

# 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](mailto:rectoria@itson.mx)

Web: [www.itson.mx](http://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*

### **3.1 Biomosas de fitoplancton y macroalgas como indicadores biológicos de impacto ambiental de las aguas residuales vertidas a Bahía de Lobos**

Por Jorge Manuel Partida-Flores<sup>1a</sup>, Thelma Michelle Ruiz-Ruiz<sup>2a</sup>, Alba Rocío Ochoa-Meza<sup>1b</sup>, Alejandra Piñón-Gimate<sup>3</sup>, José Alfredo Arreola-Lizárraga<sup>2b</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui. Km. 25 Carretera a San Ignacio Río Muerto, block 611, Valle del Yaqui, Bácum, Sonora. CP. 85275.<sup>a</sup> d-jorge@outlook.com, <sup>b</sup> arochoam@gmail.com

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), Km. 2.35 Camino al Tular, Estero de Bacoichampo, Guaymas, Sonora. CP. 85454.<sup>a</sup> tmruiz2@gmail.com, <sup>b</sup> aarreola04@cibnor.mx

<sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). Av. IPN s/n, La Paz, B.C.S. CP. 23096.

Email: [apinong@ipn.mx](mailto:apinong@ipn.mx)

#### **Resumen**

El comportamiento de las biomosas de fitoplancton y macroalgas resulta de interés para detectar procesos de eutrofización en cuerpos de aguas costeros. El objetivo de este estudio es conocer el comportamiento de las biomosas de fitoplancton y macroalgas como indicadores biológicos del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales urbanas

y agrícolas en Bahía de Lobos, Sonora. El periodo de estudio comprendió abril, junio y octubre de 2016. Los resultados mostraron que la clorofila *a* tuvo concentraciones de 3–17 mg m<sup>-3</sup>, con valores más altos en junio y más bajos en octubre. La biomasa de macroalgas fue más alta en octubre (~25,000 g ps m<sup>-2</sup>) y más baja en junio (<5 g ps m<sup>-2</sup>); las especies *Gracilaria lemaneiformis*, *Ulva lactuca* y *Codium amplexiculatum* contribuyeron con >95 % de la biomasa. Se observó que el aporte de nutrientes y la temperatura del agua en la laguna explicaron el incremento de biomasa de fitoplancton en verano y de macroalgas en otoño.

## **Introducción**

Las aguas residuales descargadas a los ambientes costeros son una de las principales causas del enriquecimiento de nutrientes y de propiciar el proceso de eutrofización (Vollenweider, 1992), el cual se define como el incremento en la tasa de suministro de materia orgánica a un ecosistema (Nixon, 1995).

La eutrofización es un tema importante a nivel mundial por los efectos adversos que causa, incluyendo proliferaciones algales nocivas, hipoxia y afectaciones a la cadena alimenticia acuática (Valiela et al. 1992; Smith et al. 1999). El manejo de la eutrofización y el cumplimiento de metas de calidad del agua son a menudo obstaculizados por falta de datos regionales y de monitoreo, lo cual limita la caracterización de los signos, grado y magnitud del problema (McLaughlin et al. 2014). Entre las variables usadas para describir la calidad del agua y las condiciones de eutrofización se encuentran la biomasa de fitoplancton como concentración de clorofila *a* (Boyer et al. 2009) y la biomasa de

macroalgas, como indicadores primarios de enriquecimiento por nutrientes, los cuales se han utilizado para evaluar diversos sistemas costeros alrededor del mundo, como por ejemplo los estuarios del sur de California, E.U.A. (McLaughlin et al. 2014) y lagunas del Estado de Sonora (Ruiz-Ruiz, 2016; 2017).

La clorofila *a* ha resultado un excelente indicador del estado trófico de cuerpos costeros (Boyer et al. 2009) y puede revelar rápidamente un disturbio o potencial enriquecimiento de nutrientes, indicando cambios en los primeros niveles tróficos y consecuentemente en todo el ecosistema (Cloern y Jassby, 2010). Por lo tanto, ha sido incorporada como indicador en múltiples índices y modelos de eutrofización.

Las macroalgas además de su importancia biológica y ecológica, también han sido utilizadas como indicadoras de calidad ambiental (Diekmann, 2003), incluyendo procesos de eutrofización (Quan-Young et al. 2004). Algunas especies son reconocidas como indicadoras de contaminación por enriquecimiento de nutrientes provenientes de descargas urbanas y agrícolas (McGlathery, 2001; Kollmann y Fischer, 2003; Kennish et al. 2005). Los incrementos de biomasa de macroalgas son inducidos por enriquecimiento de nutrientes en estuarios someros, como en Bahía Waquoit (Valiela et al. 1992) donde se observó que los incrementos de nitrógeno de origen antropogénico aceleraron el crecimiento de las macroalgas. En el Golfo de California, Piñón-Gimate et al. (2008; 2012), observaron que la concentración de nutrientes en el agua, particularmente el fósforo, incide en el incremento de la biomasa de las macroalgas *Gracilaria vermiculophylla* y *Caulerpa sertularioides*.

Paez-Osuna et al. (2013) estudiaron el comportamiento de la clorofila *a* y la biomasa de macroalgas durante la estación de secas, lluvias y fría en lagunas costeras del SE del Golfo de California, donde las granjas camaroneras fueron la principal fuente puntual de nitrógeno y fósforo. Los resultados mostraron que la biomasa conjunta (fitoplancton + macroalgas) seguía la misma tendencia que los aportes de nutrientes que ingresan a las lagunas costeras.

Con base en lo expuesto, comprender el comportamiento de las biomásas de fitoplancton y macroalgas resulta de interés para detectar procesos de eutrofización en cuerpos de aguas costeros receptores de aguas residuales, con el propósito de tomar medidas de precaución ambiental para que las actividades humanas sean efectivamente sostenibles. En particular, en el caso de las lagunas costeras, además de su reconocida importancia ecológica y biológica, representan una fuente de ingresos de las poblaciones que se encuentren alrededor de estas. Bahía de Lobos recibe aguas residuales agrícolas y urbanas y se han observado cambios estacionales en su estado trófico, indicando procesos de eutrofización (Ruiz-Ruiz 2017). El presente trabajo pretende dar a conocer la influencia del vertimiento de aguas residuales en la laguna, mediante el análisis del comportamiento de la calidad del agua y las biomásas de fitoplancton y macroalgas.

### **Bahía de Lobos**

Bahía de Lobos está ubicada en la costa oriental del Golfo de California en el Estado de Sonora (27° 18'-27° 21' N y 110° 26'-110° 36' O) tiene una superficie aproximada de 102 km<sup>2</sup> y una profundidad media de 1 m (Fig. 1). El clima es muy seco y extremo con una

temperatura ambiental media anual de 18–26 °C y oscilación térmica (diferencia de temperatura promedio entre el mes más cálido y el mes más frío) mayor a 14 °C (INEGI, 2000).

