

El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo de California, México**The Colorado River Damming Impact on the Shrimp Fishery in the Upper Gulf of California, Mexico**Manuel Salvador Galindo Bect,¹ Carlos Israel Vázquez León² y David Aguilar Montero³

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es demostrar la relación entre los flujos del Río Colorado y los volúmenes de camarón capturados en el Alto Golfo de California (AGC). Se aplicó un análisis de correlación a series históricas de datos de captura del desembarque de camarón, el esfuerzo pesquero y el flujo del Río Colorado hacia el Delta. Se obtuvieron indicadores de dependencia, proporcionalidad y relación lineal. Los principales resultados mostraron que las capturas interanuales fueron menores en periodos sin aporte de agua del río y mayores con los aportes de agua al estuario. También mostraron que los aportes de nutrientes por el ingreso de agua dulce al estuario pudieron incrementar la fijación de carbono. Este estudio es relevante porque aporta a la discusión y fortalece el hecho de que este río binacional transfronterizo es importante en la dinámica ambiental y pesquera en el AGC.

Palabras clave: 1. Río Colorado, 2. pesca, 3. camarón, 4. represamiento, 5. Golfo de California.

ABSTRACT

The objective of this work is to demonstrate the relationship among the Colorado River flows and volumes of shrimp caught in the Upper Gulf of California (AGC). A correlation analysis was applied to historical series of data about landed shrimp catch, fishing effort and flow from the Colorado River towards the gulf. Dependence, proportionality, and linear relationship indicators were obtained. The main results showed that the interannual captures were lower in periods without water input from the river and higher with the water inputs to the estuary. In addition, the results showed that the contributions of nutrients carried in the river water to the estuary could increase the Carbon fixation. This study is important because it contributes to the discussion and strengthens the fact that this river is important in the environmental and fishing dynamics in the AGC.

Keywords: 1. Colorado River, 2. fisheries, 3. shrimp, 4. damming, 5. Upper Gulf of California.

Fecha de recepción: 16 de julio de 2020

Fecha de aceptación: 7 de septiembre de 2020

Fecha de publicación: 15 de mayo de 2021

¹ Universidad Autónoma de Baja California, México, salvador@uabc.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-6587-0830>

² El Colegio de la Frontera Norte, México, cvazquez@colef.mx, <https://orcid.org/0000-0003-0842-0221>

³ Instituto Nacional de Pesca, México, david.aguilar@inapesca.gob.mx, <https://orcid.org/0000-0002-7710-6749>



- 2 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo...
Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es analizar la relación que ha existido entre el control del Río Colorado por el proceso de la construcción de presas a lo largo de su curso y la captura de camarón en la región del Alto Golfo de California. La captura de camarón ha sido la actividad pesquera fundamental en la región y uno de los principales factores para el crecimiento y desarrollo de las comunidades que tienen una historia fuertemente ligada a esta actividad.

Se considera que en el proceso de represamiento de este importante río transfronterizo se ha desestimado o se ha ignorado por completo el delta del río en el Golfo de California, aún en la actualidad, cuando el debate académico se ha polarizado entre aquellos que sustentan la importancia del flujo de agua dulce al delta para mantener y enriquecer la biodiversidad, y aquellos que argumentan que el impacto del represamiento es irrelevante en la región del Alto Golfo de California (AGC).

La captura comercial de camarón en el Alto Golfo de California proviene de los puertos pesqueros de Puerto Peñasco y el Golfo de Santa Clara, en Sonora, y de San Felipe, en Baja California.

El presente trabajo toma como antecedente la investigación realizada por Galindo-Bect *et al.* (2000), en la que explican las variaciones de la captura de camarón reportada por la flota pesquera en San Felipe, Baja California, en función de las descargas de agua dulce del Río Colorado en el ecosistema marino, y concluyen que esta se explica por una relación significativa.

La diferencia entre la investigación de los mencionados autores y nuestro artículo radica en que incluimos las capturas históricas de las tres principales comunidades del AGC. Es decir, integramos prácticamente el total de la captura en la región, además en el análisis incorporamos el aporte de nutrientes que el río ingresa en el sistema marino.

El argumento para justificar este trabajo de investigación parte de la conclusión que señala Bernacsek (2001), y se refiere a la necesidad de crear información acertada para la administración de pesquerías afectadas por las presas, y según el autor mencionado, esta información se refiere a cambios en el flujo y en las descargas de agua dulce y el depósito de sedimentos y nutrientes que pueden afectar a poblaciones de peces y camarones. Además de información convencional para la administración y evaluación de pesquerías realizada a partir de los datos de captura y esfuerzo, la evaluación de biodiversidad y la población de peces, parámetros ambientales e indicadores de impacto de las presas que puedan ser incorporados a modelos multivariados dinámicos de pesquerías para estimar el impacto y el daño que las presas generan en las poblaciones.

Retomamos la propuesta de Bernacsek (2001), de tal manera que en este trabajo analizamos datos de captura y esfuerzo, relacionándolos con los flujos históricos de agua dulce del río al delta en el Golfo de California. Consideramos el flujo del río como una

variable importante que incide en la dinámica y explotación del camarón y por ende influye en los aspectos sociales y económicos de las comunidades costeras en la región.

Agregamos que los estudios y análisis que se han realizado examinando la relación entre el flujo del Río Colorado y la dinámica pesquera son importantes, por lo que deben ser integrados a estudios multidisciplinarios de mayor amplitud con el fin de explicar la situación actual en la región. Idealmente, dichos estudios pueden adaptarse a modelos dinámicos que incluyan tanto los aspectos ambientales como los socioeconómicos para entender, por ejemplo, la crisis y el riesgo para las especies endémicas, el impacto que tiene el cambio en las condiciones ecosistémicas del delta del Río Colorado, en las condiciones de precariedad entre los pescadores del AGC, las estrategias de manejo binacional del río, entre otros.

LA PESCA EN LA REGIÓN

La principal actividad económica en la región del AGC es la pesca. Se aprovechan cerca de 70 especies tales como el camarón azul, la almeja, el camarón café, el pulpo, la curvina, la manta, el tiburón, la lisa, pelágicos menores, entre otras. La pesquería del camarón llegó a ser la más importante en la región del AGC por el volumen de captura y el valor económico que representa. Su curso es determinante para el resto de la actividad pesquera de esta región, pues casi todo el esfuerzo de la región lo integró la flota industrial y la flota menor de San Felipe, Puerto Peñasco y Golfo de Santa Clara (Vázquez, Fermán, García y Arredondo, 2012)

La pesca tiene mayor importancia en las comunidades pequeñas donde las actividades primarias son las principales actividades económicas. Es decir, que las comunidades pequeñas tienen mayor dependencia económica de las pesquerías, puesto que la diversidad de sectores económicos es menor, comparando con las comunidades más grandes, donde existe mayor diversidad de actividades económicas, por ejemplo, Puerto Peñasco tiene mayor presencia de actividades del sector terciario, mientras que en el Golfo de Santa Clara la pesca es la principal actividad económica.

La pesca en la región ha pasado por periodos de promoción y fomento por parte del gobierno, bajo consideraciones y argumentos de desarrollo regional, lo que coadyuvó al desarrollo y crecimiento del sector cooperativista. Lo anterior contrasta con la situación actual, en la que prevalece el deterioro ambiental y socioeconómico en la región.

Desde la década de los setenta, la pesca en esta región ha sido controlada estrictamente y sujeta a políticas de gestión y de manejo con el propósito principal de proteger a dos especies: la vaquita marina (*Phocoena sinus*), un mamífero endémico, y el pez totoaba (*Totoaba macdonaldi*). Para tal propósito, se han implementados regulaciones en los equipos y artes de pesca; también se han decretado áreas específicas de prohibición de pesca, al considerar la conservación como prioritaria.

- 4 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo... Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.

Dichas políticas de regulación han creado un deterioro social y económico en las comunidades costeras con mayor dependencia de la pesca, ya que estas políticas han estado disociadas de los preceptos del desarrollo sostenible (Vázquez, 2019). Otro factor es el hecho de que la pesca en general se ha administrado como una actividad desvinculada del contexto general del sistema Río Colorado-Alto Golfo de California, ya que las políticas de distribución y asignación de agua del flujo del río no han considerado el delta como parte del sistema, además de que aporta elementos a un complejo ecosistema estuarino, en el que existe dependencia entre el sistema fluvial y la biodiversidad tanto en el delta como en el AGC.

El Río Colorado ha sido impactado de manera drástica por el represamiento y la retención del agua a lo largo de su curso, bloqueando el flujo hacia el delta y afectando el ambiente en el AGC (Aragón, 2000). La retención de agua y por lo tanto, la disminución del flujo al delta, ha modificado los ambientes que antes eran salobres, transformándolos en ambientes hipersalinos, debido a la contracción de los humedales en el delta, que comprendía un área total de 780 000 ha., y actualmente se ha reducido a 60 000 ha. La alteración del flujo del río ha provocado un ambiente impactado, generando efectos negativos directos en la vegetación riparia, afectando a poblaciones de aves migratorias, alterando zonas de desove de especies marinas y reduciendo significativamente las áreas de refugio y crianza de la especie vaquita marina, y por consiguiente ha generado colapso en algunas pesquerías (UNEP, 2004).

