diversidad son muy similares entre las estaciones CP 1, 3 y 4 y CP 2, 4 y 6, aunque las especies encontradas en cada estación variaban entre ellas.

La cobertura de flora marina fue abundante, lo cual genera agregación de fauna al igual que las estructuras arrecifales naturales y artificiales. Las especies presentes en la zona son características de la bahía de La Paz y están presentes en muchas playas dentro de este cuerpo de agua, se ha observado que la abundancia en general es baja en esta zona y más en las zonas de arenal, incrementándose ligeramente en las áreas que tienen rocas o zonas de refugio, en términos generales la riqueza y abundancia de especies son bajas en comparación con otro tipo de ambientes, aun así es posible encontrar algunas especies lo cual indica que pese al tipo de actividades cercanas como la planta de Pemex y la misma marina de Costa Baja, la zona es apta para el desarrollo de estas especies y el agua mantiene las condiciones adecuadas para ello. De acuerdo a lo observado en la zona respecto a la flora y fauna marina indica que el proyecto Costa Baja ha generado mínimo impacto sobre estas especies y una vez concluidas las obras y estabilizado la zona las comunidades de flora y fauna marina presentes son similares a sitios cercanos y característicos presentando todos el mismo patrón en cuanto a riqueza y abundancia la cual disminuye considerablemente en las zonas arenosas y se incrementa en las zonas rocosas.

## B - Las Pilitas

El área de influencia comprende la parte sur de la Bahía de La Paz y la zona costera inmediata hacia el sur de esta bahía donde se localiza el punto B (Las Pilitas; Figura 45).

El polígono B) Las Pilitas (24°21'10.1" latitud Norte, 110°17'22.0" latitud Oeste) pertenece al mismo municipio y colinda al norte con la Isla espíritu Santo (ANP), al este con el Golfo de California y al oeste con La Bahía de La Paz. Las Pilitas es una localidad perteneciente al municipio de La Paz, en el Estado de Baja California Sur, se encuentra a 0 metros sobre el nivel del mar (SNM) y actualmente cuenta con 5 habitantes permanentes de pescadores que viven de manera temporal en la zona.

El polígono considerado en el presente proyecto, es una playa conocida localmente como Las Pilitas, se localiza al sur de la Playa El Tecolote y es visitada principalmente por habitantes de la ciudad de La Paz, sin embargo, el uso de esta playa es mucho menor comparada con La Playa el Tecolote.

Esta área funciona como las rutas de acceso a la zona de la bahía de La Paz en dirección sur-norte desde el área de Los Cabos. La ruta de acceso es a través del canal de Cerralvo (entre la Isla Cerralvo y la Costa de la península de BCS) y posteriormente a través del canal de San Lorenzo en la entrada a la Bahía, ya que son las vías de entrada naturales salvo que debido a fuertes vientos o eventos especiales haya que acceder desde otra ruta (Hernández-Rivas, 2010).



Figura 45. Localización geográfica de la Playa Las Pilitas.

### Zona de playa y línea costera y Fondo marino Las Pilitas

Las Pilitas es un sitio expuesto, somero, ubicado en el extremo sur de la Bahía de La Paz en los 24° 21' 10.9" N y 110° 16' 32.8" W. La línea de costa está conformada por playas arenosas (areniscas que muestran estratificación cruzada consideradas como dunas eólicas locales), con presencia de grandes formaciones rocosas que se extienden hacia el fondo. Esta área es

fuertemente influenciada por las Corrientes del Canal San Lorenzo, el cual es somero y estrecho con pendiente batimétrica de norte a sur de 450 a 10 m (Obeso-Nieblas et al., 2008, Aguillón-Negreros 2011).

La dinámica de circulación marina en la Bahía de La Paz-Canal de San Lorenzo Las Pilitas, se revela en la distribución de sedimentos los cuales en la zona costera, hay dominio de arena (Figura 45). El sustrato del fondo marino mayormente arenoso conformado por rocas sueltas de diferentes dimensiones funciona como sustrato para diversas especies de coral principalmente del género *Pocillopora* y esponjas (Aguillón-Negreros 2011).

De acuerdo con Aguillon-Negreros (2011), Las Pilitas es un sitio relativamente inestable donde **el reclutamiento de las especies de coral suele ser bajo**, tanto en riqueza como en abundancia, dicho reclutamiento probablemente pudiera verse afectado estacionalmente, en principio debido a su ubicación en la zona de influencia del Canal San Lorenzo (Figura 46). Este canal, se caracteriza por presentar altas velocidades de corrientes y turbulencia ( $0.3-0.6 \text{ m s}^{-1}$ ) (Jiménez-Illescas, 1996; 1997) y además por el efecto que tienen los vientos del norte y noroeste (invierno y primavera) en la hidrodinámica de la bahía, así como al piso mayormente compuesto por arenisca (Aguillon-Negreros 2011).

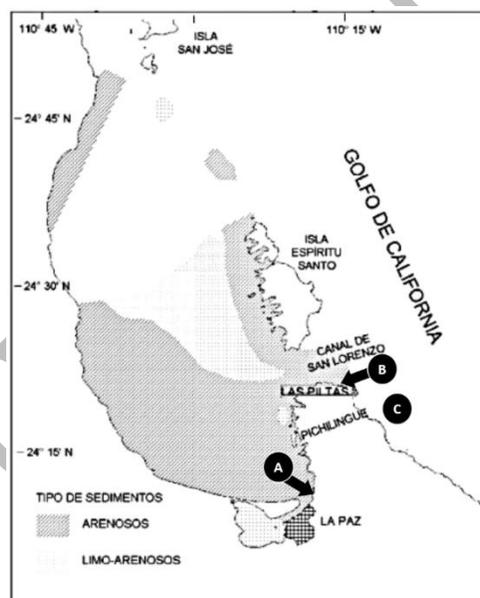


Figura 46. Distribución de las características del sedimento en la Bahía de La Paz, B.C.S. (Modificado de Cruz-Orozco et al., 1996).

Dentro del área de influencia del proyecto se encuentra el Canal San Lorenzo, se caracteriza por ser la región de mayor variabilidad estacional de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto debido a la influencia de la entrada de las aguas del Golfo y a la mezcla intensa producida por las corrientes de marea. En dicho cuerpo de agua, se presenta una zona de surgencia (Figura 47).

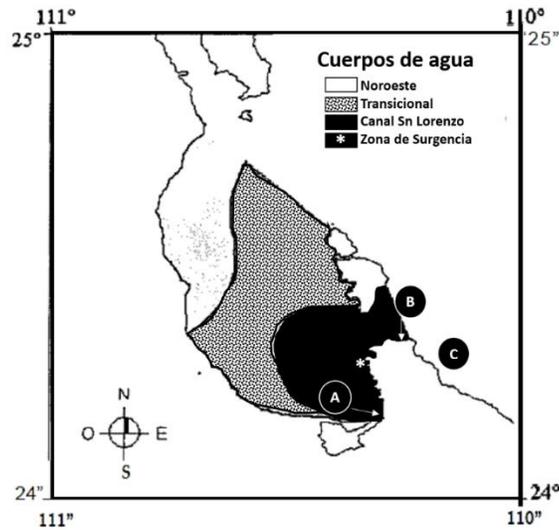


Figura 47. Cuerpos de agua en la Bahía de La Paz, B. C. S. (modificado de Murillo-Jiménez, 1987)

### Batimetría del Canal San Lorenzo

Se presenta una elevación del fondo marino (de 700 a 20 m aproximadamente) en dirección este-oeste en la entrada del canal de San Lorenzo, entre la Isla del Espíritu Santo y la playa “El Tecolote” (Figura 48). Esta diferencia abrupta en la pendiente del fondo pudiera ser responsable tanto de la estructura térmica del Canal de San Lorenzo (y áreas circundantes) como de las altas velocidades de flujo y refluo de la corriente que se presentan ahí. Igualmente, importante es la generación de turbulencia asociada a esta característica fisiográfica, la cual favorece una elevada producción secundaria, sobre todo en los primeros meses del año. Al respecto, el Canal San Lorenzo presenta estructura de hábitat con 44% de predominio de coral 32%, sustratos blandos 24% y 23% de tapetes algales, el resto se compone de sustrato duro y coral muerto (Cabral-Tena, 2010).

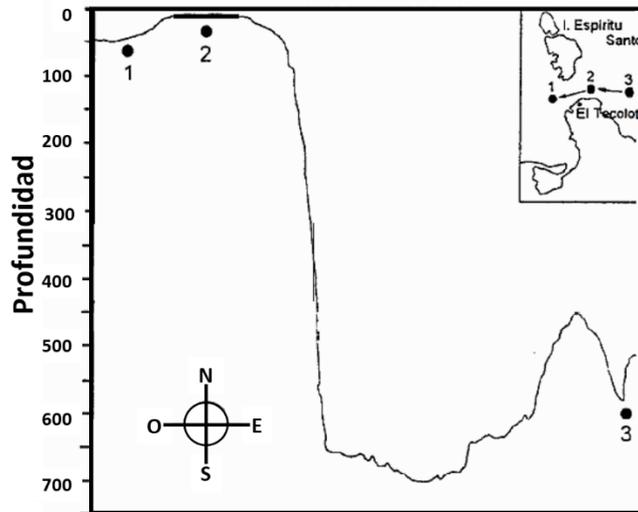


Figura 48. Perfil batimétrico del Canal de San Lorenzo, en la Bahía de La Paz, B.C.S.) México. Tomado de Silva-Dávila (1997).

### Mareas Canal San Lorenzo

Las mareas en la Bahía de La Paz-Canal de San Lorenzo-Las Pilitas dependen de la oscilación con la marea del Golfo de California y ésta a su vez, con la del Océano Pacífico. La marea es de carácter semidiurno, y al igual que en la mitad sur del Golfo de California, el reflujó que se encuentra entre la pleamar superior y la bajamar inferior es el más intenso, ocasionando corrientes de marea muy fuertes, mayores que las que se observan en el caso del flujo. Esta característica es la que hace que se mantengan sin azolve los canales de las lagunas costeras de dicho lugar. Esta estructura implica que se trata de una región dinámicamente estable y con gran intercambio de agua, lo que representa ventajas con respecto al estado de salud de las aguas de la misma. Se realizó un registro de marea en la zona del proyecto obteniendo los siguientes resultados.

### Marea de Tormenta

La marea de tormenta es mayor en las zonas donde la plataforma continental resulta más pronunciada, propiciando que el fondo marino sea relativamente poco profundo y extenso; sin embargo, en la zona de la península de Baja California, la plataforma continental es escasa.

### Nutrientes

Los registros próximos a la playa Las Pilitas, fueron obtenidos en junio del 2002 en el área cercana conocida como Punta del Diablo, donde se estableció una red de doce estaciones en las que se tomaron muestras de agua tanto a nivel de la superficie como del fondo (BCS ENVIRONMENTAL, S.A. de C.V.). Los iones analizados fueron: nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos. Las concentraciones que se describen a continuación se expresan como  $\text{mg-at m}^{-3}$  y como una visión puntual de sus concentraciones, no representan los valores promedio anuales.

## **Nitritos**

Es la primera etapa del proceso de oxidación del amonio antes de convertirse en nitratos. La mayor parte de los valores observados oscila entre 0.01 y 0.02 mg-at m<sup>-3</sup>; aunque se percibe una masa de agua proveniente del Norte con valores un poco más altos, de hasta 0.045 mg-at m<sup>-3</sup>, probablemente inducidos por la corriente de marea a través del canal de San Lorenzo. La concentración de nitritos en el fondo es un poco más alta que en la superficie y muestra un gradiente con la mayor concentración (0.055 mg-at m<sup>-3</sup>) cerca del área central de la zona de estudio, aunque en este caso parece estar asociado más a la profundidad que al posible efecto de la corriente (BCS ENVIRONMENTAL, S.A. de C.V.).

## **Nitratos**

Su concentración llega a ser más alta que la de los nitritos hasta en un orden de magnitud en la parte Sur. La parte Norte parece estar carente de este nutriente, pues no fue detectado en el análisis. Los valores oscilan entre 0 y 0.45 mg-at.m<sup>-3</sup>. En el fondo se observa una distribución similar, con ausencia aparente en el extremo Norte y valores de hasta 0.90 mg-at m<sup>-3</sup> en el extremo Sur, cerca de la entrada al estero de El Mérito (BCS ENVIRONMENTAL, S.A. de C.V.).

## **Fosfatos**

La regeneración del fósforo inorgánico en el mar tiene lugar a partir de la descomposición de los productos más simples de las excreciones. Se considera que en general, se requiere de la descomposición autolítica o bacteriana para la degradación de esos productos metabólicos y su liberación al ambiente natural como fosfatos. Los valores más bajos observados fueron de 1.24 mg-at m<sup>-3</sup>. En los extremos Norte y Sur de la zona se encuentran los valores más altos con 1.48 mg-at m<sup>-3</sup>. En el fondo en cambio, se observa una mayor concentración que en la superficie, donde el gradiente parece estar asociado a la profundidad, ya que cerca de la orilla los valores observados son de 1.32 mg-at m<sup>-3</sup>, mientras que en las zonas más profundas su concentración alcanza 1.62 mg-at m<sup>-3</sup>. Silicatos Son un compuesto indispensable para la formación de los esqueletos de las diatomeas y de los radiolarios, componentes fundamentales del fitoplancton y por lo mismo indicadores de la productividad primaria de las aguas naturales. En la superficie, los valores encontrados oscilan entre 2.1 y 4.4 mg-at m<sup>-3</sup>. En el fondo los valores son ligeramente más altos que en la superficie y oscilan entre 2.0 y 7.0 mg-at m<sup>-3</sup>; esto sugiere que su demanda por parte de los productores primarios es más alta en las aguas superficiales (BCS ENVIRONMENTAL, S.A. de C.V.).

## **Biomasa fitoplanctónica**

El Golfo de California es un sistema subtropical con tasas altas de productividad primaria. La flora y fauna que habita este lugar provienen de diversos lugares como de la parte tropical de América Central y América del Sur, del Mar del Caribe (antes del levantamiento del Istmo de Panamá) y de las costas templadas de California (Walker 1960, Rosenblatt 1967, Briggs 1974, Thomson et al. 1979, Brusca 1980, Rosenblatt y Waples 1986, Castro-Aguirre et al. 1995, Hastings 2000). La riqueza de especies bentónicas es elevada en las zonas arrecifales, en costas estables y en fondos someros formados por rocas sedimentarias

y las zonas que presentan una mayor variedad de sustratos son las que presentarán mayor cantidad de especies (Walker 1960, Parker 1964, Brusca 1980, 1989).

Las islas del golfo también albergan una gran diversidad de especies (Thomson y Gilligan 1983) y representan refugios importantes para aquellas especies que han perdido su hábitat, además de que en ellas se encuentran importantes sitios de anidación para varias especies de aves. La diversidad de especies se ve afectada por las condiciones oceanográficas estacionales.

Debido a las características anteriormente mencionadas, la parte norte del golfo es esencialmente un ambiente marino cálido templado en el invierno y se comporta como un ambiente tropical en el verano (Brusca et al. en prensa), mientras que la porción sur del golfo se comporta como un ambiente tropical estable durante todo el año. En general las ricas aguas pelágicas del golfo albergan una gran cantidad de peces, tortugas, aves y mamíferos marinos. Clorofilas La proporción relativa de cada tipo de Clorofila es un indicador del tipo de fitoplancton que ahí se encuentra. Así, se obtuvieron clorofila tipo a, b y c. La Clorofila a tiene una distribución bastante homogénea en el área de estudio, ya que oscila entre 0.44 y 0.48 mg/l en la superficie. Los valores más altos se localizan hacia la porción Norte y de modo análogo al de los nitritos en la superficie, su distribución sugiere la entrada de una masa con mayor cantidad de Clorofila a, probablemente proveniente del canal de San Lorenzo. En el fondo, su concentración es por lo menos tres veces más alta (0.6 a 1. mg/l) y en este caso la entrada de agua procedente del canal de San Lorenzo-Las Pilitas resulta mucho más evidente que en el caso anterior. Esta alta tasa de concentración de clorofila indica una mayor actividad fotosintética.

Las concentraciones de Clorofila b en la zona son un orden de magnitud más bajas que las de la Clorofila a. En la superficie se muestra un gradiente en el que los valores más bajos (0.01 mg/l) se localizan cerca de la costa, mientras que los valores más altos (0.045 mg/l) se ubican en la zona más profunda del área de estudio. En el fondo muestra un patrón muy similar al de la Clorofila a.

La influencia de una masa de agua de similares características procedente del Canal de San Lorenzo se pone en evidencia de manera aún más clara con esta variable; sus concentraciones oscilan entre 0.05 y 0.65 mg/l. La Clorofila c muestra concentraciones similares a las de la Clorofila b en la superficie; es decir, oscilan entre 0.08 y 0.09 mg/l. A pesar de la escasa variación, en este caso, se pone de manifiesto un gradiente en el que los valores más bajos se localizan cerca de la orilla, mientras que los más altos en la zona más profunda. En el fondo, tiene concentraciones un orden de magnitud más altos que los observados en la superficie (0.1 a 0.95 mg/l) y al igual que en el caso de las Clorofilas a y b observadas el fondo, este patrón muestra la influencia de una masa de agua de similares características procedente del Canal de San Lorenzo-Las Pilitas. Como puede observarse, la influencia de la masa de agua proveniente del Canal de San Lorenzo es grande en la zona, lo cual, favorecería el desarrollo de comunidades coralinas en el punto B (Las Pilitas).

## **Zooplancton**

La tendencia en los valores promedio de biomasa zooplanctónica obtenidos en la Bahía de La Paz (Canal San Lorenzo- Las Pilitas), muestra que en el mes de febrero se presenta el máximo de biomasa, seguido por una rápida disminución de la biomasa durante marzo y abril. En mayo, los valores aumentan, registrando el segundo pico de abundancia y a partir de junio y hasta agosto, la biomasa zooplanctónica disminuye progresivamente hasta llegar al nivel más bajo registrado en el último mes, con 146.22 ml/1000 m<sup>3</sup> (Figura 49 ;De Silva-Dávila 1993).