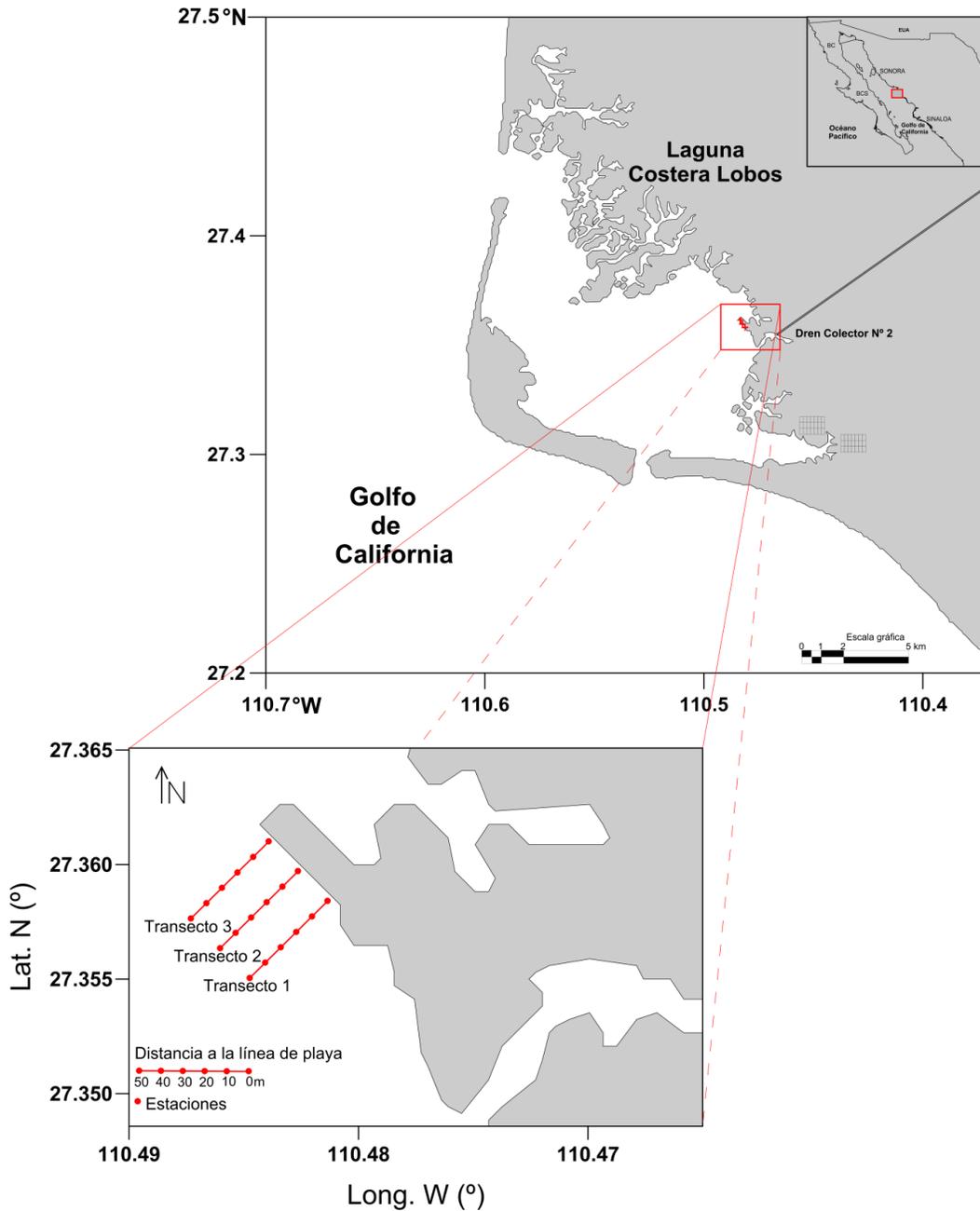


Figura 1. Localización de la laguna Lobos mostrando la ubicación de los transectos y estaciones de muestreo.

Esta laguna se caracteriza por: (1) tener comunicación permanente con el mar abierto a través de dos bocas (N: 2.4 km, S: 0.8 km de ancho), (2) circulación inducida por mareas mixtas semidiurnas con amplitud de 1 m, (3) estar influenciada por un patrón estacional de vientos que provienen del noroeste durante octubre-marzo con velocidades de 8-10 m s<sup>-1</sup> y del sureste durante junio-septiembre con velocidades de 2-10 m s<sup>-1</sup> (Badan-Dangon et al. 1991; Reyes y Lavín,1997), (4) ser un sistema bien mezclado verticalmente derivado de la influencia de mareas y vientos, (5) ser un sistema antiestuarino resultante de las condiciones ambientales áridas cálidas (rango de temperatura entre 16 y 48 °C), con una tasa anual de evaporación (2,100 mm) superior a la precipitación (320 mm) (Sánchez-Carrillo et al. 2009), (6) tener un origen de sedimentación terrígena diferencial derivada del prisma deltaico del Río Yaqui (Lankford, 1977) y (7) ser una laguna del tipo “restringida” de acuerdo con los criterios de Kjerfve y Magill (1989). Las lluvias (< 300 mm año<sup>-1</sup>) de verano e invierno y sus escorrentías, así como el Dren Colector agrícola No. 2 proveniente del Valle del Yaqui, son las únicas fuentes de agua dulce.

Es un importante sitio desde el punto de vista de la conservación, debido a que forma parte de la lista RAMSAR de humedales prioritarios (<http://ramsar.conanp.gob.mx/lsr.php>). Isla Lobos es la barrera arenosa de esta laguna, donde se encuentra una “lobera” de *Zalophus californianus*, que da nombre a la bahía y a la isla (Arreola-Lizárraga, 1994) y funge como la principal zona de pesca del territorio de la etnia Yaqui (Arreola-Lizárraga, 1994). El poblado Bahía de Lobos tiene 2,879 habitantes, de los cuales el 40% son de la comunidad Yaqui y son los usufructuarios exclusivos de los recursos pesqueros de la laguna (INEGI, 2000).

La influencia antropogénica sobre la laguna se deriva fundamentalmente del aporte de aguas residuales del Dren Dolector No. 2 proveniente del Valle del Yaqui que aporta agroquímicos, metales pesados y nutrientes (Castillo, 2002). El gasto de agua anual promedio del dren colector es de  $65 \text{ mm}^3 \text{ año}^{-1}$  y la estimación del aporte de nitrógeno es de  $\sim 1,000 \text{ ton NT año}^{-1}$  (Valenzuela-Siu et al. 2007).

### **Metodología**

Se estableció un sitio de muestreo en el dren colector (sitio previo a la descarga en la laguna), en el cual se tomaron muestras de 1 litro de agua superficial en botes de plástico en abril y junio, para determinar las concentraciones de nutrientes. Dentro de la laguna, en la zona de influencia del dren, se estableció una red de 18 sitios de muestreo localizados a lo largo de tres transectos, los muestreos se llevaron a cabo en abril, junio y octubre (Fig. 1). En cada sitio y con un equipo autónomo multisensor (Data Sonde; Hydrolab, Hach Hydromet, Loveland, CO, USA) se registraron *in situ*, la temperatura, la salinidad y el oxígeno disuelto. Además, se recolectó manualmente una muestra de agua sub-superficial, con un recipiente de plástico con cierre hermético (1 L). Estas muestras fueron conservadas en hielo para su traslado al Laboratorio de Calidad del Agua del CIBNOR, campus Guaymas, para la determinación de nutrientes: nitrógeno inorgánico disuelto (NID; nitritos, nitratos y amonio), fósforo inorgánico disuelto (FID; ortofosfatos) y clorofila *a*, mediante las técnicas compiladas por Contreras-Espinosa (1984) y Strickland y Parsons (1972).

