

CAPITAL NATURAL Y BIENESTAR SOCIAL DE LA COMUNIDAD YAQUI



Jose Alfredo Arreola Lizárraga
Jaime Garatuza Payán
Enrico A. Yépez Gonzalez
Agustín Robles Morúa



CAPITAL NATURAL Y BIENESTAR SOCIAL DE LA COMUNIDAD YAQUI

Coordinadores

Jose Alfredo arreola Lizárraga

Jaime Garatuza Payán

Enrico Arturo Yépez González

Agustín Robles Morúa

Gestión editorial

Oficina de Publicaciones

Diseño de portada

Lorenia Guadalupe Félix Esquer



ITSON

Instituto Tecnológico de Sonora

5 de Febrero, 818 sur, Colonia Centro, C.P. 85000

Ciudad Obregón, Sonora, México

Teléfono: (644) 410-90-00, E-mail: rectoria@itson.mx

Web: www.itson.mx

Capital Natural y Bienestar Social de la Comunidad Yaqui

ISBN: 978-607-609-204-0

Primera edición 2019.

Se permite la reproducción total o parcial de la presente obra, así como su comunicación pública, divulgación o transmisión, mediante cualquier sistema o método, electrónico o mecánico [incluyendo el fotocopiado, la grabación o cualquier sistema de recuperación y almacenamiento de información], siempre y cuando esto sea sin fines de lucro y con la condición que se señale la fuente.

INDICE

Sección I. Capital Natural y bienestar social de la Comunidad Yaqui

1.1	El territorio Yaqui	6
1.2	La variabilidad espacial y temporal del clima en las Comunidades Yaquis	12
1.3	Hidrología del territorio Yaqui	31
1.4	Geología del territorio Yaqui	45
1.5	Descripción oceanográfica de la zona costera del territorio Yaqui	69
1.6	Vegetación y flora: capital natural y riqueza cultural	86
1.7	Ecosistemas costeros: condición y tendencia ambiental del complejo lagunar Guásimas- Lobos	106
1.8	Abastecimiento y calidad del agua superficial y subterránea	135

SECCIÓN II. Actividades Productivas

2.1	Desarrollo de la Agricultura en la Tribu Yaqui	162
2.2	Potencial ostrícola	185
2.3	Potencial acuícola: un desafío para el desarrollo social y sostenible de las Comunidades Yaquis	208
2.4	La Comunidad Yaqui y su importancia en la producción pesquera	233
2.5	El mezquite en las Comunidades Yaquis del Sur de Sonora	261

SECCIÓN III. Bienestar social, aspectos ambientales y de salud pública

3.1	Biomasa de fitoplancton y macroalgas como indicadores biológicos de impacto ambiental de las aguas residuales vertidas en Bahía de Lobos	281
3.2	Sistemas alternativos para el tratamiento de aguas residuales en Comunidades Yaquis	309
3.3	Pótam, Comunidad Yaqui del Sur de Sonora, México: ¿justicia ambiental por exposición a contaminantes?	338
3.4	Contexto y estrategia para el desarrollo económico y social de la Tribu Yaqui	366

Prólogo

El trabajo presentado aquí surgió con la intención de compilar en un solo sitio información acerca de la comunidad Yaqui, tratando de conjuntar los esfuerzos de muchos investigadores, de diferentes disciplinas, que han trabajado o intervenido en la comunidad y el territorio Yaqui.

El libro está dividido en tres secciones. En la primera sección se aborda lo relacionado a la parte física o Capital Natural, donde se describe los aspectos físicos del territorio (clima, hidrología, geología, flora y fauna, costas y abastecimiento de agua). Estos aspectos son importantes como información básica para el desarrollo de actividades productivas (temática de la segunda sección). El lector encontrará en esta sección información que le permita comprender porque ha sido tan importante para los yaquis la defensa de su territorio y sus recursos naturales, entre los que destaca el agua, que ha sido un elemento esencial en la historia de la tribu yaqui. Se presenta también información acerca de la variabilidad espacial y temporal de distintos elementos que podrán permitir entender y predecir algunos impactos del cambio climático para, finalmente, poder incrementar la resiliencia y adaptación.

En la segunda sección se presentan datos de las actividades productivas que se desarrollan en el territorio yaqui (agricultura, ostricultura, acuicultura, pesquería y aprovechamiento silvícola –mezquite). El lector encontrará información que describe estas actividades pero, además, información que permita obtener de ellas una producción continua y sostenible de bienes y servicios demandados por la sociedad. Se exploran dos actividades que aún tienen mucho potencial de desarrollo en el territorio yaqui: la ostricultura y la piscicultura.

La tercera sección toca aspectos de bienestar social y salud pública así como estrategias para un mejor desarrollo de la comunidad yaqui. Se exponen algunas problemáticas de impacto ambiental por descargas de aguas residuales y se proponen alternativas para su tratamiento. También se presentan información de riesgos en la salud humana por exposición a contaminantes.

Finalmente, el lector podrá entender que los marcos regulatorios en relación a los derechos indígenas son insuficientes o inexistentes, tal vez porque sigue vivo el legado del uso de la doctrina del descubrimiento justificando el que se ignore la presencia de los pueblos indígenas y sus derechos en los Estados. Este libro pretende ser un grano de arena para ayudar a que los efectos residuales esta doctrina desaparezcan y que la comunidad yaqui prospere y sea valorada, como corresponde a un pueblo que se ha mantenido en la lucha por conservar su territorio, sus recursos y sus tradiciones.

Los editores

1.7 Ecosistemas costeros: condición y tendencia ambiental del complejo lagunar Guásimas-Lobos

Por José Alfredo Arreola Lizárraga¹, Luz María Cruz García², Thelma Michelle Ruiz Ruiz¹, Héctor Hugo Vargas González¹, Jesús Antonio Mata Ángeles³, Roberto Carmona Piña²

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Km. 2.35 Camino al Tular, Estero de Bacoichampo, Guaymas, Sonora. CP. 85454

²Universidad Autónoma de Baja California Sur, Carretera al Sur km 5.5, La Paz BCS, Mexico, 23080.

³Instituto Tecnológico de Sonora, Bulevar 5 de Febrero 818 Sur, Ciudad Obregón, Sonora, México, CP 85000.

Email: aarreola04@cibnor.mx

Resumen

La zona costera del territorio Yaqui representa un valioso capital natural. El objetivo de este estudio es conocer su condición y tendencia ambiental. El área de estudio se localiza en el sur del estado de Sonora, México y está caracterizada por lagunas costeras

bordeadas de vegetación de manglar. Es un sitio Ramsar denominado Complejo lagunar Guásimas-Lobos. La metodología se basó en los criterios propuestos por la Comisión para la Cooperación Ambiental para generar una ficha de evaluación ecológica. Los resultados mostraron que el complejo lagunar tiene un estado bueno y una tendencia estable. Este resultado da pauta a la necesidad de la gestión ambiental que incluya un programa de investigación y monitoreo, así como apoyo y capacitación a miembros de la comunidad Yaqui para que ellos realicen acciones de conservación y desarrollen proyectos productivos con la meta de preservar este valioso capital natural y mejoren sus condiciones de bienestar social.

