

ANEXO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA

El Golfo de California, es un mar rodeado por la península de Baja California y la costa continental de México, que incluye los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit. Se extiende en dirección noroeste en una longitud de 1,500 km, con anchuras variables de 92 a 222 km, y contiene una línea de costa de más de 3,000 km. La superficie marina consiste en 247,000 km² y alcanza profundidades extremas que superan los 3,000 m. El límite sur del Golfo de California para el Ordenamiento Ecológico Marino del Golfo de California se define como una línea recta que va de Cabo San Lucas al límite sur del estado de Nayarit.

En su porción sur presenta una comunicación libre con el Océano Pacífico, que determina en gran medida su clima y sus características oceanográficas. Sus latitudes extremas son los 20°30' y los 31° Norte, y sus longitudes, los 107° y los 115° Oeste. Los puertos más importantes sobre sus litorales son San Felipe en Baja California; Santa Rosalía, La Paz y San José del Cabo en Baja California Sur; Puerto Peñasco, Guaymas y Yávaros en Sonora; Topolobampo, Altata y Mazatlán en Sinaloa y San Blas en Nayarit

CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

Geomorfología

El ambiente geomorfológico en que está situado el Golfo es de una complicada estructura, que se caracteriza por la conformación de cuencas submarinas producidas por una serie de fallas tectónicas. Algunas de estas cuencas alcanzan una profundidad de más de 3,600 metros. Carece en su mayor parte de plataforma continental, excepto en el norte y costa de Sonora y parte de Sinaloa, así como en las cercanías del delta del río Colorado, donde hay una vasta área con profundidades menores a los 200 m.

En el Golfo de California se localizan aproximadamente 900 islas e islotes (SEMARNAP, 2000), de las cuales solo alrededor de 300 tiene nombre (Castrezana, 1998). El origen de estas islas se atribuye a procesos ligados a actividades tectónicas y volcánicas. Entre las más importantes por su relevancia ecológica y económica se encuentran Isla Cerralvo, Espíritu Santo, San José, San Diego, Santa Cruz, Santa

Catalina, Monserrat, Del Carmen, San Marcos, San Lorenzo, Ángel de la Guarda, Tiburón y San Esteban, entre otras.

El Golfo de California está formado por una serie de cuencas extensionales, producidas por la separación de la península de Baja California respecto al continente, a velocidades promedio de 4 a 6 cm/año. Se estima que su formación se inició hace unos 4 a 5 millones de años (Lugo, 1985).

El Golfo de California ha sido dividido en cuatro provincias con características fisiográficas y meteorológicas distintas, que coinciden generalmente con áreas de caracteres geológicos bien definidos (modificado de Byrne y Emery Allison, 1964). De este a oeste, las provincias son:

- **La Planicie Costera del Pacífico.** Comprende todas las costas del estado de Sinaloa; tiene una superficie cubierta en su mayor parte por depósitos aluviales del Pleistoceno, granito, diorita y esquistos del Mesozoico.
- **La Provincia del Desierto de Sonora.** Tiene una amplia superficie de aluvión con depósitos de rocas sedimentarias, metamórficas, rocas intrusivas y volcánicas del Paleozoico y Mesozoico.
- **La Provincia del Desierto del Colorado.** Constituida por el Delta del Río Colorado y el Lago Salado, en donde existen depósitos aluviales que cubren los depósitos marinos del Terciario y rocas sedimentarias marinas y volcánicas del Cenozoico.
- **La Provincia de Baja California.** Presenta unidades litológicas graníticas del Cretácico y rocas volcánicas del Terciario y en menor cantidad rocas sedimentarias del Terciario.

En la región se encuentran numerosos esteros y lagunas costeras a lo largo de la costa oriental. Las lagunas situadas en la región norte reciben muy poca agua dulce proveniente de la precipitación sobre el continente. Su desarrollo está relacionado con las mareas, cuya amplitud es de hasta de nueve metros en esta región. En la parte media-sur continental, desde Guaymas, Son. a San Blas, Nay., hay una serie continua de estas lagunas costeras, con presencia de manglar, que reciben agua dulce

proveniente de la precipitación pluvial y del escurrimiento de drenes agrícolas, así como de unos pocos ríos en el caso de Nayarit.