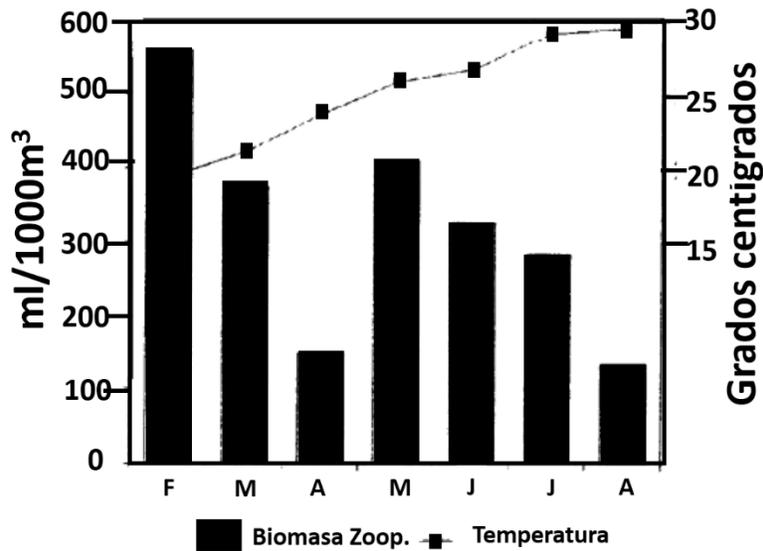


Figura 49. Biomasa zooplanctonica y temperatura superficial en Bahía de La Paz.

En el Canal de San Lorenzo-Las Pilitas, se observa un intervalo de biomasa zooplanctonica que va de 257 a 1024 ml/1000 m<sup>3</sup> durante febrero y de 5 a 256 ml/1000 m<sup>3</sup> en marzo de 1990 (Figura 50; De Silva-Dávila 1193).

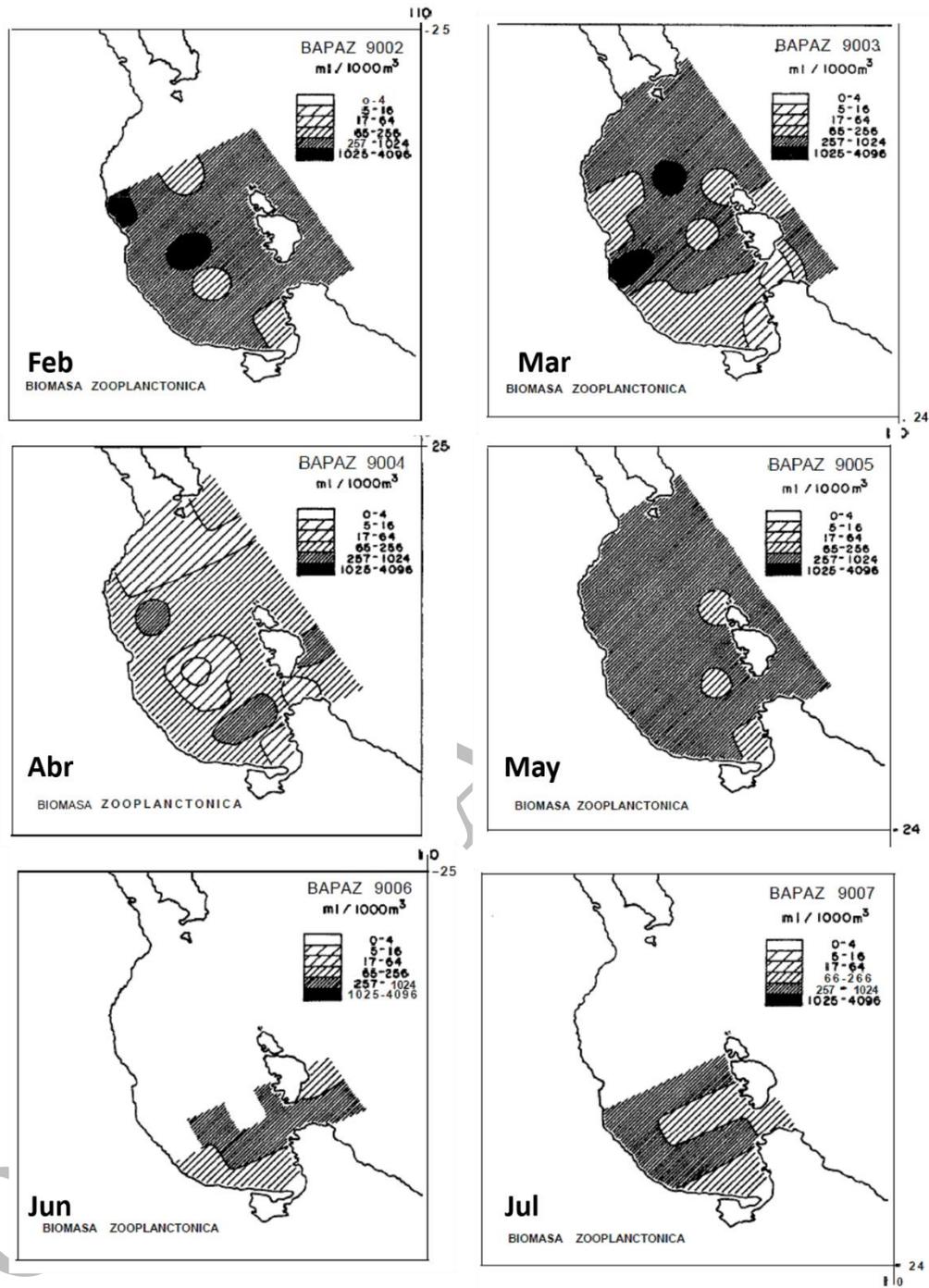


Figura 50. Distribución espacial de la biomasa zooplanctonica en El Canal San Lorenzo-Las Pilitas B.C.S. (Tomado de Silva-Dávila 1993).

De los taxa componentes del meroplacnton analizados en la zona, *Nyctiphanes simplex* presenta el valor más elevado de abundancia relativa de hasta 98% con (de 0 a ~500,000

org/1000 m<sup>3</sup>) y producción larval del krill *Nyctiphanes simplex* con 1.2193 mgm<sup>-3</sup>d<sup>-1</sup>. Sin embargo, las especies de krill que ocurren en la zona son *Nematoscelis difficilis*, *Euphausia distinguenda*, *E. eximia*, *E. tenera*, *Nematoscelis gracilis* y *Stylocheiron affine* (De Silva-Dávila 1997).

## Bentos

### Moluscos y equinodermos

De acuerdo con Aguillón-Negreros (2011), en Las Pilitas, se han registrado 29 especies de moluscos y 3 de equinodermos (Tabla 9). Del total de registros, sólo los moluscos gasterópodos *Crucibulum scutellatum*, y los bivalvos *Pinctada mazatlanica* y *Spondylus* sp. están consideradas bajo la categoría de protección especial en la NOM-059-SEMARNAT 2010 (Tabla 10). Al respecto, la construcción de arrecifes artificiales con estructuras Reef Ball® no impactará a dichas especies.

Tabla 9. Especies bentónicas (moluscos y equinodermos) observados en Las Pilitas, Modificado de Aguillón-Negreros (2011). El símbolo \* indica especie incluida bajo la categoría de protección especial (Pr) en la NOM-059-SEMARNAT 2010

Phyllum	Especies	Abund	Ab rel %
Mollusca	<i>Alaba supralirata</i>	110	16.87
	<i>Anadara multicosata</i>	34	5.21
	<i>Aplysia californica</i>	2	0.31
	<i>Anomia peruviana</i>	11	1.69
	<i>Atrina maura</i>	25	3.83
	<i>Cardita affinis</i>	16	2.45
	<i>Crepidula aculeata</i>	2	0.31
	<i>Crepidula excavata</i>	6	0.92
	<i>Crucibulum scutellatum*</i>	1	0.15
	<i>Crucibulum spinosum</i>	27	4.14
	<i>Engina</i> sp.	11	1.69
	<i>Erato</i> sp.	1	0.15
	<i>Eubolavodgesi</i>	2	0.31
	<i>Haminoea angelensis</i>	9	1.38
	Echinodermata	<i>Holothuria (Thymiosycia) arenicola</i>	52
<i>Holothuria (Thymiosycia) impatiens</i>		34	5.21
<i>Holothuria (Thymiosycia) inornata</i>		1	0.15
Mollusca	<i>Isognomon janus</i>	2	0.31
	<i>Laevicardium elenense</i>	2	0.31
	<i>Laevicardium</i> sp.	1	0.15
	<i>Melampidae</i> morfo 1	2	0.31
	<i>Mitrella caulerpae</i>	28	4.29
	<i>Navanax</i> sp.	2	0.31
	<i>Nidorellia armata</i>	1	0.15
	<i>Nodipecten subnodosus</i>	1	0.15

Phyllum	Especies	Abund	Ab rel %
	<i>Ostrea conchaphila</i>	224	34.36
	<i>Pinctada mazatlanica</i> *	17	2.61
	<i>Pteria sterna</i>	6	0.92
	<i>Serpulorbis margaritaceus</i>	11	1.69
	<i>Spondylus</i> sp.*	1	0.15
	<i>Stylocheilus striatus</i>	9	1.38
	<i>Triphora</i> sp.	1	0.15

La especie de mamífero marino localizado en la región es el rorcual común (*Balaenoptera physalus*) el cual está registrado para la Bahía de la Paz y es una especie considerada como sujeta a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

El rorcual común (*Balaenoptera physalus*) es residente en el Golfo de California y algunos individuos se mueven de norte a sur y el área límite de su distribución es la Bahía de La Paz (Urbán Ramírez, 1997).

A pesar de que el pelicano Pelicano pardo (*Pelecanus occidentales californicus*) actualmente, se encuentra categorizado como amenazado en la NOM-059-SEMARNAT-2010. La Isla de Espíritu Santo presenta una colonia de aproximadamente 300 individuos en la parte de Los Afloramientos de roca, al sur del complejo insular. Sin embargo, dada la distancia del punto B (Las Pilitas) respecto a la Isla la Partida, esta especie no recibirá impacto alguno durante el presente proyecto.

Flores-Ramírez et al. (1996) en la zona del Canal San Lorenzo y Transicional, la diversidad de cetáceos se registraron seis especies de odontocetos y seis mysticetos. Por su mayor abundancia relativa y presencia continua, el delfín común de rostro largo (*Delphinus capensis*) y el tursión (*Tursiops truncatus*), así como el rorcual tropical (*Balaenoptera edeni*) fueron, respectivamente, los odontocetos y el mysticeto más importantes de la comunidad de cetáceos. También, en la región se tienen registros de avistamiento del mamífero marino conocido como rorcual común (*Balaenoptera physalus*) el cual está registrado para la Bahía de la Paz. Estos mamíferos marinos, son considerados como sujeta a protección especial por la NOM-059-SEMARNAT-2010. El rorcual común es residente en el Golfo de California, y que algunos individuos se mueven de norte a sur y que el área límite es en la Bahía de La Paz (Urbán Ramírez, 1997).

La temperatura y transparencia del agua de mar en la zona del Canal San Lorenzo y Transicional, así como la disponibilidad de alimento cambian estacionalmente y anualmente de manera predecible, en relación con el ingreso y salida de masas de agua tropical y la influencia de fenómenos oceanográficos, como El Niño Oscilación Austral y La Niña. Sin embargo, la diversidad de cetáceos no cambió de manera correspondiente. Así, la comunidad de cetáceos fue más diversa y hasta cierto punto estable durante la transición entre condiciones oceanográficas estacionales y anuales. En general, cambió significativamente a menores escalas espaciales y temporales definidas por la interacción de condiciones ambientales de años, estaciones y zonas particulares. Lo anterior y el cambio correspondiente en la riqueza específica, mediado por el ingreso de especies migratorias de

afinidad templada y visitantes de afinidad tropical, indican que en el área la tasa de cambio de la abundancia y sustitución de especies es intensa, asociada con la conducta ecológica de las especies y los cambios metabólicos del sistema.

Tabla 10. Revisión de especies registradas en Las Pilitas (PIL) y zona adyacente Canal San Lorenzo (CSL).

Espece	Referencia	NOM-059 SEMARNAT-2010
<i>Octopus hubbsorum</i>	Sheila Castellanos-Martinez et al. (2011)	PIL
<i>Pocillopora sp.</i>	Aguillón-Negreros (2011)	PIL
<i>Balaenoptera edeni</i>	Flores-Ramirez et al. (1996)	CSL
<i>Balaenoptera physalus</i>	Flores-Ramirez et al. (1996)	CSL
<i>Tursiops truncatus</i>	Flores-Ramirez et al. (1996)	CSL
<i>Delphinus capensis</i>	Flores-Ramirez et al. (1996)	CSL

### Caracterización del Área

Las Pilitas se encuentra dentro de la Bahía de La Paz, se localiza al sur de la Playa El Tecolote y es visitada principalmente por habitantes de la ciudad de La Paz, sin embargo, el uso de esta playa es mucho menor. Para la caracterización de la zona se realizó un muestreo tomando ocho puntos al azar para tener una muestra representativa de la distribución y abundancia de la flora y fauna marina (Figura 51; Tabla 11).



Figura 51. Puntos de muestreo playa Las Pilitas.

Tabla 11. Coordenadas de los sitios de muestreo en la playa Las Pilitas.

Sitio	Coordenadas	
	Y	X
LP-1	2693301	571013
LP-2	2693117	570928
LP-3	2692918	570879
LP-4	2692965	570740

LP-5	2692705	570730
LP-6	2692815	570599
LP-7	2692561	570588
LP-8	2692640	570467

La metodología utilizada para llevar a cabo el listado taxonómico de especies fue la técnica de censos visuales mediante buceo libre, efectuándose a través de transectos lineales de 50 m de longitud y con una distancia de 2.5 m de cada lado de la línea, para cubrir un total de 250 m<sup>2</sup> por transecto. Para el registro de la abundancia y diversidad de peces en cada uno de los Transectos se utilizaron tablas de acrílico y lápices de grafito. Todos los censos fueron realizados por un mismo observador, el tiempo de censado fue similar en cada sitio manteniendo una velocidad constante.

Debido a que los peces son un componente conspicuo de los sistemas arrecifales, su identificación *in-situ* se realizó con un alto grado de confiabilidad, mientras que para aquellas especies que presentan dicromatismo, principalmente de las familias Labridae y Haemulidae, se contó con el apoyo de una cámara fotográfica submarina. Estas especies se identificaron utilizando las guías para peces de la región (Thomson et al., 1979 y 2000; Allen y Robertson, 1994; Fisher et al., 1995; Grove y Lavenberg, 1997; Robertson y Allen, 2002).

La metodología utilizada para realizar el censo de invertebrados bentónicos en los puntos de muestreo a nivel de especie, fue la técnica de censos visuales mediante buceo libre, efectuada a través de transectos lineales de 50 m de longitud paralelos a la línea de costa, tomando una distancia de 2.5 m de cada lado de la línea (la anchura se estimó visualmente), para cubrir un total de 250 m<sup>2</sup> por transecto para el caso de los peces, y para la fauna bentónica, se utilizó el mismo transecto de 50 m de longitud, solo que se tomó una distancia de 1 m a cada lado de la línea (la anchura se estimó visualmente), para cubrir un total de 100 m<sup>2</sup>. Los sitios de muestreo fueron seleccionados al azar para tener una muestra representativa de la distribución y abundancia de la flora y fauna marina del proyecto en total fueron 8 puntos de muestreo. Posteriormente la composición específica fue analizada para cada localidad, con el fin de determinar la abundancia y diversidad. La Abundancia Relativa (%NI) para cada especie se calculó mediante la siguiente expresión:  $\%Ni = (Ni / NT) \times 100$  Donde %Ni es el porcentaje de la abundancia relativa de la especie i, Ni es el número de individuos de la especie i y NT es el número total de los individuos de todas las especies de peces. Mediante este índice, se evidencia la importancia porcentual de cada especie y los cambios que presenta la comunidad a través de las diferentes estaciones. La Diversidad (H') de especies se calculó por medio del índice de Shannon Wiener (Margalef, 1981), el cual se expresa de la siguiente manera:  $S H' = - \sum (ni/N) \ln (ni/N)$  i=1 Donde ni es el número de individuos perteneciente a la i-ésima especie en la muestra S, N es el número total de individuos en la muestra y S es el número de especies en la muestra. Este índice proporciona una mejor información sobre la comunidad al considerar tanto el número de especies como la abundancia de cada una de éstas. Obtiene los valores máximos de diversidad cuando todas las especies en la muestra tienen el mismo número de individuos por especie (Ludwing y Reynolds, 1988).

## Resultados

Los puntos elegidos para este estudio se caracterizaron por presentar variación en su profundidad, con rangos medios entre 1.5 a 7 m (Figura 52; Tabla 11). El tipo de sustrato que se encuentra en los sitios muestreados fue muy variado desde sedimento fino hasta rocas (Figura 53). En todos los sitios de muestreo se encontró sustrato arenoso, presentando una cobertura mayor al 70 % en todas las estaciones con excepción de la 2 y 8, en las cuales predomina el sustrato rocoso con 55% y 75% respectivamente. Únicamente se encontró cobertura coralina en las estaciones 2, 7 y 8 con 40 %, 5 % y 10 % respectivamente, mientras que las macrofitas se encontraron en los sitios 1, 5, 7 y 8 con una cobertura del 15% para la primera y 5% para los demás sitios. Finalmente, el sustrato fino predomina los sitios 3 a 6 con 10% a 30% de cobertura (Figura 53).