Se realizó previamente un muestreo prospectivo para detectar sitios de muestreo de macroalgas en función de la presencia de florecimientos (abundancia  $>1 \text{ g m}^{-2}$ ) en la

laguna. Una vez detectados los sitios se ubicaron 3 transectos que fueron muestreados en abril, junio y octubre (Fig. 1) y se dispusieron seis puntos equidistantes a lo largo de cada uno de ellos, el primero ubicado al límite de la línea de costa y el último en la frontera del florecimiento, donde las macroalgas fueron recolectadas en cuatro cuadrantes ( $0.25 \text{ m}^2$ ) colocados al azar sin superponerse. El área muestreada fue de  $6 \text{ m}^2$  por transecto. Un ejemplar de cada especie fue separado para llevar a cabo su identificación hasta el nivel taxonómico más bajo posible con apoyo de un especialista, la cual se realizó mediante la observación de la forma del talo, tipo de ramificaciones y cuando fue posible la observación al microscopio de las células. Para ello se utilizaron las claves dicotómicas y monografías disponibles para las costas del Pacífico oriental subtropical (Abbot y Hollenberg, 1976; Readdie et al. 2006; Aguilar-Rosas et al. 2007). Una vez identificadas, se tomó su peso húmedo con una balanza analítica y se secaron en un horno de secado a  $90^\circ \text{ C}$  por 24 horas y se pesaron nuevamente hasta obtener peso seco constante y así poder calcular su peso seco y biomasa, el cual se expresa en  $\text{g m}^{-2}$  PS (peso seco).

Para determinar la existencia de diferencias significativas en los parámetros del agua entre las tres condiciones del año estudiadas (abril, junio y octubre) se realizó un análisis de varianza no paramétrico y se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis considerando una significancia de  $p < 0.05$ . Se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 4.1, los resultados se presentan mediante gráficos de cajas y bigotes.

## **Calidad del agua**

### *Dren colector*

Las concentraciones de NID y FID fueron de 0.17  $\mu\text{M}$  y 0.40  $\mu\text{M}$  en abril y de 24.34  $\mu\text{M}$  y 22.82  $\mu\text{M}$  en junio, respectivamente. Las concentraciones fueron mayores en junio que en abril, a razón de >20:1, esta diferencia se atribuyó a que en abril no hubo aporte de aguas residuales y correspondió al agua que ingresa desde la laguna; en junio, sí hubo aporte de aguas residuales provenientes de fuentes urbanas. Esto implicaría que el aporte de nutrientes a la laguna por estas fuentes antropogénicas es variable a través del año.

### *Laguna Lobos*

La temperatura del agua en la laguna presentó variabilidad estacional, con temperaturas de 25°C en abril, 29°C en junio y 18°C en octubre (Fig. 2a). La variabilidad de la temperatura del agua en la laguna coincidió con lo observado en estudios previos (Valenzuela-Siu et al. 2007; Ruiz-Ruiz, 2017) y se atribuyó a la influencia de la temperatura del aire que en esta región árida tiene oscilaciones anuales >14°C (García 1988), así como a las masas de agua del mar adyacente caracterizadas por valores de temperatura superficial de 26°C en verano y de 17°C en invierno (Roden y Emilsson, 1980).

La salinidad varió entre 33 y 41 ups, siendo mayor ( $p < 0.05$ ) en abril (39) con respecto a octubre (36 ups) (Fig. 2b). Los valores promedio de salinidad correspondieron a un cuerpo de agua eurihalino, condición característica de lagunas costeras de Sonora como

Las Guásimas, Lobos, Yavaros, Tóbari, La Cruz y Guaymas (Ochoa-Araiza, 1979; Valdés-Holguín, 1994; Valenzuela-Díaz, 2008; León-López, 2012).

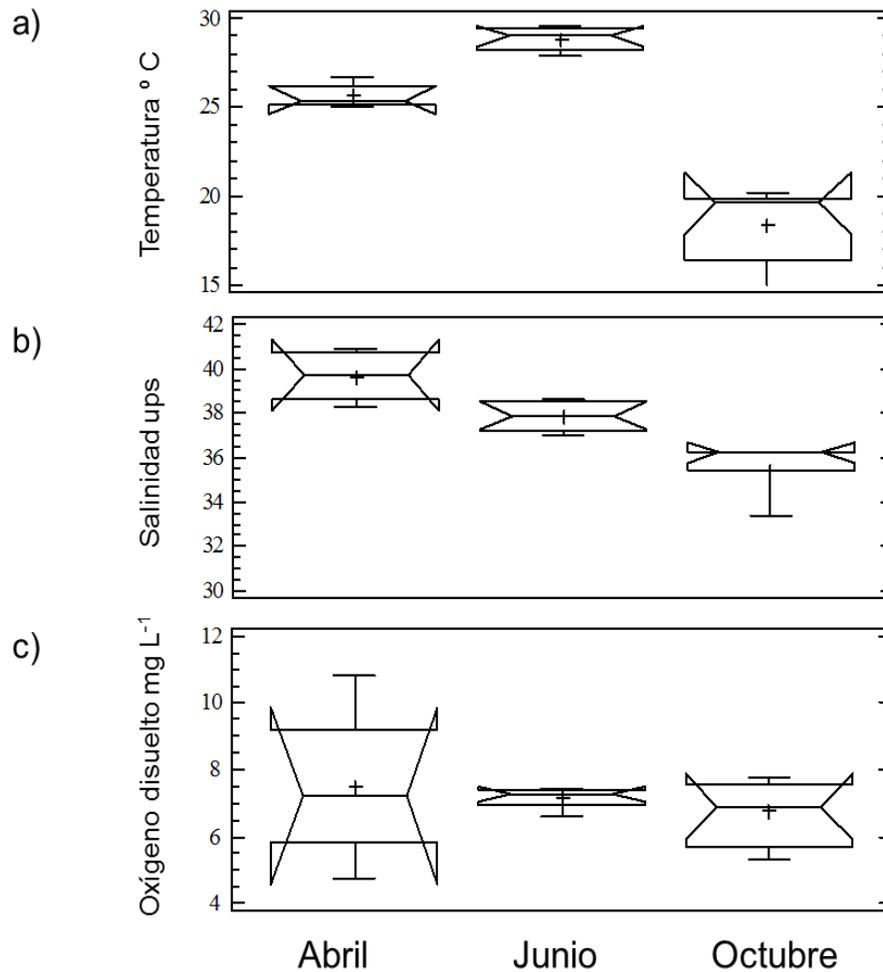


Figura 2. Variabilidad estacional de la temperatura (a), salinidad (b) y oxígeno disuelto (c) en la laguna Lobos.

El oxígeno disuelto tuvo un valor promedio de 5 mg L<sup>-1</sup>, sin variaciones notables en junio y con un intervalo de 5–11 mg L<sup>-1</sup> en abril y de 5–8 mg L<sup>-1</sup> en octubre (Fig. 2c). En general, los niveles de oxígeno disuelto >5 mg L<sup>-1</sup> que prevalecieron en la laguna se explicaron por el buen intercambio de agua de la bahía con el mar adyacente, indicado por tasas de renovación del volumen de agua de la bahía <14 días (Ruiz-Ruiz, 2017) y a

la influencia del patrón estacional de vientos que favorecen el intercambio gaseoso con la atmósfera (Lavín et al. 1997).