Entre los principales atributos naturales presentes de este ecosistema, destacan su alta productividad y su gran diversidad biológica, así como su variedad y belleza paisajística. Por estas razones, el Golfo de California es la región del país con mayor producción pesquera, y la que registra una importante afluencia de turistas interesados en realizar pesca deportiva, veleo y buceo deportivo.

Clima

El clima, que afecta sobre todo a la flora, es la distribución estacional de las lluvias. En la mitad norte del golfo, los patrones de lluvia son parecidos a los de un clima Mediterráneo, con lluvias preponderantes en invierno. La incidencia de lluvias durante el verano aumenta hacia el sur de la península y al este del golfo. Menos del 20% de la precipitación ocurre en los tres meses de verano en la mitad norte del golfo, mientras que en estos meses aumenta 40% en el sur de la península y 50% en Sonora (Cody, et al., 1983).

En el Golfo de California la temperatura media mensual del aire a lo largo de las costas este y oeste aumentan desde 5.3 °C en Cabo Corrientes, hasta 18.3 °C en Puerto Peñasco. Dicho incremento se vincula al cambio en el clima; del marítimo en la boca del golfo hasta el continental en el golfo superior. Las temperaturas medias más bajas, alrededor de 11 °C, se observan en el área costera del golfo superior durante enero. Las mayores temperaturas medias, cerca de 32 °C, ocurren en la misma área durante julio y agosto. Las fluctuaciones diurnas alrededor de la media son grandes, particularmente en las regiones áridas, donde pueden exceder los 10 °C. Las temperaturas más bajas están asociadas a fuertes fríos del norte (Roden y Emilson, 1980).

Oceanografía

El Golfo de California ocupa una posición oceanográfica única, dentro de los mares marginales del Océano Pacífico. Ubicado entre la árida Península de Baja California y los estados igualmente áridos de Sonora y Sinaloa, el Golfo de California es una cuenca de evaporación, debido a la separación que le ofrecen las sierras de la

Península de Baja California, con el Océano Pacífico, bloqueando su influencia y humedad. En su límite sureño se comunica con dicho océano. Una de las características principales del golfo es el rango de temperatura anual de la superficie del mar: al norte de Puerto Peñasco la temperatura promedio anual es de 16 °C; al sur de Cabo San Lucas es de 9 °C (Case y Cody, 1983).

Una de las características importantes del Golfo de California, es la alta productividad de sus aguas. Los vientos que cambian estacionalmente de dirección y las fuertes mareas (causadas por el perfil del fondo marino) son los causantes de fuertes surgencias, es decir, afloramiento de aguas profundas ricas en nutrientes. Éstas hacen posible que existan grandes cantidades de organismos microscópicos (plancton), que son la base de la cadena alimenticia. Las surgencias generalmente se presentan en el lado este del golfo durante el invierno y en el oeste durante el verano (Maluf, 1983).

Existe un amplio espectro de hábitats marinos en el Golfo de California: una pronunciada transición latitudinal desde las mareas amplias, profundidades someras, temperaturas estacionales y variación del régimen de salinidad en el norte, a las condiciones físicas más moderadas y mayores profundidades en el sur. Estos factores físicos se piensa que contribuyen al gran número de endemismos de especies marinas en el golfo (Maluf, 1983).

En el Golfo de California se reconocen cuatro áreas oceanográficas generales (Case y Cody, 1983. De la Lanza, 1991):

1. Golfo Norte o Alto Golfo. Es la región entre el Delta del Río Colorado hasta la región de las grandes islas. Los fondos someros (50-200m) tienen una ligera pendiente hacia el suroeste. El fondo marino de esta región cuenta con una gran cantidad de sedimentos de origen continental, que en su mayoría fueron acarreados por el Río Colorado. Estos depósitos se extienden un poco al sur de la región de las grandes islas y en algunos sitios alcanzan el grosor de hasta 5 km. Debido a esta sedimentación existen pocas características batimétricas conocidas. Hay una alta turbidez cerca de la costa, y de manera permanente cerca del delta del Río Colorado. Presenta una evaporación alta y precipitación baja. Las temperaturas son extremas, 10 °C en invierno y 32 °C en verano. Se caracteriza por alta salinidad superficial (35.5 ppm). Las mareas

presentan una gran amplitud. En el golfo son predominantes las mareas del tipo semidiurno (dos mareas altas y dos bajas en 24 horas). En el Alto Golfo las mareas se encuentran entre las mayores del mundo: en la boca del Río Colorado se han medido fluctuaciones de más de nueve metros. Este gran desplazamiento vertical de agua que crea enormes áreas de intermareas, de hasta 5 km. de extensión, genera fuertes corrientes de marea y olas pequeñas.

