Un Enfoque Eco-sistÉmico para el Monitoreo CientÍfico y la EvaluaciÓn del Complejo de Humedales en Laguna San Ignacio

Jorge Urbán R.
Autonomous University of Baja California Sur, La Paz, B.C.S., Mexico
E-mail: jurban@uabcs.mx

Steven L. Swartz
Cetacean Research Associates, Maryland, USA.
E-mail: kabloona15@comcast.net

Copyright © August 2007

Resumen Ejecutivo

Este es un intento de realizar un Monitoreo Científico del Complejo de Humedales de Laguna San Ignacio (LSIWC, por sus siglas en inglés) con un enfoque eco-sistémico a través de un programa de monitoreo científico a largo plazo, que proveerá información científica relevante y necesaria para el manejo de los recursos de la laguna. El mismo contribuirá a solucionar preguntas y preocupaciones relacionadas con el desarrollo, el eco-turismo y en general con la sustentabilidad de LSIWC a través del tiempo. El estado del ***eco-sistema*** lagunar será monitoreado rutinariamente midiendo una serie de parámetros físicos y biológicos claves o ***"indicadores ecológicos"*** que: (1) Proveerán un índice de salud ecológica de la laguna y sus recursos marinos biológicos (p.e. ballenas, delfines, tortugas, algunos peces, bivalvos, aves, plancton, calidad del agua), y (2) Asegurarán a el largo plazo que la información científica sea utilizada para evaluar las tendencias de la vida marina que depende de la Laguna San Ignacio como su hábitat principal. El programa también será una plataforma de entrenamiento para que estudiantes de posgrado se experimenten en la investigación de campo de la conservación de la vida silvestre y aprendan las destrezas que les servirán cuando prosigan sus carreras en este campo. El programa patrocinará talleres anuales donde se presentarán los hallazgos del programa a un grupo de evaluadores, administradores de los recursos de la laguna, inversionistas y público general, y considerará los resultados de la evaluación para mejorar el contenido del programa científico. El programa se asociará y coordinará sus actividades con otros grupos para investigar varios aspectos de LSIWC (p.e. Pronatura-Noroeste).

Las actividades se diseñarán con base en investigaciones y monitoreos previos de algunas especies en la laguna (p. e. ballena gris), pero también iniciará líneas de investigación adicionales que complementarán los estudios que se están llevando a cabo incluyendo el establecimiento de valores de referencia de la calidad del agua de la laguna y de la producción primaria, así como prospecciones de mamíferos marinos diferentes a los de ballena gris (p. e. delfines y lobos marinos), tortugas marinas, aves marinas y aves acuáticas (p. e. monitoreo de los depredadores tope). En el largo plazo se espera que cada invierno se adicionen nuevos componentes científicos al programa para ampliar el alcance y duración de los estudios que constituirán el ***"enfoque eco-sistémico"*** para estudiar esta área de vida silvestre tan particular y extenderlo a las cuatro estaciones del año.

Figura 1. Laguna San Ignacio y su circundante complejo de humedales, vista desde la entrada hacia el extremo norte donde se encuentran las islas.

Figura 2. Siguiendo su designación como Area Marina Protegida bajo la Lay Federal Mexicana, Laguna San Ignacio se convirtió en el punto central de miles de eco-turistas que anualmente la visitan para observar sus formas de vida silvestre marinas únicas.

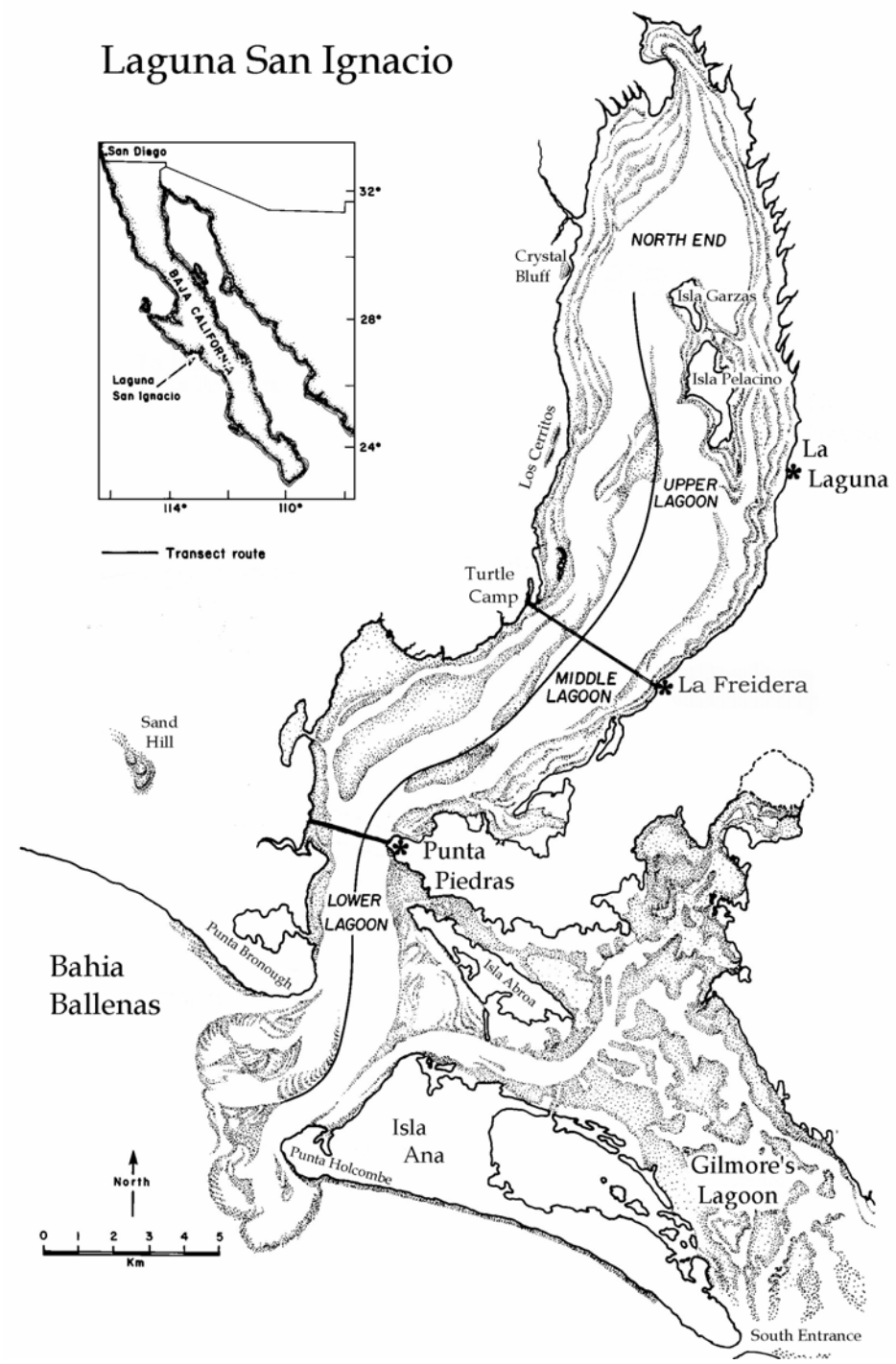

Figure 3. Esquema de Laguna San Ignacio, mostrando sus canales profundos, bajos de arena, bancos de lodo y esteros de mangle alrededor de la costa interior, así como la trayectoria (línea sólida negra) de la embarcación utilizada para los censos de ballenas grises, presentes cada año durante el invierno.

Un Enfoque Eco-sistÉmico para el Monitoreo CientÍfico y la EvaluaciÓn del Complejo de Humedales en Laguna San Ignacio

Visión, Misión, Metas y Estrategias

La ***Visión*** del programa científico del eco-sistema de Laguna San Ignacio es la de apoyar el mantenimiento de un área marina protegida que soporte operaciones sostenibles, de bajo impacto hacia el ambiente, como el eco-turismo y la pesca, para el beneficio económico y social de las comunidades locales, México y las especies de vida silvestre que dependen de este eco-sistema costero único. Alcanzar esta visión y desarrollar el mejor manejo posible, requieren de bases y conocimientos científicos.