Introducción

El desarrollo económico y social dependerá en el largo plazo del adecuado mantenimiento de los sistemas ecológicos que los sustentan, y que constituyen el capital natural del planeta (Gómez-Baggethun y Groot, 2007). En particular, para los ecosistemas costeros y marinos, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha planteado una visión estratégica para instrumentar un plan de largo plazo con lineamientos para conservar estos ecosistemas y mitigar los impactos de la actividad humana a través de cuatro objetivos centrales: (1) estudiar las conexiones tierra-océano, (2) considerar los ecosistemas para bienestar social, (3) reconciliar uso y conservación y (4) determinar la vulnerabilidad de lugares y gente (UNEP, 2011).

Entre los ecosistemas costeros, se ha reconocido la importancia ecológica y económica de las lagunas costeras, pero también que están sujetas a procesos de eutrofización, cambio

climático, pérdida de hábitat, disminución de recursos y cambios en comunidades biológicas (Wetz y Yoskowitz 2013), de tal forma que el conocimiento de su condición y tendencia ambiental es esencial para la gestión costera orientada a restaurar, mitigar o prevenir efectos adversos tanto ecológicos como económicos (Devlin et al. 2011).

En la costa este del Golfo de California, en la parte baja de la cuenca del Río Yaqui se conforma una zona costera caracterizada por una planicie deltaica con lagunas costeras bordeadas de vegetación de manglar, que forma parte del territorio de la comunidad indígena Yaqui, reconocido mediante decreto presidencial (DOF, 1940). En la planicie deltaica se desarrolla la agricultura de granos como el trigo, maíz y cártamo, así como de hortalizas, que se siembran en una superficie de ~ 23,000 hectáreas en el Distrito de Riego 018 "Colonias Yaquis" y en las lagunas costeras se desarrolla la pesca artesanal donde los pescadores Yaquis capturan camarón, jaiba y diversas especies de peces, y también desarrollan cultivo de ostión en pequeña escala. Este capital natural representa el sustento de la comunidad yaqui, cuyos principales asentamientos: Loma de Guamúchil, Lomas de Bácum, Torim, Vicam, Potam, Rahum, Huirivis y Belem, concentran alrededor de 20,000 habitantes (Arreola-Lizárraga et al. 2014).

La zona costera del territorio Yaqui fue reconocida por su importancia ecológica mediante su designación como sitio Ramsar denominado: "Complejo Lagunar Bahía Guásimas–Estero Lobos" (Ramsar 2008). Este sitio tiene presión antrópica por el desarrollo de actividades agrícolas, acuícolas, pesqueras y centros de población; específicamente, adyacente a la laguna Las Guásimas se desarrolla camaronicultura,

Algodones eventualmente recibe eventualmente agua residual agrícola y Lobos recibe aguas residuales urbanas y agrícolas. El objetivo de esta contribución es presentar la condición y tendencia ambiental del complejo lagunar Guásimas-Lobos para orientar acciones de gestión ambiental y preservar este valioso capital natural de la comunidad Yaqui.

Área de estudio

La zona costera del territorio Yaqui tiene ~ 96 km de línea de costa y está caracterizada por una amplia llanura costera con abanicos deltáicos, lagunas costeras con manglar, planicies de inundación con salinas, playas arenosas, dunas costeras estabilizadas y cordones costeros (Mendoza-Cantú 1997). Las lagunas costeras están asociadas al prisma deltaico del río Yaqui y se originaron por sedimentación terrígena diferencial y por depresión intradeltaica y marginal (Lankford, 1977).

El clima predominante en la región es semidesértico, seco y muy cálido (25.1°C de temperatura media anual), del tipo BW(h')wc con lluvias escasas, precipitación media anual de 200–300 mm y evaporación de 2,600 mm (García 2004). Las lluvias se presentan de julio a octubre, el mes más lluvioso es agosto y el más seco es mayo, las lluvias más importantes están asociadas al “monzón mexicano” que tiene influencia en el NE de México y SO de los Estados Unidos de América (Douglas et al. 1993). En esta región, los vientos tienen un marcado ciclo estacional: desde octubre hasta marzo provienen del noroeste y se manifiestan con 3 a 6 días de permanencia e intensidad de 8 a 10 m s⁻¹ y en verano provienen del sureste y se manifiestan con menos días e intensidades

de 2 a 5 m s⁻¹ (Badan-Dangon et al. 1985; Reyes y Lavín 1997). Esta zona costera está influenciada por las masas de agua de la provincia oceanográfica Golfo Interior que se caracterizan por salinidades relativamente altas con variaciones mínimas (35–36) (Roden y Emilsson, 1980). Las lagunas están influenciadas por mareas mixtas con predominancia de semidiurnas (Russell, 1981). La amplitud de marea es de ~1 m (Filloux, 1973) y clasifica como una costa micromareal (Davies, 1964).

Las lagunas más importantes por su tamaño son Lobos (102 km²), Las Guásimas (37 km²) y Algodones (4 km²). De acuerdo con los criterios de Kjerfve y Magill (1989), califican como lagunas del tipo “restringida”, considerando que están comunicadas permanentemente con el mar, tienen una circulación por mareas bien definida, son influenciadas por vientos estacionales y son bien mezcladas verticalmente. Estos cuerpos de agua tienen tasas de renovación del agua que varían desde 2 hasta 15 días dependiendo el sistema lagunar y la estación del año (Padilla-Arredondo et al. 2000; Valenzuela-Siu et al. 2007; Arreola-Lizárraga et al. 2015). En estas lagunas, las variaciones de temperatura del agua tienen intervalos amplios con valores mínimos de 13 -14 °C y máximos de 32 - 33 °C a través del año. Son lagunas eurihalinas con la variación anual de salinidad de 36 - 42 ups explicada por el balance precipitación-evaporación, el buen intercambio de agua con el océano y el escaso ingreso de agua dulce por lluvias (Valenzuela-Siu et al. 2007; Ruiz-Ruiz et al. 2017).

La vegetación dominante adyacente a los sistemas lagunares es halófito: *Salicornia* spp. y *Batis* spp., así como mangles *Rizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia*

racemosa y *Conocarpus erectus* (INEGI, 2010) las cuales están bajo protección especial por la normatividad NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF 2010).