2. Región de las grandes islas. El fondo está conformado por cinco cuencas en forma de "V". La más norteña, "Cuenca el Delfín", tiene un fondo casi plano; posteriormente, hacia el sur, alcanza 900 m de profundidad. Ahí continúa la "Cuenca de Salsipuedes" la cual es muy estrecha, con profundidades de hasta 1,400 m. Ésta cuenca no tiene gran cantidad de sedimentos a causa de las altas velocidades que alcanzan las corrientes de marea. Las cuencas de "San Esteban", "Tiburón" y "San Pedro Mártir", alcanzan profundidades de 900 m. Ésta es una de las características batimétricas más sobresalientes de la región, y enmarca un régimen hidrográfico único. Las cuencas funcionan como embudos y restringen la circulación entre las áreas oceanográficas golfo norte y golfo central. Por otro lado, actúan como punto de generación de la mezcla intensa de masas de agua por fuertes corrientes de marea. Las surgencias ocurren durante todo el año, de acuerdo al régimen de mareas. Este fenómeno es de gran importancia, pues provee a la zona superficial del mar donde penetran los rayos del sol, de gran cantidad de nutrientes que son aprovechados por el plancton y así dar inicio a la cadena alimenticia.

3. Golfo Central. Se encuentra entre el límite sur de la región de las grandes islas hasta las bahías de Topolobampo en el este y de La Paz al oeste. Sus cuencas marinas son profundas. La mayor depresión en todo el golfo es la cuenca de Guaymas, con una longitud cercana a los 220 km y con profundidades de hasta 2,000 m. La amplitud de mareas en el Golfo Central es menor que en la parte norteña del golfo, con un promedio de 1.5 m en Guaymas. Las corrientes de marea son menos importantes que las creadas por el efecto de los vientos. Esta región, donde se localiza el mayor número de islas, presenta importantes zonas de surgencias estacionales en ambas costas. Se registra una fuerte estacionalidad en la temperatura superficial con valores de 16 °C de febrero a marzo, y de 31 °C en agosto, cuando alcanza diferencias de temperatura, entre la superficie y los 150 m de profundidad, de alrededor de 16 °C.

4. Región sur. Está en comunicación abierta con el Océano Pacífico Tropical Oriental a través de la boca de aproximadamente 200 km de ancho y de cuencas cuya profundidad excede a los 3,600 m. Su estructura hidrográfica es complicada debida a la confluencia de distintas masas de agua en la boca del golfo. Es un hecho que el extremo sur de esta región del Golfo de California está fuertemente influenciada por las aguas del Océano Pacífico; ahí tienen lugar los mayores oleajes. La amplitud de mareas en la zona es de 1 m, la más baja que se registra en el golfo. La influencia de las tormentas tropicales también provoca grandes olas. En julio y agosto las tormentas viajan del oeste al noreste y azotan el sureste de la Península de Baja California o las islas de Revillagigedo. En los otros meses, la mayoría de las tormentas se dirigen hacia el noreste y afectan la línea costera desde el Golfo de Tehuantepec hasta el norte de Guaymas (Hubbs y Roden, 1964, Case y Cody, 1983)

Flora: vegetación de Islas y zona costera

Biogeográficamente, las islas del Golfo de California se incluyen dentro del Desierto Sonorense. Las comunidades de plantas se caracterizan por sus especies dominantes y formas de crecimiento, mismas que responden a las variaciones en el medio ambiente físico. Las comunidades de plantas cambian geográficamente en respuesta al clima pero también cambian localmente en respuesta al micro ambiente, como la disponibilidad de humedad, tipo de suelo, pendiente etc.