Es la ***Misión*** y ***Meta*** final del programa científico del eco-sistema de Laguna San Ignacio, el desarrollar e implementar un programa científico sostenible a lo largo de múltiples años, que proveería información del estado y las tendencias del Complejo de Humedales de Laguna San Ignacio (LSIWC), para beneficio de su manejo, administración y desarrollo. Proyectos de investigación y monitoreo en la laguna, generarán información para atacar cuestionamientos en escalas apropiadas y reconociendo los mecanismos naturales y antropogénicos que afectan el eco-sistema. Estos datos científicos son fundamentales para evaluar las opciones y alternativas de desarrollo y conservación, así como para medir los resultados del manejo implementado y determinar si los objetivos planteados fueron alcanzados.

La ***Estrategia*** a seguir en el programa científico del eco-sistema de Laguna San Ignacio es la de empezar con estudios piloto, basados en resultados de investigaciones y proyectos existentes (p.e., monitoreo de ballena gris) y luego expandir dichos proyectos para incorporar otros componentes biológicos y físicos del sistema (p.e., tortugas, pesca, observacion de ballenas, calidad del agua y productividad, etc.). El programa proveerá empleos académicos y entrenamiento para estudiantes de post-grado, interesados en carreras relacionadas a la conservación del medio ambiente. También establecerá un foro para que pescadores, empresarios y residentes locales contribuyan sus observaciones e informaciones a la base de datos de la laguna y de la región circundante. Los hallazgos de la investigación estarán disponibles mediante reportes publicados, talleres, simposios y en la página web del programa.

Descripción del Proyecto

Cronología del Programa Científico del eco-sistema de Laguna San Ignacio

El Dr. Steven L. Swartz y la Master Mary Lou Jones condujeron los primeros estudios sistemáticos sobre ballena gris en Laguna San Ignacio entre 1977 y 1982. En años subsecuentes, científicos como Bruce Mate y Jim Harvey pusieron las primeras marcas de radio frecuencia en ballenas de San Ignacio. Jim Sumich y sus estudiantes investigaron las tazas de crecimiento y dinámicas energéticas de las crías, y Marilyn Dahlheim hizo el primer estudio de bio-acústica. Pocos esfuerzos se llevaron a cabo entre 1986 y 1995. El Dr. Jorge Urbán R., sus colegas y estudiantes retomaron los censos de abundancia de ballena gris en 1996. A partir del 2002, Swartz y Urbán colaboraron para rescatar y archivar datos fotográficos históricos y desarrollaron la primera base de datos para identificación en una laguna de Baja California. El concepto de un "programa científico eco-sistémico" nació en el 2005 y en el 2006, Swartz y Urbán agregaron propuestas adicionales para incluir más especies marinas y aspectos del eco-sistema lagunar y así complementar la investigación y el monitoreo de ballena gris. En el año 2007, unieron fuerzas con Chris Pesenti de Pro-Península, para incluir un componente socio-económico a la base científica. Pro-Península es una organización no-gubernamental sin fines de lucro, que apoya esfuerzos de conservación a lo largo de la Península de Baja California, buscando reforzar a las comunidades y organizaciones locales, con el fin de proteger y preservar su medio ambiente. El invierno del 2008 marcará el segundo año del programa científico del eco-sistema Laguna San Ignacio.

Estado de Conservación

Laguna San Ignacio es el centro de un eco-sistema marino único, rodeado por, y conformando parte de la "Reserva de la Biosfera El Vizcaíno", establecida en 1988 por el ex-Presidente Mexicano, de la Madrid. Previamente, en 1979, el entonces Presidente Mexicano, José López Portillo, declaró a Laguna San Ignacio como refugio para las ballenas y zona marítima de atracción turística. La laguna está incluída dentro de la Lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO: "Santuario de ballenas El Vizcaíno".

El "Complejo de Humedales de Laguna San Ignacio" (LSIWC) comprende 248 millas de costa cubierta de humedales, incluyendo bancos de lodo intermareal, salitrales, playas arenosas y esteros de mangle rojo (Figs.1-3). Como uno de los sitios biológicamente más relevantes a nivel mundial (Wildcoast 2006), la Laguna es mejor conocida por ser el sitio de congregación de ballena gris, donde se reproducen y crían cada invierno. Sin embargo, es también hogar para especies como delfines, leones marinos, tortugas marinas, peces y mariscos comercialmente importantes y una multitud de aves migratorias y aves costeras. Esta fauna incluye especies protegidas como el águila pescadora, el halcón peregrino, la tortuga marina y la iguana del desierto

La atención mundial se volcó hacia Laguna San Ignacio a finales de los años '90, cuando fue objetivo de planeamientos industriales para crear una planta de sal. Tal proyecto habría alterado significativamente y talvez irreversiblemente, el eco-sistema de

la laguna. Luego del fracaso de esta propuesta, los residentes locales, las cooperativas pesqueras y los empresarios turísticos han desarrollado una industria de eco-turismo, aprovechando la abundancia de ballenas grises en los meses de invierno. Hoy, estas compañías atienden a miles de eco-turistas internacionales y entusiastas amantes de las ballenas cada año. Mediante la educación y el manejo responsable, ellas se esfuerzan por ser las administradoras del eco-sistema y de mantener el balance entre eco-turismo e integridad de la laguna en su estado natural, ante la alternativa del desarrollo industrial del área. Como prevención ante futuras amenazas de desarrollo, se formó un consorcio de grupos ambientalistas y organizaciones empresariales locales, conocido como La Alianza de Laguna San Ignacio. Guiados por la ONG Wildcoast (www.wildcoast.net), la Alianza ha desarrollado un "Plan de Conservación del Complejo de Humedales de Laguna San Ignacio" (Wildcoast, 2006), y ha iniciado la compra o aseguración económica sobre los derechos de desarrollo, para que así sean los ejidos los que tengan control de los humedales rodeando la laguna (Fig.5).

Figura 4. El pelícano blanco (*Pelecanus erythrorhynchos*) es una de las especies de aves migratorias que utilizan Laguna San Ignacio y sus recursos marinos durante los meses de invierno.

El Programa Cientifico sobre el Eco-sistema

El programa científico del eco-sistema de Laguna San Ignacio lucha por promover la consciencia y participación social en la conservación de esta área protegida. Al mismo tiempo, apoya alternativas de desarrollo sostenible basadas en información científica y un desarrollo económico local que esté en balance con los componentes naturales de la región.

Con el tiempo, se prevee que este programa científico se volvería una actividad de presencia permanente en Laguna San Ignacio, financiada por los beneficiarios de LSIWC, p.e. las autoridades locales, empresarios e inversionistas, cuyos intereses y futuras generaciones dependen de un eco-sistema saludable y sostenible en la laguna.