El NID mostró variabilidad estacional, con valores medios  $<1 \mu\text{M}$  en abril,  $10 \mu\text{M}$  en junio y  $3.5 \mu\text{M}$  en octubre. En junio se observó mayor variación, con un intervalo de  $1\text{--}25 \mu\text{M}$ . (Fig. 3a). De igual forma, el FID presentó variabilidad estacional, con valores medios más altos ( $p<0.05$ ) en junio ( $3 \mu\text{M}$ ) con respecto a abril y octubre ( $< 1 \mu\text{M}$ ) (Fig. 3b).

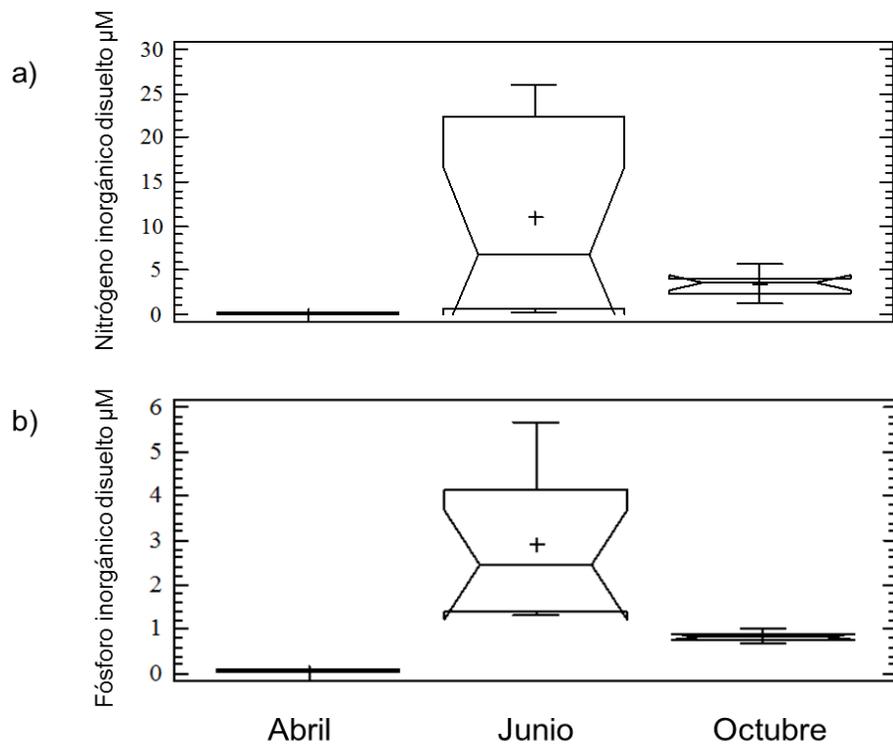


Figura 3. Comportamiento de las concentraciones de nitrógeno inorgánico disuelto (a) y fósforo inorgánico disuelto (b) en la laguna Lobos.

La relación N:P fue más baja en abril con un promedio de 1.3, incrementándose en junio (2.7) y octubre (4) (Fig. 4). La relación N:P indicó que la laguna estuvo limitada por nitrógeno durante todo el tiempo de muestreo.

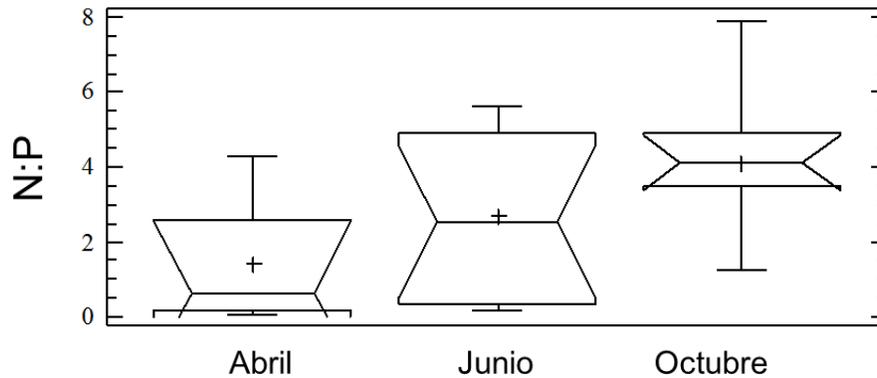


Figura 4. Comportamiento de la razón N:P en la laguna Lobos.

En este estudio, las fuentes de nutrientes en primavera (abril) y otoño se atribuyeron al reciclaje interno y al ingreso de agua desde el mar adyacente. Sobre todo, en otoño se atribuyó a la ocurrencia de surgencias costeras estacionales, éstas son generadas por vientos a lo largo de la costa este del Golfo de California (Lluch-Cota, 2000), las cuales representan una fuente de nutrientes debido al buen intercambio de agua entre laguna y mar; tal como ha sido observado por Ruiz-Ruiz et al. (2017) en esta laguna. Durante el verano (junio) las fuentes de nutrientes fueron las aguas residuales urbanas vertidas a través del dren, además del reciclaje interno, como ha sido observado por Gilmartin y Revelante (1978) y las ocasionales escorrentías derivadas de lluvias. En este estudio previo al muestreo de junio no hubo eventos de lluvias.

La magnitud de los aportes de nutrientes por dichas fuentes cambió a través del año y las concentraciones de nutrientes inorgánicos disueltos en el dren de aguas residuales fueron consistentes con lo observado en la zona de influencia de descarga de las mismas. Las mayores concentraciones de nutrientes en el verano fueron debidas al mayor aporte de aguas residuales urbanas, esto se debió a que en esta región semiárida subtropical el uso del agua por las actividades humanas se intensifica en el verano debido a las altas temperaturas ambientales ( $>35^{\circ}\text{C}$ ). Las menores concentraciones se observaron en abril porque los aportes antropogénicos de nutrientes fueron escasos.

### Clorofila *a*

Las concentraciones de clorofila *a* presentaron cierta variabilidad estacional, con un valor medio en abril de  $9\text{ mg m}^{-3}$ ,  $17\text{ mg m}^{-3}$  en junio y  $3\text{ mg m}^{-3}$  en octubre. Los valores máximos se observaron en junio (Fig.5).

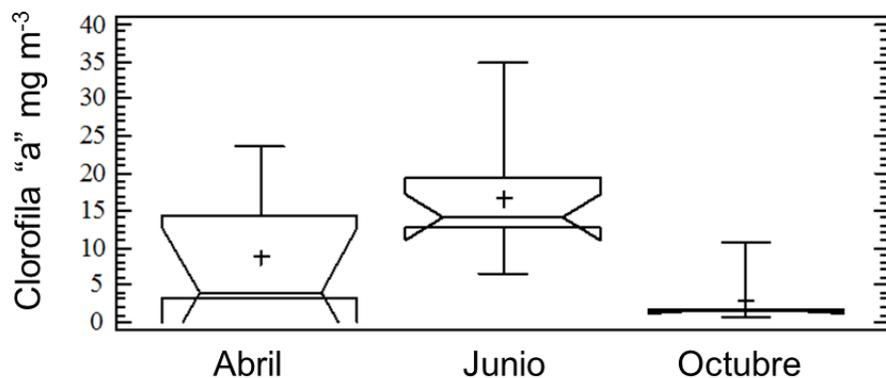


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones de clorofila *a* en la laguna Bahía de Lobos.