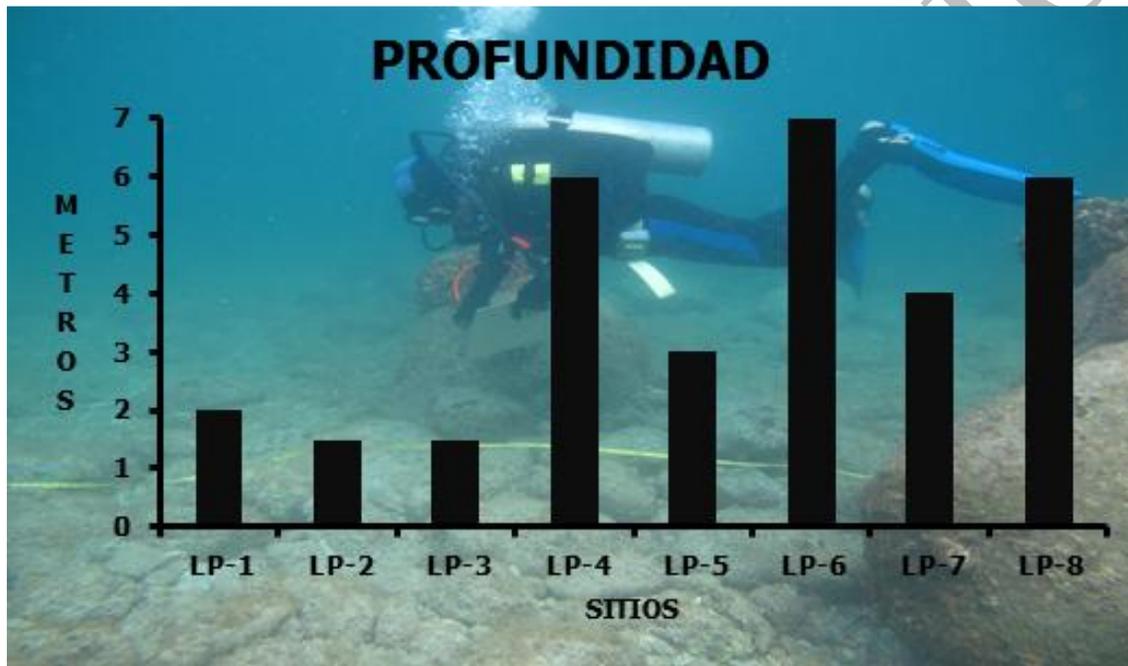


Figura 52. Profundidad en los sitios de muestreo en la playa Las Pilitas.

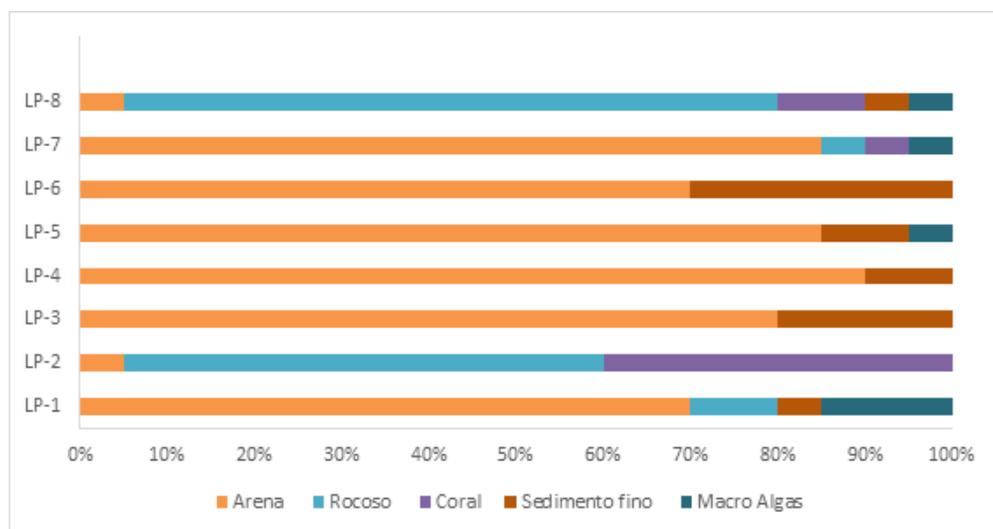


Figura 53. Sustrato presente en los sitios de muestreo de la playa Las Pilitas.

### Macrófitas

Se identificaron 7 especies de macro-algas pertenecientes a los phylum Chlorophyta, Ochrophyta y Rhodophyta (Tabla 12), las cuales se encuentran distribuidas en los sitios LP 1, 5, 7 y 8, sitios que se caracterizan por presentar sustrato rocoso. El phylum Rhodophyta es aquel que presentó mayor riqueza, los organismos de este phylum se caracterizan por presentar una coloración rojiza, el talo puede ser costroso y se distribuyen en la zona intermareal hasta grandes profundidades.

Tabla 12. Macrofitas presentes en la playa Las Pilitas.

Phylum	Familia	Especie
Chlorophyta	Caulerpaceae	<i>Caulerpa sertularioides</i>
	Dictyotaceae	<i>Dictyota crenulata</i>
Ochrophyta	Scytosiphonaceae	<i>Rosenvingea intricata</i>
	Cystocloniaceae	<i>Hypnea pannosa</i>
	Phylloporaceae	<i>Gymnogongrus johnstonii</i>
Rhodophyta	Rhodomelaceae	<i>Laurencia johnstonii</i>
	Spyridiaceae	<i>Spyridia filamentosa</i>

### Peces

Se realizó un conteo total de 592 ejemplares. De los cuales se registraron 17 familias y 28 especies ícticas en los sitios muestreados. En la Tabla 13 se presentan los índices ecológicos analizados para la comunidad íctica:

Tabla 13. Índices ecológicos de la comunidad íctica.

Sitios	Riqueza	Abundancia	Diversidad
LP 1	5	13	2.13393757
LP 2	15	112	3.16119186
LP 3	0	0	0
LP 4	3	8	1.40563906
LP 5	0	0	0
LP 6	1	1	0
LP 7	21	217	2.45931257
LP 8	13	241	2.29807635

Del total de especies registradas, *Thalassoma lucasanum* es la especie más abundante encontrándose principalmente en los sitios 7 y 8, seguidas por *Halichoeres dispilus* en los sitios 2 y 8, estas especies pertenecen a la familia Labridae, por lo general se distribuyen en arrecifes someros cerca de fondos arenosos, características propias de los sitios 2, 7 y 8; los cuales también son los sitios con mayor abundancia de peces (112, 217 y 241 respectivamente). Los sitios 3 a 6 presentaron la menor abundancia de peces con 0 en LP 3 y 5, 1 en LP 6 y 8 en LP 4 (Figura 54).

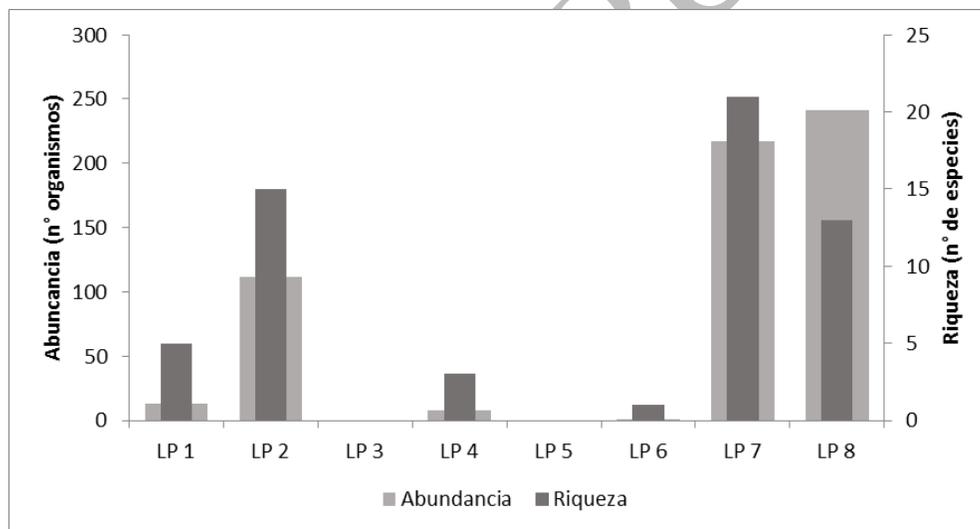


Figura 54. Abundancia y riqueza de peces en los sitios de muestreo en la playa Las Pilitas.

El índice de diversidad varío entre 0 a 3.16 (Tabla 13). Los valores de diversidad más bajos (LP 3 a 6) se presentaron en las estaciones donde predomina el sustrato arenoso y sedimentos finos. Los valores de diversidad más altos se presentaron en los sitios LP 2, 7 y 8, los cuales presentan sectores con corales en comparación a los demás sitios donde solo se encontró arena, sedimento fino, rocas y macrofitas.

### Invertebrados Bentónicos

Se registraron 17 especies distribuidas en 14 familias y 5 phylum. El organismo más representativo es el gusano plumero de la familia Sabellidae con 74 organismos, ubicados principalmente en los sitios LP 2 y 5. El segundo organismo más abundante fue el erizo lápiz

(*Eucidaris thouarsii*) perteneciente a la familia Cidaridae, los cuales se distribuyeron en los sitios LP 7 y 8. El Phylum Cnidaria presenta el tercer organismo vas abundante siendo el coral *Porites panamensis* con 45 organismos distribuidos en las estaciones LP 2, 7 y 8.

Los sitios con mayor abundancia fueron aquellos que presentaron sustrato rocoso con las mayores coberturas de coral, los cuales tienen abundancias superiores a los 90 organismos (LP 2 y 8). El tercer sitio con mayor abundancia es el LP 7, el cual contiene 58 organismos de los cuales en su mayoría pertenecen a la especie *Eucidaris thouarsii*. Los índices de riqueza y diversidad presentan la misma tendencia, con valores altos en los sitios LP 2, 7 y 8, lo cual se atribuye al sustrato rocoso el cual aporta sustrato y refugio a organismos sésiles o con poco movimiento como el coralino o los erizos de mar respectivamente. Por otra parte los sitios LP 3 a 6 presentaron las menores riquezas y diversidad, siendo las estaciones que presentar solamente sustrato de arena y sedimento fino, por lo cual los organismos sésiles no tienen un sustratos donde se puedan adherir (Tabla 14).

Tabla 14. Índices ecológicos de la comunidad de invertebrados marinos.

Sitios	Riqueza	Abundancia	Diversidad
LP 1	3	8	1.061278124
LP 2	11	92	2.543663746
LP 3	0	0	0
LP 4	2	9	0.503258335
LP 5	2	25	0.855450811
LP 6	2	21	0.863120569
LP 7	10	58	2.712368013
LP 8	11	96	3.055876333

## Conclusiones

La playa Las Pilitas presenta alta diversidad en la parte norte y sur del polígono, los cuales presentan sustratos duros con poca cobertura vegetal. La parte central del polígono presenta poca riqueza y abundancia, con especies de poco movimiento característicos de arrecifes coralinos. La cobertura de flora marina fue baja, lo cual genera poca agregación de ictiofauna e invertebrados marinos, ya que los organismos presentes en éstos compiten por espacio con las macroalgas.

En términos generales la riqueza y abundancia de especies son similares en los distintos sitios que comparten sustrato con las mismas características, sin embargo, algunos organismos presentan un dominio en el sitio, lo cual genera alta abundancia pero poca diversidad, haciendo que el ecosistema poco estable. Los sitios que presentan colonias de corales presentan las mayores abundancias y diversidades del polígono.

## C - La Sorpresa

La playa La Sorpresa, ubicada en el Municipio de La Paz a 18 km al noroeste de la ciudad de La Paz, en el litoral oriental de la península de Pichilingue (Figura 55).

El polígono se ubica frente a la playa La Sorpresa, siendo esta la zona de mayor interés para el presente estudio, cuenta con profundidades de 2 a 17 m, es de mayor complejidad

ambiental ya que consta de zonas extensas de arena, zonas dominadas por rocas de entre 0.05 a 2.5 m de diámetro, zonas con plataformas de tepetate consolidado por una capa costrosa de origen biogénico y cobertura coralina esparcida por varios de los hábitat, esta zona es la que corresponde al área donde se pretende instalar los Reef Ball y por lo tanto constituye el área de estudio principal.

Dentro del área de influencia de la playa La Sorpresa se encuentra al norte, la Isla Cerralvo, la cual pertenece al Área de Protección de Flora y Fauna “Islas del Golfo de California”, es la isla más sureña de la costa occidental, se ubica aproximadamente a 27.57 km (parte norte de la isla). La isla presenta una costa acantilada, con pocas playas arenosas, de grava y canto rodado en las bocas de arroyos temporales. La parte submareal de la isla es un arrecife rocoso bien constituido por rocas metamórficas y cantos rodados con una comunidad coralina del género *Pocillopora*, un sustrato rocoso arenoso y manchas de arena (Trujillo-Millán, 1993). Para este sitio se han registrado 10 especies de corales, pertenecientes a 4 géneros: *Pocillopora capitata*, *P. damicornis*, *P. meandrina*, *P. verrucosa*, *Prorites panamensis*, *P. sverdrupi*, *Psammocora stellata*, *P. superficialis*, *Pavona cluvus*, *P. gigantea* (Reyes Bonilla, 1998).



Figura 55. Playa La Sorpresa.



Figura 56. Playa La Sorpresa.

La ictiofauna del área de influencia es muy variada, Galván-Magaña *et al.* (1996) presentaron una lista sistemática de la ictiofauna de la Isla Cerralvo, donde incluye 174 especies pertenecientes a 70 familias. Por otra parte, Cálpaiz Segura (2004) reporta 86 especies en 60 géneros y 30 familias. Las familias que presentaron el mayor número de especies fueron: Labridae (11), seguida de Pomacentridae (9), Scaridae (6), Haemulidae (5) y Serranidae (5).

En esta área se encuentra una gran cantidad de especies endémicas, representando el 14.3% del total de especies endémicas reconocidas para el Golfo de California. Dichas especies pertenecen a las familias Gobiidae (6 especies), Gobiesocidae (5) y Chaenopsidae (2; Hastings *et al.* 2010), dichas especies se distribuyen en ambientes costeros, asociados a hábitats bénticos y demersales sobre fondos de arena y fango, así como en zonas arrecifales.

Para Isla Cerralvo se encuentran 14 especies endémicas: *Microlepidotus inornatus*, *Dactylagnus mundus*, *Cirrhitis rivulatus*, *Enneanectes reticulatus*, *Gobiesox papillifer*, *Heteropriacanthus cruentatus*, *Holacanthus passer*, *Malaccoctenus hubbsi*, *Sargocentron suborbitalis*, *Scarus ghobban*, *Scarus rubroviolaceus*, *Stegastes rectifraenum*, *Uropterygius polystictus* y *Abudefduf troschelii* (Conabio, 2010).

Se han registrado 67 especies de aves, 31 de las cuales se reproducen en ésta. Tres subespecies son endémicas de la isla: el carpintero mexicano (*Picoides scalaris soulei*), el cardenal rojo (*Cardinalis clintoni*) y el zacatonero garganta negra (*Amphispiza bilineata belvederei*).

En Isla Cerralvo se tiene considerada a la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) como especie bandera. Esta Isla es un sitio de anidación de esta especie (Conabio, 2010). Asimismo, este sitio está registrado como uno de los principales sitios de comercio y consumo ilegal de tortuga prieta.

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) es una especie no endémica que se ha registrado al sur de Isla Cerralvo e Isla Partida. Esta especie se encuentra enlistada en la

NOM-059-SEMARNAT-2010, en la categoría de sujeta a protección especial (Pr). Esta especie está considerada dentro de las 51 especies que la CONANP denominó como especies prioritarias para las cuales se están desarrollando Programas de Acción y Conservación de las Especies (PACE).

Otras especies de mamíferos marinos registrados para Isla Cerralvo son la tonina (*Tursiops truncatus*) y el Cachalote enano (*Kogia simus*). Incluso, esta zona es un sitio de asociación y agrupación de la Ballena Azul (*Balaenoptera musculus*), el rorcual común, cachalotes, ballena gris, y falsa Orca (Conabio, 2010; Hernández-Rivas, 2010).

### Playa La Sorpresa

Se realizó una caracterización marina teniendo los siguientes resultados.

La zona se encuentra conformada por Arena, Rocas (no colonizadas por algas o coral), Macroalgas (Tabla 15), Rocas con algas coralinas y corales en la presente descripción, se hace énfasis en la cobertura coralina.

Los resultados de cobertura basados en los cinco tipos de sustratos indican que la zona presenta rocas (25%) y 3% de rocas con algas coralinas y Arena (22%), igualmente se presentan corales (12%) y macroalgas (38%). No se identificaron especies raras o endémicas en la zona, por lo que las características estructurales del sistema son muy similares a muchos otros en la Bahía de La Paz e islas cercanas (Tabla 16). Partiendo de ese aspecto, los sistemas de este tipo en la región son evolutivamente jóvenes en el desarrollo ecosistémico y son susceptibles a cambios estructurales provocados principalmente por estrés ambiental natural.

Tabla 15. Macroalgas en el sitio C - La Sorpresa.