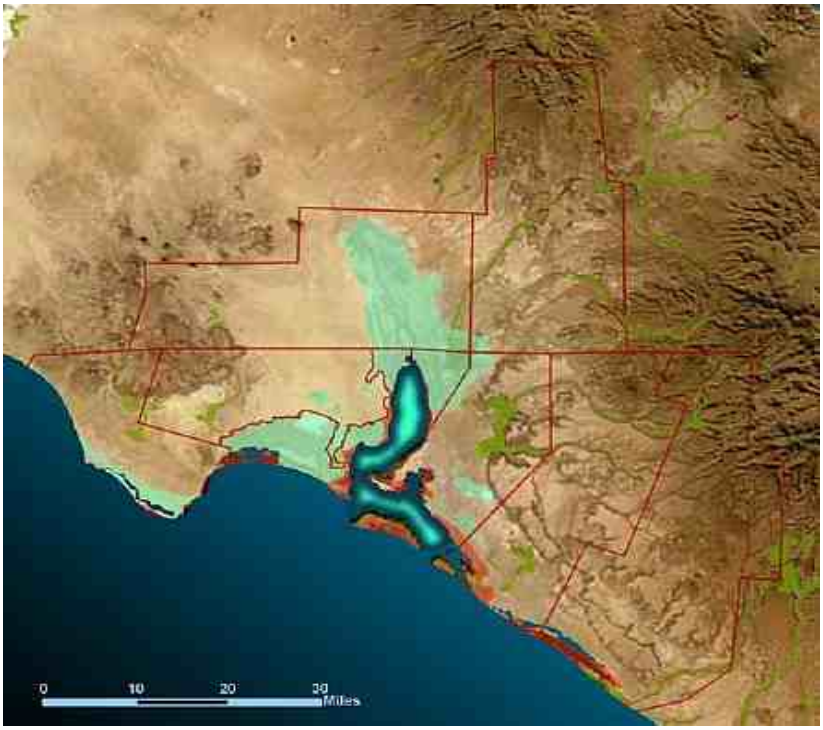

Figura 5. Mapa de la región de Laguna San Ignacio, mostrando los límites del Ejido (línea roja) (WildCoast 2006)

Enfoque Eco-sistémico sobre la Investigación y el Monitoreo: El monitoreo eco-sistémico se enfoca en "un grupo nuclear de especies y parámetros indicadores" que son mesurables y responden de manera indicativa, correspondiendo al estado del eco-sistema completo. Ejemplos de especies indicadoras son: la ballena gris, el delfín nariz de botella, el león marino, la tortuga marina, varias especies de aves marinas y acuáticas, y los parámetros oceanográficos de la laguna (calidad del agua, temperatura, salinidad y niveles de producción primaria).

Estos "indicadores ecológicos": (1) proveen un índice de la salud ecológica de la laguna y de sus recursos marinos biológicos (por ejemplo, ballenas, delfines, tortugas, bivalvos, aves, plancton, calidad del agua), y (2) aseguran la disponibilidad a largo plazo, de información para evaluar tendencias en las especies de vida marina que dependen de Laguna San Ignacio como hábitat principal. Estos datos son analizados en el amplio contexto de cambios ambientales, tendencias y procesos que afectan el eco-sistema completo, para evaluar cuáles cambios son atribuidos a actividades humanas dentro de LSIWC y cuáles son contribuidas por fuerzas naturales externas (p.e. el cambio climático) y/o una combinación de ambos elementos.

Es nuestra esperanza que con cada año venidero, se añadan investigaciones científicas adicionales al programa, ampliando su alcance y expandiendo el "enfoque eco-sistémico", para así verdaderamente estudiar y monitorear la totalidad de esta exclusiva área de vida silvestre. Con el tiempo, se prevee que el programa incluya un monitoreo de la vida marina durante el año completo - a través de todas las estaciones.

Figura 6. Ballena gris saltando en Laguna San Ignacio.

Un enfoque eco-sistémico sobre el monitoreo científico: (1) Provee un contexto del sistema completo para interpretar apropiadamente las tendencias de uso de los recursos lagunares por parte de las poblaciones de vida marina (ej: decadencias en el conteo de ballenas y aves migratorias); (2) Contribuye a la comprensión de interacciones y relaciones entre especies y con su hábitat físico (p.e.: dinámicas entre depredador-presa, influencia de la temperatura y salinidad del agua sobre la producción marina, efectos del cambio climático, efecto combinado de pesca, desarrollo humano y actividades de observación de ballenas en el eco-sistema de la laguna); (3) y Genera una perspectiva científica más comprensiva, que el estudio solamente enfocado hacia especies individuales y por tanto, reduce la incertidumbre en las recomendaciones científicas disponibles para los administradores de recursos.

Figura 7. El mangle rojo (*Rhizophora mangle*) prospera a lo largo de la costa de Laguna San Ignacio y provee un hábitat para aves marinas, por ejemplo el Zarapito Trinador (*Numenius phaeopus*) y el Ibis Blanco *(Eudocimus albus*), asi como nido para muchas especies de peces que pueblan la laguna..

Talleres de Revisión y Educación sobre el Programa: El contenido científico del programa eco-sistémico y sus conclusiones serán presentados anualmente a un grupo de expertos independientes y subjetivos para su revisión de par. Estos talleres serán realizados cada otoño, generalmente en el mes de Setiembre. Dichos expertos proveerán recomendaciones sobre: (a) el adecuado uso de los métodos de monitoreo propuestos; (b) suficiencia de los esfuerzos de monitoreo planeados; (c) confiabilidad en los datos de observaciones de comportamiento y censo; (d) validez de los resultados del monitoreo y las conclusiones extraídas de ellos. Representantes de las agencias reguladoras relevantes, industrias relacionadas, residentes de la laguna y organizaciones ambientalistas interesadas (p.e, inversionistas) están invitados a participar en estos talleres como observadores. Los resultados del taller y las recomendaciones dadas estarán disponibles mediante reportes públicos y en la página web del programa en Internet. Los investigadores también patrocinarán talleres y seminarios en Laguna San Ignacio para proveer información pertinente a las cooperativas de pescadores, operadores de eco-turismo y residentes locales.

Figura 8. El Dr. Jorge Urban presenta los hallazgos de sus estudios durante un taller realizado el 24 de Febrero, 2007. Esta reunión estuvo abierta a operadores de eco-turismo, pescadores y residentes locales en el campamento Kuyima.

Figura 9. Investigadores de la Universidad Autónoma de Baja California lanzan la panga de trabajo llamada "Rhachianectes" sobre las aguas de Laguna San Ignacio.

Instalaciones de Investigación en Laguna San Ignacio: En el año 2007, la cooperativa Kuyima Eco-Turismo construyó un laboratorio para el uso de los investigadores y estudiantes mientras trabajan en sus varios proyectos científicos. La generación eléctrica de las instalaciones es renovable y no-contaminante, producto de generadores eólicos y solares. El sistema almacena poder en un banco de baterías, que proveen corriente directa de 12-V y alterna de 110-V, suficiente para suplir luces, computadoras, cámaras fotográficas y cargadores de baterías.

Figura 10. Laboratorio de Ciencias Marinas en el campamento Kuyima Eco-Tursimo, 2007.

Científicos Colaboradores y Estudiantes Investigadores: El programa da apoyo y oportunidades académicas a estudiantes de postgrado, interesados en conducir investigaciones marinas bajo la tutela de científicos establecidos. Los líderes de proyectos y científicos invitados podrán guiar a estudiantes y transmitirles las habilidades que les servirán en una futura carrera en el campo de la conservación. En casos apropiados, el programa formará asociaciones y coordinará actividades con grupos interesados en investigar otros aspectos de LSIWC (p.e.: Pronatura-Noroeste, Biosfera El Vizcaíno). A la fecha, los proyectos de investigación han incluído estudios de abundancia estacional y distribución de ballena gris, identificación individual de ballenas y comportamiento, crecimiento y desarrollo de las crías de ballena gris, muestreo de comunidades bénticas de invertebrados, y acústica submarina, tanto del medio ambiente como de las ballenas mismas. En el 2008, se sumarán proyectos sobre el estado y la extensión de la yerba marina lagunar, así como un estudio sobre las tortugas marinas y aves acuáticas que residen en la laguna.

Figura 11. Equipo de científicos investigadores y estudiantes de la temporada 2007(izquiera a derecha): Sergio Gonzáles C., Steven L. Swartz, Mauricio Nájera C., Alejandro Gómez Gallardo U., Mariela Brito, y Benjamin Troyo V.

Investigadores principales

Jorge Urbán R., Ph.D., graduado de la Escuela de Biología Marina en la Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, B.C.S., México. Ha liderado el estudio de ballena gris en Baja desde 1996, publicando amplia literatura científica sobre mamíferos marinos y conservación marina. Sirve como miembor del IUCN Grupo Especialista de Cetáceos, el Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional y es miembro fundador y ex-Presidente de la Sociedad Mexicana de Mamíferos Marinos (SOMEMMA). Actualmente da clases sobre ciencias marinas y conduce investigaciones sobre ballenas de especies varias.