El sitio Ramsar Complejo lagunar Guásimas–Lobos (Figura 1) alberga al 4% de la población de aves acuáticas migratorias en el invierno y el 9 % de las aves playeras observadas en la zona costera desde Baja California hasta el sur de Sonora. Es un punto de reproducción, zona estacional de alimentación y corredor migratorio de aves, así como área de reproducción, crianza, alimentación y refugio de invertebrados y peces. Diversas especies presentes en el sitio están enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001: Aves: garceta rojiza (*Egretta rufescens*); rascón picudo (*Rallus longirostris*); rascón limícola (*Rallus limicola*), charrán elegante (*Sterna elegans*); charrán mínimo (*Sterna antillarum*); grulla gris (*Grus canadensis*); gaviota ploma (*Larus heermanni*), todas ellas sujetas a protección especial; y ganso de collar (*Branta bernicla*), considerada amenazada. Mamíferos: delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*); calderón de aletas cortas (*Globicephala macrorhynchus*); delfín común de rostro corto (*Delphinus delphis*); lobo marino californiano (*Zalophus californianus*); rata cambalachera sonoreña (*Neotoma phenax*); murciélago-miotis-pescador (*Myotis vivesi*), todas ellas sujetas a protección especial, y el murciélago hocicudo de Curazao (*Leptonycteris curasoae*), considerada como amenazada (Ramsar, 2008).

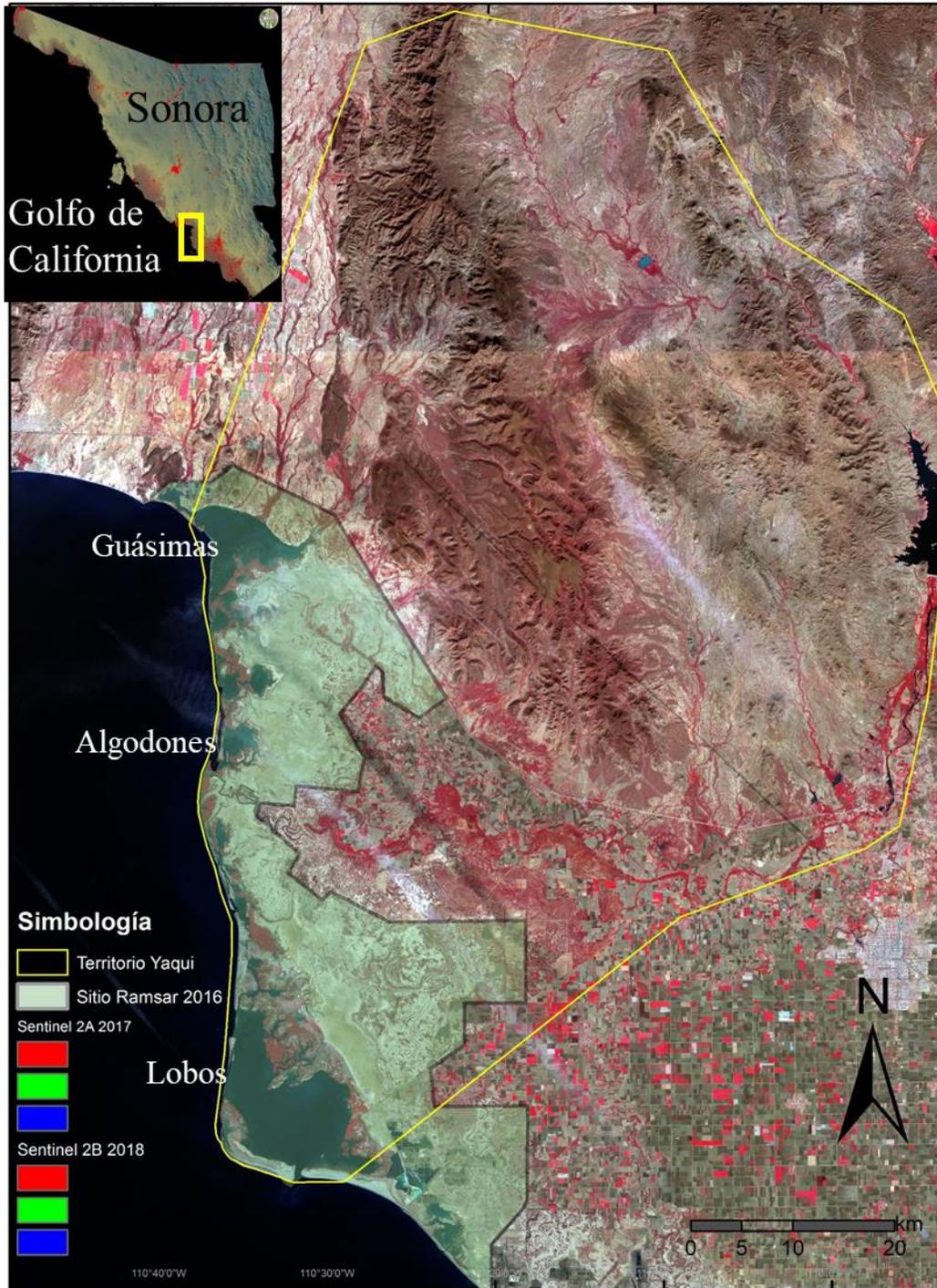


Figura 1. Delimitación del territorio Yaqui y del sitio Ramsar Complejo lagunar Guásimas-Lobos.

Cabe señalar diversos reconocimientos del complejo lagunar Guásimas-Lobos: (1) Área Natural Protegida debido a la isla de barrera Lobos que separa a la laguna del mismo nombre del mar adyacente (Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California, Sonora), (2) Región Marina Prioritaria, (3) Región Hidrológica Prioritaria (SEMARNAT 2007), (4) Área de Importancia para la Conservación de las Aves (Valdés 2000), (5) Sitio Ramsar (Ramsar 2008), (6) Humedal Prioritario para Aves Playeras en México (No. 10; SEMARNAT 2008) y (7) Humedal Prioritario para Aves Acuáticas Migratorias en México (Carrera y de la Fuente, 2003). En particular, por su importancia ecológica y social la laguna Lobos fue considerada candidata a área natural protegida en la categoría de área de protección de flora y fauna (Arreola-Lizárraga, 1994).

Metodología

El enfoque de la evaluación aplicado se basó en los criterios propuestos por la Comisión para la Cooperación Ambiental con el fin de generar una ficha de evaluación ecológica para mostrar el estado y tendencia del sitio RAMSAR (CCA, 2011).

La ficha es un recurso visual donde a partir de las respuestas a una serie de doce preguntas estandarizadas, se resumen las condiciones de tres elementos fundamentales: agua, hábitat y recursos biológicos (Tabla 1). Para responder a las preguntas se usan dos tipos de calificación: una referente al **estado** y otra a la **tendencia**. El estado es descrito mediante un índice de cinco puntos codificado por colores, cuya escala va desde crítico (lo peor) hasta superior (lo mejor), pasando por aceptable; o sin determinar, cuando no es posible emitir un dictamen (Tabla 2). La tendencia, también es descrita mediante cinco

puntos representados por símbolos, cuya escala va desde en rápido deterioro hasta en rápida mejoría (extremos que suponen que probablemente se alcance un estado distinto en un plazo de cinco años), pasando por estable (se considera poco probable que sufra cambios más allá de la variación normal); o sin determinar, cuando no hay suficiente información para permitir una evaluación (Tabla 2). Tanto para la calificación de **estado** como de **tendencia**, se anota No Aplicable (NA) cuando se trata de una variable que no se presenta en el sitio de estudio correspondiente.