División	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
Chlorophyta	Chlorophyceae	Bryopsidales	Codiaceae	<i>Codion</i>	<i>Codion fragile</i>
		Dictyotales	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	<i>Padina mexicana</i>
	Phaeophyceae	Fucales	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	<i>Sargassum</i> sp.
Rhodophyta	Rhodophyceae	Ceramiales	Rhodomelaceae	<i>Laurencia</i>	<i>Laurencia</i> sp.
		Nemaliales	Bonnemaisoniaceae	<i>Asparagupsis</i>	<i>Asparagupsis</i> sp.
		Corallinales	Corallinaceae	<i>Amphiroa</i>	<i>Amphiroa</i> sp.
				<i>Jania</i>	<i>Jania</i> sp.
				<i>Lithothamnium</i>	<i>Lithothamnium</i> sp.
	<i>Mesophyllum</i>	<i>Mesophyllum lamelatum</i>			
	Helminthocladiaceae	<i>Liagora</i>	<i>Liagora ceranoides</i>		

Tabla 16. Invertebrados en el sitio C - La Sorpresa. El símbolo (\*) indica Protección especial en NOM-059-SEMARNAT-2010.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
Porifera	Demospongiae	Verongida	Aplysinidae	<i>Aplysina</i>	<i>Aplysina fistularis</i>
Cnidaria	Anthozoa	Alcyonacea	Gorgoniidae	<i>Pacifigorgia</i>	<i>Pacifigorgia</i> sp.
				<i>Eugorgia</i>	<i>Eugorgia aurantica</i>
		Zoanthidea	Epizoanthidae	<i>Epizoanthus</i>	<i>Epizoanthus</i> sp.
		Scleractinia	Pocilloporidae	<i>Pocillopora</i>	<i>P. elegans</i> <i>P. damicornis</i> <i>P. eydouxi</i> <i>P. inflata</i>

			Poritidae	<i>Porites</i>	<i>P. verrucosa</i> <i>P. australiensis</i> <i>P. panamensis</i> <i>P. lobata</i>
			Agariciidae	<i>Pavona</i>	<i>P. gigantea</i>
Mollusca	Bivalvia	Ostreoida	Spondylidae	<i>Spondylus</i>	<i>Spondylus calcifer</i>
		Pterioida	Pteriidae	<i>Pinctada</i>	<i>Pinctada mazatlanica</i>
			Pinnidae	<i>Pinna</i>	<i>Pinna rugosa</i>
	Gastropoda	Neogastropoda	Muricidae	<i>Muricanthus</i>	<i>Muricanthus princeps</i>
Echinodermata	Asteroidea	Forcipulatida	Heliasteridae	<i>Heliaste</i>	<i>Heliaster kubiniji</i>
		Spinulosida	Acanthasteridae	<i>Acanthaster</i>	<i>Acanthaster ellisii</i>
		Valvatida	Echinasteridae	<i>Echinaster</i>	<i>E. tenuispina</i>
			Asteropseidae	<i>Asteropsis</i>	<i>A. carinifera</i>
			Oreasteridae	<i>Pentaceraster</i>	<i>P. cumingi</i>
			Ophidiasteridae	<i>Pharia</i> <i>Phataria</i>	<i>P. pyramidata</i> <i>P. unifascialis</i>
			Mithrodiidae	<i>Mithrodia</i>	<i>Mithrodia bradleyi</i>
	Echinoidea	Temnopleuroida	Toxopneustidae	<i>Toxopneustes</i> <i>Tripneustes</i>	<i>Toxopneustes roseus</i> <i>Tripneustes depressus</i>
	Holothuroidea	Aspidochirotida	Stichopodidae	<i>Isostichopus</i>	<i>Isostichopus fuscus</i> *
Polichaeta	Polychaeta	Canalipalpata	Sabellariidae	<i>Pragmatophoma</i>	<i>Pragmatophoma</i> sp.

Para la caracterización íctica de la localidad, se realizaron 12 censos visuales submarinos con una longitud por transecto de 50 m por 5 m de ancho cada uno, equivalente a un área de muestreo de 250 m<sup>2</sup> por observación más 250 m<sup>2</sup> por la réplica.

De esta manera se contabilizaron los organismos observados dentro del área establecida para cada transecto y sitio, por celda litoral. Durante el desarrollo de estos censos se contabilizó un total de 2,636 ejemplares: una raya guitarra bandeada (*Zapteryx exasperata*) pertenecientes a la clase Elasmobranchii y los demás organismos pertenecientes a la clase Actinopterygii, incluidos en 4 órdenes: Anguilliformes, Gasterosteiformes, Perciformes y Tetraodontiformes, dentro de 23 familias, 38 géneros y 44 especies.

El número de ejemplares observados por sitio varió desde 10 hasta 517 individuos. Respecto a la cobertura del sustrato, el tipo predominante fue rocoso, con presencia de canto rodado y de tepetate, a diferencia de los muestreos anteriores la proporción de coral del género *Pocillopora* encontrado fue menor y la presencia de sustratos rocoso con cobertura de macroalgas fue nula y en el mismo sentido la presencia de erizos fue mínima. La profundidad de todos los sitios donde se llevó a cabo el censo visual varió desde los 3 hasta los 11 metros.

Se observó la mayor diversidad y abundancia de organismos en aquellos sustratos con rocas sumergidas y a profundidades iguales o mayores a 5 m, mientras que en los sitios con amplia cobertura de coral se observó una diversidad y abundancia evidentemente menor a aquella reportada en los de tipo rocoso.

Dentro del área de influencia del proyecto se encuentran cuatro especies con estatus de protección especial en la NOM-059-SEMARNAT-2010: las especies no endémicas *Holacanthus passer* (Ángel rey), *Holacanthus clarionensis* (Ángel clarion), *Pomacanthus zonipectus* (Ángel cortés), así como, *Chromis limbaughi* (Damisela azul) (endémico).

#### IV.2.3 Medio socioeconómico

El estado de B.C.S. se ubica dentro del Área Geográfica “A” y el municipio de La Paz con clave de identidad 003. Cuenta con una superficie de 73,909 km<sup>2</sup>. Se localiza en el noroeste del país. El clima es muy seco, principalmente, con una temperatura media anual entre 18 y 22 grados centígrados, y una precipitación anual promedio menor a 200 mm, el municipio de La Paz tiene una superficie de 15,397.36 km<sup>2</sup>, cuanta con 7 delegaciones, 48 subdelegaciones y 1,044 localidades.

##### a) Demografía

De acuerdo a la información del último censo de población y vivienda elaborado en 2015 por el INEGI, el Municipio de La Paz registraba una población total de 272,711 habitantes, lo que representaba el 38,3% de la población de B.C.S., siendo el segundo municipio más grande de la entidad federativa, sólo superado por el municipio de Los Cabos (Tabla 17).

Tabla 17. Resultados del Censo de Población y Vivienda 2015 para B.C.S.

MUNICIPIO	POBLACIÓN 2015	% DISTRIBUCIÓN
Los Cabos	287,671	40.4
<b>La Paz</b>	<b>272,711</b>	<b>38.3</b>
Comondú	72,564	10.2
Mulegé	60,171	8.5
Loreto	18,912	2.7
Total Baja California Sur	712,029	100

Fuente: INEGI, 2016.

La Paz, se considera centro poblacional de nivel estatal y pertenece al Sistema de Ciudades (según el Plan Estatal y Municipal de Desarrollo Urbano) ya que se caracteriza por tener un crecimiento urbano, mismo que se inicia cuando se construyen las viviendas y las principales obras públicas, tales como calles, plazas, redes de agua potable y alcantarillado, contiene instalaciones y servicios de cobertura amplia y de buena calidad, necesarias para el normal funcionamiento de su población, así como de las reservas territoriales y ecológicas que ayudan a su conservación y crecimiento, cuenta con instancias gubernamentales que rigen el funcionamiento de la ciudad y del Estado en general.

La Paz es la localidad más poblada cerca del área del proyecto. Cuenta con 215,178 habitantes los cuales equivalen al 78.9 % de la población del municipio. De acuerdo a cifras de CONAPO referidas al grado de marginación de una zona, que se refiere a la exclusión social o población que no participa del disfrute de bienes y servicios esenciales para el desarrollo de sus capacidades básicas, este municipio presenta un grado de marginación muy bajo, ocupando el lugar número 5 en el estado, y a nivel nacional, el lugar número 2403 (de 2,439 municipios).

Es el municipio mejor posicionado, debido a que en él se asienta la capital del estado, y por tanto, mejores oportunidades para la población.

Las poblaciones de Baja California Sur y La Paz presentan una distribución sexual similar. El 50.4 % de la población de B.C.S. son hombres, mientras que para La Paz es de 49.1%, lo cual equivale a que por cada 101 hombres hay 100 mujeres en B.C.S. y por cada 96 hombres hay 100 mujeres en el municipio de La Paz, el cual mantiene una proporción igual por edades (Figura 57).

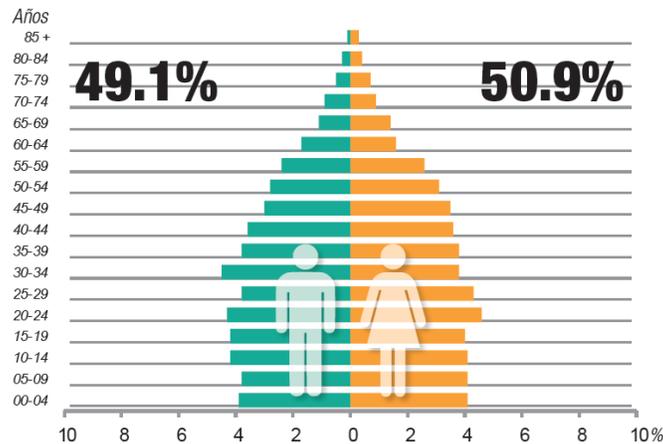


Figura 57. Estructura poblacional del municipio de La Paz por sexo y edad. Fuente: INEGI, 2016.

En cuanto a la situación conyugal en el municipio de La Paz que comprende a la población con 12 años o más, el 34 % se encuentra casada, el 34% se encuentran solteras, el 19.9 % en unión libre, el 5.2% separadas, 2.8 % divorciadas, 4 % viudas y 0.1 % no especifica (INEGI, 2016b).

La población femenina que se encuentra entre los 12 a 49 años para el municipio de La Paz reporta un promedio de 1.5 hijos nacidos vivos con una totalidad de 4.359 nacimientos y 1.7 % de hijos fallecidos en el 2015. El 97.5% de la población tiene actas de nacimiento mientras que el 1.3% no la tiene, el 0.8% se encuentra registrado en otro país y el 0.4% no especifica.

Durante el 2015, B.C.S. recibió 1,690,107 de turistas en hoteles, de los cuales 674,233 fueron nacionales y 971,588 extranjeros, el municipio de La Paz aportó 297,820 turistas nacionales y 32,360 extranjeros. La mayoría de los turistas del estado llegan al municipio de Los Cabos, sin embargo, La Paz presenta un aumento constante a través de los años.

La población económicamente activa en La Paz en 2015 corresponde al 57.2 % de la población de los cuales el 60.7 % son hombres y 39.3% son mujeres. La población económicamente no activa corresponde al 42.8 % de la población dividiéndose en personas dedicadas al estudio con 37.7 %, quehaceres del hogar 37.6 %, jubilados o pensionados 13.2 %, personas en otras actividades no económicas con 8.1%, y personas con alguna limitación física o mental que les impide trabajar 3.4 % (INEGI, 2016). En B.C.S. la mayor población económica activa se encuentra distribuida en el sector de servicios con 204,954 personas

(54%), comercio con 68,434 personas (18%) y construcción con 43,813 personas (12%; Figura 58).

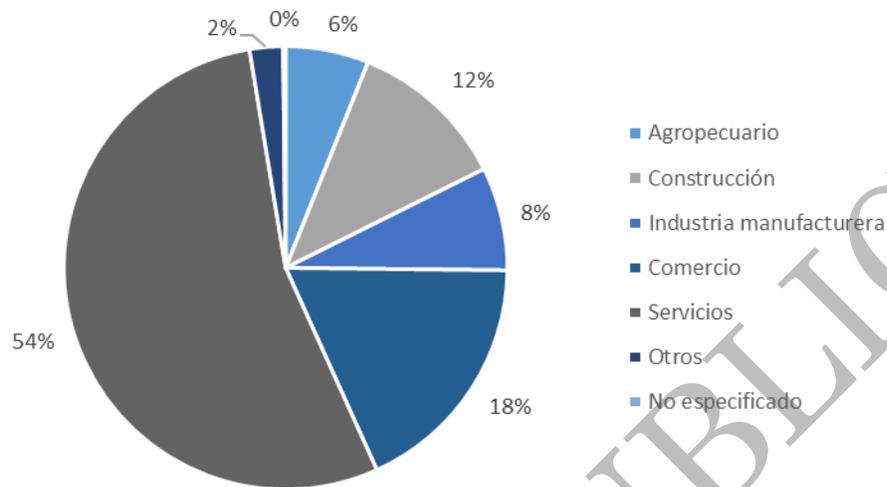


Figura 58. Sector de actividad económica en B.C.S. Fuente: INEGI, 2010.

#### b) Factores socioculturales

A nivel educativo, La Paz concentra el total de las escuelas superiores: Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Instituto Tecnológico (IT La Paz), Normal Superior, Centro Regional de Educación Normal, Universidad Pedagógica Nacional (UPN), y cuanta con varias universidades privadas, la ciudad de La Paz se ha caracterizado por su alto porcentaje de investigadores en relación al total de la población, entre otros cuenta con el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste este último también imparte cursos de maestría y doctorado y el CISESE.

El municipio de La Paz presenta altas tasas de alfabetización, con 99.1 % para la población entre los 15 a 24 años y 97.4 % para la población mayor a 25 años. En términos generales la población mayor a 15 años presenta un 41.3 % de escolaridad básica, 28.0 % escolaridad media superior, 28.2 % superior, 2.3 % no presenta escolaridad y 0.2% no especifica. La asistencia escolar es alta en etapas de niñez y adolescencia con asistencia del 63.7 % de la población entre los 3 a 5 años, 98.1 % entre los 6 a 11 años y 97.4% entre los 12 a 14 años, pero media en la adultez con 51.7 % de asistencia en edades de 15 a 24 años, lo cual indica gran deserción en niveles medio y medio superior (INEGI, 2016).

En el área rural la asistencia educativa se recibe a través del servicio indirecto de albergues escolares rurales, centros de Educación Básica para Adultos, dos aulas rurales móviles, grupos comunitarios, una misión cultural, una sala popular de lectura y una brigada para el desarrollo rural.

La recreación y la cultura también son brindadas a la ciudadanía de acuerdo a las necesidades de cada una de las poblaciones y a través de la coordinación de las oficinas federales, estatales y municipales.

Los servicios de preservación, promoción y difusión, en el área cultural, se realizan principalmente en las casas de cultura, instituciones educativas y otros organismos del municipio dedicados al fomento de la producción artística e intelectual de la población.

Constituyen programas permanentes los de publicaciones, exposiciones, conferencias, certámenes, cursos de iniciación y capacitación artística, conservación y divulgación del patrimonio cultural, estímulo y reconocimiento a valores, espectáculos, formación de recursos humanos en administración de servicios del ramo y en artes plásticas, danza, investigación, literatura, música y teatro.

En la ciudad de La Paz se localizan diversas zonas dedicadas a la cultura y el arte, destaca el teatro de la ciudad y diversos museos, también cuenta con un centro de convenciones y a lo largo del año se realizan distintos eventos culturales.

A nivel de vivienda, el municipio de La Paz tiene un total de 83,027 viviendas particulares habitadas, con un promedio de 3.3 de ocupantes por vivienda y 0.9 por cuarto. El 70.8 % de las viviendas son propias, 16.4 % son alquiladas, 11.2 % son familiares o prestadas, 1.3 % otra situación y 0.3 % no especificado. La mayoría de las casas presentan servicios básicos como agua entubada (90.4 %), drenaje (98.3%), servicio sanitario (99%) y electricidad (98.6%) pero presentan gran variedad en la disponibilidad de tecnología para la información y comunicación (TIC), siendo el teléfono celular el más común con 93.9% de disponibilidad seguido por la televisión de paga (63.8 %), las computadoras (51.7 %), el internet (50.7 %), las pantallas planas (50.3 %), y finalmente la telefonía fija (46.7 %).

La solución al problema de vivienda de los habitantes del municipio recae específicamente en tres instituciones: Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (FOVISSSTE), Instituto de Vivienda de Baja California Sur (INVI) e Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT). Estas oficinas brindan atención a empleados federales, estatales, municipales y particulares.

Las estructuras de las viviendas tienden a ser de buen material, aunque el 1 % de las paredes construidas presentan materiales precarios al igual que el 0.3 % de los techos, el 1.7 % de las viviendas presentan piso de tierra. No es común que se encuentren estructuras con el fin de ahorrar energía como lo son los paneles y calentadores solares, los cuales solo se encontraron en un 1.8 % y 0.9 % de las viviendas respectivamente, pero si se encontró un 58.9 % de viviendas con focos ahorradores. El reciclaje se encuentra restringido al 21.3% de las viviendas (INEGI, 2016).

El agua potable para el municipio de La Paz se obtiene de 26 pozos profundos que en conjunto generan 25 millones de metros cúbicos al año. El sistema de agua potable está sectorizado administrativamente en la ciudad de La Paz y su zona Conurbada, en siete zonas que cubren toda el área. El resto del municipio, es atendido mediante 57 sistemas rurales que corresponden a cada una de las subdelegaciones del municipio.

El 60% de los usuarios reciben agua potable las 24 horas del día, un 20% la reciben durante un periodo de 12 horas y los usuarios restantes reciben el servicio tandeado de 6 a 12 horas cada tercer día. Las áreas habitacionales y zonas rurales que no cuentan con red de agua potable, así como instituciones educativas y hospitales que requieren de este servicio, son atendidas mediante pipas que en promedio realizan 60 viajes diarios, repartiendo alrededor de 600 metros cúbicos de agua.

La ciudad de La Paz cuenta con una red de alcantarillado en el 86.8 % de las viviendas y una planta de tratamiento de aguas negras. El sistema de alcantarillado está sectorizado administrativamente en la ciudad de La Paz y su zona conurbada en siete zonas que cubren toda el área.

El servicio de energía eléctrica en la ciudad cuenta con una cobertura del 94.6% en el 2000, mientras que en el municipio es de 95.7%. Se cuenta con 4 centrales generadoras de electricidad, Termoeléctrica "Punta Prieta II" (113 MW), Turbogas "La Paz" (43 MW), Diesel "Baja California Sur I" (43MW) y Diesel "Baja California Sur II" (42.8 MW).