Steven L. Swartz, Ph.D., Maryland, USA. Graduado de la Universidad de California en Santa Cruz, ha investigado las ballenas grises de Baja California desde 1977. Ha publicado numerosos libros, artículos científicos y populares sobre la ballena gris y su territorio de reproducción en las lagunas de Baja California. Sirvió como investigador de mamíferos marinos y especies protegidas, consultor y director científico de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) del Gobierno Mexicano, el grupo Ocean Conservacy, la Comisión Americana de Mamíferos Marinos, el Servicio Nacional de Pesca de EE.UU., y la Comisión Ballenera Internacional. Actualmente conduce investigaciones sobre ballena gris y enfoques eco-sistémicos de ciencias marinas para promover el desarrollo sostenible y la conservación de recursos.

Figure 12. Amplios humedales, salitrales, y estuarios de mangle existen en la costa de Laguna San Ignacio y representan uno de los eco-sistemas más productivos del mundo.

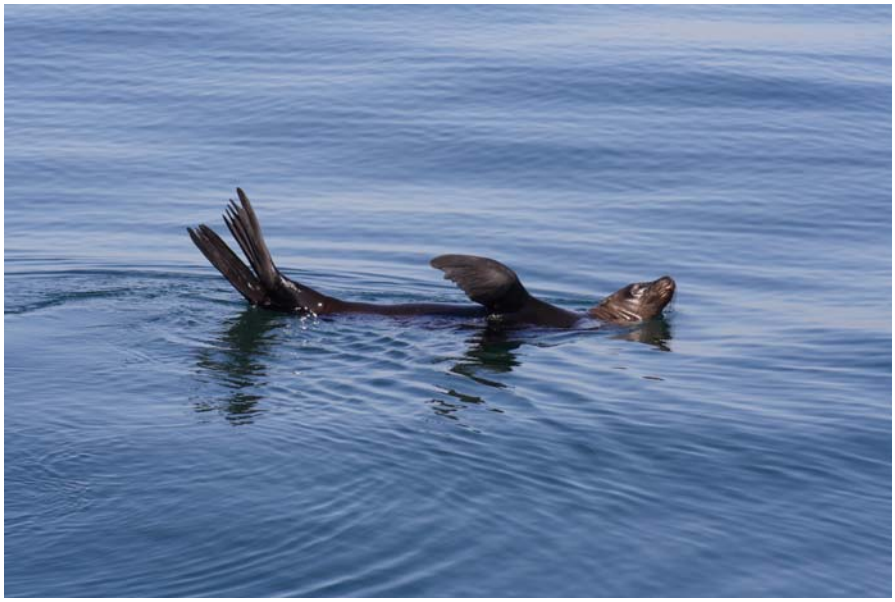

Figura 13. Leones marinos de California (Zalophus californianus) frecuentan el interior de la laguna y se congregan en las costas de islas barrera a la entrada de la misma.

Marco de fondo:
Laguna San Ignacio y las Ballenas Grises
en un Ambiente Oceánico Cambiante

Ballenas Grises:

Las ballenas grises del Pacífico Noreste son la carismática mega-fauna que atrae a miles de turistas a Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México, cada invierno y son la base de una exitosa industria de eco-turismo en esta región costera del Pacífico peninsular.

Después del declive de su población, causada por la caza excesiva que llevó a cabo la industria ballenera en el siglo XIX, la población de ballena gris del Pacífico Noreste se recobró de tan solo algunos miles de individuos (Reilly, 1984) hasta alcanzar un estimado de 26,000 animales a mediados de 1990. Sin embargo, tras un inusual evento de mortalidad en 1998-1999, los números decayeron nuevamente en el 2001 a 18,000 individuos, aproximadamente (Fig.14) (Rugh et al. 2005).

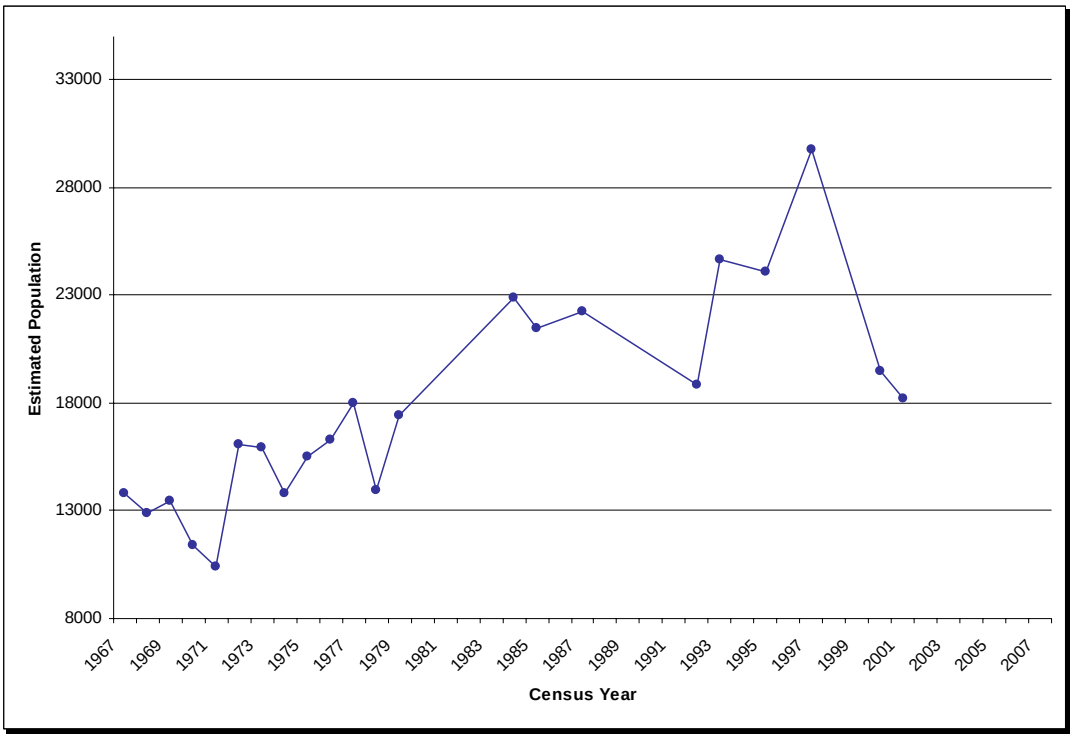

Figura 14. Estimados de la población de ballena gris del Pacífico Noreste, basados en un conteo visual durante su migración de otoño, realizado desde la estación en Granite Canyon, California entre los años 1967/1968 y 2001/2002 (tomado de Rugh *et al.* 2005).

La ballena gris del Pacífico Noreste fue eliminada de la lista de Especies en Peligro de Extinción en 1994, y constituye así el ejemplo de una exitosa recuperación. Empero, la delicada restauración enfrenta nuevos retos debido a la popularidad de estas ballenas y podría ser potencialmente amenzada por factores tanto naturales (p.e., el cambio climático) como de origen antropogénico (p.e., eco-turismo y desarrollo) (Wild Coast 2006).

Detectar y evaluar cambios en el uso tradicional del hábitat lagunar por parte de las ballenas grises y la persistencia con que otras especies de vida silvestre marina visitan y utilizan la laguna y los humedales alrededor, requiere de la comprensión de los factores que afectan a estas especies dentro y afuera de LSIWC.