La parte transfronteriza del río

El Río Colorado es transnacional, ya que nace en las Montañas Rocallosas, en el estado de Wyoming, y fluye hacia el sur a lo largo de 2 300 km influenciando los estados de Colorado, Utah, Nuevo México, Nevada, Arizona y California, en Estados Unidos. Al cruzar la frontera hacia México, recorre el último tramo de 130 km que sirve como división de límites entre los estados de Baja California y Sonora, para desembocar en el Golfo de California.

Desde hace más de cien años este río ha sido objeto de estudios y análisis desde diferentes enfoques y disciplinas. Se ha estudiado desde la geología y hasta las ciencias sociales, y se han desarrollado desde modelos predictivos de flujos y descarga de sedimentos, hasta aspectos de geopolítica. La dinámica y diversidad de estudios ha generado una abundante literatura (por ejemplo Wilhite, 2005; Glenn *et al.*, 2001; Muehlmann, 2013; Robinson y Kenney, 2012), que han considerado al río como un servicio ecosistémico enmarcado en un esquema multiregulado inmerso en un mercado de agua altamente competitivo, que además tiene efectos directos e indirectos en el Golfo de California.

Como se ha precisado antes, el río tiene influencia en siete estados de Estados Unidos y en dos de México, aportando agua para 40 millones de personas en total. California es el estado que tiene la mayor asignación de agua del flujo del río, con un total de 5 427 mm³, seguido de Colorado con 4 755 mm³, lo que representa el 26.6 y 23.3 por ciento del total,

respectivamente. La parte mexicana del río representa una asignación de 9 por ciento del total del flujo, lo que significa un volumen de 1 850 mm³ (Cortez, Castro y Sánchez, 2019). Casi la totalidad del agua del río es usada para beneficio humano: 78 por ciento se destina para actividades agrícolas y el resto se destina a uso municipal e industrial, quedando excluida la asignación de agua del río para los servicios ambientales (Boepple, 2011).

Este esquema actual de asignación y uso del agua del río podría incrementarse en el futuro, debido a la creciente demanda de agua para sostener las actividades humanas. Según Kohlhoff y Roberts (2007), sólo en el estado de Arizona la demanda de agua ha sobrepasado la cantidad de agua subterránea disponible, ya que se estima que entre 2020 y 2040 esta demanda sobrepasará la disponibilidad de agua renovable. Este panorama de estrés hídrico se ve potenciado ante las predicciones de crecimiento demográfico sólo en ese estado, sin considerar las condiciones de los restantes seis estados y la demanda de agua en el Valle de Mexicali. Las circunstancias descritas han urgido la búsqueda de opciones para incrementar la disponibilidad de agua, y han dado origen a la propuesta *Arizona-Mexico Water Augmentation Consortium*, que –sin entrar en grandes detalles– menciona que el estado de Arizona, en colaboración con Estados Unidos y México, crearía infraestructura en México para desalinizar agua de mar del Golfo de California y proporcionarle agua dulce a México a cambio de la asignación de agua del Río Colorado (Kohlhoff y Roberts, 2007). Esta propuesta no incorpora los efectos en el delta ni los impactos en las pesquerías de la región.

La pesquería de camarón en el Alto Golfo de California

La pesca de camarón en el AGC ha sido la principal fuente de ingresos económicos de las comunidades pesqueras de San Felipe, en Baja California, y de Puerto Peñasco y el Golfo de Santa Clara, en Sonora. De las cuatro especies de camarones que se explotan en el Pacífico mexicano, solamente el camarón azul (*Penaeus stylirostris*) y el camarón café (*Penaeus californiensis*) se encuentran en el AGC (Rodríguez de la Cruz, 1981), y representan aproximadamente 90 por ciento de las capturas desembarcadas (Rosas, García y González, 1996).

La crisis pesquera del camarón azul en el AGC es un problema muy complejo que requiere ser analizado de forma multidisciplinaria. Estudios realizados en otras regiones mencionan que las fluctuaciones anuales se encuentran positivamente correlacionadas con las descargas de los ríos, las lluvias y la temperatura, tal es el caso de ríos en Sinaloa, México (Del Valle y Martin, 1995; Bect, 2000), en el Golfo de México (Gracia, 1989), en Perú (Tadanobu y Rodríguez, 1990; Mendo y Tam, 1993), en Senegal, Mozambique y Provincia del Cabo, en África (Gammelsrod, 1992; Reddering, 1988). Morales (2001) aplicó un modelo ecológico en la región norte del Golfo de California y concluyó que el comportamiento de la captura de camarón responde favorablemente a las fluctuaciones de gasto del Río Colorado.

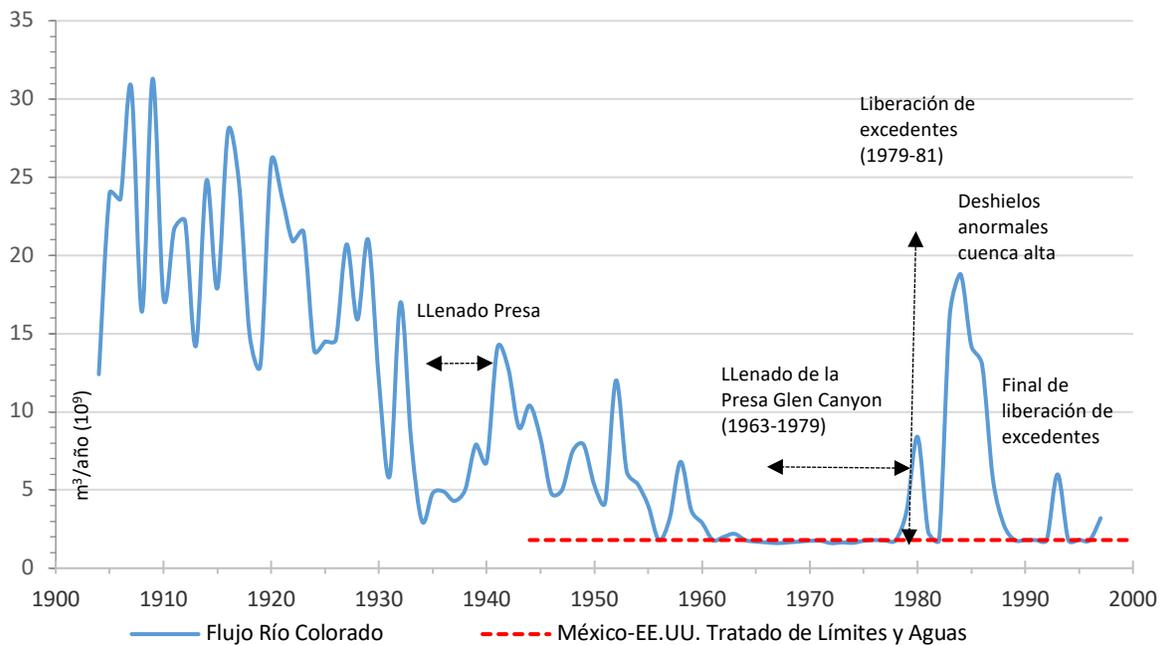
6 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo...
Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.

Al aplicar un modelo ecológico, Morales (2001) encontró que el comportamiento de la captura de camarón respondió favorablemente a las fluctuaciones de gasto del río en la región Norte del Golfo de California.

Entre los efectos de los ríos en los sistemas estuarinos y marinos, se encuentra el relacionado con la disponibilidad de nutrientes y el incremento en la productividad orgánica primaria (Snow, Adams y Bate, 2000; Rodríguez, Flessa y Dettman, 2001; Schöne, Flessa, Dettman y Goodwin, 2003), manifestándose en primer término en las especies que son estuarino-dependientes en una etapa de su desarrollo, y en segundo, en la reducción de la producción pesquera de la región (Mann y Lazier, 1996; Ardisson y Bourget, 1997).

El volumen de agua del Río Colorado que ingresaba al estuario en el AGC ha sido drásticamente reducido, pues a principio del siglo pasado el flujo del río en la frontera con los EE. UU. ha pasado de $21\,370 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ en el período anterior a la construcción de la Presa Hoover, hasta valores bajos de $1\,780 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ durante el período de llenado de las presas Hoover en 1935-1941 y Glenn Canyon en 1963-1979 (Fradkin, 1996; Samaniego, 2008). En el Tratado Internacional de Aguas de 1944 entre México y Estados Unidos de América, el volumen se limitó a flujos ocasionales debido a excedentes de $1\,850 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ (gráfica 1), lo que representa 9.09 por ciento del total del flujo promedio del río, mientras que California obtiene 26.6 por ciento y Colorado un 23.3 por ciento (Cortez Lara, 1999).

Gráfica. 1. Histórico de flujo anual del Río Colorado en la frontera México-EE. UU.