En cuanto a la salud, el municipio de La Paz cuenta con instituciones tales como: Hospital General "Juan María de Salvatierra" El Hospital General "Dr. Carlos Estrada Rubial" del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Hospital Militar Regional, Cruz Roja y Clínicas privadas como el Hospital Psiquiátrico de Baja California Sur "Margarita Sánchez de Sanabria" y el Centro Estatal de Oncológica.

El 87 % de la población del municipio de La Paz tiene acceso al servicio. La entidad que contiene más afiliaciones es el IMSS con el (47.8 %) seguido por el seguro popular (28.8 %) y el ISSSTE (24 %). En el medio rural se atiende por medio de centros de salud tipo "B" y "C", casas de salud, unidades médico-familiares, consultorios médico-familiares (puestos periféricos), COPLAMAR y unidades móviles.

En cuanto a deporte cuenta con instalaciones adecuadas, destacando el Gimnasio de Usos Múltiples, el Polideportivos y los estadios Guycura y Arturo c Nahl, entre otros, en la ciudad de la Paz se llevan a cabo eventos deportivos a nivel internacional entre otros, maratones campeonatos de vóley playero y la famosa carrera baja Mil que se realiza cada dos años.

El 19% de la población de B.C.S. habla alguna lengua indígena, cifra que corresponde a 10,661 personas mayores de 5 años, de las cuales 14 de cada 100 no hablan español. En el 2010 se presentaron cuatro lenguas indígenas, el Náhuatl con 3016 hablantes, las lenguas Mixtecas con 2,214 hablantes, las lenguas zapotecas con 1,029 hablantes y la Popoloca con 712 hablantes. El 81% de la población de B.C.S. profesa la religión católica (INEGI, 2010). En el caso del municipio de La Paz el 12.43% se considera indígena, el 0.67% de la población de 3 años y más habla alguna lengua indígena, sin embargo, toda la población indígena habla español. Finalmente, el 0.44% de la población de La Paz se considera Afro descendiente (INEGI, 2016b).

Al ser el estado de B.C.S. una península presenta tres vías de comunicación, las cuales son aprovechadas en el municipio de La Paz. Por el medio terrestre se encuentran la carretera

Transpeninsular que va de Cabo San Lucas a Tijuana, La Paz- San Juan de Los Planes, La Paz-Pichilingue y La Paz-San Juan de la Costa.

Para el acceso aéreo se cuenta con el Aeropuerto Internacional Manuel Márquez de León ubicado al suroeste de la ciudad, también se cuenta con el servicio de aeropistas situadas en los alrededores de las comunidades: Las Cruces, San Juan de la Costa, Punta Arenas y Los Planes, mismas que son utilizadas para dar servicio a aviones privados. En cuanto al transporte marítimo, el municipio cuenta con tres puertos: La Paz, Pichilingue y San Juan de la Costa, los cuales han impulsado el comercio mucho más que otras actividades como el turismo, perfila como actividad importante.

En cuanto a las actividades económicas, el estado presenta agrícola en las comunidades de El Carrizal, San Juan de los Planes, Chametla, El Centenario, Alfredo V. Bonfil y San Pedro, siendo sus principales cultivos: frijol, maíz, chile, tomate, alfalfa, cebolla, calabaza, trigo y algodón.

Con la fruticultura se obtiene aguacate, mango, naranja, papaya y caña de azúcar; cultivados principalmente en Todos Santos y Pescadero. El sistema de riego más utilizado en la región es el de gravedad, siguiéndole el de aspersión y el último, por goteo.

La ganadería está comprendida por el aprovechamiento de las especies bovina, caprina, ovina y equina, y otras especies explotadas son las avícolas y apícolas. La ganadería se desarrolla principalmente en las delegaciones de Todos Santos y San Antonio. En relación a las actividades avícolas y apícolas, la primera de ellas aporta al mercado estatal cantidades importantes de huevo (98 por ciento), y la segunda ha logrado producir el 20 por ciento de miel y cera en la entidad.

En el municipio, la pesca ha sido fundamentalmente ribereña. Esta actividad se lleva a cabo principalmente en La Paz, Todos Santos, El Sargento, La Ventana, El Conejo y Pescadero. Las principales especies de captura en el municipio son: langosta, mantarraya, almeja, camarón, cazón y diversas especies de escama.

En cuanto a la comercialización de estos productos, se cuenta con pescaderías propiedad de cooperativas pesqueras y otras de particulares. La mayor parte de las especies orientadas a la pesca ribereña se encuentra al máximo rendimiento sostenible, algunas especies se encuentran en recuperación y, otras sobreexplotadas.

La minera fue la primera en la región, con el descubrimiento del oro y la plata, teniendo un bajo porcentaje de producción, aunque en la década de los veinte tuvo su mayor auge en la zona del Triunfo y San Antonio.

Actualmente, un grupo reducido de mineros explotan las minas con métodos rudimentarios, existiendo también en el municipio la Compañía Roca Fosfórica Mexicana, S.A. de C.V., la cual fue creada en 1975.

Otra actividad que se desempeña en el municipio es la agroindustria, con dos plantas enlatadoras de chile (Todos Santos y La Paz), una pasteurizadora de leche de vaca en la cabecera municipal y un colectivo lechero en Pescadero.

También se desarrolla la industria manufacturera a través de las maquiladoras. En lo referente a la pesquera, actualmente se encuentran funcionando cuatro de ellas, teniéndose contemplado diversos proyectos para su expansión e impulso.

Cuenta también con un parque industrial pesquero construido por el Fondo Nacional de Desarrollo Portuario (FONDEPORT), el cual ofrece todos los servicios para la instalación de industrias pesqueras, así como aquellos conexos a la actividad. Por último, en el puerto de San Juan de La Costa, localizado en el Golfo de California a 57 kilómetros al norte de la ciudad de La Paz, la principal actividad económica es la extracción, beneficio y embarque del pentóxido de fósforo; comúnmente conocido como roca fosfórica, teniendo un muelle de altura para el atraque de buques de carga de gran calado.

Cuenta con la zona portuaria de Pichilingue en donde existen algunas empresas y donde se embarca gran parte de la mercancía que entra y sale del estado.

Se considera que este rubro ha sido la base del desarrollo. La zona libre ha significado un factor decisivo en la actividad comercial del municipio, ya que le permite satisfacer las demandas de la población, alternándolas con los productos nacionales.

Actualmente en la ciudad de La Paz se encuentran grandes cadenas comerciales que existen a nivel nacional, incluyendo cines (4 complejos con varias salas), áreas comerciales y recreativas y áreas de servicio, existen distintas distribuidoras de vehículos de las marcas más conocidas y empresas de menor tamaño que ofrecen servicios y productos variados.

La industria restaurantera está bien consolidada y como en muchos lugares existen ofertas que van desde comida sencilla hasta cocina gourmet.

La industria turística es una de las más importantes, en el municipio además de la ciudad de La Paz existen otras zonas de interés como el Pueblo Mágico de Todos Santos y zonas naturales que reciben a turistas alternativos, en la ciudad existe una importante oferta hotelera y náutica ya que se cuenta con varias marinas existen campos de golf y una industria importante dedicada a la pesca deportiva y al ecoturismo o turismo de aventura.

El potencial de desarrollo económico del estado es muy grande. Su estratégica posición geográfica y sus vastas fuentes de recursos naturales le dan ventajas para atraer la inversión nacional y extranjera. Los servicios financieros, de seguros e inmobiliarios son los rubros que más aportan al PIB estatal junto con el turismo, las actividades primarias si bien no están muy desarrolladas contribuyen a la economía y generan beneficios principalmente en zonas rurales, el comercio es otro rubro de gran importancia en el municipio.

En B.C.S. se han identificado sitios arqueológicos de gran importancia, en base a restos arqueológicos y fósiles como adornos, puntas de flechas, utensilios y petroglifos en el área de Comondú, Las Palmas y Concheros, Pinturas rupestres en: Mulegé, San Juan de las Pilas, Santa Teresa, Guadalupe, San Francisco, Cabo Pulmo, Santiago y San Borjita que datan de 10,000 años A.C. Los sitios arqueológicos más importantes en el estado son: San Ignacio Kadakaaman, El Rosario, La Paz, Mulegé, La Pintada, El Ratón, La Soledad, Las Flechas, Boca San Julio, La Música, y Sierra de San Francisquito. En los cuales se distribuyen las 48 misiones que se establecieron entre 1697 a 1834 por los clérigos Jesuitas,

Franciscanos y Dominicanos. Sin embargo, en el área destinada para realizar el proyecto no se han encontrado sitios arqueológicos.

#### *IV.2.4 Diagnóstico ambiental*

Las tres zonas seleccionadas para el proyecto y las zonas cercanas cuentan con condiciones adecuadas para el mismo, el punto A) Puerta Cortes es el único punto que se localiza dentro de la zona urbana turística de la Ciudad de La Paz, esta zona cuenta con una marina turística por lo que ya sufrió un impacto negativo en el pasado, actualmente es una zona en recuperación por lo que el proyecto no solo es compatible sino que puede contribuir de manera significativa a recuperar la zona, en los alrededores además se localizan otras obras y actividades como un astillero y las instalaciones de Pemex y CFE en Punta Prieta, el proyecto se localiza cerca del canal de navegación que da acceso a las embarcaciones al interior de la Ensenad de La Paz, sin interferir o afectar el tránsito de embarcaciones.

Los puntos B y C, son playas en las cercanías de la ciudad de La Paz con nula infraestructura, incluso del acceso por vía terrestre a estos puntos es por caminos de terracería, la zona B) Las pilitas es utilizada como un campamento de pescadores que solo es habitado durante una época del año y existe algún uso recreativo mínimo se localiza relativamente cerca de una de las playas más visitadas sobre todo por la población local conocida como playa el Tecolote, la cual cuenta con cierta infraestructura incluyendo algunos restaurantes tipo palapa, por su parte el punto C) Playa la Sorpresa, también cuenta con un pequeño campamento pesquero el cual es habitado de manera permanente por una familia, este campamento se localiza en la punta extrema de la playa alejada del área donde se pretende realizar el proyecto, los predios contiguos forman parte de un proyecto turístico que incluye hoteles, zonas residenciales y comerciales y una marina conocido como Azul de Cortés, sin embargo el proyecto se encuentra sin actividad al parecer por problemas financieros y no se observa que en el corto o mediano plazo se reinicie.

En cuanto a las condiciones marinas de las tres zonas estas en general se mantienen en un estado adecuado de conservación exceptuando el punto A) Puerta Cortés que como se indicó anteriormente la playa es parte del complejo turístico, que incluye zonas hoteleras, residenciales, comerciales, campo de golf y una marina que se encuentra en operación, el proyecto se pretende realizar en el lecho marino frente a la zona rocosa y playa contiguas al club de playa de este desarrollo el cual se ha caracterizado como una zona en recuperación y con cierta presión sobre la zona; debido a las actividades que se desarrollan. La playa es poco visitada ya que el acceso a la misma es a través del proyecto de Puerta Cortés por lo que el uso es prácticamente por los huéspedes de este desarrollo, el proyecto pretende mejorar las condiciones actuales generando un arrecife que permitirá tener una mayor abundancia de especies en la zona y generando un área de crianza para especies pelágicas.

La Zona de Las Pilitas punto B) es una playa que únicamente cuenta con un acceso por un camino de terracería en donde se localiza un campamento pesquero que de manera temporal alberga a unas 15 personas, la playa es en una parte rocosa y el fondo marino en una mayor parte es arenoso ideal para la colocación de los Reef Ball, en los extremos del polígono seleccionados existe zonas rocosas que albergan una gran cantidad de especies marinas

incluyendo especies de coral, lo cual permitirá que de manera natural se dé un poblamiento de los Reef Ball, incrementando la abundancia de la zona y los servicios ambientales que esta puede generar como áreas de crianza y refugio para especies marinas de peces y organismos bentónicos.

La zona o punto C) Playa La Sorpresa es una playa de gran extensión cuyo acceso también es por medio de un camino de terracería, la zona cuenta con un área poblada por cabezas de coral que se localiza prácticamente enfrente del campamento pesquero que de manera permanente se encuentra en la zona, el polígono del proyecto incluye zonas arenosas y una zona pedregosa que cubre parte de esta pequeña bahía, en la cual perfectamente se pueden asentar las estructuras de Reef Ball.

## **V IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

### **V.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

Para realizar una evaluación de impacto ambiental de cualquier proyecto, se tiene que tomar en cuenta que está afectando en conjunto, diversos tópicos del medio ambiente natural. La evaluación debe predecir (Erickson, 1979), con cierta certidumbre, cómo es ésta afectación.

Como no es posible considerar el número infinito de individualidades del medio ambiente natural y los agentes de disturbio, todos los fenómenos intra e inter sistemas ambientales y las formas interactuantes que componen el ciclo interminable de causa-efecto-causa, deben responder a cuestiones básicas, tales como: ¿Cual, como, que, elementos o agentes, o efectos sinérgicos, afectarán a los componentes ambientales en los diferentes tópicos generales que lo componen? Por esto se plantea una matriz de cribado, estandarizada para identificar y evaluar los impactos ambientales y resuelve en la posibilidad de mitigación de los impactos identificados y evaluados por ella.

La modalidad Particular de Impacto Ambiental contempla un índice temático mínimo para elaborar matrices de evaluación.

#### *V.1.1 Indicadores de impacto*

Según Ramos (1987), los indicadores de impacto son elementos del medio ambiente afectado, o potencialmente afectado, por un agente de cambio. Se pueden evaluar de forma cuantitativa o cualitativa, indicando el grado de alteración que podrá generarse al realizar una actividad o proyecto. Para el presente proyecto se evaluaron los impactos generados en el ambiente natural y social, en las esferas de Litósfera, Hidrósfera, Atmósfera, Biósfera, Paisaje, Sistema Social, Sistema Institucional y Sistema de Infraestructuras.

#### *V.1.2 Lista indicativa de indicadores de impacto*

Etapa de construcción:

### *Litósfera*

- Derrames, goteo o residuos peligrosos que afecten la calidad del suelo.
- Basuras que afecten la calidad del suelo.

### *Atmósfera*

- Humos, gasificación de combustibles y polvo que afecte la calidad del aire.

### *Biosfera*

- Ahuyentar, fragmentación y pérdida de hábitat de los peces.
- Eliminación, rellenos, dragados y descargas de los bentos.
- Eliminación, rellenos, dragados y descargas de los corales.

### *Paisaje*

- Horizonte visual, visibilidad de clareo y maquinaria que afecta la armonía del escenario.
- Maquinaria y trasiego humano que afecta la armonía sonora del escenario.
- Humos, gasificación de combustibles y polvo que afecta la armonía odorífera.

### *Social*

- Oportunidad iniciativa, bienestar y confort que afecta la calidad de vida.
- Oferta-demanda que afecta la economía de negocios, turismo, públicos y privados.

### *Infraestructura*

- Empleos de jornales temporales.
- Empleos de jornales permanentes.
- Empleos de profesionales y técnicos temporales.
- Empleos de profesionales y técnicos permanentes.
- Oferta-demanda que afecta la economía regional con oportunidades, divisas y expansión comercial.

Etapa de operación:

### *Atmósfera*

- Humos, gasificación de combustibles y polvo que afecte la calidad del aire.

### *Biosfera*

- Eliminación, rellenos, dragados y descargas de algas.
- Ahuyentar, fragmentación y pérdida de hábitat de los peces.
- Eliminación, rellenos, dragados y descargas de los bentos.
- Eliminación, rellenos, dragados y descargas de los corales.

### *Social*

- Oportunidad iniciativa, bienestar y confort que afecta la calidad de vida.
- Oferta-demanda que afecta la economía de negocios, turismo, públicos y privados.

### *Infraestructura*

- Empleos de jornales temporales.
- Empleos de jornales permanentes.
- Empleos de profesionales y técnicos temporales.
- Empleos de profesionales y técnicos permanentes.
- Oferta-demanda que afecta la economía regional con oportunidades, divisas y expansión comercial.

### V.1.3 Criterios y metodologías de evaluación

#### V.1.3.1 Criterios

##### *Matriz de Identificación y Evaluación de Impacto Ambiental*

Existe una gran cantidad de formas de evaluar los impactos ambientales, pero son muy diversificados, siendo la mayoría de ellos *ad hoc* a situaciones individuales, sitio, áreas, regiones y momentos específicos; por eso, no siempre es posible adoptar cualquier método o tipo de evaluación.

Por esa razón, se utiliza una matriz de evaluación ambiental desarrollada que integra diversos parámetros y criterios y se estandariza con una matriz que está basada en los criterios generales de evaluación de Batelle-Columbus (EPA, 1974), Erickson (1979), Shoppy y Fulggle (1984) de identificación y características de disturbio de Leopold (1971), los aspectos teóricos y metodológicos de Ward (1978), tomando en cuenta además características teóricas usadas para simulación (Kane, 1972; Kane *et al.*, 1973; Estevan, 1977; Holling, 1978; Hollick, 1981). Se ha diseñado una presentación estructurada de una matriz de cribado para tópicos, identificación y evaluación ambiental (CIFCA, 1977; Betters y Rubinh, 1978; Beanlands y Duinker, 1983; Shopey y Fuggle, 1984; Biswas y Geping, 1987; y Erickson, 1979). La matriz también está conformada en su cálculo, de acuerdo con las directrices de la teoría de probabilidades para estandarización y minimización de sesgos (Feller, 1975; Stewart, 1998) y manejo estadístico a través del uso de criterios de frecuencias (Larsen y Marx, 1990) y resolviendo los indicadores en porcentajes.

La matriz presenta cuatro tópicos generales en los que se reconocen los Ambientes: éstos están compuestos por dos grandes reinos por donde entra la matriz y que se toman en cuenta porque a la postre, en ellos incide cualquier forma de impacto, ya sea positivo o negativo, independientemente de su magnitud, éstos son el Medio Ambiente Natural y el Medio Ambiente Social.