Por ejemplo, entre 1978 y 1982, se contaron aproximadamente 300-400 ballenas grises adultas dentro de Laguna San Ignacio durante el mes de Febrero, comparado con un promedio de 204 ballenas en el período entre 1996 y 2003, sugiriendo una reducción de 30% en el uso de la laguna (Urbán, *et al*., 2001) (Fig. 15, Tabla I). Esta tendencia descendente en el conteo de ballenas ha continuado aún durante el 2007 (Swartz *et al*. 2007). Desafortunadamente, no hay datos disponibles respecto a la abundacia de ballenas grises en Laguna San Ignacio entre 1983 y 1995, los cuales hubieran podido explicar posibles causas para esta disminución. Durante esos años no se realizaron estudios de campo, a pesar que los niveles de turismo de observación de ballenas y pesca continuaron creciendo dramáticamente. Aún cuando no se tienen explicaciones concretas sobre el descendente uso de la laguna por parte de las ballenas, la reducción en la abundancia total de la población de ballenas grises del Pacífico Noreste, cambios físicos en las características de la laguna y crecientes niveles de actividad humana en San Ignacio podrían ser importantes factores contribuyentes.

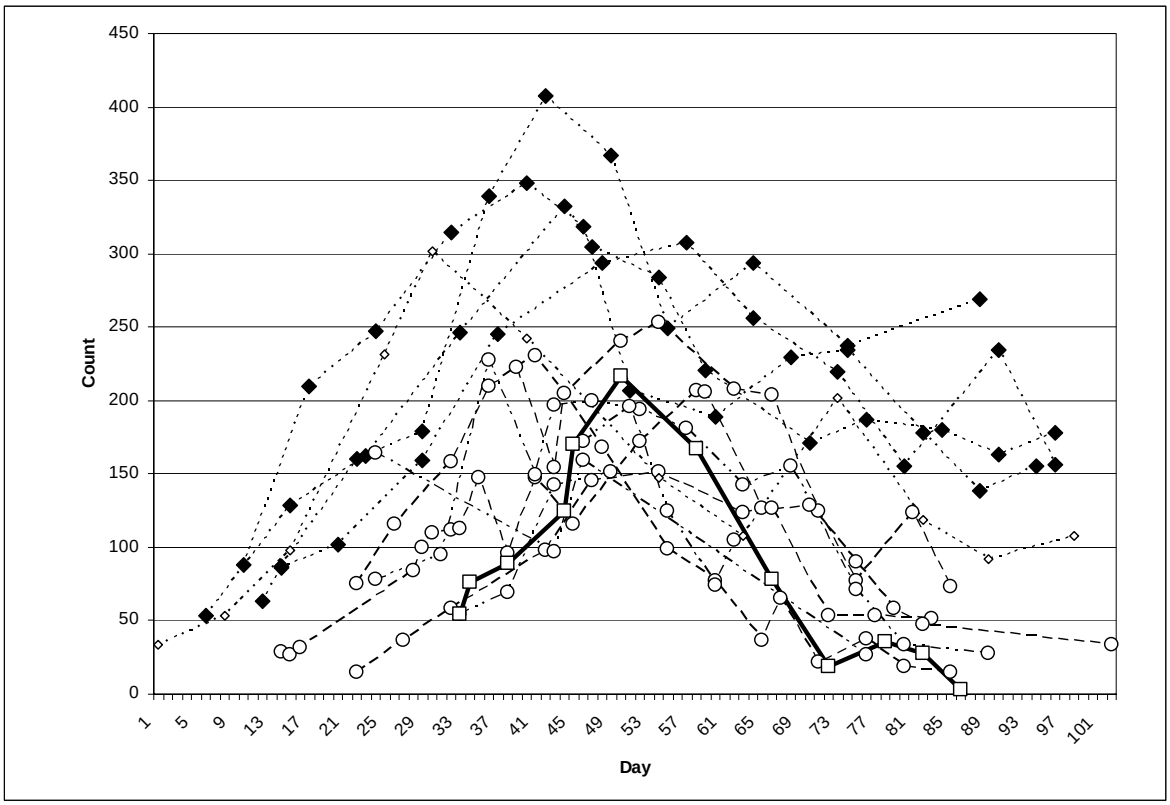

Figura 15. Número de ballenas adultas contadas en el censo de Laguna San Ignacio durante el pico de la temporada (mes de Febrero) entre 1978 y 2007. Diamantes negros = conteos 1978-1982; círculos blancos = conteos 1996-2006; cuadros blancos = conteos 2007. Día 1 = 4 de Enero; día 102 = 15 de Abril.

Tabla I. Conteo máximo de los censos de Febrero y distribución de ballena gris en los años 1982, 1996 y 2007.

Zona	Par: Madre-cría			Solitarios			Total Ballenas adultas		
	14 Feb 82	2 Mar 96	22 Feb 07	14 Feb 82	2 Mar 96	22 Feb 07	14 Feb 82	2 Mar 96	22 Feb 07
Baja	15	33	10	187	84	126	202	117	136
Media	15	31	5	52	25	60	67	56	65
Super	107	28	5	31	6	11	138	34	16
TOTAL	137	92	20	207	115	197	407	207	217

Cambios Ambientales Externos: Transiciones en los patrones históricos de utilización de Laguna San Ignacio por parte de las ballenas grises, podrían reflejar una combinación de cambios a larga escala en la condición del eco-sistema marino del Pacífico Norte, cambios ambientales más localizados y de menor escala y las actividades humanas en la laguna y sus costas. Aparentemente, en respuesta a estas fuerzas ambientales, las ballenas grises se adaptan en escalas espaciales y temporales.

El presente análisis discutirá características ambientales críticas, las cuales de acuerdo a observaciones recientes, parecen estar cambiando y podrían indicar cómo responden las ballenas grises ante los cambios a su alrededor.

Recursos de presa: Históricamente la población de ballena gris del Pacífico Noreste se ha alimentado primordialmente de organismos invertebrados bénticos (p.e., anfípodos) del Ártico (Grubemeyer 1989). En el pasado era posible encontrar durante los meses de verano, grandes cantidades de ballenas alimentándose de anfípodos, que se acumulaban en inmensas densidades en la región norte del Estrecho de Bering, por ejemplo la cuenca oceánica de Chirikov (Moore *et al.* 2003). Estos territorios antiguamente ricos en comida, contienen actualmente menos del 10% de la biomasa medida en el pasado y las ballenas grises han sido forzadas a desplazarse cada vez más lejos durante los meses de verano, para alimentarse de otras presas (Grubemeyer *et al*. 2006, Moore *et al.* 2007). Aunque no sabemos el impacto específico que este cambio dietético y geográfico tendrá sobre la población, existe evidencia de observaciones recientes que muestran “ballenas flacas”, síntoma de una posible tensión nutricional o enfermedades que limitan la reproducción de los individuos y la productividad de la población completa.

