

EL GOLFO DE CALIFORNIA Y SUS INTERACCIONES ENTRE AGUAS CONTINENTALES Y MARINAS BAJO EL ENFOQUE DE LA FUENTE AL MAR

FERNANDO GONZÁLEZ VILLARREAL
Y LEOPOLDO ALANIZ CEJA

Introducción

El Golfo de California es uno de los cinco ecosistemas marinos con mayor productividad y diversidad biológica a nivel mundial, con aproximadamente 6,000 especies marinas. Esta condición llevó a inscribir a las Islas y Áreas Protegidas del Golfo de California en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO como sitio natural (CONANP, 2005).

En el territorio colindante, que comprende los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit, se desarrolla una intensa actividad productiva. Existen 14 distritos de riego, que aportan cerca de 40% de la producción agrícola nacional; se concentra 80% de la pesca proveniente del Océano Pacífico (WWF, 2019); se ubica 27% del valor total de la producción minera nacional en cinco de sus municipios (CANIMEX, 2020); y es destino de más de dos millones de visitantes al año, que acuden principalmente a los desarrollos turísticos de Los Cabos, Mazatlán y la Riviera Nayarita (WWF, 2019).

El crecimiento urbano y de las actividades económicas desarrolladas en las cuencas vertientes al Golfo de California han generado, entre otros problemas: alteración de los flujos de ríos por la construcción de presas de almacenamiento; sedimentación provocada por la deforestación y erosión del suelo; aprovechamiento no sustentable de los recursos pesqueros por el empleo de técnicas dañinas para los ecosistemas marinos; modificación del hábitat y perturbaciones a los ecosistemas; y la existencia de un modelo de gobernanza fragmentada en distintas escalas.

Para contribuir en la comprensión de este fenómeno mediante enfoques de ciencia de frontera, el Instituto de Ingeniería, en colaboración con el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y la Facultad de Ingeniería, desarrollan el proyecto "Análisis de las interacciones entre aguas continentales y marinas en el Golfo de California bajo el enfoque de la fuente al mar como base para su gestión sustentable". El estudio emplea el enfoque "source-to-sea" o "de la fuente al mar", que analiza los flujos de agua, sedimentos, contaminantes, materiales y organismos vivos que son transportados desde los suelos

a través de los ríos y acuíferos hasta las deltas, estuarios y costas para llegar al mar. Además, el proyecto busca proponer elementos para integrar un plan de gestión sustentable. El proyecto incluye las siguientes etapas:

- A. Caracterización de la zona de estudio.
- B. Análisis de dinámicas de flujos de agua, sedimentos, contaminantes y materiales.
- C. Teoría del cambio.

A continuación, se presenta una síntesis de las contribuciones alcanzadas hasta el momento en las primera dos etapas.

Caracterización del Golfo

El Golfo de California cuenta con una superficie de 160,000 km² y profundidades de hasta tres mil metros. Sus dimensiones varían entre 80 y 200 km de ancho, 1,200 km de longitud y 2,500 km de litorales. Se alimenta principalmente con los escurrimientos de las 30 cuencas hidrográficas que desembocan (Figura 1).

En los 136 municipios que componen la zona de estudio, habitan alrededor de 9.1 millones de personas. De éstas, 5.6 millones se ubican en las 40 subcuencas costeras.

El crecimiento económico de la región ha sido impulsado por el desarrollo de infraestructura hidráulica. De acuerdo con la CONAGUA (2018), la región cuenta con 10 grandes presas, con una capacidad de almacenamiento total superior a los 48,000 hm³; más de 200 plantas de tratamiento de aguas residuales; y con coberturas de servicios de agua potable y saneamiento superiores a 95% y 90%, respectivamente.