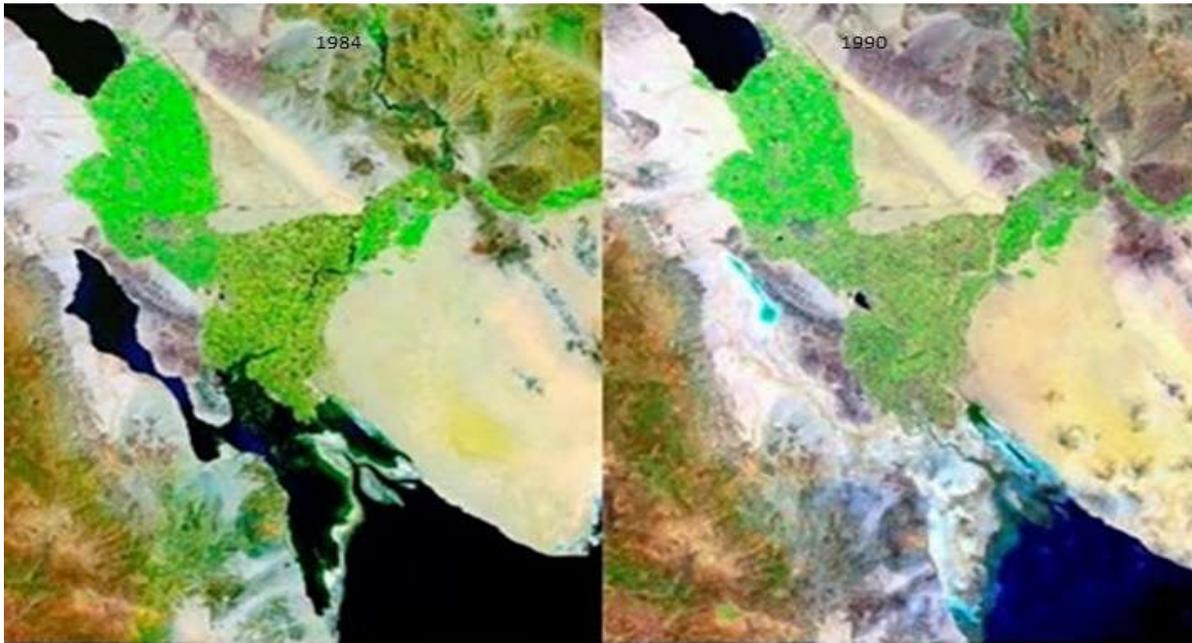


Fuente: Váldez *et al.* (2013).

Esta asignación de agua a México no alcanza a inundar el estuario debido a que es utilizada totalmente para necesidades agrícolas y urbanas, sin considerar los cambios ecológicos que se inducirían por la restricción del agua dulce en el estuario.

Posteriormente al llenado de la Presa Cañón de Glen (Glen Canyon, en inglés), cambios climáticos globales provocaron precipitaciones y deshielos anómalos que a su vez propiciaron flujos extraordinarios del río de hasta $\sim 18\,000 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ en el período 1979-1988 (gráfica 1). En este período en México se inundaron grandes extensiones de humedales aledaños al Río Colorado, como la Laguna Salada, el Río Hardy y la Ciénaga de Santa Clara, con lo que se incrementó el área de protección y crianza de especies estuarino dependientes. Esto se muestra en los mapas 1 y 2, que corresponden a imágenes de satélite Landsat 7 TM, contrastando el área inundada con aporte del río el 9 de junio de 1984 y sin aporte del río en 1990.

Mapas 1 y 2. Área de influencia por el flujo del Río Colorado en el Delta del Alto Golfo de California



Fuente: Adaptado de Brusca, Alvarez, Hastings y Findley (2017).

Es por esta razón que en este estudio se propone examinar las fluctuaciones interanuales de las capturas de camarón desembarcadas en el AGC y analizarlas considerando el impacto ambiental debido al represamiento del Río Colorado.

METODOLOGÍA

Se utilizaron datos históricos del flujo del Río Colorado en la línea internacional México-EE.UU. en el período 1900-1998 (comunicación personal con Bernal Rodríguez, 24 de septiembre de 2003). Se utilizó la estadística pesquera de las capturas anuales de camarón

- 8 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo...
Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.

desembarcadas en Puerto Peñasco, San Felipe y Golfo de Santa Clara en el período 1950-1999, considerando que la suma de ellas es representativa del AGC (Instituto Nacional de Pesca, s/f). A partir de estas estadísticas de captura se obtuvo la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE), dividiendo las toneladas anuales de camarón capturadas entre el número de barcos por temporada. Se procedió de esta manera, tomando en cuenta que las estadísticas consideran el número de barcos y el volumen de captura desembarcado. Se carece de registros del número de viajes y el tiempo dedicado a la pesca por barco, por lo que esta limitación impide obtener una versión refinada del rendimiento por barco (Pérez, Aragón y Espinosa, 2009).

Con el propósito de obtener los años con y sin aportes de agua del río al estuario, a cada año se le restaron los $1\,850 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$ del Tratado Internacional de Límites y Aguas con EE. UU. Con estos valores y las capturas de camarón desembarcadas en el AGC, se determinaron los coeficientes de determinación (r^2) con desfase de uno y dos años, a partir de un análisis de regresión lineal simple para el período 1959-1999. El desfase de un año se debe a que el agua del río que ingresó en un año influyó en la captura de camarón de la temporada de pesca posterior. El desfase de dos años se debe a que el agua acumulada en las cuencas de la Laguna Salada, Río Hardy y Ciénega de Santa Clara (mapas 1 y 2), influyó en la captura de camarón hasta en los dos años posteriores a la terminación del envío de excedentes del Río Colorado a México.

Se calcularon las toneladas de nitrógeno y de fósforo que pudieron llegar al estuario con los excedentes del río en el período 1979-1988, considerando una concentración de $30 \mu\text{M}$ de nitratos y $2 \mu\text{M}$ de fosfatos disueltos en el agua reportadas por Cupul (1994). Con esta información se calculó la posible fijación de carbono en forma de producción primaria a una razón de 106C:16N:1P de acuerdo a Richards, Ketchum y Richards (1963). Se calcularon las toneladas de camarón que pudieron ser estimuladas con los excedentes del Río Colorado considerando que el 10 por ciento del carbono fijado es transferido de un nivel trófico a otro.

RESULTADOS

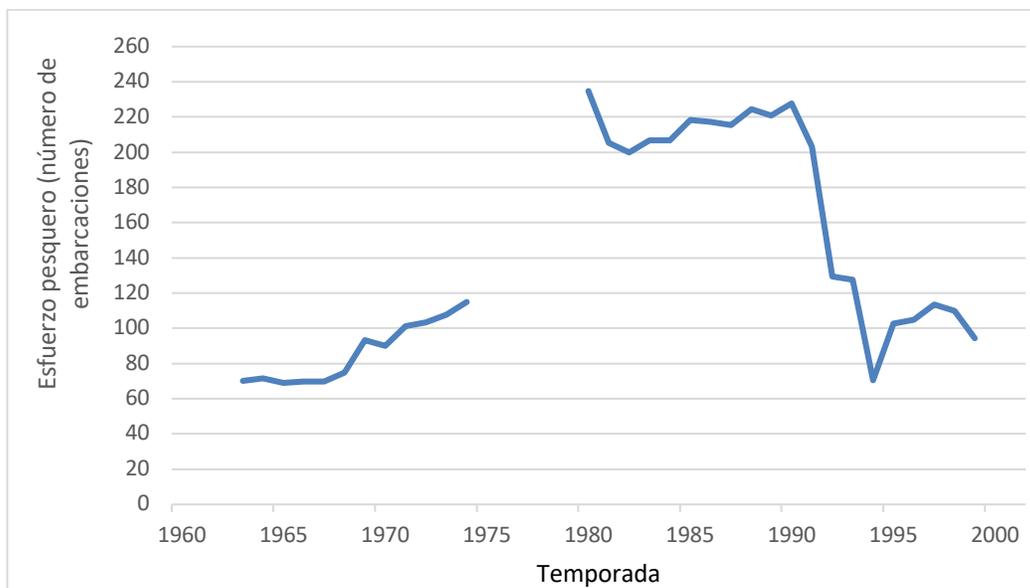
Relación del flujo del Río Colorado y el esfuerzo pesquero

La flota camaronera de arrastre o de embarcaciones mayores (barcos) se incrementó significativamente en el período 1970-1980, como resultado del Plan Nacional de Desarrollo Pesquero (López, 1997) que permitió el financiamiento para el desarrollo del esfuerzo, aumentando sustancialmente el número de embarcaciones mayores. Sin embargo, a principios de 1980 el crecimiento de la flota camaronera se vio limitado, ya que las cooperativas que habían adquirido embarcaciones mayores padecieron crisis económicas por factores relacionados con los niveles de endeudamiento por financiamiento y la

incertidumbre en la recuperación de la inversión, que empeoraba por las recurrentes crisis macroeconómicas de largo plazo en el país.