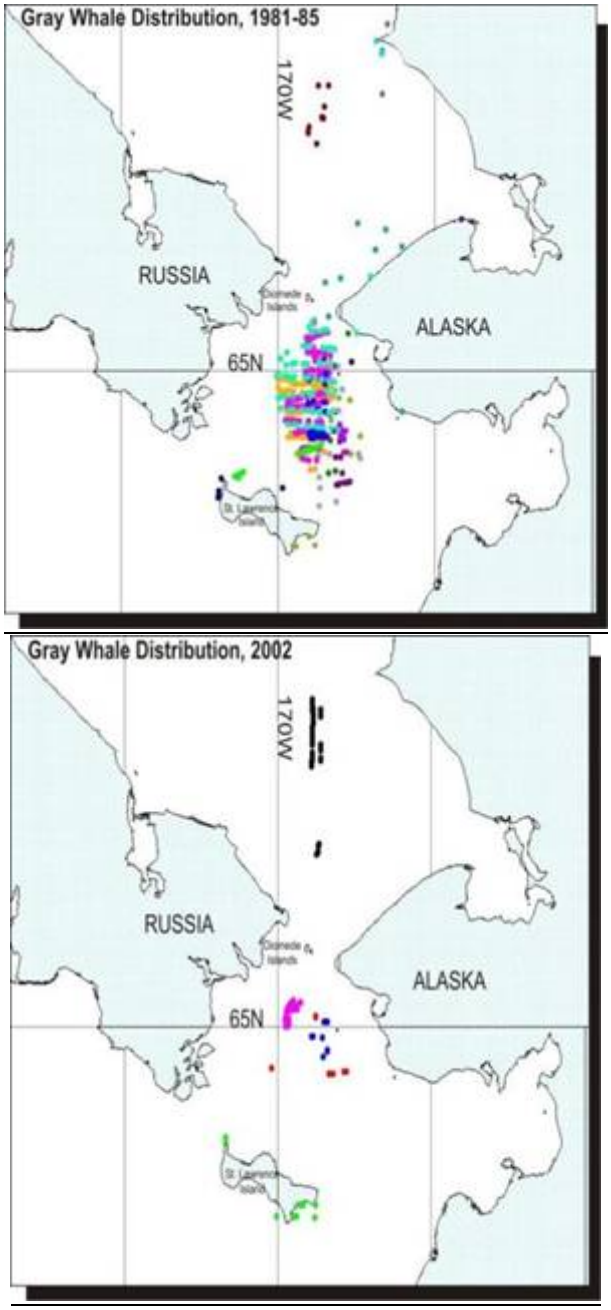

Figura 16 Arriba: Avistamientos de ballena gris en sus territorios primarios de alimentación en el Mar de Bering entre 1981 y 1985. Abajo: Avistamientos de ballena gris en sus antiguos territorios de alimentación en 2002, indicando una significativa disminución en la densidad de ballenas grises que utilizan esta área (de Moore 2003).

Producción de crías: Podrían existir al menos dos factores impactando la producción de crías en esta población. Desde la Estación Piedras Blancas (California) se realizan conteos de crías en su migración norte y los números han fluctuado ampliamente durante los 14 años desde que se inició este proyecto. Aproximadamente 80% de la variabilidad puede ser explicada por distribuciones temporales y espaciales del hielo ártico durante la temporada anterior. En años en que la cobertura de hielo en el Ártico es extensa, las hembras tendrían menos tiempo para alimentarse y el siguiente año, menos crías serían agregadas a la población. En el caso opuesto, grandes cantidades de crías son avistadas luego de temporadas de poco hielo ártico. Aún cuando la variabilidad en los números de crías a corto plazo puede ser explicada mediante la distribución del hielo, la producción general de crías indica que se están agregando apenas suficientes individuos para reemplazar la mortalidad adulta (si asumimos que ésta oscila entre 5 y 6%) en 4 de los 14 años de censo desde 1993. Los estudios de identificación fotográfica muestran que los intervalos de reproducción, normalmente de 2 años en esta población, han aumentado a más de 2 años para muchas de las hembras. Se sospecha que los factores causantes podrían ser la disminución de anfípodos en terrenos históricamente utilizados para alimentación y la consecuente transcición hacia otras especies como presa.

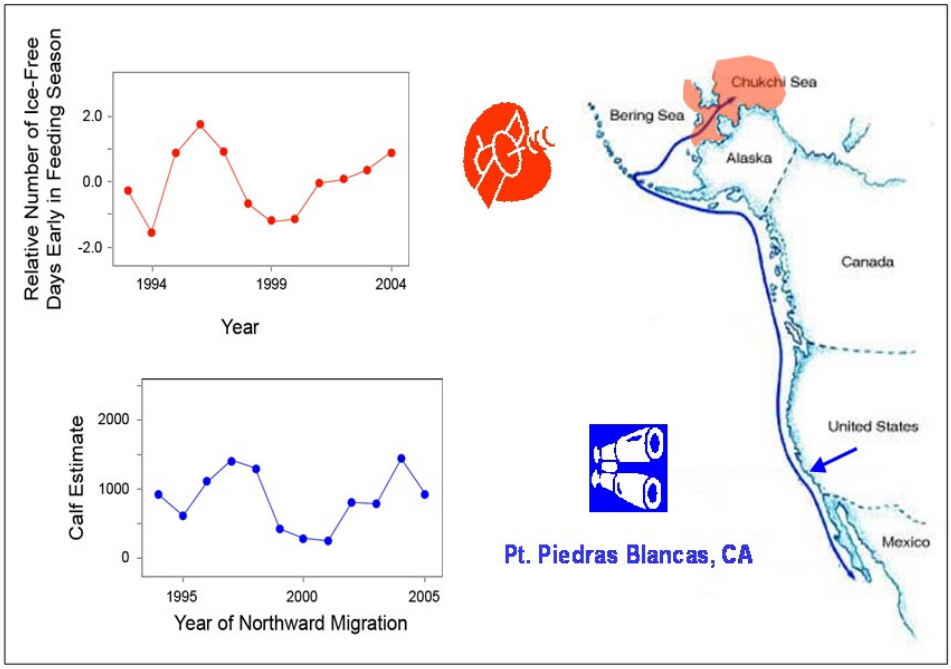

Figura 17. La relación entre la cobertura de hielo ártico en los territorios de alimentacion y la producción de crías el año siguiente presentan una aparente correlación (de Perryman et al. 2000).

Bajos conteos de crías de ballena gris en Laguna San Ignacio (Tabla 1) y durante su migración primaveral hacia el norte, son especialmente preocupantes, ya que podrían indicar una reducción en el potencial de reproducción de la población. Estos bajos números podrían ser un indicador de hembras cuyas necesidades energéticas no están siendo satisfechas, y por ello no lograrían concebir o dar término a la cría. Brownell y Weller (2002) sugirieron que la limitación de recursos en la población de ballenas grises

del Pacífico Noreste podría causar ciclos reproductivos de 3 años, en lugar del ciclo normal de 2 años.

Estado de Salud: Datos fotográficos recolectados durante la temporada de invierno del 2007, indican que entre 11-13% de las ballenas retratadas exhibían señales obvias de mal-nutrición y/o enfermedades, síndrome llamado comúnmente de "ballenas flacas" (Weller et al. 2000) (Fig.18). Aunque la mayoría de las ballenas se observaban normales, algunos individuos poseían una notable depresión post-craneal y una joroba en la región dorsal del cuello. En otras ballenas se observaban bordes sobresalientes de la escápula y perfiles cóncavos (en lugar de convexos) en el área del flanco dorsal. La finalización del estudio de identificación fotográfica del año 2007 permitirá determinar qué porcentaje de ballenas grises exhibieron estas características y qué tan extendido es el fenómeno entre los individuos que frecuentan la laguna. Weller *et al*. (2000) y Brownell y Weller (2002) notaron que en el Pacífico Noroeste algunas de estas "ballenas flacas" regresaron a sus terrenos de alimentación con una cría saludable, sugiriendo que podría no ser una condición fatal, sino solamente un resultado tolerable de recursos nutricionales reducidos.

Figura 18. Arriba y abajo: Ejemplos de "ballenas flacas" observadas en Laguna San Ignacio durante el 2007, mostrando la protrusión de la escápula y concavidades alrededor de orificio y el cuello.

Eventos El Niño/La Niña: El decrecimiento en abundancias y los dramáticos aumentos en la mortalidad observados a finales de 1990, parecen estar ligados a los grandes cambios ambientales en el Pacífico Norte (Philander 1990), los cuales empezaron en 1998 (LeBoeuf et al. 2000, Urbán *et al*. 2003) con eventos climáticos de corto plazo. El más conocido entre éstos es la "Oscilación del Sur El Niño" (ENSO, por sus siglas en inglés) el cual se manifiesta mediante cálidas aguas oceánicas, y su contraparte "La Niña", que acarrea enfriamiento de aguas (Dever y Winant 2002). Eventos de ENSO ocurren en períodos de 2 a 7 años y tienen múltiples consecuencias sobre la alimentación y reproducción de poblaciones de vida silvestre marina (Fiedler 2002) y específicamente sobre la migración y sobrevivencia de la ballena gris (Urbán, Gomez-Gallardo U, y Ludwig 2003).