Figura 1. Cuenca vertedora al Golfo de California

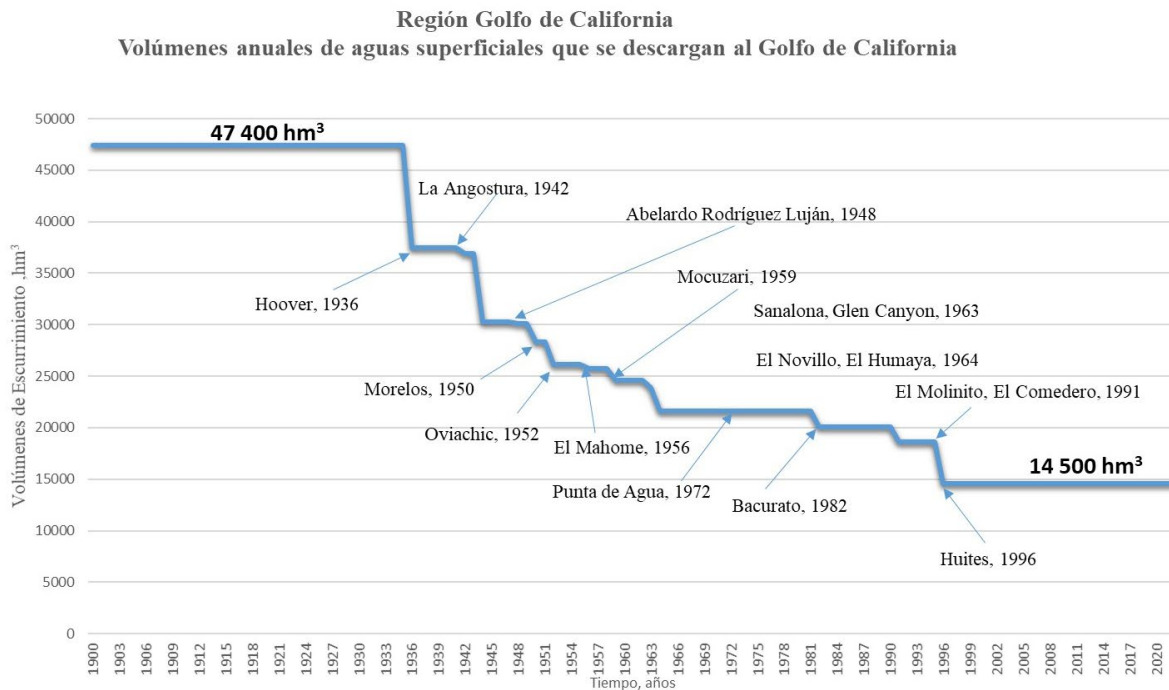


Figura 2. Evolución de los volúmenes que se descargan al Golfo de California

Análisis de flujos de aguas superficiales por influencia antropogénica

Para conocer el impacto de la actividad antropogénica sobre los volúmenes de agua que desembocan en las costas, se reconstruyeron los escurrimientos naturales de las cuencas aledañas al Golfo de California desde de 1900 hasta la actualidad. Para ello, se utilizaron los registros de las estaciones hidrométricas y de la literatura. Los balances hídricos disponibles muestran que la descarga al Golfo de California en 2020 fue de, aproximadamente, 34% del escurrimiento superficial natural original (Figura 2). La reducción de flujos provoca modificaciones en la salinidad del medio marino e incrementos en las concentraciones y tipos de contaminantes en las aguas superficiales y subterráneas, como se ejemplifica más adelante.

Un ejemplo de estas reducciones se observa en la cuenca del río Colorado. De los 18,500 hm³ por año que desembocaban en el Golfo de California en 1900, en la actualidad, el río prácticamente ha perdido su conectividad con el Golfo (Figura 3) como consecuencia de la construcción del sistema de presas y las extracciones para distintos usos a lo largo de la cuenca (Figura 4).

Para profundizar la información sobre el estado actual del delta del río Colorado, se realizó una campaña de muestreo de calidad del agua, tanto en los drenes como en los canales.



Figura 3. Recorrido del río Colorado desde la presa Morelos hasta su desembocadura

Entre los resultados más importantes se encuentran los siguientes:

- Los drenes agrícolas presentan Sólidos Disueltos Totales entre 2,000 y 4,000 ppm, asociados al drenaje agrícola.
- El nitrógeno (nitratos) presenta una concentración de ~50 mg/ml en la presa Morelos y se incrementa hasta los ~140 mg/ml en el río Hardy. Este incremento se asocia a los retornos agrícolas del distrito de riego.
- El fosfato, sulfato y clorato no se detectaron en las pruebas de laboratorio. Esto puede deberse a la adherencia con las partículas de sedimento, manteniéndolos en el suelo.