En verano (junio) se presentaron las mayores concentraciones de clorofila *a*, asociadas a la temperatura del agua más alta ( $\sim 30^{\circ}\text{C}$ ), una mayor concentración de nutrientes y con

una razón N:P de 1.3. Esto también fue observado previamente por Ruiz-Ruiz (2017) en la zona de influencia del dren. En otoño (octubre) se observaron las concentraciones más bajas de clorofila *a*, asociadas a la temperatura del agua más baja (~18°C), una menor concentración de nutrientes que en verano, y con una razón N:P de 4. En otras lagunas del SE del Golfo de California que reciben aportes de nutrientes por efluentes de granjas de camarón, se observó que dependiendo de la estación, la biomasa del fitoplancton oscilaba de entre 40 y 792 mg m<sup>-2</sup> (Paez-Osuna et al. 2013). Un incremento en la biomasa fitoplanctónica puede generar efectos adversos inmediatos, incluso pueden llegar a ser tóxicos dependiendo de las especies que lo conformen (Valiela et al. 1997).

### **Macroalgas**

La composición de la comunidad de macroalgas cambió a través de año. Patrones estacionales que muestran una correlación inversa entre temperatura y diversidad ha sido previamente reportada en varios sitios del Golfo de California (Mendoza-González y Mateo-Cid, 1986; Mateo-Cid et al. 2006; Ayala-Galaz, 2012; Piñón-Gimate et al. 2012). En Bahía de Lobos la mayor diversidad se observó en primavera y la mayor abundancia en otoño, este patrón se debió a que en primavera se tuvieron las temperaturas más bajas en el agua y fue cuando se presentó la mayor diversidad de especies.

Se registraron el número total de especies, 11 especies de macroalgas se encontraron en abril, siendo las especies *Codium amplexiculatum* (150 g m<sup>-2</sup> PS) y *Ulva lactuca* (30 g m<sup>-2</sup> PS) las que aportaron >90% de la biomasa. El resto de las especies tuvieron valores <10 g m<sup>-2</sup> PS (Fig.6). En junio se registraron cuatro especies, siendo *Gracilaria*

*lemaniformis* la que aportó mayor biomasa con 3.5 g m<sup>-2</sup> PS (Fig.6). En el verano se presentaron las mayores concentraciones de clorofila *a*. En octubre se registraron dos especies de macroalgas y se observó la mayor biomasa aportada por *Gracilaria lemaneiformis* (20,000 g m<sup>-2</sup> ps) y *Ulva lactuca* (~5,000 g ps m<sup>-2</sup>) (Fig.6). En esta estación (otoño) se observaron las concentraciones más bajas de clorofila *a*.

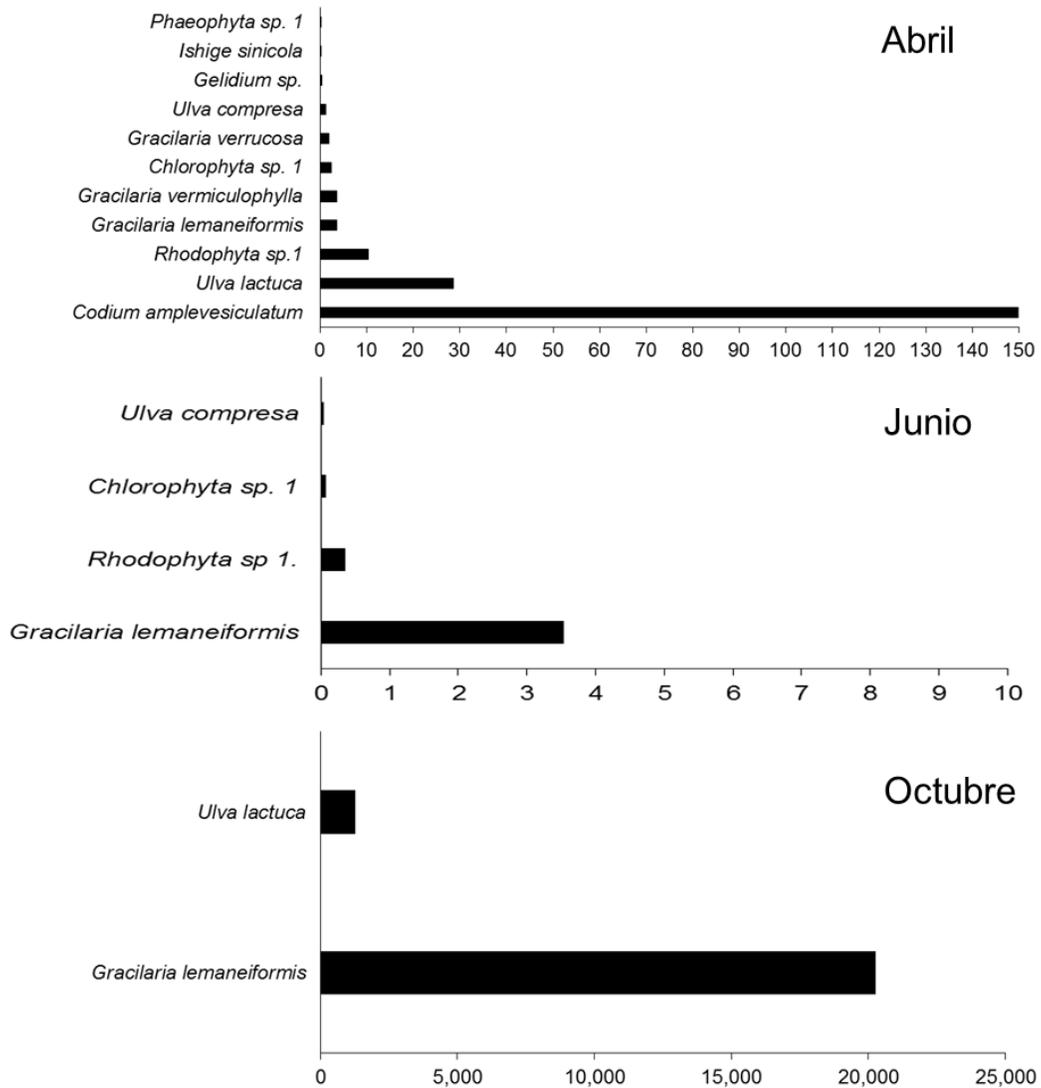


Figura 6. Composición y biomasa de las especies de macroalgas observadas en abril, junio y octubre en la laguna Bahía de Lobos.

Las macroalgas son componentes naturales de aguas marinas poco profundas y de comunidades de sedimento blando de transición (Abbott y Hollenberg, 1976). Su crecimiento está relacionado con los cambios estacionales en la luz, temperatura, salinidad y nutrientes (Fong y Zedler, 1993; Kentula y DeWitt, 2003).