Tabla 1. Preguntas guía para la elaboración de la ficha de evaluación ecológica.

Elemento	Preguntas
Agua	1. ¿En qué medida influyen las actividades humanas en la calidad y los flujos del agua, y cuáles son los cambios que se observan?
	2. ¿Hasta qué punto las alteraciones en las cargas de nutrientes afectan la salud de los ecosistemas, y como están cambiando tales cargas?
	3. ¿En qué medida las condiciones del agua suponen un riesgo para la salud humana, y que cambios se registran?
Hábitat	4. ¿En qué medida influyen las actividades humanas en la extensión y calidad del hábitat, y cuáles son los cambios que se observan?
	5. ¿Hasta qué punto los contaminantes presentes en el hábitat o en la red trófica afectan los recursos biológicos o la calidad del agua, y que cambios presentan estos?
	6. ¿En qué medida la alteración de hábitats-incluidas modificaciones en la extensión y distribución de los principales tipos de hábitat-afecta la salud de los ecosistemas, y que cambio se registran en tal alteración?
Recursos Biológicos	7. ¿En qué medida influyen las actividades humanas en la calidad de los recursos biológicos, y cuáles son los cambios que se observan?
	8. ¿Cuál es el estado que guarda la biodiversidad y como está cambiando?
	9. ¿Cuál es el estado que guardan las especies explotadas y cómo está cambiando?
	10. ¿Cuáles son el estado y las condiciones de las especies clave, y que cambios presentan?
	11. ¿Cuál es el estado y las condiciones de las especies en riesgo, y que cambios presentan?
	12. ¿Cuál es el estado que guardan las especies exóticas y que cambios presentan?

Las fuentes de información para realizar la evaluación ecológica fueron: artículos científicos, capítulos de libro, memorias en extenso, tesis e informes técnicos, exclusivamente.

Tabla 2. Colores, símbolos y enunciados estandarizados para determinar el estado y tendencia (en relación con las 12 preguntas estandarizadas).

Estado Escala de colores					
					
Superior	Bueno	Aceptable	Deficiente	Crítico	Sin determinar
Tendencia Símbolos					
					
En rápida mejoría	En mejoría	Estable	En deterioro	En rápido deterioro	Sin determinar

-  Aparentemente las condiciones están cambiando a un ritmo que conducirá a un mejor estado en cinco años.
-  Las condiciones están mejorando.
-  Dentro de los límites de la variación normal, no se prevén cambios sistemáticos debido a fuentes antropogénicas o de otra índole.
-  Las condiciones están empeorando.
-  Aparentemente las condiciones están cambiando a un ritmo que conducirá a un deterioro del estado actual en cinco años.
-  No hay suficiente información para establecer una tendencia fundamentada, o los datos disponibles son muy variables y no puede distinguirse una tendencia.

Resultados y análisis

Agua

1. Influencia de actividades humanas en calidad y flujos del agua

En la cuenca baja del Río Yaqui, las actividades agropecuarias y los asentamientos humanos se han desarrollado con una dependencia fundamental del agua del Río Yaqui

captada en la presa Álvaro Obregón (El Oviáchic). La cuenca baja del Río Yaqui puede dividirse en dos zonas particulares: (1) el Valle del Yaqui que representa el Distrito de Riego 040 con ~ 220,000 Ha, ~ 350,000 Hab., y recibe el 92 % del agua de la presa, y (2) la planicie deltaica dentro de los linderos del territorio Yaqui donde se ubica el Distrito de Riego 018 con ~ 20,000 Ha, ~ 45,000 Hab. de la comunidad Yaqui y recibe el 8 % del agua de la presa (Luna-Escalante, 2007).

En el territorio Yaqui, la presa derivadora Chículi recibe directamente agua de la presa Álvaro Obregón y posteriormente es distribuida en el Distrito de Riego 018; finalmente, las aguas de retorno agrícola procedentes de los riegos se conducen a través de un dren colector cuyo destino final es la laguna Algodones. La laguna Lobos recibe aguas residuales agrícolas y urbanas a través del colector No. 2 provenientes del Valle del Yaqui (Castillo, 2002). El Valle del Yaqui tiene alrededor de 370,000 habitantes con una economía basada principalmente en actividades agrícolas, camaronícola, pecuaria y pesquera, así como los sectores de apoyo para su desarrollo y ocupa el 92 % del agua de la presa Álvaro Obregón. Existe notable diferencia en la presión de uso del suelo por desarrollo urbano y agrícola, mayor en el Valle del Yaqui que en la parte correspondiente al territorio Yaqui (Fig.2).