Las principales islas del golfo se encuentran dentro del área fitogeográfica denominada "Desierto Sarcocauliscente". Entre las plantas dominantes se encuentran árboles y arbustos grandes de *Cercidium sp.* (Palo Verde), *Bursera sp.* (Torote; Copal) y *Jatropha sp.*, cactus del género *Opuntia sp.* (Nopales) y especialmente, *Pachycereus pringlei* (Cardón o Sahueso). En la costa oeste de la Isla Ángel de la Guarda, hacia el este de la Sierra de San Pedro Mártir y la Sierra Juárez, y alrededor de la cabeza del golfo, hacia el interior del norte de Sonora, se delimita un área llamada "Desierto Micrófilo". Éste se caracteriza por una elevada incidencia de árboles y arbustos con hojas pequeñas, y algunos con troncos gruesos. Aún así, varias de las especies dominantes características, tales como *Ambrosía sp.*, *Olneya tesota* (Palo fierro) y *Bursera microphylla* (Torote) son comunes en las islas, así como en el Desierto Sarcocauliscente. El Desierto Micrófilo es de un tipo más seco en el que la

gobernadora (*Larrea dívarícata*) es común. *Larrea* es conspicua por su escasez en la mayoría de las islas del golfo. Los cactus y otras suculentas son las especies de plantas dominantes de la flora insular (Cody et al, 1983).

Al sur del "Desierto Micrófilo", a lo largo de la costa de Sonora, se encuentra la región de los altos de Arizona y en la península se halla la región del Vizcaíno, que llega al sur del paralelo 28° N. La primera se caracteriza por presentar arbustos de varios tamaños y una enorme diversidad de cactus. También se les halla asociadas a la gobernadora, a la jojoba (*Simmondsia chinensis*) y a otros arbustos. En las laderas crece el palo verde y el palo fierro. En las cañadas y arroyos secos existe un tipo de vegetación totalmente diferente, donde domina el sauce del desierto, la escobetilla y arbustos del género *Hymenoclea sp.* (Case y Cody, 1983; Bourillón et al, 1988). Se calcula que en México existen entre 25,000 y 30,000 especies de plantas terrestres. En la Península de Baja California habitan alrededor de 3,000. El Desierto Sonorense mantiene alrededor de 2700 especies de plantas (Shreve, 1951).

Invertebrados marinos

Para la zona entre mareas del Golfo de California hay identificadas 4,826 especies de invertebrados (Brusca, 1980). Entre los organismos marinos presentes se encuentra el cangrejo topo y el cangrejo fantasma (especies que construyen madrigueras en la arena), almejas, caracoles, galletas de mar, isópodos y anfípodos (Brusca, 1980). Entre y alrededor de las rocas expuestas al aire encontramos balanos (cirripedios), gusanos tubícolas y caracoles, todos ellos capaces de soportar largos periodos de desecación. En la zona de rompiente se encuentran anémonas, estrellas de mar, quitones y en ocasiones coral verde (Porites). Entre las cavidades de las rocas se refugian algunos cangrejos (ej. *Grapsus grapsus*) y erizos (*Echinometra sp.* y *Eucidaris sp.*). Debajo de las piedras se encuentra gran número de pequeños crustáceos. Sobre las rocas se fijan numerosas especies de algas. Entre las algas adheridas a las rocas se encuentran gran diversidad de gusanos, esponjas y crustáceos (Brusca, 1980; Bourillón et al., 1988).

Si bien los invertebrados de la zona pelágica no son tan diversos como los de la zona intermareal, éstos son muy importantes, ya que forman la base de la pirámide

alimenticia en el Golfo de California. Entre ellos están varias especies de calamares, otros cefalópodos, medusas y eufásidos (Figueroa y Castrezana, 1996).

Peces

Más de 875 especies de peces, representando 145 familias y 446 géneros, habitan las aguas del Golfo de California, de las cuales 77 especies son consideradas endémicas (Findley et al, 1996).

Entre los peces más comunes están los grñones (*Leuresthes sardina*) y los charales (*Atherinops regís*), que se agrupan en grandes cardúmenes en zonas cercanas a la playa, filtrando su alimento del agua por las branquias. Varias especies de corvinas, y mojarras se encuentran en este tipo de hábitat. El botete diana (*Sphoeroides annulatus*), obtiene su alimento rompiendo con sus fuertes mandíbulas en forma de pico las conchas de almejas y otros moluscos (Bourillon et al, 1988).