El segundo tópico son las Esferas: se conforman por la Litósfera, Hidrósfera, Atmósfera, Biósfera, Paisaje, Sistema Social, Sistema Institucional y Sistema de Infraestructuras. El tercero es de Sistemas: contándose en ellos al Suelo, Geomorfología, Agua, Aire, Flora, Fauna, Armonía, Social y Cultural; y el cuarto, es el nivel de organizaciones: sobre el suelo: su calidad y tipo; en geomorfología: la playa, duna, planicie y loma; en agua: está su característica superficial, subterránea y calidad; aire: tiene microclimas y calidad; flora: abarca líquenes, plantas y algas; fauna: contempla a mamíferos, aves, reptiles, peces, bentos y coral. Adicionalmente para los casos que aplique, se toma en cuenta especies en status, endemismos, en peligro de extinción, raras y amenazadas. Dentro de armonía están el valor

escénico, ruido y olor; en social se sitúan calidad de vida y estructura social; en cultural valores históricos y costumbres. El sistema institucional está compuesto por los derechos humanos, derecho civil y seguridad pública; por último, dentro del sistema de infraestructuras se localiza el empleo, vivienda, equipos, servicios y economía regional. Estos componentes constituyen la Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental (MEIA), junto con las Características del Disturbio.

La Característica de Disturbio, sigue el criterio binomial de acepciones, según su probabilidad de ocurrencia: si o no, malo o bueno, es o no es. Cada una de las Características de Disturbio, se divide en dos partes, de las cuales sólo una tiene probabilidad de ocurrencia, siendo mutuamente excluyentes entre ellas, pero no lo son entre renglones o filas.

V.1.3.2 Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada

## **EL CRITERIO DE LA MATRIZ**

### ***METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ***

#### *Fundamento sobre el Cálculo, Construcción y Utilización de la Hoja Matricial (hm)*

La matriz debe ser llenada para cada Actividad en cada una de las Etapas del Proyecto con la información cruzada de los Tópicos Generales y la Forma de Impacto, contra las Características del Disturbio.

Las Formas de Impacto son tres: Elementos, que son los que componen el medio ambiente en que se trabaje, e. g. flora, fósiles, dinero circulante, etc.; Agente, que es aquel que puede producir alguna afectación sobre el medio, e. g. polvo, químicos, humo, etc.; y Efecto, que forma parte de un ciclo causal como el ahuyentamiento, erradicación, enfermedades, transculturación, etc. En realidad, este aspecto puede ser infinito, y la matriz puede ser arreglada para cada caso en particular.

Las Características del Disturbio son: Impacto, que es la identificación focal, señalado por 0 que es no ocurrencia, y 1 la ocurrencia del impacto. Sentido, hacia donde se inclina el balance, si es benéfico (positivo: +), o si es adverso (negativo: -). Punto de Disturbio (1), si el punto de disturbio está alejado o próximo a la unidad de organización que se evalúa. Amplitud (2), si el disturbio tiene distribución dentro de la organización evaluada o localizada, o si es sobre toda el área involucrada, extensiva (más del 50 % del área). Incidencia (3), cuando el disturbio tiene efectos directos sobre sitios o unidades de organización, o si son indirectos. Duración (4), si el disturbio afecta al nivel de organización en forma permanente o temporal. Reversibilidad (5), si la organización evaluada o el ambiente de que se trate, es capaz de restituirse siendo reversible, o no, irreversible. Importancia (6), es cuando por algún proceso natural o subsidiado sea posible que la unidad de organización que se evalúa, sea recuperable, o no, irrecuperable, Ocurrencia (7), si la forma de impacto que pueda suceder sea baja o alta.

Por último, en el reconocimiento de ítem de la matriz, se encuentra la mitigación, que se define como *Sí*, cuando es necesario y se puede mitigar aplicando subsidio para ello; *No*, cuando no es posible o no se puede mitigar aplicando subsidios; *ar*, cuando es auto remediable.

Todo el cálculo para la elaboración de la matriz y la propia matriz una vez terminada, es un *argumento de juicio* para ponderar, evaluar y dictaminar el proyecto.

La Matriz de Evaluación de Impacto Ambiental, (MEIA), se basa en la ley de las probabilidades (Feller, 1975; Stewart, 1998) e índices de frecuencias (Larsen y Marx, 1990). Así se parte calculando la probabilidad de que un renglón cualesquiera de la matriz de evaluación, sea utilizado, a través de  $1/39 = 0.025641 (\approx 0.026)$ . Donde 39 es el número total de renglones o filas que constituyen la hoja matricial (hm). Cada una de las hm son independientes, así cada actividad es evaluada por separado, aunque al final de la evaluación existe una ponderación general del proyecto, tomando en cuenta todas las hm's.

La probabilidad de que un valor de evaluación sea alto o bajo (valor absoluto) para cualesquiera de las casillas (i) y cualesquiera de las características: Punto de Disturbio, Amplitud, Incidencia, Duración, Reversibilidad, Importancia y Ocurrencia; excluyendo a Sentido y Sin Impacto, es de  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1/128 = 0.0078125 \approx 0.008$ . De esta manera se asume que cada una de las casillas (i) de la hm tiene un valor de probabilidad de ocurrencia absoluta de 0.008 sin distinción o empatadas entre una evaluación con valor alto o bajo.

La hm consta de 546 casillas. El total de casillas multiplicadas por el valor absoluto de probabilidad de ocurrencia de cada casilla (i) es:  $546 \times 0.008 = 4.368 (4.37)$ , sin distinción, es decir, todas empatadas.

Para que exista evaluación real, debe existir diferencia entre un valor alto y uno bajo. De este modo se establecen las condiciones siguientes para la aplicación práctica de cálculo:

*“Que el uso de una casilla sobre el mismo renglón o fila de cualquier característica, excluya a la segunda; pero no es excluyente entre renglones”.*

*“Para que exista diferencia entre un valor de evaluación alto y uno bajo, para fines prácticos de evaluación, aplicar la fracción mínima de diferencia que es  $1/3 = 0.333333$ , de esta manera, la diferencia entre un valor alto y uno bajo, sin lugar a dudas, se calcula por  $2/3 = 0.66667$  contra  $1/3 = 0.33334$ . De éste modo se tiene que los valores de evaluación altos y bajos podrían calcularse con los tercios de desempate”.*

*“No necesariamente se usan todas las casillas (i) por renglón o fila, admitiendo la regla opcional de aplicación”.*

Asignando  $1/3$  para los valores bajos y  $2/3$  para los altos, se tiene:

Para valores bajos: Probabilidad de aparición de cada casilla (i) por  $1/3$ , es  $\{0.008 \times 0.33333 = 0.002666, \pm 0.003$  que representa el valor probable con desempate para cada una de las casillas (i) para los casos de bajo impacto}.

Para valores altos: Probabilidad de aparición de cada casilla (i) por  $2/3$ , es  $\{0.008 \times 0.66666 = 0.005332, \pm 0.005$  que representa el valor probable con desempate para cada una de las casillas (i) para los casos de alto impacto}.

El valor esperado de cada uno de los renglones o filas para casos de evaluación baja, de acuerdo con la condición 3, está dado por la probabilidad de aparición mínima de una casilla ( $i$ ) que es 0.003.

El valor esperado de cada uno de los renglones o filas para casos de evaluación alta, está dada por la probabilidad de aparición, por el número de casillas ( $i$ ) que se usan en cada renglón  $\{0.005 \times 7 = 0.035$ , éste valor es la constante usada en la matriz  $i_{mx} = 0.035$ . El 7 es una y sólo una de las casillas correspondientes entre “Punto de disturbio” y “Ocurrencia” (números entre paréntesis en la matriz), debido a son binomios mutuamente excluyentes.

La matriz (M) tiene un valor absoluto que es “El valor máximo esperado de cada renglón o fila, por el número total de ellos (n) utilizados en toda la “hm”, así:

Valor Máximo de la Matriz:

$$M_{mx} = (i_{mx})^n$$

como  $i_{mx} = 0.035$ , se tiene:

$$M_{mx} = 0.035 \times n$$

cuyo producto es el valor máximo esperado de la evaluación y que idealmente debiera ser positiva.

El valor parcial absoluto de la suma de valores de las casillas ( $i$ ) por renglón o fila está dado por:

$$\sum i$$

El valor total absoluto de las sumas parciales de  $i$  está dado por:

$$h_i = \sum \sum i$$

El índice porcentual parcial absoluto de cada evaluación por renglón o fila, es:

$$\sum i_{\%} = \sum i \left( \frac{100}{h_i} \right)$$

El índice porcentual total utilizado sobre el valor máximo esperado de la matriz, está dado por:

$$\sum \% = h_i \left( \frac{100}{M_{mx}} \right)$$

La tendencia esperada del uso de la matriz, debe ser el uso completo o total del valor máximo esperado de ella, con el fin que explique mejor la valuación. Pero existe la posibilidad que no sea así, por lo que se puede esperar un valor residual (vr), éste está dado por:

$$vr = 100 - \sum \%$$

El valor total o neto de la evaluación positiva, está dada por:

$$h_{i+} = \sum i_+$$

El valor total o neto de la evaluación negativa está dada por:

$$h_{i-} = \sum i_-$$

El índice porcentual neto de evaluación positiva está dada por:

$$\sum \%_+ = h_{i+} \left( \frac{100}{h_i} \right)$$

El índice porcentual neto de evaluación negativa está dada por:

$$\sum \%_- = h_{i-} \left( \frac{100}{h_i} \right)$$

## **LA EVALUACIÓN EN BASE DE FRECUENCIA DE OCURRENCIA**

### *Análisis de Frecuencia de las Mitigaciones*

La ponderación de las mitigaciones se basa en la postulación, que lo ideal de una evaluación de las mitigaciones, debiera ser (*ar*), porque todos los impactos (el 100%), sería autor remediable, sin subsidio. La segunda posibilidad deseable es (*Si*), porque se está en una posición de poder ser mitigable, aunque se aplique subsidio. La tercera opción es (*No*), que es la que menos acepciones se desea tener dentro del sentido negativo.

Para la aplicación de la MEIA, en el Ambiente Social, dentro de las Esferas sistema de Infraestructura, Sistema Institucional y sistema Social, no aplican las mitigaciones cuando las evaluaciones son positivas. Para el caso de ser negativas sí se aplican. Por esta razón para la ponderación del índice porcentual de la frecuencia, se descartan los valores con ítem positivo, bajo un No de mitigación.

Las mitigaciones están ponderadas por su frecuencia. Se aplica un índice porcentual de frecuencia (Larsen y Marx, 1990) para determinar cuál tipo de mitigación es la más demandada. Este índice es por cada una de las tres categorías de mitigaciones, *Sí*, *No* y *ar*. Lo deseable es que todo sea mitigable de ésta forma se calculan los siguientes indicadores:

Índice porcentual de frecuencia por categorías de mitigación, se calcula a través de la expresión general:

$$m_{xf} = m_x \left( \frac{100}{n} \right)$$

Para tal aplicación, es necesario calcular:

Suma de frecuencia para la categoría *Sí*:

$$m_{Si} = \sum m_{Si}$$

Suma de frecuencia para la categoría *No*:

$$m_{No} = \sum m_{No}$$

Suma de frecuencia para la categoría *ar*:

$$m_{ar} = \sum m_{ar}$$

La suma de frecuencia de las mitigaciones es:

$$m_T = \sum m_x$$

donde  $x = Si, No$  y  $ar$ .

De este modo se calcula para cada tipo de mitigación su índice porcentual.

El índice porcentual para valores de *Si*:

$$m_{Si\%} = m_{Si} \left( \frac{100}{m_T} \right)$$

El índice porcentual para valores de *No*:

$$m_{No\%} = m_{No} \left( \frac{100}{m_T} \right)$$

El índice porcentual para valores de *ar*:

$$m_{ar\%} = m_{ar} \left( \frac{100}{m_T} \right)$$

Las mitigaciones tienen como fin, minimizar los impactos negativos debido al proyecto, por eso se manejan y es necesario saber los valores e índices de lo mitigable y lo que definitivamente no es posible mitigar.

El valor mitigable, está definido por las frecuencias de ítem utilizados en la evaluación de los *Si* y *ar* en la matriz, y es dado por:

$$m_i = \sum m_{Si} + \sum m_{ar}$$

que a su vez:

$$m_{Si} = \sum i_{Si}$$

y:

$$m_{ar} = \sum i_{ar}$$

El valor no mitigable es una magnitud aritmética, dada por:

$$N_m = m_T - (m_i) \Rightarrow m_T - (m_{Si} + m_{ar})$$

Los índices porcentuales de minimización de impacto una vez aplicada la mitigación son:

Índice porcentual mitigable, se consigue por:

$$m_{i\%} = m_i \left( \frac{100}{m_T} \right)$$

Índice porcentual no mitigable:

$$Mm_{\%} = Nm \left( \frac{100}{m_T} \right)$$

## **LA EVALUACIÓN GENERAL DE PROYECTO**

### *Evaluación del Proyecto*

El último paso de evaluación, es el del proyecto en su conjunto. Se siguen los mismos criterios usados para la hm o actividad, únicamente tomando en cuenta la totalidad de las hm utilizadas, lo que equivale a ponderar todas las actividades del proyecto en conjunto.

El valor máximo esperado del proyecto se obtiene:

$$M_{mxp} = N \cdot 0.035$$

donde  $N = \sum ni$ , de todas la hm.

Suma total de valores positivos en todas las hm:

$$H_{i+p} = \sum h_{i+}$$

Suma total de valores negativos en todas las hm:

$$H_{i-p} = \sum h_{i-}$$

Suma total de valores de  $i$  a través de  $h_i$  de todas las hm:

$$H_{ip} = \sum h_i$$

Suma total de valores mitigables en todas las hm:

$$M_{ip} = \sum m_i$$

Valor no mitigable total, operación aritmética:

$$Nm_{Tp} = \sum N_m$$

Suma total de frecuencias de las mitigaciones a través de las hm's:

$$M_T = \sum m_T$$

Índice porcentual mitigable:

$$M_{ip\%} = M_{ip} \left( \frac{100}{M_T} \right)$$

Índice porcentual total no mitigable:

$$Nm_{T\%p} = Nm_{Tp} \left( \frac{100}{M_T} \right)$$

Con la aplicación de esta metodología se lleva a cabo la evaluación de los impactos ambientales por la actividad prevista en este proyecto. El resultado se presenta en las Tabla 18 a Tabla 20. El proyecto no genera gran impacto ambiental al presentar un 100 % de actividades mitigables (Figura 59).

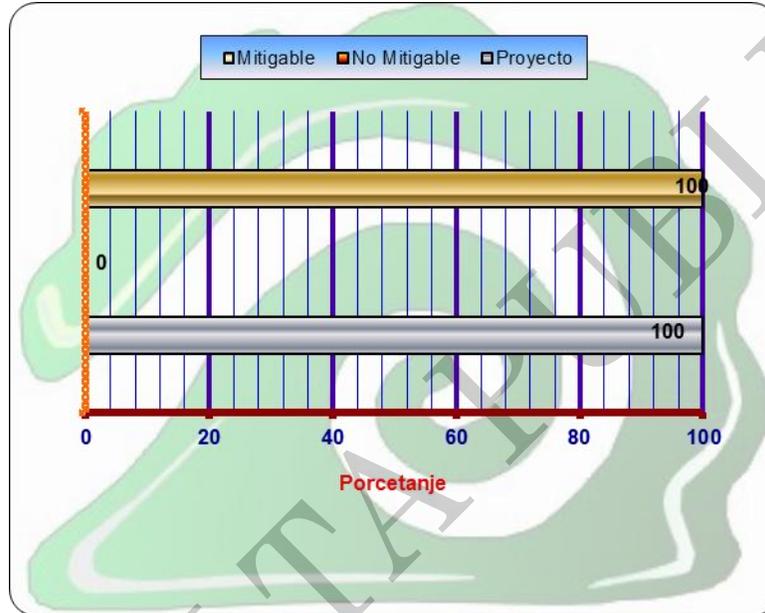


Figura 59. Porcentaje de impactos mitigables y no mitigables.

**MIA Modalidad Particular**  
 “Arrecifes Reef Ball en La Paz, BCS, México”

Tabla 18. Evaluación de impactos en etapa de construcción del proyecto.

<i>Matriz de Impactos Ambientales</i>				<i>Empresa</i>						
<b>PROYECTO</b>				<b>JAVIER DEL JESUS DAJER MIGUEL</b>						
Tópicos Generales				Formas de Impacto						
Organizaciones				Disturbio: Modificaciones: Agentes: Factores: Efectos						
Ambientes	Esferas	Sistemas		Sentido		Punto de disturbio (1)		Amplitud (2)		
				Beneficiosos	Adverso	Alejado	Próximo	Localizado		
				+	-	0.003	0.005	0.003		
Natural	Litósfera	Suelo	Calidad	Derrames; Goteo; Residuos peligrosos				✓	✓	
				Basuras				-	✓	✓
	Atmósfera	Aire	Calidad	Humos; Gasificación de combustibles; Polvo				-	✓	✓
				Ahuyentar; Fragmentación; Pérdida de hábitat				+	✓	
	Biosfera	Fauna	Bentos	Eliminación; Rellenos; Dragados; Descargas				+	✓	✓
			Coral	Eliminación; Rellenos; Dragados; Descargas				+	✓	✓
			Escenario	Horizonte visual; Visibilidad; Clareo; Maquinaria				+	✓	✓
	Paisaje	Armonía	Ruido	Maquinaria; Traslado humano				-	✓	✓
			Olor	Humos; Gasificación de combustibles; Polvo				-	✓	✓
	Social	Social	Calidad de vida	Oportunidad iniciativas; Bienestar; Confort				+	✓	✓
Economía			Oferta-Demanda				+	✓	✓	
SOCIAL	Infraestructura	Empleo	Jornales	Temporales				+	✓	✓
				Permanente				+	✓	✓
				Temporales				+	✓	✓

**MIA Modalidad Particular**  
 “Arrecifes Reef Ball en La Paz, BCS, México”

Tabla 19. Evaluación de impactos en etapa de operación del proyecto.