De acuerdo con Mendoza-González et al. (1994) en esta región semiárida, los días más largos y cálidos se presentan en primavera y verano cuando aumenta la disponibilidad de luz solar. En este estudio se observó la mayor riqueza de especies de macroalgas en los meses de abril y junio, pero el mayor aporte de biomasa se observó en octubre, lo cual se atribuyó principalmente a la variabilidad estacional de la temperatura del agua que incide directamente en la variación estacional de las algas marinas (Santelices, 1977). Se ha observado que los florecimientos macroalgales en aguas templadas y relativamente ricas en nutrientes, son caracterizados por un crecimiento extraordinario de biomasa y dominancia de un pequeño grupo de taxa de macroalgas (Valiela et al. 1997), con frecuencia de especies de algas verdes efímeras (Lotze y Schramm, 2000) y algunas veces algas rojas del género *Gracilaria* (McGlathery, 2001). Lo anterior coincide con lo observado en la laguna Bahía de Lobos durante octubre donde ocurrió un incremento extraordinario de biomasa aportado por el alga roja *Gracilaria lemaneiformis* y el alga verde *Ulva lactuca*. Las tendencias del enriquecimiento por nutrientes han estimulado el crecimiento de especies de algas oportunistas (Krause-Jensen et al. 2007), las cuales están incrementando su abundancia y frecuencia en todo el mundo (Valiela et al. 1997; Lapointe et al. 2005; Krause-Jensen et al. 2007); contrario a un *bloom* fitoplanctónico, los florecimientos macroalgales no tienen efectos directos inmediatos.

La baja salinidad del agua, las pendientes ligeras y mareas ligeras generalmente da una ventaja a las algas verdes oportunistas, por el contrario, la existencia de un área con anoxia que atrapa los nutrientes y da lugar a las transformaciones bioquímicas, variabilidad de temperatura y turbidez alta son condiciones desfavorables (Morand y Merceron, 2005). En Lobos, en la zona de descarga del dren, a través del año se manifiestan condiciones tanto favorables como desfavorables y eso parece explicar la presencia y variabilidad de la biomasa del alga verde *Ulva lactuca*.

El género *Ulva* mantienen una elevada tasa de crecimiento cuando la disponibilidad de nutrientes es alta (Geertz-Hansen et al. 1993; Steffesen, 1976; Wallentinus, 1984) por lo que se le relaciona con la eutrofización. Un florecimiento de *Ulva lactuca* puede ser considerado dañino para un ecosistema costero debido a los procesos que conlleva una elevada biomasa de macroalgas ya que cuando esta senescente puede crear un ambiente hipóxico que puede desplazar a otras poblaciones del bentos, también tiene efectos como despedir malos olores y causar una mala imagen. En Lobos se observaron biomásas considerables de esta especie en dos de los tres muestreos realizados y la presencia de *Ulva compressa* en el muestreo restante. La presencia de *Ulva* en todos los muestreos realizados puede atribuirse a que estas algas son consideradas organismos oportunistas, capaces de una rápida colonización y crecimiento debido a su frecuencia y velocidad de reproducción cuando las condiciones son favorables y a su capacidad para absorber los nutrientes disponibles en el medio (Steffensen, 1976). En particular, en áreas costeras prístinas enriquecidas naturalmente con nutrientes del noroeste del Golfo de California, *Ulva* spp. tuvo picos de biomasa de 266 g m<sup>-2</sup> PS (Pacheco-Ruíz et al. 2002).

En abril, fue notable la presencia y biomasa de *Codium amplevesiculatum*, y esto sugiere que durante este periodo del año tiene condiciones de temperatura adecuadas para su crecimiento y desarrollo. Las especies del género *Codium* se encuentran comúnmente en zonas costeras y en la década de los 90's se reportaron como conocidas especies invasoras, capaces de colonizar extensas áreas. Su presencia y abundancia se relacionó con enriquecimiento de nutrientes de tipo antropogénico (Lapointe et al. 2005). Probablemente, este florecimiento que se encontró también esté relacionado con la concentración de nutrientes presentes en la columna de agua. Durante todos los muestreos se observaron especies de algas rojas (Rhodophyta), las cuales pueden llegar a ser más capaces de sobrevivir en el medio acuático debido a su pigmentación, ya que pueden tolerar y adaptarse a vivir en condiciones de poca luz, como el caso del género *Gracilaria*, característica de ambientes tropicales y templadas, con amplia distribución (Abbott y Hollenberg, 1976) y que es el alga roja más implicada en las proliferaciones excesivas (Morand y Merceron, 2005; Thornber et al. 2017).

En estudios como el de Chang-Lian et al. (2007) y Chang-Pen et al. (2013) donde estudian los florecimientos de *Gracilaria* en aguas con descargas de nitrógeno y fósforo reportan que debido a su alta tolerancia de adaptación hacia estos nutrientes se ven favorecidas y por lo tanto se manifiestan con un exceso en su población. Esto pudiera explicar la presencia de *Gracilaria lemaneiformis* en todos los muestreos realizados. Aunque la información acerca de los efectos de *Gracilaria lemaneiformis* en particular en los procesos de eutrofización es muy escasa, sus características son similares a las algas rojas del mismo género por lo que su respuesta a las condiciones del medio fue similar a

la reportada. Su alta tolerancia y adaptación a grandes aportes de nutrientes y poca disponibilidad de luz le permiten sobrevivir a las condiciones de turbidez que imperan en la laguna Bahía de Lobos que es promovida por la acción del viento que resuspende el sedimento lo cual es común todo el año (Ruíz-Ruíz, 2017).

La información disponible sobre diversidad y abundancia de macroalgas en Sonora es limitada (Ayala-Galaz 2012) y no existen monitoreos constantes de las comunidades de macroalgas, por lo que es necesario mayor esfuerzo de muestreo y la generación de series largas de tiempo en las lagunas de Sonora, para tener mayor conocimiento acerca de la dinámica poblacional de estos productores primarios (Ruiz-Ruiz, 2017).

### **Comportamiento del fitoplancton y macroalgas**

En Bahía de Lobos, las temperaturas elevadas del agua y el enriquecimiento de nutrientes atribuido a las aguas residuales urbanas en verano favorecieron el incremento de biomasa de fitoplancton, pero la temperatura alta limitó el incremento de biomasa de macroalgas, por el contrario, la moderada concentración de nutrientes y bajas temperaturas en otoño favoreció el incremento de biomasa de macroalgas y limitó el incremento de la biomasa de fitoplancton.

La temperatura y los nutrientes juegan un papel importante en los florecimientos de macroalgas y fitoplancton debido a que dependiendo de la estación del año y la descarga de nutrientes éstas se manifestarán de distintas maneras. Un modelo conceptual propuesto por McGlathery et al. (2007), para cuerpos de agua costeros someros, expone que

dependiendo de la cantidad de descarga de nutrientes y la tasa de renovación del agua se puede manifestar una dominancia de macroalgas o de fitoplancton. A una tasa de renovación del agua corta las macroalgas muestran una dominancia en competencia con el fitoplancton, el cual muestra dominancia cuando la tasa de renovación del agua es larga. En el caso de la laguna Bahía de Lobos la tasa de renovación del agua es en corto tiempo (<14 días; Ruiz-Ruiz, 2017), y su concentración de nutrientes es moderada, por lo tanto se debiera favorecer la dominancia de macroalgas, pero esto fue observado exclusivamente en otoño. De tal forma que la temperatura del agua es una variable clave que controla la biomasa de macroalgas. Cabe mencionar que este estudio se llevó a cabo en la zona de influencia de las aguas residuales del dren colector por lo tanto los resultados están delimitados sólo a dicha área. Sin embargo, los resultados obtenidos se ajustan a lo observado para otras lagunas costeras.

## **Conclusiones**

El aporte de nutrientes a la laguna Lobos por las aguas residuales del colector No. 2 del Valle del Yaqui varió a través del año, siendo mayor en junio. Las concentraciones de NID y FID fueron mayores en junio y octubre.