Entre las algas adheridas a las piedras se encuentra una amplia variedad de peces de bellas formas y colores, ya que este ambiente les proporciona su alimento, refugio y sitios para su reproducción. Son comunes las damiselas de Cortés (*Stegastes rectifraenum*) y el pez sargento (*Abdudeduf troschelii*) ambas especies conocidas como peces castañuelas por el ruido que emiten al defender sus territorios. El pez escorpión (*Scotpaena mystes plumery*) también es común en este ambiente, así como las morenas (*Muranidae*) (Figueroa y Castrezana, 1996; Findley com. pers.). Algunos peces endémicos del golfo, que viven en este tipo de fondos, son el gobio pantera (*Barbulifer pantherinus*) y el trambollo de nalga roja (*Xenomedea rhodopygs*), (Findley, com. pers.).

Reptiles

En las zonas pelágicas del golfo habitan cinco de los siete géneros de tortugas marinas del mundo y es común verlas cerca de las islas: tortuga prieta (*Chelonia mydas*) javalina (*Caretta caretta*), carey (*Eretmochelys imbrícata*), golfina (*Lepidochelys olivacea*) y siete filos (*Dermochelys coriacea*). Asimismo se puede observar ocasionalmente a la serpiente marina de vientre amarillo (*Pelamís platurus*) (Cody, 1983).

Aves marinas

Se consideran como aves marinas a aquellas que dependen de recursos marinos para su alimentación. Alrededor de 17 especies de aves marinas se reproducen en las islas, 11 de ellas son migratorias y seis son residentes. Entre el 60 y 100% de la población mundial de algunas de éstas especies anidan en áreas insulares (DeWeese y Anderson, 1976; Velarde y Anderson, 1994).

Debido a sus habilidades de dispersión, no existen especies de aves endémicas, sin embargo, algunas especies como el charrán elegante (*Sterna elegans*) se consideran importantes para la región, ya que 95% de la población mundial de esta especie anida en Isla Rasa (Velarde, 1989). Además de Isla Rasa, existen varias islas que resaltan por su importancia como áreas de anidación de aves; podemos mencionar como ejemplo: Isla San Pedro Mártir, considerada a nivel mundial como la cuarta colonia en importancia para la anidación del bobo pata azul (*Sula nebouxii nebouxii*), Isla Las Ánimas o San Lorenzo Norte, uno de los sitios de mayor importancia para la anidación del pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*) en el Golfo de California, Isla Alcatraz, que posee la mayor colonia de anidación del cormorán orejudo (*Phalacrocorax auritus*) dentro del Golfo de California, Isla Salsipuedes donde anidan grandes colonias de pelícano pardo (*Pelecanus occidentalis*) y cormorán de Brandt (*Phalacrocorax penicillatus*), e Isla Partida, la más importante en el Golfo de California para la anidación del paiño negro (*Oceanodroma melania*) y paiño mínimo (*Oceanodroma microsoma*), así como la colonia más grande de gaviota de patas amarillas (*Larus livens*) (Velarde, com. pers.). Dentro de las aves migratorias algunos de los individuos de las población inicial en la Islas del Golfo, permanecen dentro de él a lo largo del año (*Larus hermani*, *sulas pelicanus*)

En esta zona se encuentran aves que dependen de las zona costera para su descanso, alimentación y en algunos casos para su anidación (Bourillón et al, 1988). La mayoría de estas especies son grandes garzas y garzones, y especies pequeñas de playeritos, avocetas e ibis; poseen un amplio rango de distribución y pueden dispersarse en distancias como las que separan a las islas del continente. Entre las especies de aves que se observan en este tipo de hábitat están: la gran garza morena (*Ardea herodias*), la picopando canela (*Limosa fedoa*) y el zarapito piquilargo (*Numenius americanus*). (Bourillón et al, 1988).

En las aguas cercanas a las playas rocosas se alimentan gran cantidad de especies de aves marinas, como son el zambullidor orejado (*Podiceps nigricollis*) y otros zambullidores. En los acantilados de algunas islas anidan cormoranes, gavilanes pescadores (*Pandion hallaetus*), martín pescador norteño (*Cervle alcyon*). En las costas rocosas libres de vegetación anida el ostrero americano (*Haematopus palliatus*) (Bourillón et al, 1988).