<i>Matriz de Impactos Ambientales</i>				<i>Empresa</i>						
PROYECTO				JAVIER DEL JESUS DAJER MIGUEL						
Tópicos Generales				ARRECIFES REEF BALL EN LA PAZ, BCS, MEXICO						
Formas de Impacto				Sentido						
Ambientes	Esferas	Sistemas	Organizaciones	Disturbio: Modificaciones: Agentes: Factores: Efectos	Beneficiosos	Adverso	Punto de disturbio (1)	Amplitud (2)		
					+	-	Alejado 0.003	Próximo 0.005	Localizado 0.003	
NATURAL	Atmósfera	Aire	Calidad	Humos; Gasificación de combustibles; Polvo		-	✓	✓		
			Algas	Eliminación; Rellenos; Dragados	+		✓	✓		
	Biosfera	Fauna	Peces	Ahuyentar; Fragmentación; Pérdida de hábitat	+		✓	✓		
			Bentos	Eliminación; Rellenos; Dragados; Descargas	+		✓	✓		
			Coral	Eliminación; Rellenos; Dragados; Descargas	+		✓	✓		
			Social	Calidad de vida	Oportunidad iniciativas; Bienestar; Confort	+		✓	✓	
	SOCIAL	Infraestructura	Economía	Negocios; Turístico; Públicos; Privados	Oferta-Demanda	+		✓	✓	
				Jornales	Temporales	+		✓	✓	
			Empleo	Profesionales; Técnico	Temporales	+		✓	✓	
				Profesionales; Técnico	Permanente	+		✓	✓	
		Economía regional	Oportunidad; Divisas; Expansión comercial	Oferta-Demanda	+		✓	✓		



Tabla 20. Evaluación del proyecto.

 <b>EVALUACIÓN DEL PROYECTO</b>		<i>Empresa</i>		JAVIER DEL JESUS DAJER MIGUEL			
		<i>Representante</i>		JAVIER DEL JESUS DAJER MIGUEL			
<i>Nombre del Proyecto</i>		ARRECIFES REEF BALL EN LA PAZ, BCS, MEXICO					
N=	38.00	$M_{mxp} =$	1.33	$M_T =$	27.00	$M_{ip} =$	27.00
$Nm_{Tp} =$	0.00	$H_{i+p} =$	0.54	$H_{i-p} =$	0.14	$H_{ip} =$	0.70
$M_{ip}\% =$	100.00	$Nm_{Tp}\% =$	0.00				

## VI MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

### VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL

Con el fin de prevenir o disminuir los impactos ambientales generados en las etapas de construcción y operación del Reef Ball, se plantea una serie de estrategias de prevención y mitigación, con el objetivo de hacer sustentable el proyecto, al proteger el medio abiótico, biótico y socioeconómico. El proyecto presenta pocos impactos negativos al ecosistema, los cuales son mitigables en todos los casos. La mayoría de los impactos negativos se generarán en la etapa de construcción los cuales no tendrán una duración extensa.

#### VI.1.1 VI.1.1. Medidas de prevención y mitigación

Se identificaron impactos en la litósfera, hidrósfera, atmósfera, biosfera, paisaje, medio social e infraestructura, los cuales en su mayoría son poco significativos. En la Tabla 21 y Tabla 22, se describen las estrategias que se deben realizar para prevenir y/o mitigar los impactos en las etapas construcción y operación respectivamente.

## MIA Modalidad Particular

“Arrecifes Reef Ball en La Paz, BCS, México”



Tabla 21. Medidas de prevención y mitigación para la etapa de construcción.

ETAPA DE CONSTRUCCION					
Esferas	Sistema	Organizaciones	Disturbio; modificaciones; Agentes; Factores Efectos	Actividad en la que se presenta el impacto/afectación del impacto	Medida de mitigación
Litosfera	Suelo	Calidad	Derrames, goteo, Residuos Peligrosos	Durante la construcción de las estructuras Reef Ball, El impacto además de poco probable es mínimo en caso de que este llegara a ocurrir y se encuentra alejado del área de interés del proyecto, se considera como un impacto indirecto ya que el proyecto en sí es la colocación y creación de arrecifes y este impacto solo se prevé en la construcción de las estructuras, es un impacto temporal ya que la construcción de estructuras solo se realiza previo a la colocación de las mismas no existiendo una producción permanente	La construcción de las estructuras se realizara en un taller o patio dentro de la ciudad de La Paz en la zona urbana alejada del área del proyecto, como única medida se colocaran lonas plastificadas en las áreas de trabajo donde pudiera presentarse algún tipo de afectación
			Basuras	La generación de basuras y los impactos que estas pudieran generar solo se presenta en la etapa de construcción de las estructuras, estas son básicamente bolsas de plástico, papel y cartón, el impacto es poco probable que ocurra si se consideran las medidas de mitigación correspondientes.	Se colocaran botes de basura con tapa y se realizara la disposición periódica de la basura generada, dado que esta fase del proyecto se desarrollara en la zona urbana y el hecho de que no se genera ningún tipo de residuo peligrosos, la basura será colocada los días y horario que el servicio municipal realiza la recolección de basura.
Atmosfera	Aire	Calidad	Humos: Gasificación de Combustibles: Polvo	Durante la construcción de las estructuras existe una mínima afectación al ambiente por la generación de polvos y el uso de combustible pero esta afectación es mínima y se presenta en la zona urbana de la ciudad de La Paz, no afectando las zonas de playa del proyecto.	Se deberá realizar un humedecimiento del suelo durante los trabajos de construcción de las estructuras, el traslado de materiales deberá ser con camiones en buenas condiciones electromecánicas y cubiertos con lonas.
Biosfera	Fauna	Peces	Ahuentar: Fragmentación: Pérdida Hábitat	La colocación de las estructuras Reef Ball tiene como fin principal incrementar la abundancia de especies marinas al generar nuevos hábitats o espacios y con ello coadyuvar al incremento del número de organismos mejorando también las especies utilizadas para la pesca que requieren en sus primeras etapas de desarrollo ambientes de crianza con condiciones específicas antes de migrar a mar abierto, en este sentido la colocación de las estructuras genera un impacto positivo al medio en donde se desarrolla el proyecto y en general en la bahía y Golfo de California.	No existen medidas de mitigación ya que el impacto es positivo, sin embargo es fundamental que se realicen monitores y seguimiento del poblamiento para contar con información para poder mejorar o colocar este tipo de estructuras en otras zonas.
		Bentos	Eliminación: Rellenos: Dragados		
		Coral	Eliminación: Rellenos: Dragados		
Paisaje	Armonía	Escenario	Horizonte Visual: Visibilidad: Clareo: Maquinaria	La colocación de los Reef Ball (estructuras) genera un impacto positivo en el paisaje submarino ya que las estructuras generan ecosistemas con una gran cantidad de organismos marinos que pueden ser utilizados con fines recreativos y educativos.	Monitoreo del poblamiento y reglamentación de usos y actividades

## MIA Modalidad Particular

“Arrecifes Reef Ball en La Paz, BCS, México”



		Ruido	<p>Maquinaria: Trasiego Humano:</p>	<p>Durante la construcción de las estructuras se generan niveles de ruido mínimos e insignificantes, como ya se menciona estas actividades se desarrollarán en una zona (taller o patio) dentro de la mancha urbana, el número de trabajadores es en promedio de tres por jornal, la construcción es prácticamente artesanal y solo es temporal.</p> <p>Durante la colocación de las estructuras, en las maniobras necesarias se generan ruidos por los motores de las embarcaciones tipo panga, estos son mínimos y temporales.</p>	Respetar horarios de trabajo adecuados
		Olor	<p>Humos: Gasificación de Combustibles: Polvo</p>	<p>Tanto en la construcción de las estructuras como en la colocación de estas, se utilizan vehículos y embarcación que generan contaminación a la atmosfera esta es mínima (normal para cualquier vehículo en circulación) y temporal.</p>	Utilizar vehículos y embarcaciones en perfectas condiciones electro mecánicas.
Social	Social	Calidad de vida	<p>Oportunidad Iniciativas: Bienestar: Confort</p>	<p>Como ya se mencionó el proyecto genera oportunidades para realizar investigaciones, trabajos de tesis, documentales, etc., puede ser un área de esparcimiento y recreación y durante todo el proceso genera empleos para biólogos, técnicos, especialistas, etc.</p>	Realizar monitoreo y seguimiento del proyecto
	Economía	<p>Negocios: Turístico: Públicos: Privados</p>	Oferta-Demanda	<p>El proyecto genera un impacto benéfico tanto en aspectos de negocio como en turismo, la zona puede ser visitada y servir a los prestadores de turismo como área recreativa.</p>	Reglamento de uso
Infraestructura	Empleos	Jornales	Temporales	<p>El proyecto genera un impacto positivo en la creación de empleos temporales y permanentes, la fabricación de las estructuras, el transporte y la colocación generan empleos para trabajadores, durante el proceso también se generan empleos para profesionales técnicos quienes son los encargados de realizar estudios preliminares y propuestas para el éxito del proyecto, y el conocimiento de las especies.</p>	<p>No hay una medida de mitigación como tal sin embargo se destaca que el personal que será utilizado es de la entidad generando beneficios a la comunidad de La Paz.</p> <p>La compra de insumos y renta de equipo vehículos y embarcaciones también generan beneficios a la comunidad.</p>
			Permanentemente		
		Profesional técnico	Temporales		
			Permanentemente		
Economía Regional	<p>Oportunidad: Divisas: Expansión Comercial</p>	Oferta-Demanda	<p>El proyecto genera durante esta etapa beneficios a proveedores de locales de materiales de construcción, transporte, diseño y generación de empleos indirectos</p>	<p>No hay una medida como se debe considerar que los materiales e insumos sean adquiridos en el mercado local con proveedores autorizados.</p>	

## MIA Modalidad Particular

“Arrecifes Reef Ball en La Paz, BCS, México”



Tabla 22. Medidas de prevención y mitigación para la etapa de operación.

ETAPA DE OPERACION						
Esferas	Sistema	Organizaciones	Disturbio; modificaciones; Agentes; Factores Efectos	Actividad en la que se presenta el impacto/afectación del impacto	Medida de mitigación	
Atmosfera	Aire	Calidad	Humos: Gasificación de Combustibles: Polvo	Durante la operación se generan un impacto mínimo por el uso de embarcaciones recreativas o para monitoreo, este impacto es temporal y debido a su magnitud es insignificante por lo que no genera afectación sobre el ambiente	Para el uso de embarcaciones en las zonas de interés del proyecto, se contará con un reglamento de uso y embarcaciones en buen estado electro mecánico.	
Biosfera	Flora	Algas	Eliminación: Rellenos: Dragados	El proyecto genera un impacto positivo sobre las especies de algas ya que se genera un nicho que les permite fijarse e integrarse al ecosistema que se genera con la introducción de las estructuras	Monitoreo y vigilancia	
		Fauna	Peces	Ahuyentar: Fragmentación: Pérdida Hábitat	La colocación de las estructuras Reef Ball tiene como fin principal incrementar la abundancia de especies marinas al generar nuevos hábitats o espacios y con ello coadyuvar al incremento del número de organismos mejorando también, las especies utilizadas para la pesca que requieren en sus primeras etapas de desarrollo ambientes de crianza con condiciones específicas antes de migrar a mar abierto, en este sentido la colocación de las estructuras genera un impacto positivo al medio en donde se desarrolla el proyecto y en general en la bahía y Golfo de California.	No existen medidas de mitigación ya que el impacto es positivo, sin embargo es fundamental que se realicen monitores y seguimiento del poblamiento para contar con información para poder mejorar o colocar este tipo de estructuras en otras zonas.
			Bentos	Eliminación: Rellenos: Dragados		
Coral	Eliminación: Rellenos: Dragados					
Social	Social	Calidad de vida	Oportunidad Iniciativas: Bienestar: Confort	Como ya se mencionó el proyecto genera oportunidades para realizar investigaciones, trabajos de tesis, documentales, etc., puede ser un área de esparcimiento y recreación y durante todo el proceso genera empleos para biólogos, técnicos, especialistas, etc.	Realizar monitoreo y seguimiento del proyecto	
	Economía	Negocios: Turístico: Públicos: Privados	Oferta-Demanda	El proyecto genera un impacto benéfico tanto en aspectos de negocio como en turismo, la zona puede ser visitada y servir a los prestadores de turismo como área recreativa.	Reglamento de uso	
Infraestructura	Empleos	Jornales	Temporales	El proyecto genera un impacto positivo en la creación de empleos temporales y permanentes, durante la operación del proyecto se requiere de biólogos y personal encargado del monitoreo, contratación de embarcaciones, etc. Es un proyecto que genera la oportunidad de realizar trabajos de investigación, divulgación o para la elaboración de tesis por lo que representa un impacto positivo a la comunidad científica y estudiantil, el uso como una zona de recreación turística también beneficia a prestadores de servicio locales, capitanes, etc.	No hay una medida de mitigación como tal sin embargo se destaca que el personal que será utilizado es de la entidad generando beneficios a la comunidad de La Paz.	
			Permanentes			
	Profesional técnico	Temporales	Como parte fundamental del proyecto se elaborara un reglamento de uso.			
		Permanentes				



	Economía Regional	Oportunidad: Divisas: Expansión Comercial	Oferta-Demanda	El proyecto genera durante esta etapa beneficios en varios sentidos por un lado como ya se ha indicado el proyecto es un laboratorio viviente que puede ser aprovechado para realizar trabajos de investigación o divulgación científica, en cuanto al turismo el proyecto contribuye al crear tres zonas que pueden ser aprovechadas con fines recreativos y que además pueden disminuir la carga de y presión sobre otras zonas naturales al generar alternativas para buceo recreativo, existe una importante oportunidad de negocio con los programas de memoria reef y eternal reef los cuales están enfocados en ofrecer servicios funerarios al incorporar a las estructuras de Reef Ball mediante una perla compuesta por el mismo material y mezclada con las cenizas del difunto, lo cual además genera otros beneficios ya que las familias que optan por este tipo de servicio son visitantes frecuentes.	No existe una medida como tal pero es importante incorporar a inversionistas locales y prestadores de servicio en esta etapa del proyecto y contar con un reglamento de uso adecuado.
--	-------------------	--	----------------	---	---

### Análisis de los impactos generados

Para el análisis de este punto es importante entender muy claramente el proyecto y sus etapas, como primer punto es importante definir que no existe una etapa de preparación del sitio, ya que el proyecto no realizara construcción ni obra civil de inmuebles en ninguna de sus etapas del proyecto, por lo tanto no es necesario preparar y no existirán afectación al suelo, movimiento de tierras, nivelaciones, compactación, despalme y afectación a la vegetación en la zona terrestre, las únicas construcciones requeridas son la de las estructuras de Reef Ball, las cuales serán construidas prácticamente de manera artesanal utilizando moldes para su fabricación, estas actividades se realizaran en un taller, bodega o en su defecto un patio de trabajo localizado en la zona urbana de La Paz en donde además se cuanta con los servicios necesarios como luz y agua para la construcción de estas estructuras, la definición del lugar se podrá tener de manera específica una vez que se cuente con las autorizaciones y se rente un lugar específico para esta actividad, de preferencia se buscara un lugar que además cuente con instalaciones sanitarias y de preferencia una pequeña bodega u oficina, en caso de no contar con baños se deberá contratar el servicio de baños portátiles.

La etapa de construcción incluye también la colocación de las estructuras en el mar, esta actividad se realiza de manera gradual, ya que se irán colocando las estructuras en paquetes de aproximadamente diez Reef Ball por evento, esto quiere decir que también la construcción de las estructuras se realizara de manera gradual, la colocación de los Reef Ball genera mínimos impactos y es relativamente rápida en un día se pueden colocar de cinco a diez estructuras, el impacto que genera esta actividad es mínimo y se genera principalmente por la colocación de las estructuras en el lecho marino, existen dos aspectos fundamentales que se deben considerar en la colocación para evitar los posibles impactos, uno está relacionado con la generación de partículas suspendidas en la columna de agua originadas por la colocación de la estructura en el lecho marino, para ello se realiza un



hundimiento controlado con boyas y buzos expertos que sumergen lentamente la estructura hasta que esta quede colocada en el sitio seleccionado, el otro impacto se relaciona con la afectación a la fauna marina durante la maniobra de colocación, por un lado puede existir una afectación momentánea a los peces que se localicen en la zona de colocación sin embargo la presencia de los buzos y las maniobras hacen que estos organismos se alejen de la zona sin correr peligro alguno, este impacto dura únicamente el tiempo que tarda la maniobra, por lo que se genera un ahuyentamiento temporal de estos organismos ya que al quedar colocada la estructura este el impacto se vuelve en un impacto positivo para este grupo de organismos, por otro lado se pudiera afectar a la fauna bentónica y organismos de baja o nula movilidad, sin embargo para evitar por completo este impacto los buzos de apoyo realizan una inspección visual de la zona removiendo de manera manual a sitios contiguos los organismos que pudieran estar presentes en la zona de hundimiento y colocación de cada estructura.

Finalmente la etapa de operación es relativa ya que las estructuras, por si solas se convierten en partes integrales y funcionales del ecosistema, no requieren de mantenimiento o reparaciones y por lo tanto no existe una etapa de operación como tal, sin embargo si se generan actividades que deben ser consideradas como operativas entre otras monitores, vigilancia y actividades recreativas, en este sentido también se consideran las estructuras que pudieran ser colocadas como criptas personalizadas, para esta etapa se elaborara un programa de monitoreo y seguimiento y un reglamento de uso.