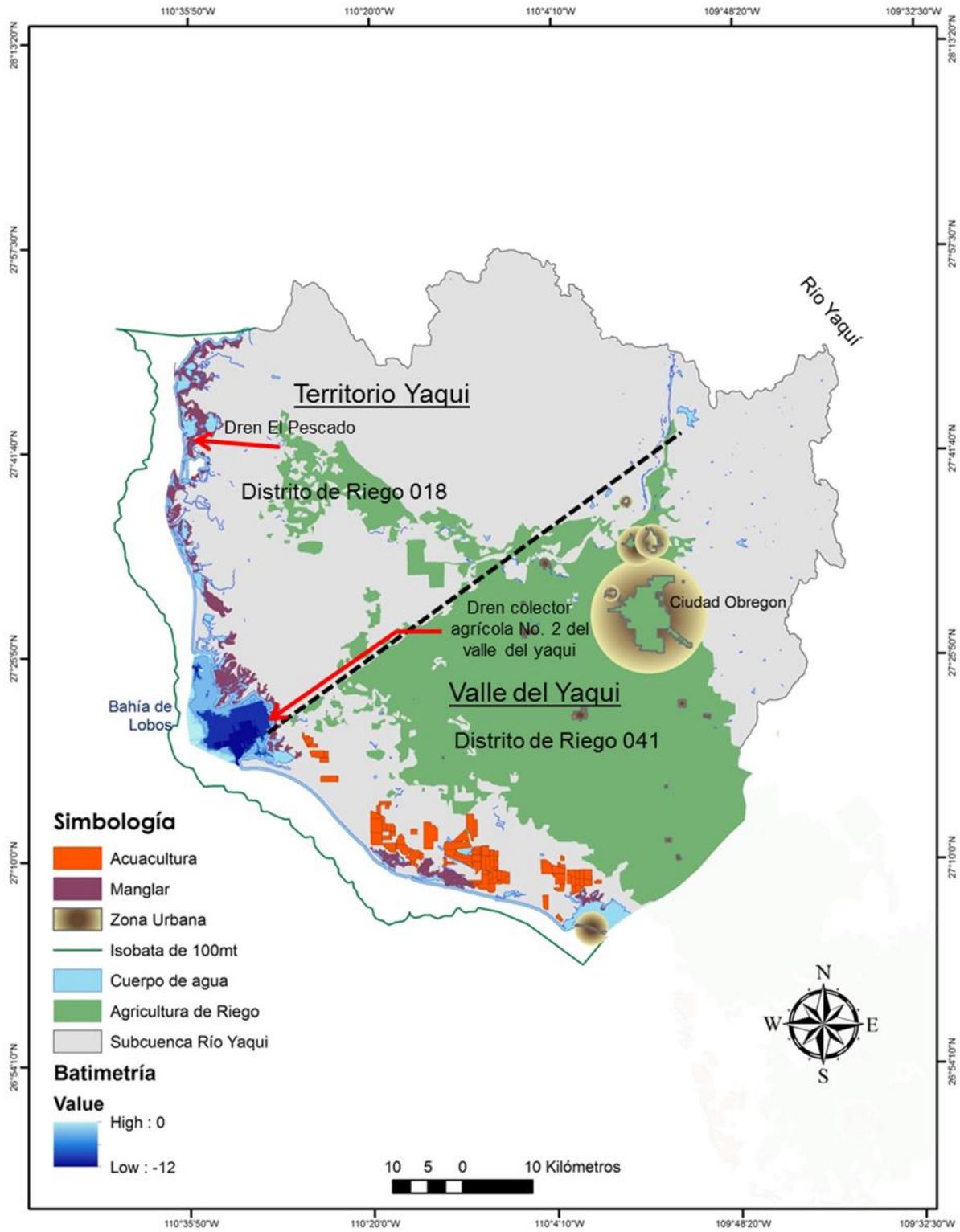


Figura 2. Distribución espacial de la influencia de actividades humanas en la zona costera del territorio Yaqui.

La influencia de actividades realizadas en el Valle del Yaqui se manifiesta con el vertimiento de aguas residuales a la laguna Lobos y se deriva fundamentalmente del aporte de aguas residuales urbanas y agrícolas. En resumen, la influencia de las actividades humanas en la calidad y los flujos del agua en la zona costera se manifiestan con cambios en la calidad del agua en la zona de descarga de aguas residuales en la laguna Lobos. Considerando que es una zona específica, entonces el sitio RAMSAR se califica con un estado bueno y una tendencia estable.

2. Efectos por aporte de nutrientes en los cuerpos de agua costeros

Un elemento importante aportado por las aguas residuales es el Nitrógeno, cuya principal fuente es la agricultura. La laguna Lobos recibe aguas residuales urbanas y agrícolas con un aporte estimado de nitrógeno de $\sim 781 \text{ ton N año}^{-1}$ (Valenzuela-Siu et al. 2007). Sin embargo, en esta laguna los resultados de los índices de estado trófico TRIX, de calidad ambiental costera ICAC y del modelo de Evaluación del Estado Trófico Estuarino ASSETS, mostraron que el efecto adverso de aguas residuales se circunscribe a la zona de influencia de aguas residuales, pero en la mayor parte del cuerpo de agua se observó condición ambiental buena (Ruiz-Ruiz et al. 2017).

Información de la calidad del agua en Guásimas, Algodones y Lobos mostró buena calidad indicada por el índice de estado trófico TRIX (Arreola-Lizárraga et al. 2014).

Considerando que la laguna Lobos es la única reportada con síntomas de eutrofización que se manifiestan en las inmediaciones de las descargas y que el resto de las lagunas no

se han observado síntomas de eutrofización, entonces el sitio Ramsar presenta un estado bueno con una tendencia estable (Tabla 4).

3. Condiciones del agua como riesgo para la salud humana

La laguna Lobos es receptora de aguas residuales urbanas y agrícolas. Con base en los parámetros microbiológicos el Dren colector No. 2 que transporta las aguas residuales hacia la laguna Lobos tuvo concentraciones de Coliformes Fecales (16,000 NMP/100 ml) que rebasaron el límite máximo establecido por la NOM-001-ECOL (1000 NMP/100 ml) (Arreola-Lizárraga et al. 2014).

Sin embargo, es necesario incrementar el esfuerzo de monitoreo para establecer con mayor consistencia el estado y tendencia ambiental. Considerando que es un sitio puntual donde en general el sitio RAMSAR tiene un estado bueno y una tendencia sin determinar (Tabla 4).

Hábitat

4. Influencia de actividades humanas en la extensión y calidad del hábitat

El dren colector No. 2 del valle del Yaqui que descarga aguas residuales a la laguna Lobos, aporta además de nutrientes y bacterias patógenas, metales pesados y agroquímicos con efectos en la calidad del hábitat bentónico. En particular la laguna Lobos comparada con una laguna pristina de la región (El Soldado) mediante el índice de contaminación metálica (ICM), el factor de enriquecimiento (FE) y el índice de geoacumulación (Igeo), así como el uso de los valores guía de calidad de sedimento

(SQVS) para valorar el potencial riesgo a la salud de la biota, mostraron que Lobos presentó la media de concentración más alta de zinc ($70 \mu\text{g g}^{-1}$) y cobre ($16 \mu\text{g g}^{-1}$) y El Soldado la más baja de hierro (1 %) así como también el menor ICM. En Lobos el Manganeseo fue el único elemento que presentó un FE que indica influencia antropogénica y un Igeo moderado (Vargas-González et al. 2017). Con base en esta información el estado del sitio es aceptable con tendencia estable (Tabla 4).

5. Efectos de los contaminantes en el hábitat y recursos biológicos

Los valores guía de sedimentos sugieren que en los sitios con concentraciones de níquel $>52 \mu\text{g g}^{-1}$ (en Lobos) y de manganeso $>260 \mu\text{g g}^{-1}$ (en Lobos), deben establecerse medidas de mitigación debido a que, a esas concentraciones, estos elementos pueden causar efectos adversos y deterioro del hábitat que las especies utilizan para su reproducción, crianza y/o protección en estos ecosistemas costeros (Vargas-González et al. 2017). Considerando que el área con influencia de aguas residuales es $< 5 \%$ de la cobertura total del sitio Ramsar, entonces su estado es bueno y la tendencia estable (Tabla 4).

6. Alteración de hábitats y efectos en la salud de los ecosistemas

En el sitio Ramsar, los aportes de aguas residuales son el principal factor de alteración de hábitats intermareal, sublitoral (pelágico y bentónico), aunque esto ocurre principalmente en la laguna Lobos y en un área específica en las inmediaciones de la zona de descarga de aguas residuales. Otros hábitats como manglar, dunas costeras, playas arenosas tienen

buen estado de conservación debido a que la influencia por desarrollo agrícola (18,000 ha) y camaronícola (1,000 ha) adyacente a estos sistemas es relativamente baja.

La salud del ecosistema es afectada por el vertimiento de aguas residuales mediante síntomas de eutrofización con incrementos de biomásas de macroalgas, presencia de especies de fitoplancton tóxicas o nocivas y florecimientos de microalgas (Ruiz-Ruiz et al. 2017), así como la acumulación de algunos metales traza en sedimentos (Vargas-González et al. 2017). Con base en esta información el estado del sitio es aceptable con tendencia estable (Tabla 4).