Un episodio de calentamiento significativo tuvo lugar en el Pacífico Norte entre 1997 y 1998 (Fig.19). El año siguiente se inició una etapa de mortalidad inusualmente alta entre las crías y los adultos de ballena gris a lo largo de todos sus territorios, lo cual se cree estaría asociado con escacez de recursos alimenticios (Le Boeuf et. al. 2000). Asimismo, cambios importantes en la cronología de ocupación de los territorios de reproducción en Baja California fueron asociados con este acontecimiento de mortalidad (Urbán, Gomez-Gallardo U, y Ludwig 2003).

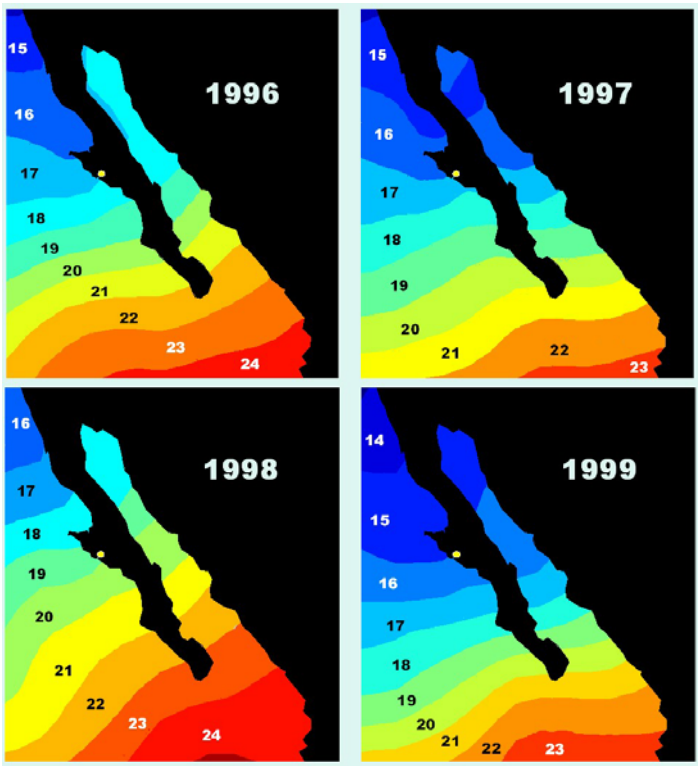

Figura 19. Diferencial en temperaturas superficiales del Océano Pacífico durante los eventos El Niño 1996-1997 (arriba, izquierda y derecha) y El Niño/La Niña 1998-1999 (abajo, izquierda y derecha) (de NOAA).

El Futuro de la Ballena Gris: Mientras las ballenas grises del Pacífico Noreste responden a los impactos climatológicos de corto y largo plazo y se adaptan a los cambios en disponibilidad de recursos, sus poblaciones continúan disminuyendo con respecto a su abundancia pico de mediados de la década de 1990. Actualmente no existe una teoría clara que explique el aparente decrecimiento de 30% en los números censados entre 1996/1997 y 2000/2001. Se desconoce cuál es el grado de afectación que sufre la población por cambiar de presa y cuánto contribuye esta transición al síndrome de "ballenas flacas". No podemos predecir el impacto a largo plazo que se generaría por un calentamiento oceánico sostenido y una contínua transición de presa y qué efectos tendrán estos cambios en la reproducción y sobrevivencia de esta población. Mayores limitaciones de recursos podrían reducir aún más la habilidad de las hembras por dar término al nacimiento de las crías y esto reduciría las tazas totales de producción dentro de la población.

La ballena gris es única entre los cetáceos y especialmente apropiada para estudios de monitoreo. Su migración de otoño las lleva cerca de la costa central y sur de California, hasta sus lagunas de cría en Baja California, México, donde se reúnen en números significativos cada invierno. Estos comportamientos cíclicos las hacen ideales para observación y monitoreo. Adicionalmente, la serie de tiempo de abundancia anual es medida por censos de la migración sur en otoño, conteos de crías durante su migración norte en primavera y de ballenas ocupando las lagunas en invierno. Estos estimados proveen un marco de trabajo para examinar los impactos de corto y largo plazo sobre la población, causados por cambios ambientales. De esta forma, las ballenas grises son una especie "sentinela" que nos informa no solo sobre su propia salud sino la del completo eco-sistema del Pacífico Norte. El estudio de ballena gris también provee una oportunidad de aprender más a fondo sobre dinámicas de población en ballenas, ecología del comportamiento y la capacidad de los mysticetos de explorar nuevas opciones de alimentación en respuesta a cambios ambientales.

Factores Operando Dentro de Laguna San Ignacio: Otras Preocupaciones de Manejo

Las actividades humanas dentro de Laguna San Ignacio representan otra potencial influencia sobre el hábitat histórico reproductivo y de cría de las ballenas grises. Debido a que su ocupación de estos territorios es la base del turismo ecológico local, el contínuo uso de estas áreas protegidas es una preocupación para los operadores de esta industria y una necesidad para el bienestar económico de la comunidad.

Pesca en la Laguna: La pesca comercial de peces de aleta, langosta y mariscos creció desenfrenadamente en las décadas de 1970 y 1980, sólo para colapsar económicamente en los 90's debido al declive de las especies primordialmente cosechadas (Young 1999). Durante este período de pesca masiva, cantidades significativas de mariscos, p.e., callo de hacha (*Argopecten circularis*), almeja pisco (*Tivela stultorum)*, hacha china (*Pinna spp.*

& Atrina spp.) y otros bivalvos, fueron comercialmente explotados de las extensiones de pasto marino (p.e., *Zostera marina*) y de las playas arenosas alrededor de la laguna (Young, 1999).

Hoy en día, el retiro de innumerables toneladas de bivalvos de la laguna está evidenciado por inmensos amontonamientos de concha (muladares) en el desierto y la costa sur de la laguna. (Fig. 20). Estos bivalvos se alimentan suspendidos en la columna marina mediante el método de filtración de aguas y excretan nitrógeno y fósforo, elementos nutritivos para todas las plantas marinas, desde el más pequeño fitoplancton, base de la cadena alimenticia, hasta las grandes algas y hierbas marinas (Peterson y Heck, 1999; Ganter 2000). Eliminar estos organismos consecuentemente removió la entrada de nutrientes que generaban y eran necesarios para el crecimiento de plantas en la laguna.

Figura 20. Grandes extensiones de concha de "callo de hacha" y otros bivalvos en las orillas de Laguna San Ignacio son evidencia de pesca comercial masiva en un pasado reciente.

Anterior al colapso de la pesca de bivalvos, la planta marina dominante en la laguna era el pasto marino. Sin embargo, actualmente, la densidad de pasto marino es notablemente menor, así como es obvia la reducción de aves como la barnacla de cara negra (*Branta bernicla*) (Fig.21) y el negrón careto (*Melanitta perspicillata*), quienes migraban a la laguna para alimentarse de este pasto (Gantner 2000; S. Swartz; observaciones personales). No resta más que sospechar que la reducción de aves marinas estaría ligada a la pérdida de pasto marino y que ésto posiblemente haya sido causado por la disminución de comunidades de bivalvos y los nutrientes que estos proveían a laguna.

Figura 21. La barnacla de cara negra (Branta bernicla) frecuenta la laguna durante el invierno y se alimenta extensivamente de hierba marina y otras plantas similares.

El Turismo de Observación de Ballenas: Talvez la actividad humana más notable en la laguna cada invierno es el turismo de observación de ballenas. Impulsado en parte por el fenómeno de la "Ballena Amigable", la industria de turismo en la laguna ha crecido contínuamente desde mediados de 1980 y ofrece a los visitantes una experiencia única en el mundo de la vida salvaje (Fig. 22). Laguna San Ignacio ofrece actualmente cinco campamentos comerciales en sus costas, los cuales operan anualmente desde Enero hasta Abril. Estos programas luchan por ser ejemplos de "eco-turismo sostenible", manteniendo un balance entre presencia humana y conservación ambiental. Los visitantes reciben información educativa sobre la laguna y las ballenas y el número de embarcaciones activas en la laguna está limitado por un permiso gubernamental.