Actividades primarias y la interacción con el Golfo de California

La agricultura es una actividad importante para la zona de estudio. En el ciclo 2017-2018, se sembraron cerca de 1.4 millones de hectáreas, que representan 25% de la producción nacional de maíz, trigo y frijol. El uso de fertilizantes y agroquímicos en esta actividad generan una elevada concentración de nitrógeno que se descarga hacia el Golfo de California.

Se estima que se utilizan como fertilizante 370 mil toneladas de nitrógeno y 64 mil toneladas de fósforo al año. De éstos, se calcula que entre 10 y 30% llegan al mar a través de cuerpos de agua, modificando los hábitats acuáticos y terrestres (Chapman y Prat, 1984).

La pesca y acuicultura favorecen de manera significativa la economía local. En la zona de estudio se encuentra 70% de la captura nacional y cerca de 125 mil hectáreas son destinadas a la acuicultura. En 2018, se produjeron cerca de 160 mil toneladas de camarón, con un valor aproximado de 11,500 millones de pesos (CONAPESCA, 2018). Algunos de los efectos de estas prácticas son la disminución de población de especies nativas, como la vaquita marina y la totoaba, así como la eutrofización de cuerpos de agua costeros y marinos.

Para verificar la presencia de nitrógeno orgánico y estimar la cantidad de nutrientes en el Golfo de California, se calculó la presencia de clorofila con base en imágenes satelitales utilizando el algoritmo desarrollado por la NASA (2018). La Figura 5 muestra en verde los sitios ocupados por los distritos de riego y en rojo las zonas costeras con mayor concentración de crecimiento de clorofila "a", las cuales se localizan cerca de las cuencas vertientes con mayor producción agrícola, lo que probablemente sugiera una relación entre las actividades primarias con la descarga de nitrógeno al Golfo.

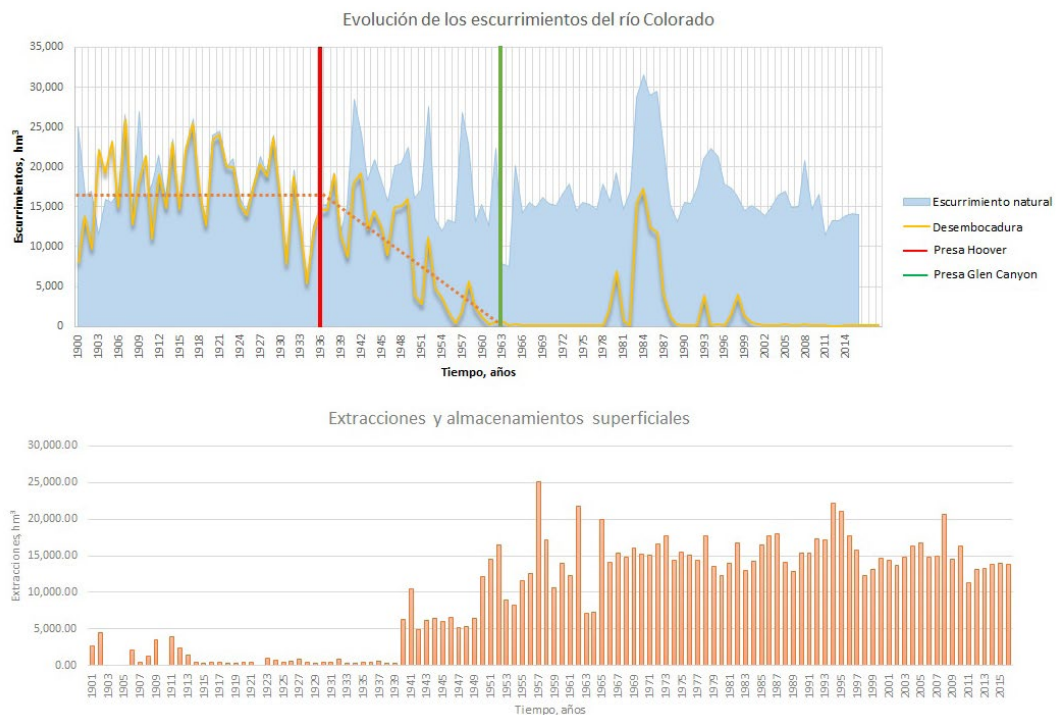


Figura 4. Evolución de las extracciones y almacenamientos de los flujos del río Colorado