Recursos biológicos

7. Impacto de las actividades humanas en la calidad de los recursos biológicos

Las actividades humanas que se desarrollan adyacentes al complejo lagunar corresponden a agricultura de riego, ganadería extensiva, camaronicultura y extracción de sal. Las actividades que se desarrollan al interior de las lagunas costeras corresponden a la pesca y ostricultura en pequeña escala.

El impacto más importante proviene del aporte de aguas residuales urbanas y agrícolas del Valle del Yaqui a la laguna Lobos, principalmente; aunque el dren agrícola del distrito de riego 18 en el territorio Yaqui, aporta eventualmente aguas residuales agrícolas a la laguna Algodones. Las granjas de camarón, establecidas por fuera del territorio Yaqui, no vierten sus efluentes a las lagunas, lo hacen a mar abierto.

En el interior de las lagunas la pesca es una actividad preponderantemente enfocada a los recursos camarón y jaiba, cuya variabilidad en las capturas anuales sugiere estar asociada a la variabilidad ambiental, más que a la presión por pesca. Además, ambos recursos están sujetos a regulaciones y manejo pesquero.

Es notable que dentro del territorio Yaqui la presión por uso del suelo es menor en ~ 90 % a lo observado por fuera del territorio (Figura 2); los recursos biológicos como los manglares de la laguna Lobos mantienen su desarrollo con incremento de cobertura de 5,782 ha en 1973 a 5,906 ha en 2010 (Rodríguez-Zuñiga et al. 2013); los recursos pesqueros camarón y jaiba que son los más importantes tienen variabilidad interanual asociada preponderantemente a la variabilidad ambiental (ver Alcantara-Razo y colaboradores en este libro). Estas evidencias favorecen la buena condición en general prevaleciente en los recursos biológicos del complejo lagunar Guásimas-Lobos. Con base en lo expuesto, la condición es buena y la tendencia estable (Tabla 4).

8. Estado de la biodiversidad

Los estudios sobre biodiversidad que proporcionan información sobre el estado se han realizado con peces en Las Guásimas y con aves en Lobos. Sobre los peces en Las Guásimas durante el periodo 1996-2000 se registraron 79 especies de peces selectivas a la atarraya y la comunidad de peces tuvo cambios en número de especies y composición específica en la escala interanual: 45 en 1996, 44 en 1997, 44 en 1998 y 52 en 1999, de las cuales sólo 19 especies (24%) se registraron en los cuatro ciclos anuales (Rodríguez-Félix 2010). Otro estudio comprendió dos ciclos anuales (1998-1999) con red de arrastre

y se registraron 74 especies, donde la comunidad de peces en 1998 fue distinta a la de 1999 en un 60%, de acuerdo a las 10 especies más importantes según el Índice del Valor Biológico (Ontiveros-Granillo 2011). En otro estudio, mediante tres artes de pesca se registraron 95 especies con tres especies endémicas del Golfo de California (*Micropogonias megalops*, *Leuresthes sardina* y *Pleuronichthys ocellatus*) y se observaron cambios en la comunidad a lo largo de tiempo, atribuidos a cambios ambientales, actividades antropogénicas y/o la dinámica del ecosistema (Padilla-Serrato et al. 2016). El común denominador de estos estudios ictiológicos es el cambio observado en la riqueza de especies, explicado principalmente por variabilidad ambiental.

Sobre la biodiversidad de aves en la laguna Lobos en febrero de 2017 se contaron 370 Chorlos nevados (*Charadrius nivosus*), que representan el 13 % de su estimado poblacional (Carmona y Danemann 2017). También en marzo de 2017 se registraron 20 especies (más el género *Limnodromus*) de aves playeras para un total de 34,945 individuos. Adicionalmente se observó más del 1% de tres taxa: el Playero rojizo del Pacífico (*Calidris canutus roselaari*) con el 3 % (522 individuos); el Ostrero americano del Pacífico (*Haematopus palliatus frazari*;) con el 1 % (39 aves) y el Picopando canelo (*Limosa fedoa*) con el 4 (6,391 aves). En los inviernos de 2013 y 2014 (Carmona y Danemann 2013, 2014) y en invierno-primavera de 2017 se registraron en conjunto 72 especies (Carmona y Danemann 2017). Las abundancias totales para cada año fueron de 7360, 7939 y 3921 aves, respectivamente. Sobresalieron por su abundancia cuatro grupos taxonómicos: los anátidos con 10 especies (64, 38 y 32% del total observado), las gaviotas y similares con 11 especies presentaron abundancias porcentuales homogéneas

(23, 32 y 34%), los pelícanos y similares con 5 especies (9, 22 y 19%) y las garzas y similares que con 11 especies alcanzaron abundancias porcentuales de 2, 5 y 11 %. Estas 37 especies acumularon más del 95% del total de registros de aves no playeras. En resumen, la información existente sugiere que el estado de la biodiversidad es bueno y la tendencia es estable (Tabla 4).

9. Estado de las especies explotadas

El complejo lagunar Guásimas-Lobos se caracteriza por ser un habitat de diversas especies que constituyen recursos pesqueros como camarones azul (*Litopenaeus stylirostris*) y café (*Farfantepenaeus californiensis*) (Arreola-Lizárraga et al. 2004a); jaibas azul (*Callinectes arcuatus*) y café (*Callinectes bellicosus*) (Arreola-Lizárraga et al. 2003) y diversas especies de peces como lisa (*Mugil cephalus*), mojarras (*Eugerres axillari* y *Eucinostomus entomelas*), cabrilla (*Paralabrax maculatofasciatus*), pargo (*Lutjanus argentiventris*) y curvina (Padilla-Serrato et al. 2016), así como, la medusa bola de cañón (*Stomolophus meleagris*). Los pescadores Yaquis son los usufructuarios exclusivos de los recursos pesqueros en estos cuerpos de agua de su territorio y los recursos más importantes son el camarón, la jaiba y recientemente, a partir de 2009, la medusa. La presión por pesca sobre estos tres recursos no sugiere ser tan importante en la variabilidad de las capturas y la información sugiere que la variabilidad ambiental es el control más importante, esto de acuerdo con información sobre el comportamiento de las capturas de estos tres recursos presentado en otro capítulo de esta obra por Álcantara-Razo y colaboradores.

Es importante destacar un par de asuntos claves. Primero, que el hecho de que los Yaquis sean usuarios exclusivos de los recursos pesqueros de los cuerpos de agua costeros de su territorio representa una oportunidad para la gestión pesquera, en el sentido de que en teoría se minimizan los conflictos. Segundo que el impacto antrópico por aguas residuales tiene un área de influencia que representa < 5 % del área total del complejo lagunar, y esto favorece condiciones ambientales propicias para el desarrollo de las especies que constituyen recursos pesqueros. El estado es bueno y la tendencia es estable (Tabla 4).