Lo anterior tuvo su reflejo en los procesos de embargo de las embarcaciones, y por lo tanto, en la disminución en el esfuerzo pesquero. Greenberg (1993) mencionan que en 1990 había 226 barcos en Puerto Peñasco, 40 en San Felipe, y 15 en El Golfo de Santa Clara. Este número de embarcaciones disminuyó a menos de la mitad en los años siguientes (gráfica 2). Por otra parte, el esfuerzo pesquero representado por embarcaciones menores (pangas) se incrementó significativamente a partir de 1980, por lo que el esfuerzo pesquero ejercido por esa flota es desconocido.

Gráfica 2. Variación del número de barcos camaroneros en Puerto Peñasco en el período 1962-1999



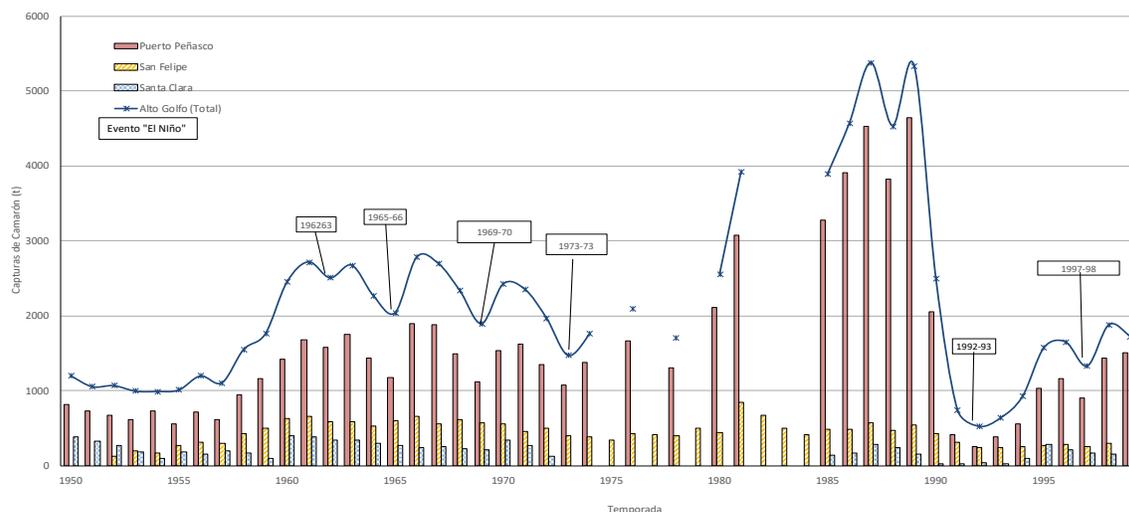
Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por el Instituto Nacional de Pesca (s/f).

Capturas de camarón en el AGC

Los barcos de Puerto Peñasco contribuyeron con más del doble de la captura comercial de camarón desembarcada en el AGC (gráfica 3). En general se observaron tres períodos con distintas proporciones de captura: el primero, sin influencia de agua del río en el período 1950-1979, donde las capturas de camarón fluctuaron entre 1 998 y 2 783 toneladas anuales ($t \text{ año}^{-1}$). El segundo, con influencia del río en el período 1980-1990 con valores entre 2 504 $t \text{ año}^{-1}$ y 5 375 $t \text{ año}^{-1}$. El tercero, en el período 1991-1999 con y sin influencia de agua del río, con los valores significativamente menores que los anteriores, entre 529 $t \text{ año}^{-1}$ y 1 883 $t \text{ año}^{-1}$ (ver mapa 1, 2 y gráfica 3). También se observaron fluctuaciones interanuales con pequeños incrementos en las capturas correspondientes a un año posterior a los eventos El Niño 1962-1963, 1965-1966, 1969-1970 y 1972-1973 (gráfica 3).

- 10 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo... Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.

Gráfica 3. Captura comercial de camarón desembarcada en el Alto Golfo de California

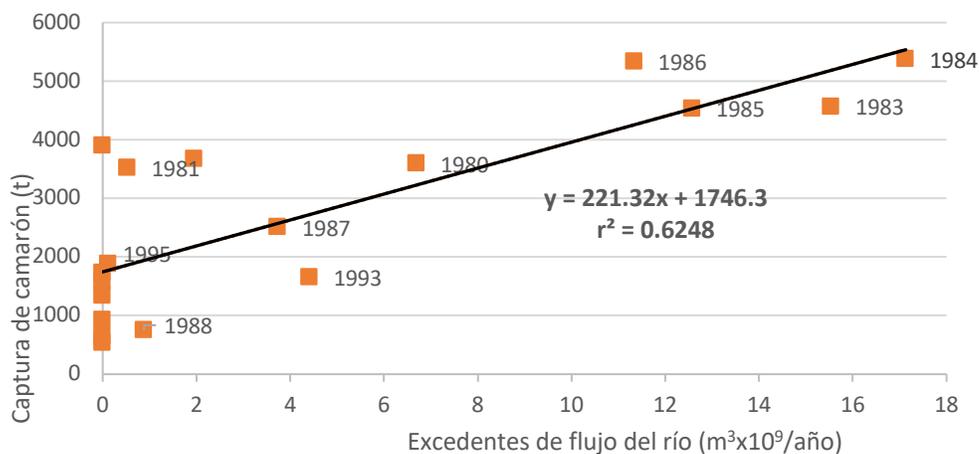


Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Instituto Nacional de Pesca (s/f).

Relación flujo del Río Colorado y la captura de camarón

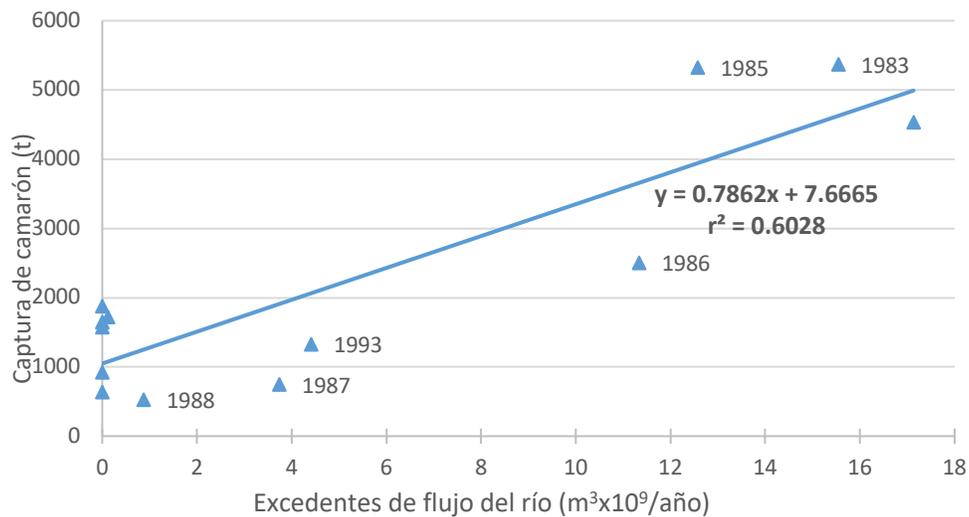
Los coeficientes de determinación con desfase de un año ($r^2 = 0.624$) y de dos años (0.602), muestran una correlación directa entre el comportamiento del río y la captura de camarón desembarcada en el AGC, con las mayores capturas de la década de los ochenta que están relacionadas con los mayores excedentes de agua del río (gráfica 4 y 5). Esta relación también es evidenciada al comparar la CPUE y las capturas de camarón desembarcadas en el AGC (gráfica 6).

Gráfica 4. Relación entre la captura de camarón desembarcada en el AGC y los excedentes del Río Colorado, considerando un año de desfase



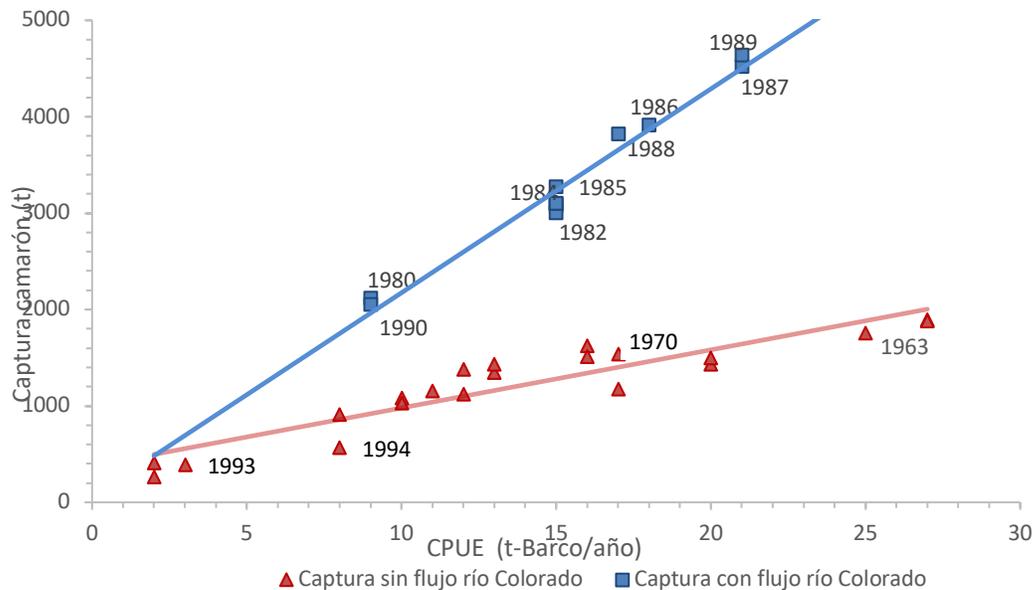
Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Instituto Nacional de Pesca (s/f).