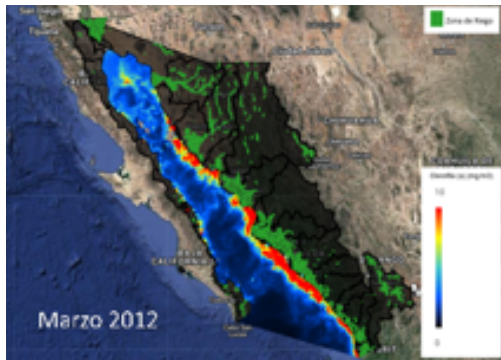


Figura 5. Crecimiento de clorofila "a" con relación a los distritos de riego

Salinidad

Los estudios preliminares del proyecto se han orientado a analizar las series mensuales de salinidad superficial por medio de imágenes satelitales obtenidas desde enero de 1993 hasta diciembre de 2020. A partir de estas imágenes, se construyeron perfiles longitudinales para observar las variaciones regionales (Figura 6). Los resultados muestran mayor concentración salina en la parte del alto Golfo que, se estima, es ocasionada por corrientes marinas provenientes del Pacífico.

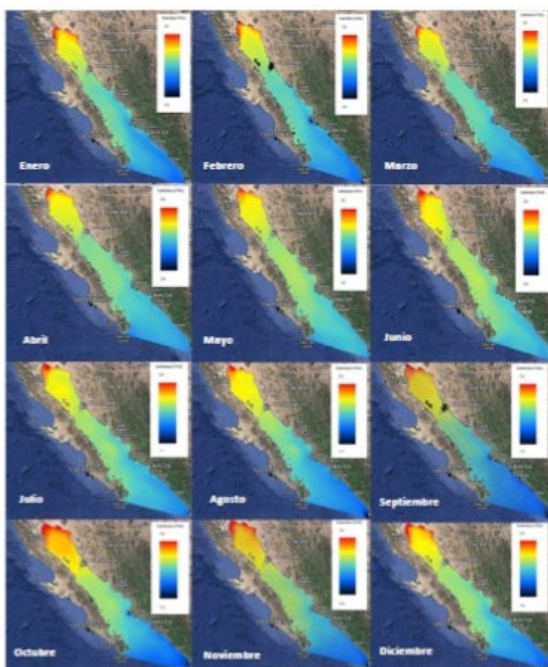


Figura 6. Promedios mensuales de Salinidad en el periodo de 1993-2020

Conclusiones

El enfoque de la fuente al mar utilizado en el proyecto está a la vanguardia del conocimiento, al permitir el análisis integral de las interacciones entre las cuencas y las aguas marinas. Hasta el momento, los esfuerzos científicos se han centrado en las aguas continentales o en las oceánicas, sin considerar los complejos flujos de sedimentos, nutrientes y contaminantes. Además, se ha omitido el estudio del sistema de gobernanza y gestión establecido para su aprovechamiento. Todos estos elementos forman parte del estudio para promover el manejo sustentable del Golfo de California.

El Golfo de California conserva una alta productividad para las zonas costeras, sin embargo, está sujeto a presiones provocadas por las actividades económicas

Algunas conclusiones preliminares del proyecto son:

- a) Reducción de los flujos de agua dulce.
- b) Incremento de nitrógeno y agroquímicos en las zonas costeras y marinas.
- c) Presión hídrica por las actividades económicas primarias.
- d) Los humedales y lagunas litorales probablemente tienen un papel importante en la asimilación de nutrientes y se deberán continuar estudiando.

Referencias

- CHAPMAN, H. D. y PRATT, P. F. (1984). Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas, Trillas, México D. F., 195 p.
- CONAGUA (2018). Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua, México.
- CONANP (2005). Serial nomination format for the Islands and Protected Areas of the Gulf of California, Mexico for inscription on the World Heritage List. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- WWF (2019). Golfo de California. Fondo Mundial para la Naturaleza, México. Disponible en: http://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/golfo_california/ (consultado el 15 de mayo de 2022).