Estado de las especies clave

Los manglares son especies clave por sus funciones ecológicas y se mantienen en muy buen estado de conservación con incrementos en su cobertura en la laguna Lobos (Arreola-Lizárraga et al. 2004b; Acosta-Velázquez y Vázquez-Lule 2009; Rodríguez-Zuñiga et al. 2013). Con base en la información expuesta se califica como estado superior y tendencia estable (Tabla 4).

Estado de las especies en riesgo

El fundamento del sitio Ramsar son las aves y en la laguna Lobos se han realizado monitoreos de aves migratorias que aportan evidencia de la presencia de diez especies de aves incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Tabla 3), entre las que se incluyen cinco especies bajo protección especial, tres amenazadas y dos en peligro de extinción (Carmona y Danemann 2013, 2014, 2017). A partir de los censos realizados con base en

el conjunto de especies se considera, en lo general, que el estado es bueno y la tendencia estable (Tabla 4).

Estado de las especies exóticas

Se carece de registros de especies exóticas. El estado y la tendencia para esta variable: No Aplica.

Tabla 3. Especies de aves con estatus de conservación registradas y censadas en la laguna Lobos.

Especies	Temporadas (invierno)			Estatus de conservación
	2013	2014	2017	
<i>Haematopus palliatus frazar</i>	24	44	39	En peligro de extinción
<i>Charadrius nivosus</i>	0	0	370	Amenazada
<i>Calidris canutus roselaari</i>	0	0	522	En peligro de extinción
<i>Branta bernicla nigricans</i>	0	345	35	Amenazada
<i>Larus heermanni</i>	73	145	3	Protección especial
<i>Larus livens</i>	272	25	92	Protección especial
<i>Sula nebouxii</i>	2	2	0	Protección especial
<i>Pelecanus occidentalis californicus</i>	444	978	232	Amenazada
<i>Egretta rufescens</i>	3	15	25	Protección especial
<i>Parabuteo unicinctus</i>	0	0	1	Protección especial

Fuentes: Carmona y Danemann (2013, 2014, 2017).

Conclusiones

El complejo lagunar Guásimas-Lobos fue calificado con un estado bueno y una tendencia estable. Este resultado es una primera aproximación a partir de la información existente y da pauta a la necesidad de la gestión ambiental que incluya un programa de investigación y monitoreo, así como apoyo y capacitación a miembros de la comunidad Yaqui para que ellos realicen acciones de conservación y desarrollen proyectos productivos acuícolas con la meta de preservar este valioso capital natural y mejoren sus condiciones de bienestar social.

Tabla 4. Estado y tendencia del sitio Ramsar: Complejo lagunar Guásimas-Lobos.

Elemento	Preguntas	Evaluación
Agua	1. Actividades humanas	
	2. Nutrientes y salud de los ecosistemas	
	3. Salud humana	
Hábitat	4. Actividades humanas	
	5. Contaminantes	
	6. Extensión y distribución	
Recursos Biológicos	7. Actividades humanas	
	8. Biodiversidad	
	9. Extracción de especies	
	10. Especies clave	
	11. Especies en riesgo	
	12. Especies exóticas	NA

Literatura citada

Acosta-Velázquez J y Vázquez-Lule AD (2009). Caracterización del sitio de manglar Estero Los Lobos, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F

Arreola-Lizárraga, J. A. 1994. Bahía de Lobos, Sonora, un ecosistema costero candidato para el sistema de áreas naturales protegidas de México. *Ecológica*, 3(2): 19-24.

Arreola-Lizárraga, J. A., Hernández-Moreno, L. G., Hernández-Vázquez, S., Flores-Verdugo, F. J., Lechuga-Devezé, C. y Ortega-Rubio, A. (2003). Ecology of *Callinectes arcuatus* and *C. bellicosus* (Decapoda: Portunidae) in a coastal lagoon of Northwest Mexico. *Crustaceana*, 76 (6): 651-664.

Arreola-Lizárraga, J. A., Aragón-Noriega, E. A., Hernández-Moreno, L. G., Hernández-Vázquez, S. y Ortega-Rubio, A. 2004a. Co-occurrence, habitat use and abundance of shrimps *Farfantepenaeus californiensis* and *Litopenaeus stylirostris* (Crustacea: Decapoda: Penaeidae) in a coastal lagoon on the Gulf of California. pp. 143-151. En: M.E. Hendrickx (ed.). *Contribuciones al Estudio de los Crustáceos del Pacífico Este 3* [Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans 3]. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 245 pp.

Arreola-Lizárraga, J. A., Flores-Verdugo, F. J. y Ortega-Rubio, A. 2004b. Structure and litterfall of an arid mangrove stand on the Gulf of California, México. *Aquatic Botany*, 79 (2): 137-143.

Arreola-Lizárraga, J. A., Acosta-Vargas, B., Mendoza-Salgado, R., Alcantara-Razo, E., Murillo-Murillo, I., Ceseña-Beltrán, G., Padilla-Arredondo, G., Hernández-Ibarra, A., Peña-Armenta, G., López-Tapia, R., Urías-Laborín, D., Méndez-Rodríguez, L., Valenzuela-Díaz, J. 2014. Diagnóstico de la calidad del agua superficial y subterránea en las comunidades Yaquis del Estado de Sonora. Informe Técnico. CONAGUA-CIBNOR. Guaymas, Sonora.

Arreola-Lizárraga, J. A., Padilla-Arredondo, G. y Garatuza-Payán, J. 2015. Flujos de nutrientes y metabolismo neto del estero Algodones (eurihalino, subtropical) en el Golfo de California. En: Paz-Pellat F, Wong-González J, Torres-Alamilla R (eds). Estado Actual del Conocimiento del Ciclo del Carbono y sus interacciones en México: Síntesis a 2015. Serie: Síntesis Nacionales. Programa Mexicano del Carbono, Texcoco, Estado de México, México. pp. 495-501.

Badan-Dangon, A., Koblinsky, C. J. y Baumgartner, T. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns. *Oceanologica Acta*, 8 (1):13-22.

Davies, J. L. 1964. A morphogenic approach to world shorelines: *Zeit fur Geomorph.* 8:27-42.

Carmona, R. y Danemann, G. D. 2013. Monitoreo de aves playeras migratorias en 11 sitios prioritarios del Noroeste de México y reconocimiento invernal de cinco sitios adicionales. Reporte Final para la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 223p

Carmona, R. y Danemann, G. D. 2014. Monitoreo de aves playeras migratorias en 11 sitios prioritarios del Noroeste de México y reconocimiento invernal de cinco sitios adicionales. Reporte Final para la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 225p.

Carmona, R. y Danemann, G. D. 2017. Monitoreo de aves playeras migratorias en 11 sitios prioritarios del Noroeste de México y reconocimiento invernal de cinco sitios

adicionales. Reporte Final para la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 228p.