Gráfica 5. Relación entre la captura de camarón desembarcada en el AGC y los excedentes del Río Colorado, considerando dos años de desfase



Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Instituto Nacional de Pesca (s/f).

Gráfica 6. Relación entre la captura por unidad de esfuerzo y la captura de camarón desembarcada en Puerto Peñasco durante el período 1962-1999



Fuente: Elaboración propia con base en datos proporcionados por el Instituto Nacional de Pesca (s/f).

Balance de nitrógeno, fósforo y carbono

El cálculo de los flujos de nitratos y fosfatos en el estuario del Río Colorado en el período 1979-1989, mostró que el río exportó cantidades importantes de estos nutrientes de acuerdo

- 12 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo...
Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.

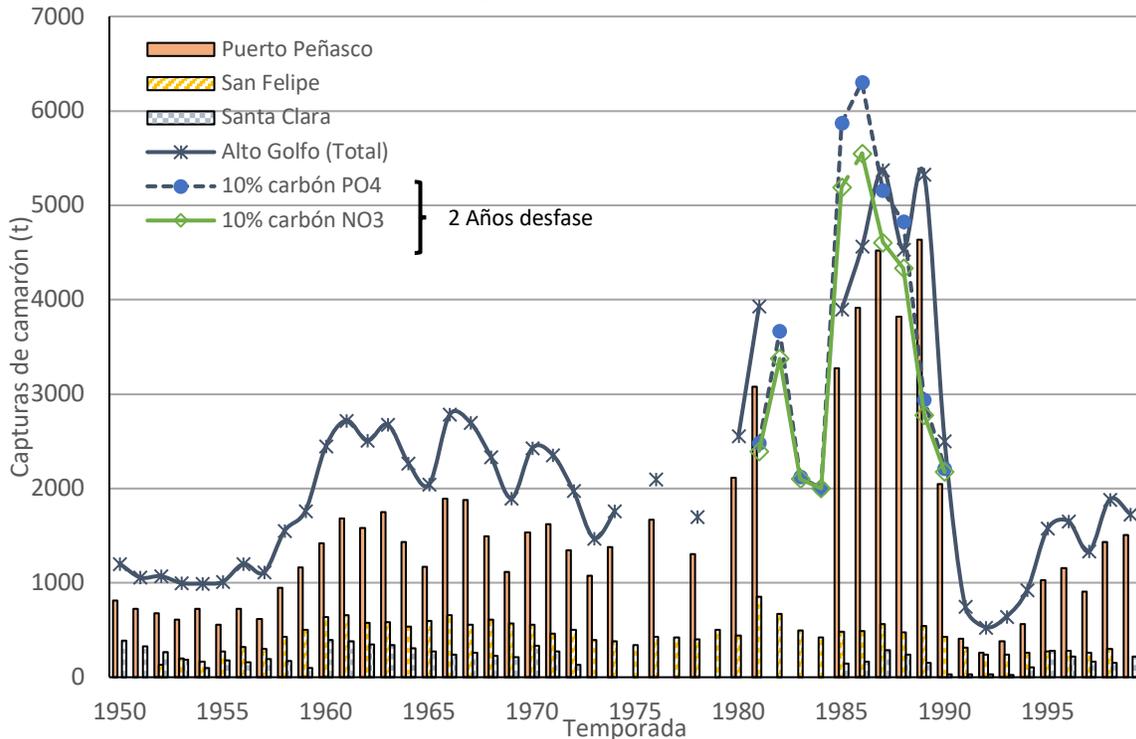
a los excedentes a los $1\ 850\ 10^6\ \text{m}^3\ \text{año}^{-1}$, alcanzando valores máximos de $7\ 101\ \text{t N}\ \text{año}^{-1}$ y $1\ 047\ \text{t P}\ \text{año}^{-1}$ en 1984 (cuadro 1). La fijación de Carbono debido a la producción primaria de acuerdo a la relación 106C:16N:1P de Richards, Ketchum y Richards (1963) pudo haber alcanzado un valor máximo en 1984 de $40\ 344\ \text{t C}\ \text{año}^{-1}$ a partir de los nitratos, ó $43\ 034\ \text{t C}\ \text{año}^{-1}$ a partir de los fosfatos, de los cuales si consideramos que un 10 por ciento pudo haberse transferido al nivel trófico del camarón, entonces las capturas de camarón pudieron incrementarse hasta aproximadamente $4\ 000\ \text{t}\ \text{año}^{-1}$ por arriba de lo que normalmente se captura en períodos sin aporte del río (cuadro 1 y gráfica 7).

Cuadro 1. Cálculo de la fijación de Carbón en el AGC a partir de la concentración de $30\ \mu\text{M}$ de nitratos y $2\ \mu\text{M}$ de fosfatos disueltos en los excedentes del Río Colorado (1979-1988)

Años	Flujo del río $\text{m}^3/\text{año}$ (10^9)	Flujo de nitratos t/año	Flujo de fosfatos t/año	Carbón t/año a partir de nitratos	Carbón t/año a partir de fosfatos	10% Carbón t/año a partir de fosfatos	10% Carbón t/año a partir de fosfatos
1979	1.88	790	116	4 488	4 787	449	479
1980	6.55	2 752	406	15 636	16 679	1 563	1 668
1981	0.48	202	30	1 146	1 222	115	122
1982	0	0	0	0	0	0	0
1983	15.22	6 387	941	36 286	38 705	3 629	3 871
1984	16.9	7 101	1 047	40 344	43 034	4 034	4 303
1985	12.4	5 210	768	29 601	31 575	2 960	3 158
1986	11.1	4 664	688	26 498	28 265	2 650	2 827
1987	3.69	1 551	229	8 809	9 396	881	940
1988	0.84	353	52	2 005	2 139	201	214

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo y datos en Cupul (1994).

Gráfica 7. Comparación de la captura de camarón desembarcada en el AGC y la calculada con base en el flujo del Río Colorado (1979-1988)



Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo y Cupul (1994).

DISCUSIÓN

Ha sido común señalar que la disminución en la captura de camarón de las embarcaciones en el AGC se debe a un problema de sobrepesca. Sin embargo, en este trabajo se demuestra que la carencia de agua dulce en el sistema del delta del Río Colorado también es un factor determinante que influye en el rendimiento marginal del esfuerzo, ya que su represamiento ha modificado las condiciones estuarinas del AGC.

Se determinó la CPUE como un indicador de rendimiento de los insumos de pesca, en este caso, los barcos. Se considera que esta estimación de la CPUE es adecuada, pues explica la proporcionalidad que existe en la pesca del camarón en el AGC mediante la captura y el esfuerzo anual, considerando una posible variabilidad en el factor de capturabilidad debido a cambios tecnológicos en el periodo (Petrere, Giacomini y de Marco Júnior, 2010).

El comportamiento histórico de las capturas de camarón en el AGC mostró fluctuaciones relacionadas con los períodos con y sin aporte de agua dulce del río. En un análisis descriptivo en el conjunto de datos que componen la serie de tiempo entre la CPUE y el esfuerzo, se observan dos periodos con tendencias diferentes en términos de proporcionalidad. En el período 1950-1979, sin aporte de agua dulce al estuario, el esfuerzo pesquero aumentó de manera lineal con un promedio de 86 barcos, en un rango de 70 a 115 embarcaciones, pero la captura tuvo un rendimiento marginal negativo con un volumen

- 14 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo...
Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.

promedio de 1 856 t año⁻¹. Esto indica que en el mencionado periodo existe una relación inversamente proporcional entre la CPUE y el esfuerzo

El otro periodo abarca de 1980-1989, y en él ocurren aportes de agua del río al estuario, las capturas se incrementaron de forma lineal hasta superar las 5 000 t año⁻¹ durante varios años, mientras que el número de barcos permaneció estable y la CPUE se incrementó.

En los siguientes años la situación cambió drásticamente. En 1992 no hubo flujo de agua dulce, lo que impactó directamente la actividad pesquera, provocando bajos rendimientos de captura y la rápida disminución en el número de barcos (esfuerzo) como una respuesta a la disminución drástica en la captura de camarón de hasta 529 toneladas al año. Esta condición es relevante, pues es una relación directa y proporcional, que se explica considerando que la captura está en función del esfuerzo, y el esfuerzo es un factor capital que responde a los rendimientos marginales y por lo tanto, cuando los rendimientos marginales (CPUE) disminuyen, el esfuerzo tiende a disminuir y viceversa. Esta situación también responde a la condición de función lineal de los costos respecto al esfuerzo (Cunningham, Dunn y Whithmarsh, 1985).