La biomasa de fitoplancton expresada a través las concentraciones de clorofila *a* tuvo valores promedio de 9 mg m<sup>-3</sup> en abril, 17 mg m<sup>-3</sup> en junio y 3 mg m<sup>-3</sup> en octubre. El valor máximo observado fue en junio.

La composición de la comunidad de macroalgas varió durante el año. La mayor biomasa fue aportada por *Codium amplexiculatum* (150 g ps m<sup>-2</sup>) y *Ulva lactuca* (30 g peso seco

m<sup>-2</sup>) en abril; *Gracilaria lemaneiformis* (3.5 g ps m<sup>-2</sup>.) en junio y *G. lemaneiformis* (20,000 g ps m<sup>-2</sup>) y *U. lactuca* (~5,000 g ps m<sup>-2</sup>) en octubre. Las condiciones de aporte de nutrientes y temperatura del agua en la laguna Bahía de Lobos favorecieron el incremento de biomasa de fitoplancton en verano y de macroalgas en otoño.

### **Agradecimientos**

Al Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, al M. en C. Christian Neyoy Siari. Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, a la M. en C. María Sara Burrola Sánchez, M. en C. Edgar Alcántara Razo, Ing. Andrés Hernández Ibarra, Geol. Mar. Gustavo Padilla Arredondo, M. en C. Josué Valenzuela Díaz y M. en C. María del Refugio López Tapia.

### **Literatura citada**

- Abbott, I. A., Hollenberg, G. 1976. Marine Algae of California Stanford CA. Stanford University Press. 827 pp
- Arreola-Lizárraga, J. A. 1994. Bahía de Lobos Sonora un ecosistema costero candidato para el sistema de áreas naturales protegidas de México. *Ecológica* 3:19–24
- Ayala-Galaz, J. M. 2012. Estudio comparativo de la biomasa de macroalgas en varias localidades de la costa central del Estado de Sonora. Tesis de licenciatura, Universidad de Sonora Hermosillo, Sonora, México, 77 p
- Badan-Dangon, A., Koblinsky, C. J., Baumgartner, T. 1985. Spring and summer in the Gulf of California: Observations of surface thermal patterns. *Oceanológica Acta* 8:13–22

- Boyer, J. N., Kelbe, C. R., Ortner, P. B., Rudnick, D. T. 2009. Phytoplankton bloom status: Chlorophil *a* biomass as an indicator of water quality condition in the southern estuaries of FloridaUSA. *Ecological Indicators*9: 56–67
- Castillo, L. G. 2012. Estimación de la contaminación por nitrógeno derivada de actividad humana en las aguas superficiales y subterráneas del Valle del YaquiSonora. Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Sonora, Ciudad Obregón, Sonora, 67 p
- Chang-Lian, P., Xue, W., Zhi-Fang, L., Hou-Cheng, Z., Shao-Wei, C., Gui-Zhu, L. 2007. Response of *Gracilaria lemaneiformis* to Nitrogen and Phosphorus eutrophic seawater. *Chinese Journal of Plant Ecology*31:505–512
- Chang-Pen, Y., Meng-Cheng, Z., Jian-Gang, Z., Yu-Feng, Y., Ya, Z. 2013. Photosyntetic response of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rodophyta) to various N and P levels at different temperatures. *International Review of Hidrobiology*98:245–252
- Cloern, J. E., Jassby, A. D. 2010. Patterns and scales of phytoplankton variability in estuarine-coastal ecosystems. *Estuaries and Coasts*33:230–241
- Contreras-Espinosa, Castañeda-López, F. O., García-Nagaya, A. 1994. La clorofila a como base para un índice trófico en lagunas costeras mexicanas. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y LimnologíaUNAM*21:55–66
- Diekmann, M. 2003. Species indicator values as an important tool in applied plant ecology – a review. *Basic and Applied Ecology*4:493–506
- Fong, P., Zedler, J. B. 1993. Temperature and light effects on the seasonal succession of algal communities in shallowcoastal lagoons. *Journal of Experiments in Marine Biology and Ecology*171:259–272

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). México D.F. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 pp
- Geers-Hansen, O., Sand-Jensen, K., Hansen, D. F., Christiansen, A. 1993. Growth and grazing control of abundance of the marine macroalga *Ulva lactuca* in a eutrophic estuary. *Aquatic Botany* 46:101–109
- Gilmartin, M., Revelante, N. 1978. The phytoplankton characteristics of the barrier island lagoons of the Gulf of California. *Estuarine and Coastal Marine Science* 7:29–47
- INEGI 2000. Síntesis de información Geográfica del Estado de Sonora. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. 88 pp
- Kennish, M. J., Haag, S. M., Sakowicz, G. P. 2005. Submersed aquatic vegetation: tier 2 monitoring in the Jacques Cousteau National Estuarine Research Reserve. Technical Report National Estuarine Research Reserve System. Silver Spring, Maryland, USA
- Kentula, M. E., De Witt, T. H., (2003). Abundance of seagrass (*Zostera marina* L.) and macroalgae in relation to the salinity temperature gradient in Yaquina Bay Oregon USA. *Estuaries* 26:1130–1141
- Kjerfve, B., Magill, K. E. 1989. Geographic and hydrodynamic characteristics of shallow coastal lagoons. *Marine Geology* 88:187–199
- Kollmann, J., Fischer, A. 2003. Vegetation as indicator for habitat quality. *Basic and Applied Ecology* 4:489–491
- Krause-Jensen, D., Middelboe, A. L., Carstensen, J., Dahl, K. 2007. Spatial patterns of macroalgal abundance in relation to eutrophication. *Marine Biology* 152:25–36

- Lankford, R. R. (1977). Coastal lagoon of Mexico, their origin and classification En: Wiley M (eds) Estuarine process. Academic Press Inc. New York. Pp 182—215
- Lapointe, B., Barile, P. J, Littler, M. M, Littler, D. 2005. Macroalgal blooms in Southeast Florida coral reefs II Cross shelf discrimination of nitrogen sources indicates widespread assimilation of sewage nitrogen. *Harmful Algae* 4:1106—1122
- Lavín, M. F., Beier, E., Badán, A. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California: escalas estacional e interanual. En: LavínM F. (eds). Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No3. Unión Geofísica Mexicana.pp141—171
- León-López, C. E. 2012. Variabilidad estacional e interanual de los parámetros fisicoquímicos del agua en la Bahía de Guaymas Sonora México. Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora, 53 p
- Lluch-Cota, S. 2000. Coastal upwelling in the eastern Gulf of California. *Oceanologica Acta* 23:731—740
- Lotze, H. K., Schramm, W. 2000. Ecophysiological traits explain species dominance patterns in macroalgal blooms. *Journal of Phycology* 36:287—295
- Mateo-Cid, L. E., Mendoza-González, A. C., Galicia García, C., Huerta Múzquiz, L. 2000. Contribución al estudio de las algas marinas bentónicas de Punta Arena y Cabo Pulmo Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana*. Octubre:55—73
- McGlathery, K. J. 2001. Macroalgal blooms contribute to the decline of seagrass in nutrient-enriched coastal waters. *Journal of Phycology*37:453—456
- McGlathery, K. J., Sundbäck, K., Anderson, I. C. 2007. Eutrophication in shallow coastal bays and lagoons: the role of plants in the coastal filter. *Marine Ecology Progress Series* 348:1—18