A pesar de todas estas cualidades positivas, la contaminación acústica y las disturbaciones asociadas con el tráfico de turistas deben ser consideradas como perturbaciones sobre el uso contínuo de la laguna como hábitat de reproducción y cría de las pequeñas ballenas en esta crítica etapa de su ciclo vital. Como en la industria de pesca comercial, los operadores de eco-turismo sienten la presión de competencia por "recursos balleneros" (Young 1999). Existe una preocupación contínua sobre el impacto que el turismo genera sobre las ballenas. Los operadores de pangas turísticas y administradores de recursos en la laguna luchan por contestar preguntas como: "cuál es el número de excursiones que pueden ser toleradas por las ballenas?, cuáles son los mejores métodos para aproximarse a una ballena y las velocidades que minimizan el disturbio?, y qué comportamientos constituyen acoso hacia las ballenas?

Figura 22. La mayoría de turistas viene a Laguna San Ignacio y se hospeda en campamentos costeros, mientras que otros arriban en grandes embarcaciones que entran a la laguna desde mar abierto. El número de embarcaciones permitidas para observación de ballenas ("pangas") está regulado por un permiso gubernamental.

Un organizado programa de manejo y permisión para actividades de turismo ha mantenido archivos del número de pangas de turismo y de pesca operando en la laguna desde 1996. Estos archivos sirven como base para una evaluación del potencial impacto de las actividades humanas en la laguna y su vida silvestre. Existe el reconocimiento que el crecimiento descontrolado de la industria eco-turística en respuesta a la demanda pública podría sobre-estresar a las ballenas grises y causar el abandono de la laguna, disminuyendo la calidad del hábitat y de la "experiencia salvaje" que buscan los turistas al visitar.

Mientras tanto, mediante el programa colectivo y cooperativo de manejo, guiado por los operadores de eco-turismo de Laguna San Ignacio, se demuestra al mundo que las actividades reguladas pueden ser sostenibles, proveen tan solo disturbaciones de "bajo impacto" al eco-sistema, agregan tangibles valores sociales y económicos a la comunidad local, contribuyen a la protección ambiental y regalan una experiencia educativa única y dinámica para aprender sobre la vida silvestre.

Figura 23. La mayoría de eco-turistas están basados en campamentos ubicados sobre la costa de Laguna San Ignacio, como este eco-campamento en Punta Piedra, cerca de la boca de la laguna.

Figura 24. Las crías de ballena gris son especialmente amigables con los turistas y observadores, quienes disfrutan de acariciar sus cabezas y caras.

Referencias

Brownell, Rl. Jr. and D.W. Weller. 2002. Prolonged calving intervals in western gray whales: nutritional stress and pregnancy. Rep. Intl. Whal. Commission, SC/54/BRG12. 13 pp.

Dever, E.P. and C.D. Winant. 2002. The evolution and depth structure of shelf and slope temperatures and velocities during the 1997-1998 El Nino near Point Conception, California. Progress in Oceanography, Elsevier.

Fiedler, P.C. 2002. Environmental change in the eastern tropical Pacific Ocean: review of ENSO and decadal variability. Marine Ecology Progress Series, 244:265-283.

Gantner, B. 2000. Seagrass (Zostera spp.) as food for brent geese (Branta bernicla): an overview. Helgol Marine Research, Springer-Verlag and AWI, 54:63-70.

Grebmeier, J.M., H.M. Feder, and C.P. Mcroy. 1989. Pelagic benthic coupling on the shelf of the northern Bering and Chukchi Seas II: Benthic community structure. Marine Ecology Progress Series 51:253-268.

Grebmeier, J.M., J.E. Overland, S.E. Moore, E.V. Farley, E.C. Carmack, L.W. Cooper, K.E. Frey, J.H. Helle, F.A. McLaughlin, and S.L. McNutt. 2006. A major ecosystem shift in the Northern Bering Sea. Science 311:1461-1463.

Gutierrez de Velasco, G. and Winant, C.D. 2004. Wind- and density-driven circulation in a well mixed estuary. American Meterological Society, 34:1103-1116.

Jones, M.L. 1981. Lagoon bathymetry, benthic surveys, and productivity studies of Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. Unpublished report for W. Wallace, Natural Science Department, San Diego State University, San Diego. 22 pp.

Jones, M.L. and S.L. Swartz. 1984. Demography and phenology of gray whales in evaluation of whale-watching activities in Laguna San Ignacio, Baja California Sur, Mexico. Pp. 309-372 *In*: M.L. Jones, S.L. Swartz, and J.S. Leatherwood (eds.) *The gray whale, Eschrichtius robustus.* Academic Press, Inc., Orlando, Florida. 600 pp.

Le Boeuf, B.J., H. Perez-Cortez M., .J. Urban, B.R. Mate, and F. Ollervides U. 2000. High gray whale mortality and low recruitment in 1999: potential causes and implications. Journal of Cetacean Research and Management 2(2):85-99.

Moore, S.E., J.M. Grebmeier, and J.R. Davies. 2003. Gray whale distribution relative to forage habitat in the northern Bering Sea: Current conditions and retrospective summary. Canadian Journal of Zoology 81:734-742.

Moore, S.E., K.M. Wynne, J.C. Kinney, and J.M. Grebmeier. 2007. Gray whale occurrence and forage southeast of Kodiak, Island, Alaska. Marine Mammal Science 23:419-428.

Peterson, B.J. and K.L. Heck. 1999. The potential for suspension feeding bivalves to increase seagrass productivity. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 240:37-52.

Philander, S.G.H. 1990. El Nino, La Nina and the Southern Oscillation. Academic Press, Orlando. 293 pp.

Reilly, S.B. 1984. Assessing gray whale abundance: a review. Pp. 203-223. *In*: M.L. Jones, S.L. Swartz, and J.S. Leatherwood (eds.) *The gray whale, Escherichia's robustus.* Academic Press, Inc., Orlando, Florida. 600 pp.

Rugh, D.J., R.C. Hobbs, J.A. Lerczak, and J.M. Breiwick. 2005. Estimates of abundance of the eastern North Pacific stock of gray whales (*Eschrichtius robustus*) 1997-2002. Journal of Cetacean Research and Management. 7(1):1-12.

Swartz, S.L., J.Urbán R., S.González C., A.Gómez-Gallardo U., B.Troyo V., M.Nájera C., and L. Rojas-Bracho. 2007. Preliminary report of the 2007 gray whale studies at Laguna San Ignacio, B.C.S., Mexico. Rep. Intl. Whal. Commn. SC/59/BRG39, 15 pp.

Urban, R., J., L. Rojas-Bracho, H. Perez-Cortes, A. Gomez-Gallardo, S. Swartz, and R.L. Brownell. 2001. A review of gray whales in their wintering grounds in Mexican waters. Report to International Whaling Commission, SC/BRG/16, 23pp.

Urban R., J., A. Gomez-Gallardo U., and S. Ludwig. 2003. Abundance and mortality of gray whales at Laguna San Ignacio, Mexico, during the 1997098 El Nino and 1989099 La Ninia. Geofisica Internacional, 42(3):439-446.

Young, E.H., 1999. Balancing conservation with development in small-scale fisheries: is ecotourism an empty promise? Human Ecology, 27(4):581-620.

Weller, D.W., B. Wursig, A.M. Burdin, S.H. Reeve and A.L. Bradford. 2000. Gray whales off Sakhalin Island, Russia: June-October 1999. A joint U.S. – Russian scientific investigation. Final contract report to Sakhalin Energy Investment Company, 69 pp. Available from Texas A&M University, Marine Mammal Research Program, Galveston TX 77551 U.S.A.

Wild Coast. 2006. Laguna San Ignacio Conservation Alliance: Conservation Plan 2006. Wild Coast, California. 24pp.