Al analizar el comportamiento de la captura de camarón en el período sin aporte de agua del río (1960-1979), se observaron incrementos en las capturas de camarón uno y dos años posteriores a los eventos El Niño (ENSO) de 1962-1963, 1965-1966, 1969-1970, 1972-1973 y 1997-1998, por lo que probablemente estos incrementos se encuentren relacionados al ingreso de agua dulce al estuario debido a la mayor precipitación pluvial estimulada por los eventos ENSO y reportada por Pavía y Badán (1998). La respuesta biológica al aporte de agua dulce por ríos y a los eventos ENSO también ha sido reportada para otros lugares (Childers, Day Jr. y Muller, 1990; Del Valle y Martin, 1995; Mann y Lazier, 1996; Bect, 2000), lo que fortalece la hipótesis de que en nuestro estudio, el Río Colorado y los eventos ENSO son de vital importancia en el reclutamiento para el área de crianza y la supervivencia de camarón en estadios tempranos, y posteriormente formar parte de la población de adultos disponibles en la pesquería.

Los coeficientes de determinación $r^2 = 0.624$ ($p < 0.05$) y $r^2 = 0.602$ ($p < 0.05$) con desfase de uno y dos años entre la captura de camarón y los excedentes del río en el período 1960-1999, mostraron que aparentemente el incremento en la captura de camarón desembarcada en el AGC en el período 1979-1988 estuvo relacionado con el aporte de agua del río al estuario. Sin embargo, la información disponible es muy limitada, ya que en la década de los ochenta este aporte fue solamente de nueve años, de los que no se pudieron obtener registros de la captura de camarón para el período 1982-1984 (tres años). Es por esta razón que los coeficientes de determinación obtenidos se encuentran limitados solamente a seis datos. Es decir, la mayor parte de los datos de la captura de camarón han sido en años sin aporte de agua del río.

La respuesta biológica al estímulo del río de hasta por dos años de retraso es explicada por la acumulación de agua en los humedales del Río Hardy, de la Laguna Salada y de la

Ciénega de Santa Clara, que se llenaron por el ingreso sostenido de excedentes del río durante nueve años en la década de 1980. El agua dulce acumulada en estos humedales y la gran cantidad de material orgánico particulado que debieron haber llegado al estuario en ese periodo, favoreció las condiciones de área de crianza por al menos durante los dos años posteriores a la finalización del envío de excedentes. Durante estos años se recuperaron grandes extensiones de humedales que pasaron de 5 800 ha a 63 000 ha (Glenn, Lee, Felger y Zengel, 1996), siendo mayor en 1983, cuando se liberaron excedentes del río 10 veces por encima de la cuota establecida en el Tratado Internacional de Límites de Agua México y Estados Unidos (equivalente al flujo promedio natural del río).

Browder, May, Rosenthal, Gosselink y Baumann (1989) aplicaron un modelo numérico mediante imágenes de satélite para explicar la disminución en las capturas de camarón café desembarcadas en la costa de Louisiana, con relación directa a la pérdida de humedales. Es probable que, aunque el comportamiento de las capturas de camarón esté relacionado con las dimensiones del área de crianza por la pérdida de humedales, en realidad la explicación es más compleja y está relacionada con factores ambientales como la disponibilidad de alimento, la depredación, el transporte e intercambio osmótico por efecto de temperatura y la salinidad en etapas tempranas de desarrollo (Jian-Chu, Jin-Nien, Chung-Tin y Min-Nan, 1996; Jian-Chu y Jin-Nien, 1998).

Los estuarios están identificados como rutas importantes de material particulado y disuelto de origen continental que ingresan a los océanos (Pritchard y Schubel, 1981). Tradicionalmente se ha considerado a los ríos como la fuente externa de nutrientes inorgánicos disueltos en el medio costero (Meybeck, 1982; Chester, 1990; Milliman, 1991). La concentración de nutrientes disueltos en el medio marino es uno de los factores claves para la producción de fitoplancton como fuente de alimento (Dugdale, Morel, Bricaud y Wilkerson, 1989; Riley y Chester, 1989; Nixon, 1992; Snow, Adams y Bate, 2000) y la producción pesquera de los estuarios está relacionada con esta producción primaria (Houde y Rutherford, 1993).

Hernández, Galindo, Flores y Alvarez (1993) reportaron concentraciones de nitratos de hasta $50\mu\text{M}$ en el cauce del Río Colorado (20 km de la boca) en un periodo sin aporte de agua del río (1989-1990). Por otro lado, Cupul (1994) al estudiar los nutrientes en el estuario con aporte de agua del río en 1993, reportó valores entre 20 y $30\mu\text{M}$ de nitratos al norte de la Isla Montague, además menciona que aunque el aporte de agua dulce produjo una dilución en la concentración de nutrientes en el estuario, al calcular el aporte neto de nutrientes con relación al flujo y reflujo de marea, la exportación de nutrientes durante el período con aporte de agua dulce fue significativamente mayor (7.9 veces para NO_3+NO_2 y 1.9 veces PO_4).

Considerando lo anterior, el cálculo de nitratos y fosfatos que pudieron haber llegado al delta del Río Colorado en el período 1979-1989 (cuadro 1) muestra que cantidades muy importantes de estos dos nutrientes ingresaron al estuario, los cuales pudieron incrementar la productividad orgánica primaria mediante la fijación de carbón de acuerdo a la relación

106C:16N:1P de Richards, Ketchum y Richards (1963). Esto pudo influir en el incremento de la capacidad de producción del estuario, como lo mencionan Houde y Rutherford (1993) al hacer comparaciones sobre la producción de peces con relación a la productividad orgánica primaria en zonas oceánicas, costeras, surgencias y estuarios de EE.UU. Estos autores muestran que 10 por ciento de la productividad orgánica primaria se transfiere a la producción de peces. Por lo tanto y considerando esa proporción, en este estudio se introduce el criterio de que 10 por ciento del carbón calculado se transfiere al nivel trófico del camarón, entonces encontramos que las toneladas de camarón calculadas en este trabajo se comportan de manera similar a las capturas promedio durante los años sin aporte del río, por lo que el ingreso de agua dulce al estuario del Río Colorado en el período 1979-1988 proporcionó condiciones favorables para la recuperación de este recurso pesquero (gráfica 7).

Muñoz, Carriquiry, Nieto & Hernández (1999) determinaron el metabolismo neto del Delta del Río Colorado utilizando datos de fosfatos y nitratos en períodos con flujo del río en abril de 1993 y sin flujo del río medidos en abril de 1996. Los flujos de nutrientes reportados fueron similares a los calculados en este trabajo (cuadro 1). Los autores estimaron que el tiempo de residencia del agua en el delta disminuye de 31 a 15 días con y sin flujo del río respectivamente, lo que favorece la advección y el intercambio de nutrientes al AGC. Adicionalmente, señalan que la salinidad del sistema disminuye de 36.65 psu a 22.8 psu sin y con flujo del río respectivamente, lo que favorece el funcionamiento ecológico del delta al restituir las condiciones estuarinas, incrementar la productividad orgánica primaria y propiciar la formación de una barrera salina que impide el ingreso de depredadores oceánicos. Estas condiciones incrementan la supervivencia del camarón en las etapas tempranas de desarrollo y otras especies ecológica y comercialmente importantes, lo que se ve reflejado en la recuperación de las actividades pesqueras.

Millán, Santamaría del Ángel, Cajal y Barocio (1999) mencionaron diferencias importantes en la productividad orgánica primaria en el estuario del Río Colorado durante el ciclo anual agosto de 1989 a junio de 1990, con valores decreciendo de $14 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$ en agosto de 1989 a $6.4 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$ en febrero de 1990, $3.2 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$ en abril de 1990 y $0.5 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$ en junio de 1990. Es notorio el decrecimiento en los valores de productividad del verano de 1989 al verano de 1990 (14 a $0.5 \text{ mgCm}^{-3}\text{h}^{-1}$ respectivamente). Es probable que este tipo de variaciones en la disponibilidad de alimento sea parte de los mecanismos que soportan la biomasa de camarones y se refleja en la captura comercial desembarcada en el AGC. Al comparar las capturas de camarón de 1989 y 1990, se observó la captura más alta y más baja respectivamente en la historia de esta pesquería, este desplome coincidió con el descenso en los valores de productividad orgánica primaria mencionado por los autores arriba citados.

Aunque en 1993 se recibieron excedentes de agua del río similares a los recibidos en 1980 ($>5,000 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$), la influencia en la captura comercial de camarón no se reflejó de igual forma para ambos años. El factor asociado a la disminución de las capturas de camarón posteriores a 1990 podría estar relacionado a la salud de la población de camarón, ya que en

1990 se registró por primera vez la presencia del virus IHNV (Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus) en poblaciones silvestres del AGC (Lightner, Williams, Bell, Redman y Perez, 1992; Pantoja, 1993). Sin embargo, el impacto producido por este virus en la cadena alimenticia del océano es desconocido ya que, aunque la disponibilidad de nutrientes no es limitante en el AGC y estuario del Río Colorado, la disminución de la productividad orgánica primaria mencionada por Millán, Santamaría del Ángel, Cajal y Barocio (1999) podría estar relacionada con este problema.