Carrera, E. y de la Fuente, G. 2003. Inventario y Clasificación de Humedales en México. Parte 1. Ducks Unlimited de México, A.C. (DUMAC). México. 239 p.

Castillo, L. G. 2002. Estimación de la contaminación por nitrógeno derivada de la actividad humana en las aguas superficiales y subterráneas del Valle del Yaqui, Sonora. Tesis (Maestría en Ciencias). Bacum, Sonora, México. Instituto Tecnológico de Sonora. 67 p.

CCA. 2011. Guía para la elaboración de fichas de evaluación ecológica en áreas marinas protegidas de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental, 50 p.

Devlin, M., Bricker, S. y Painting, S. 2011. Comparison of five methods for assessing impacts of nutrient enrichment using estuarine case studies. *Biogeochemistry*, 106: 177–205.

DOF. 1940. Diario Oficial de la Federación. Tratado de Cárdenas (Restitución y titulación de terrenos a la Tribu Yaqui). 22 de Octubre de 1940, México, DF.

DOF. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-especies nativas de México deflora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010, México, DF.

Douglas, M. R. Maddox, A., Howard, K., Reyes, S. 1993. The Mexican monsoon. *J. Clim.* 6:1665-1677.

Filloux, J. H. 1973. Tidal Patterns and Energy Balance in the Gulf of California. *Nature*. 243: 217–221.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 p.

Gómez-Baggethun, E. y de Groot, R. 2007. Capital natural y funciones de los ecosistemas: explorando las bases ecológicas de la economía. *Ecosistemas*, 3: 1-11.

INEGI. 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación serie IV Escala 1:250 000.

Kjerfve, B. K. y Magill, E. 1989. Geographic and hydrographic characteristics of shallow coastal lagoons. *Mar. Geol.* 88:187-199.

Lankford, R. R. 1977. Coastal lagoons of Mexico: their origin and classification. En: Wiley, M. (eds). *Estuarine Processes*. New York. pp 182-215.

Luna-Escalante, G. 2007. Derechos, usos y gestión del agua en el Territorio Yaqui. Tesina. Colegio de Sonora, Especialidad en Gestión Integrada de Cuencas Hidrológicas. Hermosillo, Sonora, México 156 p.

Mendoza-Cantú, M. E. 1997. Regionalización geomorfológica y de paisaje de la Zona Costera entre Guaymas y Agiabampo, Sonora, México. Tesis de Maestría en Conservación, Ecología y Manejo de Recursos Naturales, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Guaymas. 147p.

Ontiveros-Granillo, A. 2011. Variabilidad diurna, estacional e interanual de la comunidad de peces demersales en la laguna Las Guásimas, Sonora, México. Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., 65 p.

Padilla-Arredondo, G., Arreola-Lizárraga, J. A. y Lechuga-Devéze, C. 2002. Las Guásimas coastal lagoon, Sonora, México. En: Camacho-Ibar VF, Dupra V, Marshall-Crossland JI, Wulff F, Smith SV y Crossland CJ (eds.). Estuarine systems of the Latin American region (Regional Workshop V) and estuarine systems of the Arctic Region: carbon, nitrogen and phosphorus fluxes. LOICZ R&S-23. 96 p.

Padilla-Serrato, J., López-Martínez, J., Rodríguez-Romero, J., Lluch-Cota D, Galván-Magaña, F. y Acevedo-Cervantes, A. 2016. Composición y aspectos biogeográficos del ensamble de peces de la laguna costera Las Guásimas, Sonora, México. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 44(1): 85-98.

Ramsar. 2008. Ficha Informativa del sitio Ramsar “Complejo Lagunar Bahía Guásimas – Estero Lobos”. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza, 19 p.

Reyes HC y Lavín MF 1997. Effects of the autumn-winter meteorology upon the surface heat loss in the Northern Gulf of California. *Atmósfera* 10:101-123.

Roden G.I. y Emilsson I. 1980. Oceanografía física del Golfo de California. Centro de ciencias del mar y Limnología UNAM, contribución No. 90, 67 pp.

Rodríguez-Félix, D. 2010. Cambios interanuales en la estructura de la comunidad de peces de una laguna costera semiárida del Golfo de California. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Guaymas. Guaymas, Son., 68 p.

Rodríguez-Zúñiga, M. T., Troche-Souza, C., Vázquez-Lule, A. D., Márquez-Mendoza, J. D., Vázquez- Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López, M. I., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta-Velázquez, J., Díaz-Gallegos J, Jiménez-Rosenberg R, Fueyo-Mac Donald L y Galindo-Leal, C. 2013.

Manglares de México: Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 128 pp.

Ruiz-Ruiz, T. M., Arreola-Lizárraga, J. A., Morquecho, L., Méndez-Rodríguez, L. C., Martínez-López, A., y Mendoza-Salgado, R. A. 2017. Detecting eutrophication symptoms by means of three methods in a subtropical semi-arid coastal lagoon. *Wetlands*, 37:1105-1118.

Rusell, G. A. 1979. A seventeen month study of the meteorology, geology, hidrology and water chemistry of Laguna (estero) El Soldado, Guaymas, Sonora, México. Tech. Rep. University of Manitoba. Winnipeg, Manitoba, Canadá. 146 p.

SEMARNAT. 2007. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, 129 p.

SEMARNAT. 2008. Estrategia para para la Conservación y Manejo de las aves playeras y su hábitat en México. Dirección General de Vida Silvestre. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F., 90 p.

UNEP. 2011. The other 70 %: UNEP Marine and Coastal Strategy. United Nations Environment Program, Executive Summary, Printed in Kenya, 15 p.

Valdés, C. C. 2000. Estero Lobos. p. 81. En: del Coro Arizmendi, M y Márquez Valdelamar L (eds.), Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en México. CONABIO. México, 440 p.

Valenzuela-Siu, M., Arreola-Lizárraga, J. A., Sánchez-Carrillo, S. y Padilla-Arredondo, G. 2007. Flujos de nutrientes y metabolismo neto de la laguna costera Lobos, México. *Hidrobiológica*, 17 (3): 193-202.

Vargas-González, H. H., Arreola-Lizárraga, J. A., García-Hernández, J., Zenteno-Savín, T., Mendoza-Salgado, R. A. y Méndez-Rodríguez, L. C. 2017. Calidad de sedimentos asociada a actividades antrópicas en lagunas costeras semi-áridas subtropicales de la costa central este del Golfo de California. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33 (No. Esp.): 7-22.

Wetz, M. S. y Yoskowitz, D. W. 2013. An 'extreme' future for estuaries? Effects of extreme climatic events on estuarine water quality and ecology. *Marine Pollution Bulletin*, 69: 7–18.



La obra “*Capital Natural y Bienestar Social de la Comunidad Yaqui*”,
se terminó de editar el 30 de junio en el
Instituto Tecnológico de Sonora,
en Cd. Obregón, Sonora, México.

Fue puesto en línea para su disposición en el sitio www.itson.mx
en la sección de Editorial ITSON.