- McLaughlin, K., Sutula, M., Busse, L., Anderson, S., Crooks, J., Dagit, R., Gibson, D., Johnston, K., Stratton, L. 2014. A regional survey of the extent and magnitude of eutrophication in mediterranean estuaries of southern California USA. *Estuaries and Coasts* 37:259–278
- Mendoza-González, A. C., Mateo-Cid, L. E., Huerta-Musquiz, L. 1994. Algas marinas bentónicas de Mazatlán, Sinaloa, México. *Acta Botánica Mexicana* 27:9–115
- Mendoza-González, A. C., Mateo-Cid, L. E. 1986. Flora marina bentónica de la costa Noroeste del Estado de Sonora, México. *Phytologia* 60:414–427
- Morand, P., Merceron, M. 2005. Macroalgal population and sustainability. *Journal of Coastal Research* 21:1009–1020
- Nixon, S. W. 1995. Coastal marine eutrophication: a definition, social causes and future concerns. *Ophelia* 41:199–219
- Ochoa-Araiza, G. 1979. Distribución superficial de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH en cuatro bahías del Estado de Sonora, México durante un ciclo anual. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, B.C., México, 68 p.
- Ochoa-Izaguirre, M. J., Rosas, R. A, Aguilar-Rosas, L. E., 2007. Catálogo de Macroalgas de las Lagunas Costeras de Sinaloa Mazatlán Sinaloa. 1ra edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 117 pp
- Pacheco-Ruiz, I., Zertuche-González, J. A, Chee-Barragán, A., Arroyo-Ortega, E. 2002. Biomass and potential commercial utilization of *Ulva lactuca* (Chlorophyta Ulvaceae) beds along the North-West coast of the Gulf of California. *Phycologia* 41:199–201

- Páez-Osuna, F., Piñón-Gimate, A., Ochoa-Izaguirre, M. J., Ruiz-Fernández, A. C., Ramírez-Reséndiz, G., Alonso-Rodríguez, R. 2013. Dominance patterns in macroalgal and phytoplankton biomass under different nutrient loads in subtropical coastal lagoons of the SE Gulf of California. *Marine Pollution Bulletin* 77:274–281
- Parson, T. R., Maitia, Y., Lalli, C. M. 1984. A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamonn Press. Oxford
- Piñón-Gimate, A., Páez-Osuna, F., Serviere-Zaragoza, A., Casas-Valdez, M. 2012. Macroalgal blooms in coastal lagoons of the Gulf of California eco-region: a summary of current knowledge. *Botanica Marina* 55:129–142
- Piñón-Gimate, A., Serviere-Zaragoza, E., Ochoa-Izaguirre, M. J., Páez-Osuna, F. (2008). Species composition and seasonal changes in macroalgal blooms in lagoons along the southeastern Gulf of California. *Botanica Marina* 51:112–123
- Quan-Young, L. I., Díaz-Martín, M. A., Espinoza-Avalos, J. 2004. Floristics cover and phenology of marine macroalgae from Bajo Pepito - Isla Mujeres, Mexican Caribbean. *Bulletin of Marine Science* 75:11–25
- Readdie, M. D., Ranelletti, M., McCourt, R. M. 2006. Common seaweeds of the Gulf of California Sea. *Challengers Universidad de California*. 104 pp
- Reyes, H. C., Lavín, M. F. 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., Emilsson, I. 1980. *Oceanografía física del Golfo de California*. Centro de Ciencias del Mar y Limnología UNAM. Contribución No. 90. 67 pp
- Ruiz-Ruiz, T. M., Arreola-Lizárraga, J. A., Morquecho, L., Mendoza-Salgado R. A., Martínez-López, A., Méndez-Rodríguez, L. C., Enríquez-Flores, J. 2016. Assessment of

eutrophication in a subtropical lagoon in the Gulf of California. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 19:382–392

Ruiz-Ruiz, T. M., Arreola-Lizárraga, J. A., Morquecho, L., Méndez-Rodríguez, L. C., Martínez-López, A., Mendoza-Salgado, R. A. 2017. Detecting eutrophication symptoms by means of three methods in a subtropical semi-arid coastal lagoon. *Wetlands*. doi 10.1007/s13157-017-0944-y

Sánchez-Carrillo, S., Sánchez-Andrés, R., Alatorre, L. C., Angeler, D. G., Álvarez-Cobelas, M., Arreola-Lizárraga, J. A. 2009. Nutrient fluxes in a semi-arid microtidal mangrove wetland in the Gulf of California. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 82:654–662

Santelices, B. 1977. *Ecología de las algas marinas bentónicas*. Santiago de Chile. Universidad Católica de Chile. 384 pp

Smith, V. H., Tilman, G. D., Nekola, J. C. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution* 100: 179–196

Steffensen, D. A. 1976. Morphological variation of *Ulva lactuca* in the Avon- Heathcote Estuary Christchurch NZJ. *Marine and Freshwater Research* 10:329–341

Strickland, J. D., Parsons, T. R. 1965. *A manual of sea water analysis*. Bull Fisheries Research Board of Canada. No 125. 2da edición. Ottawa, Canadá. 203 pp

Thornber, C. S., Guidone, M., Deacutis, C., Green, L., Ramsay, C. N., Palmisciano, M. 2017. Spatial and temporal variability in macroalgal blooms in a eutrophied coastal estuary. *Harmful Algae*, 68, 82-96.

- Valdez-Holguín, J. E. 1994. Variaciones diarias de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila "a" en una laguna hipersalina del Golfo de California. *Ciencias Marinas* 20:123—137
- Valenzuela-Díaz, J. 2008. Variabilidad ambiental de una laguna costera semiárida subtropical: Las Guásimas, Sonora, México. Tesis de Licenciatura, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Bacum, Sonora, México, 35 p
- Valenzuela-Siu, M., Arreola-Lizárraga, J. A., Sánchez-Carrillo, S., Padilla Arredondo, G. 2007. Flujos de nutrientes y metabolismo neto de la laguna costera Lobos, México. *Hidrobiológica*. 17:193—208
- Valiela, I., Foreman, K., LaMontagne, M., Hersh, D., Costa, J., Peckol, P., De Meo-Anderson, B., D'Avanzo, C., Babione, M., Sham, C., Brawley, J., Lajtha K. 1992. Couplings of watersheds and coastal waters: sources and consequences of nutrient /enrichment in Waquoit Bay, Massachusetts. *Estuaries* 15:433—457
- Valiela, I., McClelland, J., Hauxwell, J., Behr, P., Hersh, D., Foreman, K. 1997. Macroalgal blooms in shallow estuaries: controls and ecophysiological and ecosystem consequences. *Limnology and Oceanography* 42:1105—1118
- Vollenweider, R. A. 1992. Coastal marine eutrophication: principles and control En: Vollenweider, R. A., Marchetti, R., Viviani, R. (Eds). *Marine coastal eutrophication. Proceedings of an International Conference, Bologna, Italy. 21-24 March. 1990-1992.* Elsevier Science. Primera edición. U S A. pp 1310
- Wallentinus, I. (1984). Comparisons of nutrient uptake rates for Baltic macroalgae with different thallus morphologies. *Marine Biology*. 80: 15—225



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](http://www.itson.mx)  
en la sección de Editorial ITSON.