Es ampliamente conocido, pero poco documentado el problema de enfermedades virales en las granjas de camarón establecidas a lo largo de la costa de Sonora y Sinaloa. Hasta 1987 las zonas de cultivo de camarón del noroeste se encontraban libres del virus IHNV, pero en ese mismo año, postlarvas de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) fueron trasladadas desde los Estados Unidos de América a México, específicamente a los estados de Baja California Sur y Sinaloa, con fines de cultivo y experimentación. Tres años después, en 1990, todas las granjas y laboratorios en la costa de Sonora se encontraban infectados con el IHNV.

Es probable que los virus que infectan las granjas sean liberados en el medio natural durante el recambio diario de agua y que éste sea el conducto por el cual sean infectadas las poblaciones de camarón silvestre. La presencia y distribución de este virus en poblaciones silvestres del AGC no ha sido bien documentada, solamente se tiene registro de algunos muestreos aislados en la parte norte y centro del Golfo de California (Unzueta, Holtschmit, Olivas, Martínez, Porchas y Lizárraga, 1998).

Pantoja (1993) colectó muestras de camarón de 39 localidades a lo largo del Golfo de California, seis de las cuales fueron del AGC; 15 en el Golfo Norte, pero al sur de Puerto Peñasco, y 18 en el Golfo Sur. Los resultados obtenidos mostraron una distribución amplia del virus, con un porcentaje de infección fluctuando entre 23 y 100 por ciento de las muestras analizadas para el AGC.

CONCLUSIONES

Se demostró que las restricciones de flujo de agua dulce del Río Colorado al delta en el Golfo de California impactaron los volúmenes de captura de camarón. Con el estímulo producido por el ingreso de agua dulce al estuario del Río Colorado la captura de camarón desembarcado en el AGC se incrementó a más del doble en el período 1979-1988.

También se ha demostrado que el flujo de agua del río aporta nutrientes en el delta, lo que representa disponibilidad de alimento y aportaciones a cadenas tróficas.

El incremento de más del doble de la producción camaronera en el período 1979-1988 fue favorecido por los aportes de nutrientes, la formación de condiciones estuarinas como protección a la depredación y por el incremento en las dimensiones del área de crianza al inundarse los humedales del Río Hardy, la Laguna Salada y la Ciénega de Santa Clara. Esto

- 18 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo...
Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.

indica además la posible relación entre los flujos de agua y la biodiversidad en los humedales y estuarios.

A partir de 1989 se restringen los flujos de agua dulce al delta del Río Colorado, lo que influyó en los volúmenes de captura en el periodo 1990-1993, esto impactó en el esfuerzo pesquero, que disminuyó notablemente de 1992 a 1994.

El comportamiento histórico de la captura de camarón en el AGC respondió principalmente a los períodos con y sin aporte de agua dulce, más que al comportamiento del esfuerzo pesquero. La captura de camarón se incrementó el año siguiente de los eventos de “El Niño”, con excepción del ocurrido en 1972-1973, sin embargo, todos respondieron al comportamiento de la precipitación pluvial. Las modificaciones y alteraciones en el delta han alterado a su vez las condiciones de salinidad, impactando las áreas de desove y crianza de especies, además de generar condiciones que favorecen la introducción de especies marinas que actúan como depredadores.

El contexto de río transfronterizo y el esquema de la demanda de agua para las actividades humanas en los estados fronterizos entre México y EE. UU. indican que la presión por el uso de agua del Río Colorado en el futuro irá en aumento y se crearán complejos sistemas de administración y asignación de agua. Desafortunadamente, no hay evidencia de que en estos esquemas futuros de gestión se considere al ecosistema del delta del río y por lo tanto, las perspectivas ambientales y socioeconómicas en la región del AGC no son favorables.

REFERENCIAS

- Aragón, N. E. (2000). *Ecología del reclutamiento del camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1871) en el alto Golfo de California* (Tesis doctoral). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California.
- Ardisson, P. y Bourget, E. (1997). A study of the relationship between freshwater runoff and benthos abundance: a scale-oriented approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45(4), 535-545.
- Bect, V. J. (2000). *Condiciones ambientales que influyen en la producción comercial de camarón de la región costera adyacente a la desembocadura del Río San Lorenzo, Sinaloa*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Bernacsek, G. M. (2001). Environmental issues, capacity and information base for management of fisheries affected by dams. En G. Marmulla (Ed.), *Dams, fish and fisheries-Opportunities, challenges and conflict resolution*, (p. 139-166). Roma: FAO Fisheries Technical Paper.
- Browder, J. A., May, N. L., Rosenthal, A., Gosselink, J. G. y Baumann, R. H. (1989). Modeling future trends in wetland loss and brown shrimp production in Louisiana using thematic mapper imagery. *Remote Sensing of Environment*, 28, 45-59.

- Brusca, R., Alvarez, B. S., Hastings, P. y Findley, L. (2017). Colorado River flow and Biological Productivity in the Northern Gulf of California, Mexico. *Earth-Science Reviews*, 164(1), 1-30.
- Boepple, B. (2011). *The Colorado River Basin: An Overview. By the State of the Rockies Project 2011-12 Reserch Team*. [Reporte]. The Colorado College. Recuperado de <https://www.coloradocollege.edu/dotAsset/e57e7c73-2983-477b-a05d-de0ba0b87a00.pdf>
- Chester, R. (1990). The transport of Material to the Oceans; The Fluvial Pathway. En R. Chester y T. Jickells (Eds.), *Marine Geochemistry*, (pp. 11-51). Londres: Unwin Hyman.
- Childers, D. L., Day Jr., J. W. y Muller, R. A. (1990). Relating climatological forcing to coastal water levels in Louisiana estuaries and the potential importance of El Niño-Southern Oscillation event. *Climate Research*, 1(1), 31-42.
- Cortez, L. A. (1999). Dinámicas y conflicto por las aguas transfronterizas del Río Colorado: el proyecto All-American Canal y la sociedad hidráulica del Valle de Mexicali. *Frontera Norte*, 11(21), 33-60.
- Cortez, L. A., Castro, R. J. y Sánchez, M. V. (2019). Local perspectives on confronting water scarcity The Mexican portion of the Colorado River. *Regions & Cohesion*, 9(1), 39-60.
- Cunningham, S., Dunn, M. R. y Whithmarsh, D. (1985). *Fisheries Economics an introduction*. London: Mansell Publishing Ltd.
- Cupul, M. A. (1994). *Flujos de sedimentos en suspensión y de nutrientes en la cuenca estuarina del Río Colorado*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Baja California, México.
- Del Valle, L. y Martin, P. (1995). Interannual variation in the catch and mean length of penaeid shrimp in the lagoons and coastal waters of Sinaloa, NW México, and their possible link with environmental factors. *ICES Marine Science Symposia*, 199, 370-378.
- Dugdale, R. C., Morel, A., Bricaud A. y Wilkerson, F.P, (1989). Modeling new production in upwelling centers: II A case- study of modeling new production from remotely sensed temperature and color. *Journal of Geophysical Research*, 94, 18119-18133.
- Fradkin, P. L. (1996). *A river no more: The Colorado River and the West*. Barkeley: University of California.
- Galindo-Bect, M. S., Glenn, E. P., Page, H. M., Fitzsimmons, K., Galindo-Bect, L. A., Hernandez-Ayon, J. M., . . . Moore, D. (2000). Penaeid shrimp landings in the upper Gulf of California in relation to Colorado River freshwater discharge. *Fishery Bulletin*, 98(1), 222-225.
- Gammelsrod, T. (1992). Variation in shrimp abundance on the Sofala Bank, Mozambique, and its relation to the Zambezi River runoff. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 35(1), 91-103.