## **VI.2 IMPACTOS RESIDUALES**

Por la naturaleza del proyecto, no se tienen impactos residuales

## **VII PRONOSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.**

### **VII.1 PRONÓSTICO DEL ESCENARIO**

El análisis de los componentes ambientales relevantes y/o críticos del sistema ambiental donde se ubicaran las estructuras tipo Reef Ball descritas en el Capítulo IV, permitió determinar que ninguna acción podía ser considerada como critica por su intervención con el ambiente, de los impactos identificados a diferencia de otro tipo de proyectos el 100%, son mitigables la mayoría de los impactos identificados son impactos positivos, las tres zonas seleccionadas para el presente proyecto son áreas con condiciones idóneas para el desarrollo del mismo y el proyecto generara una mayor abundancia en estas zonas favoreciendo la vida marina del área y de especies que en su etapa juvenil y/o adulta se localizan en mar abierto en zonas más profundas,

El escenario actual que guardan los sitios de vertimiento es que, son áreas con abundancia importante que en presentan zonas despobladas o con densidades muy bajas que podrán ser áreas de crianza, a excepción del punto A) Puerta Cortés que es una zona en recuperación por lo que el proyecto generara en esta zona grandes beneficios a la flora y fauna marina,



las estructuras de Reef Ball permiten mantener comunidades biológicas en zonas actualmente despobladas o con poca abundancia de especies, el establecimiento de estas estructuras permitirá que se recuperen los índices poblacionales en el punto A) y que se incrementen en los puntos B y C.

Los litorales frente a las costas de La Paz B.C.S., se caracterizan por ser zonas relativamente bien conservadas que en las áreas con sustrato rocoso albergan gran cantidad de vida marina, pero con extensiones importantes de arenales que no presentan áreas de refugio o crianza, por lo que la colocación de estas estructuras permitirá a las especies juveniles de peces y otros organismos tener una opción más de refugio en sus etapas tempranas de su ciclo de vida, favoreciendo también con ello a las pesquerías ribereñas de la zona.

De acuerdo a las características ambientales y las experiencias registradas en otras partes del país y del mundo con la instalación de arrecifes tipo Reef Ball estos sirven para regenerar áreas que se han visto afectadas como el caso de Puerta Cortés sitio A) o que se han afectado por la sobre pesca.

Es importante y parte fundamental del éxito del proyecto la necesidad de contar con una estrategia de manejo y con los programas de monitoreo ecológico, educación ambiental y de regulación de los usos, para que el beneficio del proyecto se vea reflejado en el medio ambiente,

De acuerdo al análisis realizado para identificar los impactos que el proyecto genera, se concluyó que la única etapa que presenta un impacto al ambiente es la etapa de asentamiento en el fondo marino, sin embargo todos los impactos son mininos y mitigables, el resto de los impactos identificados son positivos.

El objetivo del presente proyecto es incrementar la abundancia de organismos marinos a través de proporcionar sustrato firme y apto para que este sea colonizado por organismos marinos que se encuentren en el medio natural, con lo cual se pretende generar áreas de uso recreativo que disminuyan la presión sobre zonas naturales e incrementar la crianza de especies que son utilizadas en estadios juveniles y adultos para la pesquería ribereña de la zona.

El proyecto, no requiere medidas de mitigación en la etapa de operación sobre el lecho marino. Las principales medidas de mitigación son prevenir la suspensión de los sedimentos superficiales cuando se coloquen los Reef Ball y el rescate de los organismos que se encuentren en el fondo marino para evitar ser dañados por las estructuras.

En cuanto a las afectaciones sobre la línea de costa se han realizado diversos estudios que demuestran que no existe impacto negativo al respecto y que el diseño de los Reef Ball permite el flujo normal de agua a través de ellos sin modificar las corrientes o la línea de costa.

De tal modo que no se espera un impacto sobre la línea de costa por efecto directo de los Reef Ball en ninguno de los puntos seleccionados.



A diferencia de otros proyectos el resultado de la evaluación ambiental indica que el 100 % de los impactos identificados son mininos, temporales y mitigables, que existe un mayor número de impactos benéficos por lo que el proyecto es ambientalmente compatible y que a su vez genera beneficios en al ecosistema marino en donde estas estructuras son colocadas.

## VII.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El programa de vigilancia ambiental es fundamental para documentar el poblamiento y obtener información sobre el ecosistema lo cual ayudara a futuros proyectos similares o a la restauración de aéreas impactadas, el programa debe incluir monitoreos, y se enfocara en conocer los cambios que se presentan por efecto de los Reef Ball. Los muestreos para la colecta de datos serán bimensuales para dar tiempo al análisis de los datos y entrega de reportes e informes, entre otras técnicas se realizará video transectos, toma de video submarino

## VII.3 CONCLUSIONES

Pocas veces se evalúan ambientalmente proyecto que en términos generales generan un mayor beneficio que impacto negativo, la colocación de las estructuras Reef Ball en tres puntos dentro del municipio de La Paz, se pueden considerar como proyectos de restauración ecológica, principalmente en el punto A) denominado Puerta Cortés, estas estructuras generan sustrato para la colonización por organismos arrecifales, generando beneficios al entorno y a actividades como la pesca ribereña, beneficiando a un sector importante de la población que se dedica a estas actividades, contribuye también a la investigación científica, la divulgación de la ciencia y la educación ambiental necesaria en la población del Estado y principalmente la costera.

Adicionalmente con la implementación de los programas de monitoreo ambiental se generará información importante para el manejo de estas zonas y otras áreas de la entidad que en un futuro puedan ser utilizadas con fines de conservación o de productividad pesquera.

El incremento en biodiversidad debido a una mayor heterogeneidad espacial, que la instalación y desarrollo exitoso del programa podrán traer consigo, permitirá la participación activa de los pescadores ribereños en programas de ecoturismo, buceo y pesca deportiva durante las épocas de mal tiempo o veda de las especies comerciales, constituyendo una alternativa económica importante para los pobladores. A través de un adecuado uso y su reglamentación.

La importancia de los arrecifes como hábitats críticos durante las etapas juveniles y adultos es ampliamente reconocida (Sale, 1980). Este tipo de ambientes proveen de recursos alimenticios y de zonas de resguardo que son utilizadas por diversas especies, convirtiéndose en zonas de crianza de juveniles de especies con valor comercial, zonas de recreación y conservación y áreas de investigación en donde estudiantes y profesionistas pueden realizar estudios y tesis.



En lo que se refiere a su biodiversidad, este proyecto permitirá a través de su seguimiento y obtención de resultados un listado de especies con sus abundancias respectivas, incrementando la base de conocimiento de especies marinas en la zona.

La realización del proyecto tal y como está programado generará un beneficio en la zona y contribuirá de manera importante al incremento de la abundancia de especies marinas.

## VIII VIII. IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS Y ELEMENTOS TÉCNICOS QUE SUSTENTAN LA INFORMACIÓN SEÑALADA EN LAS FRACCIONES ANTERIORES.

### VIII.1 FORMATOS DE PRESENTACIÓN

Se presenta cuatro ejemplares impresos y un disco compacto con la siguiente información:

- Manifiesto de Impacto Ambiental
- Resumen ejecutivo del proyecto
- Memoria descriptiva
- Anexos de información

#### VIII.1.1 *Flora*

Se enlistan en los Anexos I.

#### VIII.1.2 *Fauna*

Se enlistan en los Anexos II.

## IX BIBLIOGRAFÍA.

Alvarez-Borrego, S., Schwartzlose, R.A., 1979. Water masses of the Gulf of California. Cienc. Mar 6, 41–59.

Cabral-Tena (2010). Reclutamiento coralino utilizado sustratos artificiales en la costa peninsular del Sur del Golfo de California. Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, CIBNoR. La Paz B.C.S., México.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), Ensenada (1980): Red Sísmica del Noroeste de México. International Federation of Digital Seismograph Networks. Other/Seismic Network. 10.7914/SN/BC, Fecha de consulta 31 agosto 2018.

Coria-Monter, E., Monreal-Gómez, M. A., Salas-de-León, D. A., Aldeco-Ramírez, J., & Merino-Ibarra, M. (2014). Differential distribution of diatoms and dinoflagellates in a cyclonic eddy confined in the Bay of La Paz, Gulf of California. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(9), 6258-6268.



Cruz-Falcón, A., Vázquez-González, R., Ramírez-Hernández, J., Nava-Sánchez, E. H., Troyo-Diéguez, E., Rivera-Rosas, J., & Vega-Mayagoitia, J. E. (2011). Precipitación y recarga en la cuenca de La Paz, BCS, México. *Universidad y ciencia*, 27(3), 251-263.

Gobierno del Estado de Baja California Sur. 2015. Plan Estatal de Desarrollo 2015-2021, Baja California Sur.

\_\_\_\_\_. 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018. México, Gobierno Federal.

INEGI. 2016. Encuesta Intercensal 2015. Panorama sociodemográfico de Baja California Sur 2015. México.

Romero Vadillo, Eleonora; Romero Vadillo, Irma Guadalupe 2016. Estimación del riesgo en las viviendas de Baja California Sur ante el impacto de ciclones tropicales, *Teoría y Praxis*, octubre, 2016, pp. 50-73 Universidad de Quintana Roo Cozumel, México

Espinosa, D. y S. Ocegueda. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México*, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 33-65.

León Álvarez, D., Silva, C., Federico, C., Hernández Almaraz, P., & León Tejera, H. (2017). Géneros de algas marinas tropicales de México I. Algas Verdes. Ed. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM. 173 pp.

López-López S. G. 2013. Caracterización física y evaluación del impacto antropogénico en los principales humedales de manglar en La Bahía de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México, 141 pp.

Ley de Vertimientos en las Zonas Marinas Mexicanas. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, con la última modificación el 17 de enero de 2014.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, con la última fecha de reforma, 24 de enero de 2017.

Morrone, J. J. (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 76(2), 207-252.

Nava-Sánchez, E. H. y Cruz-Orozco, R., 1989. Origen y evolución geomorfológica de la Laguna de La Paz, Baja California Sur. *Investigaciones Marinas CICIMAR*, 49-58 pp.

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental. Publicado en el Diario Oficial de la Federación, con la última modificación el 31 de octubre de 2014.

Seibel, B.A., 2011. Critical oxygen levels and metabolic suppression in oxygen.

SEMARNAT. 2015. PROY-NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su

**MIA Modalidad Particular**

“Arrecifes Reef Ball en La Paz, BCS, México”



inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010.

\_\_\_\_. 2006. Programa de Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, Gobierno Federal.

CONSULTA PÚBLICA

**Anexo I. Principales especies de flora marina reportadas en la bibliografía,  
que se distribuyen en el área de influencia del proyecto.**

Espece	Nombre común	NOM-059-SEMARNAT-2001	Endémico
<i>Codium fragile</i>	-	-	Exótica
<i>Padina mexicana</i>	-	-	Si
<i>Sargassum</i> sp.	Sargazos	-	No
<i>Laurencia</i> sp.	-	-	No
<i>Asparagopsis</i> sp.	-	-	No
<i>Amphiroa</i> sp.	-	-	No
<i>Jania</i> sp.	-	-	No
<i>Lithothamnium</i> sp.	-	-	No
<i>Mesophyllum lamelatum</i>	-	-	No
<i>Liagora ceranoides</i>	-	-	No

**Anexo II. Principales especies de fauna marina reportadas en la bibliografía, que se distribuyen en Los Cabos.**

HERPETOFAUNA			
Especie	Nombre común	NOM-59-SEMARNAT-2001	Endémico
<i>Caretta caretta</i>	Tortuga caguama	En peligro de extención	Nativa
<i>Chelonia mydas agassizi</i>	Tortuga prieta	En peligro de extención	Nativa
<i>Dermochelys coriacea</i>	Tortuga laúd	En peligro de extención	Nativa
<i>Eretmochelys imbricata</i>	Tortuga carey	En peligro de extención	Nativa
<i>Lepidochelys olivacea</i>	Tortuga golfinia	En peligro de extención	Nativa
MASTOFAUNA			
Especie	Nombre común	NOM-59-SEMARNAT-2001	Endémico
<i>Baleanoptera acutorostrata</i>	Ballena minke	Sujeta a protección especial	No
<i>Baleanoptera musculus</i>	Ballena azul	Sujeta a protección especial	No
<i>Baleanoptera physalus</i>	Ballena de aleta	Sujeta a protección especial	No
<i>Delphihus delphis</i>	Delfín común	Sujeta a protección especial	No
<i>Delphinus capensis</i>	Delfín común de rostro largo	Sujeta a protección especial	No
<i>Eschrichtius robustus</i>	Ballena gris	Sujeta a protección especial	No
<i>Globicephala macrorhynchus</i>	Ballena piloto	Sujeta a protección especial	No
<i>Grampus griseus</i>	Delfín de Risso	Sujeta a protección especial	No
<i>Kogia breviceps</i>	Cachalote pigmeo	Sujeta a protección especial	No
<i>Megaptera novaeangliae</i>	Ballena jorobada	Sujeta a protección especial	No
<i>Mesoplodon peruvianus</i>	Ballena picuda peruana	Sujeta a protección especial	No
<i>Orcinus orca</i>	Orca	Sujeta a protección especial	No
<i>Physeter macrocephalus</i>	Ballena de esperma o cachalote	Sujeta a protección especial	No
<i>Steno bredanensis</i>	Delfín de dientes rugosos	Sujeta a protección especial	No
<i>Tursiops truncatus</i>	Tonina o delfín nariz de botella	Sujeta a protección especial	No
<i>Zalophus californianus</i>	Lobo marino	Sujeta a protección especial	No
<i>Ziphius cavirostris</i>	Zífido de Cuvier	Sujeta a protección especial	No
AVIFAUNA			
Especie	Nombre común	NOM-59-SEMARNAT-2001	Endémico
<i>Fregata magnificens</i>	Fragata magnífica	-	Nativa
<i>Larus hermanni</i>	Gaviota ploma	Sujeta a protección especial	No
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora	-	Nativa
<i>Pelecanus occidentalis subsp. californicus</i>	Pelícano café californiano	-	No
<i>Phalacrocorax auritus</i>	Cormorán	-	Nativa
<i>Sterna elegans</i>	Gallito elegante	Sujeta a protección especial	No
<i>Sula dactylatra californica</i>	Pájaros bobos	-	Nativa
ICTIOFAUNA			

Especie	Nombre común	NOM-59-SEMARNAT-2001	Endémico
<i>Abudefduf concolor</i>	Mulegino de roca	-	No
<i>Abudefduf troschellii</i>	Mulegino	-	No
<i>Alopias pelagicus</i>	Zorro azuloso	-	No
<i>Alopias superciliosus</i>	Zorro cebucano	-	No
<i>Balistes polylepis</i>	Cochito	-	No
<i>Bothus constellatus</i>	Lenguado hoja	-	No
<i>Bothus leopardinus</i>	Lenguado leopardo del Pacífico	-	No
<i>Cantigaster punctatissima</i>	Botete bonito	-	No
<i>Carcharhinus falciformis</i>	Tiburón piloto	-	No
<i>Carcharhinus leucas</i>	Toro	-	No
<i>Carcharhinus limbatus</i>	Volador	-	No
<i>Carcharhinus obscurus</i>	Chato	-	No
<i>Carcharhinus spp.</i>	Cazón	-	No
<i>Chromis atrilobata</i>	Damisela	-	No
<i>Citharichthys platophrys</i>	Lenguado frentón	-	No
<i>Coryphaena hippurus</i>	Dorado	-	No
<i>Dasyatis brevis</i>	Mantarraya lodera	-	No
<i>Dasyatis longus</i>	Mantarraya arenera	-	No
<i>Diodon holocanthus</i>	Pez erizo	-	No
<i>Gymnura marmorata</i>	Raya mariposa californiana	-	No
<i>Heteroconger sp</i>	Congrio	-	No
<i>Holacanthus passer</i>	Ángel real	-	No
<i>Istiophorus platypterus</i>	Pez vela	-	No
<i>Isurus oxyrinchus</i>	Mako	-	No
<i>Lutjanus guttatus</i>	Pargo lunarejo	-	No
<i>Lutjanus viridis</i>	Pargo azul dorado	-	No
<i>Makaira nigricans</i>	Marlin azul	-	No
<i>Microlepidotus inornatus</i>	Ronco rayadillo	-	No
<i>Mobula spp</i>	Cubana	-	No
<i>Mulloidichthys dentatus</i>	Chivato	-	No
<i>Mustelus spp</i>	Tripa	-	No
<i>Mycteroperca rosacea</i>	Cabrilla sardinera	-	No
<i>Narcine entemedor</i>	Raya eléctrica gigante	-	No
<i>Negaprion brevirostris</i>	Limón	-	No
<i>Nicholsina denticulata</i>	Perico sin dientes	-	No
<i>Paranthias colonus</i>	Sandía	-	No

<i>Pareques viola</i>	Roncador de roca	-	No
<i>Raja spp.</i>		-	No
<i>Rhinobatos productus</i>	Guitarra	-	No
<i>Rhizoprionodon longurio</i>	Bironche	-	No
<i>Scarus ghobban</i>	Loro barbazul	-	No
<i>Sphoeroides lobatus</i>	Botete de espinas	-	No
<i>Sphyrna lewini</i>	Cornuda barrosa	-	No
<i>Sphyrna zygaena</i>	Cornuda prieta	-	No
<i>Stegastes rectifraenum</i>	Jaqueta de Cortés	-	No
<i>Symphurus atramentatus</i>	Lengua mediomanchada	-	No
<i>Symphurus williamsi</i>	Lengua amarillenta	-	No
<i>Synodus lacertinus</i>	Chile lagarto	-	No
<i>Tetrapturus audaz</i>	Marlin rayado	-	No
<i>Thalassoma lucasanum</i>	Arcoiris de Cortés	-	No
<i>Thunnus albacares</i>	Atún aleta amarilla	-	No
<i>Urolophus spp.</i>	Raya	-	No
<i>Xiphias gladius</i>	Pez espada	-	No

---