Por sus hábitos alimenticios, algunas aves marinas se encuentran relacionadas con la zona pelágica. Los paiños y falaropos (*Phalaropus sp*) se alimentan del plancton, mientras que varias especies de gaviotas, y charranes se alimentan de peces como sardinas, al igual que los pelícanos pardos, los pájaros bobos cafés (*Sula leucogaster*), los bobos de patas azules, el rabijunco pico rojo (*Phaeton aethereus*) y la fragatas (*Fregata sp*) (Bourillón et al, 1988).

Mamíferos Marinos

En el Golfo de California existen importantes colonias de lobos marinos de California (*Zalophus californianus*). En todo el golfo se conocen alrededor de 40 loberas (13 de reproducción, 14 no reproductivas, cuatro de apareamiento, y nueve paradores), con una población de 30,000 individuos, representando el 24% de la población de esta especie en México (Aurioles, 1988; Zavala, 1990; Zavala, 1993; Aurioles y Zavala, 1994). Las loberas más importantes se encuentran en las islas San Esteban, San Jorge, Ángel de la Guarda y San Pedro Mártir. Se sabe que las hembras permanecen dentro del golfo a lo largo del año y se cree que los machos adultos migran hacia el sur del Golfo de California y al Pacífico Nororiental durante el invierno, que es la temporada no reproductiva (Aurioles, 1988; Morales y Aguayo, 1992).

Los cetáceos son el grupo de mamíferos marinos que presenta una mayor diversidad en el Golfo de California; aquí encontramos el 82% de las especies que se distribuyen en el Océano Pacífico Nororiental y el 38 % de las especies de cetáceos que se conocen en el mundo (Vidal *et al*, 1993). Si consideramos el área que representa el Golfo de California en relación con las grandes extensiones de mar con las que se compara, nos daremos cuenta de que es difícil encontrar otra zona en el mundo con tan alta diversidad de cetáceos en un área tan pequeña. Entre las especies características

del Golfo de California se encuentran: vaquita marina (*Phocoena sinus*), delfín nariz de botella (*Tursiops sp.*), delfín común (*Delphinus delphis*), ballena piloto (*Globicephala melaena*), ballena de esperma (*Physeter catodon*), ballena de aleta (*Baleanoptera physalus*), ballena azul (*Baleanoptera musculus*), ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y ballena gris (*Eschrichtius robustus*). Entre estos, destaca la vaquita marina, única especie de cetáceo endémica de México y al parecer con una distribución restringida al extremo Norte del Golfo de California (Brownell, 1986; Vidal, 1995). La Vaquita es la más rara y menos entendida de los cetáceos (Silber, 1990), ya que se ha obtenido muy poca información en los 30 años siguientes a su descripción (Norris y McFarland, 1958). Actualmente esta especie es considerada como en peligro de extinción por el U.S. National Marine Fisheries Service.

Características económicas

México tiene jurisdicción exclusiva sobre el golfo, incorpora cinco estados con más de 40 municipios y una población mayor de 5.5 millones de personas que habitan a lo largo de los municipios costeros. Las principales actividades económicas que dan vida a la región del Golfo de California son la pesca, el turismo y la agricultura.

A través de la actividad pesquera en el golfo se capturan o desembarcan importantes volúmenes de camarón, sardina, atún y calamares; juntas pueden rebasar las 500 mil toneladas anuales que representa el 50% del peso total de la captura nacional. Esto ha generado la necesidad de instalaciones portuarias de gran magnitud. El valor de la captura pesquera en el Golfo de California rebasa los 300 millones de dólares por año.

La actividad turística se presenta como una de las opciones de desarrollo de la región y a través de la cual se genera un afluencia de aproximadamente cinco millones de visitantes al año, con una derrama económica de alrededor de mil millones de dólares al año. En la región se encuentra una infraestructura turística creciente, la cual se compone en parte por casi 800 hoteles y aproximadamente 21 marinas. La pesca deportiva es un poderoso atrayente de turistas a la región y fue la actividad que detonó el desarrollo de hoteles, marinas y embarcaciones.