- 20 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo... Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.
- Glenn, E. P., Lee, C., Felger, R. y Zengel, S. (1996). Effects of water management on the wetlands of the Colorado River Delta, México. *Conservation Biology*, 10(4), 1175-1186.
- Glenn, E. P., Zamora Arroyo, F., Nagler, L., Briggs, M., Shaw, W. y Flessa, K. (2001). Ecology and conservation biology of the Colorado River Delta, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 49(1), 5-15.
- Gracia, G. A. (1989). *Ecología y pesquería del camarón blanco Penaeus setiferus (Linnaeus 1767) en la Laguna de Términos Sonda de Campeche*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Greenberg J. (1993). Local preferences for develop. En T. McGuire y J. Greenberg (Eds). *Marine community and Biosphere Reserve: crises and response in the Upper Gulf of California. Bureau of Applied Research in Anthropology. Occasional Paper 2*, (pp. 1-168). Tucson, Arizona: University of Arizona.
- Hernández-Ayón, J. M., Galindo-Bect, M.S., Flores-Báez, B.P. y Alvarez-Borrego, S. (1993). Nutrient Concentrations are High in the Turbid Waters of the Colorado River Delta. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 37(6), 593-602.
- Houde, E. D. y Rutherford, E. S. (1993). Recent Trends in Estuarine Fisheries: Predictions of Fish Production and Yield. *Estuaries*, 16(2), 161-176.
- Instituto Nacional de Pesca, (s/f). Captura anual de camarón desembarcadas en Puerto Peñasco, San Felipe y Golfo de Santa Clara, 1950-1999. Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-institucional-de-datos-de-inapesca>
- Jian-Chu, C. y Jin-Nien, L. (1998). Osmotic concentration and tissue water of *Penaeus chinensis* juveniles reared at different salinity and temperature levels. *Aquaculture*, 164(1-4), 173-181.
- Jian-Chu, C., Jin-Nien, L., Chung-Tin, C. y Min-Nan, L. (1996). Survival, growth and intermolt period of juvenile *Penaeus chinensis* (Osbeck) reared at different combinations of salinity and temperature. *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*, 204(1-2), 169-178.
- Kohlhoff, K. y Roberts, D. (2007). Beyond the Colorado River: Is an international water augmentation consortium in Arizona's future? *Arizona Law Review*, 49(2), 257-296.
- Lightner, D. V., Williams, R. R., Bell, T. A., Redman, R. M. y Perez, L. A. (1992). A collection of case histories documenting the introduction and spread of the virus disease IHHN in penaeid shrimp culture facilities in Northwestern Mexico. *ICE Marine Science Symposia*, 194, 97-105.
- López, J.L. (1997). Panorama del derecho mexicano. Derecho pesquero. Instituto de Investigaciones Jurídicas, serie A. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Mc-Graw Hill.
- Unzueta, M., Holtschmit, K., Olivas, J., Martínez, L., Porchas, M., Lizárraga, M. (1998). Infectious hypodermal and hematopoietic necrosis virus (IHHNV) in wild parent stocks

- of blue shrimp, *Penaeus stylirostris* (Stimpson), in Guaymas Bay, Sonora, Mexico. *Ciencias Marinas* 24(4). 491-498. <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v24i4.760>
- Mann, K. H. y Lazier, J. R. (1996). *Dynamics of marine ecosystems. Biological-Physical interactions in the oceans*. Malden, Ma/ Oxford, Gran Bretaña: Blackwell Publishing.
- Mendo, J. y Tam, J. (1993). Multiple environmental states affecting penaeid shrimp production in Peru. *Naga*, 16(2/3), 44-47.
- Meybeck, M. (1982). Carbon, Nitrogen and Phosphorus Transport by World Rivers. *American Journal Science*, 282, 401-450.
- Millán, N. R., Santamaría del Ángel, E., Cajal, M. R. y Barocio, L. O. (1999). El delta del Río Colorado: Un ecosistema con alta productividad primaria. *Ciencias Marinas*, 25(4), 509-540.
- Milliman, J. D. (1991). Flux and fate of fluvial sediment and water in coastal seas. En R. F. C. Mantoura, M. Martin y R. Wollast (Eds.), *Ocean Margin Processes in Global Change*, (pp. 69-89). Gran Bretaña: John Wiley & Sons Ltd.
- Morales, Z. M. (2001). *Modelo ecológico de flujos de biomasa en la región norte del Golfo de California*. (Tesis de maestría), Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., La Paz, B.C.S. Recuperado de <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/12>
- Muehlmann, S. (2013). *Where the River Ends: Contested Indigeneity in the Mexican Colorado Delta*. Durham: Duke University Press
- Muñoz, A. F., Carriquiry, B. J., Nieto, G. E. y Hernández, A. M. (1999). Colorado River Delta. En S. V. Smith, J. I. Marshall Crossland y C. J. Crossland (Eds.), *Mexican and Central American Coastal Lagoon Systems: Carbon, Nitrogen and Phosphorus Fluxes (Regional Workshop II)*, LOICZ Reports & Studies (pp. 59-64). Países Bajos: IGBP. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/281238131_RS_13_Mexican_and_Central_American_Coastal_Lagoon_Systems_Carbon_Nitrogen_and_Phosphorus_Fluxes_Regional_workshop_II
- Nixon, S. W. (1992). Quantifying the relationship between nitrogen input and the productivity of marine ecosystems. En M. Takahashi, K. Nakata y T.R. Parsons (Eds.), *Proceedings of Advances Marine Technology Conference (AMTEC)*, (5). (pp. 57-83), Tokio Japón.
- Pantoja, M.C. (1993). *Prevalencia del virus IHNV en poblaciones silvestres de camarón azul (Penaeus stylirostris) en la costa de Sonora, México*. (Tesis de maestría en Acuicultura). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas, Sonora, México.
- Pavía, E. G. y Badán, A. (1998). ENSO modulates rainfall in the Mediterranean Californias. *Geophysical Research Letters*, 25(20), 3855-3858.

- 22 El impacto del represamiento del Río Colorado en la pesquería del camarón en el Alto Golfo... Galindo Bect, M. S., Vázquez León, C. I. y Aguilar Montero, D.
- Pérez, A. E., Aragón, N. E. y Espinosa, C. L. (2009). Response of the shrimp population in the upper Gulf of California to fluctuations in discharges of the Colorado River. *CRUSTACEANA*, 82(5), 615-625. [doi:10.1163/156854009X404789](https://doi.org/10.1163/156854009X404789)
- Petrere, M., Giacomini, H. y de Marco Júnior, P. (2010). Catch-per-unit-effort: Which estimator is best? *Brazilian journal of biology - Revista brasileira de biologia*, 70(3), 483-91.
- Pritchard, D. y Schubel, J. (1981). *Physical and geological processes controlling nutrients levels in estuaries*. En: B.J. Neilson y L.E. Cronin (Eds), *Estuaries and Nutrients*, (pp. 47-69). EE.UU.: State University of New York at Stony Brook.
- Reddering, J. (1988). Prediction of the effects of reduced river discharge on the estuaries of the south-eastern Cape Province, South Africa. *South African Journal of Science*, 84, 726-730.
- Richards, F. A., Ketchum, B. H. y Richards, F. A. (1963). The influence of organisms on the composition of sea-water. En M.N. Hill (Ed.), *The Composition of Sea-Water Comparative and Descriptive Oceanography*, (pp. 26-77). Nueva York: Interscience Publishers
- Riley, J. P. y Chester, R. (1989). *Introducción a la Química Marina*. México: AGT Editor, S.A.
- Robinson, J. y Kenney, D. (2012). Equity and the Colorado river compact. *Environmental Law*, 42(4), 1157-1209.
- Rodríguez, C., Flessa, K. y Dettman, D. (2001). Effects of upstream diversion of Colorado River water on the estuarine bivalve mollusk *Mulinia coloradoensis*. *Conservation Biology*, 15(1), 249-258.
- Rodríguez de la Cruz, M. (1981). *Descripción de los estadios larvales de *Penaeus stylirostris* Stimpson, y sus diferencias con *Penaeus californiensis*, Holmes*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rosas, C. J., García, T. V. y González, C. R. (1996). *Análisis de la pesquería de camarón de altamar en San Felipe, B. C. durante la temporada de pesca 1999-1996*. Ensenada, Baja California: INP/Semarnap 2.
- Samaniego, L. M. (2008). El control del río Colorado como factor histórico. La necesidad de estudiar la relación tierra/agua. *Frontera Norte*, 20(40), 49-78.
- Schöne, B., Flessa, K., Dettman, D. y Goodwin, D. (2003). Upstream dams and downstream clams: growth rates of bivalve mollusks unveil impact of river management on estuarine ecosystems (Colorado River Delta, Mexico). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 58(4), 715-716.
- Snow, G., Adams, J. y Bate, G. (2000). Effect of river flow on estuarine microalgal biomass and distribution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 51(2), 255-266.

- Tadanobu, M. y Rodríguez, E. (1990). Stock assessment of penaeid shrimps in Peru and the influence of river discharge on the shrimp resource. *Journal of the Tokyo University of Fisheries*, 77(1), 9-19.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2004). *Gulf of California/Colorado River Basin GIWA Regional assessment*. Suecia: University of Kalmar.
- Váldez, G. C., Galindo Bect, M. S., Velázquez, M., Lutz, A., McGuire, T., Hernández, J., Martínez, C. (2013). *Pesquerías globalizadas*. México: El Colegio de Sonora/Universidad Autónoma de Baja California.
- Vázquez, C. I. (2019). Políticas públicas y el estado de crisis en la región del alto golfo de California, México. *Región y sociedad*, 31. 2-31. <https://doi.org/10.22198/rys2019/31/1227>
- Vázquez, L. C., Ferman, A. J., García, G. A. y Arredondo, G. C. (2012). Equidad distributiva del ingreso pesquero en la reserva de la biosfera Alto golfo de California y delta del Río Colorado en México. *Frontera Norte*. 24(47), 117-143. <https://doi.org/10.17428/rfn.v24i47.816>
- Wilhite, D. A. (2005). *Drought and Water Crises: Science, Technology, and Management Issues*. EE. UU.: CRC Press.