



Uso y disposición del agua en la acuicultura: ¿falta o exceso de regulación?

· Teoría y Praxis · ISSN 1870 1582 · Revista científica, indizada y arbitrada ·

Recibido: 20/04/2020 · Aceptado: 14/10/2020

Gabriel Esquivel López
El Colegio de Veracruz
Laura Celina Ruelas Monjardín*
Instituto Tecnológico Superior de Xalapa
Mariana Villada Canela
Universidad Autónoma de Baja California

Resumen

La importancia de la acuicultura para la alimentación a escalas internacional, nacional y local ha llevado a que su práctica se oriente hacia estrategias productivistas, que soslayan la dimensión ambiental. Esta situación se analiza en términos de las concesiones que solicitan las granjas acuícolas para el uso del agua y de los permisos de descarga de aguas residuales. En este contexto, el objetivo de este artículo es analizar en qué medida las regulaciones y los costos que rigen el uso del agua en la acuicultura en la región central de Veracruz han condicionado su aplicación, tanto en cuencas como en acuíferos. Para cumplir este objetivo se revisa el papel que tiene la acuicultura en la alimentación de la población rural, el marco legal del agua que rige la acuicultura en México, el nivel de cumplimiento y las causas que lo condicionan. Como área de estudio se toma la región central de Veracruz, porque puede ser representativa de la situación que enfrentan otras regiones del estado y del país en cuanto a falta o sobrerregulación de la actividad. Se analiza el Censo acuícola de Veracruz, el Registro Público de Derechos del Agua, de la Comisión Nacional del Agua, y la disponibilidad de agua por cuenca y acuífero. Se encontró que esta disponibilidad está en riesgo, por la falta de cumplimiento con los permisos para usos del agua, los costos y las descargas de granjas no reguladas. Esta situación se agudiza debido a que un alto porcentaje se ubica en zonas con disponibilidad limitada. De ahí que la política hídrica en materia de regulaciones deba tomar en cuenta las restricciones económicas y técnicas que enfrentan los productores para que su actividad no solo se rija por criterios productivistas, sino que también tome en cuenta la dimensión ambiental, porque el agua es el insumo principal que requieren en cantidad y calidad.

Palabras clave:

Economía ambiental y ecológica
Conservación y recursos renovables
Acuicultura
Regulación y Derecho Comercial

*Correspondencia: laura.rm@xalapa.tecnm.mx

<http://www.teoriaypraxis.uqroo.mx> · Núm. 29 · Septiembre - Diciembre 2020 · pp. 26-46 · Cozumel, MX

doi: 10.22403/UQROOMX/TYP29/02



Water use and disposal in aquaculture: lack or excess of regulation?

· Teoría y Praxis · ISSN 1870 1582 · Revista científica, indizada y arbitrada ·

Received: 20/04/2020 · Accepted: 14/10/2020

Gabriel Esquivel López
El Colegio de Veracruz
Laura Celina Ruelas Monjardín*
Instituto Tecnológico Superior de Xalapa
Mariana Villada Canela
Universidad Autónoma de Baja California

Abstract

The importance of aquaculture for feeding at the international, national and local scales have led its practice to be oriented towards productivist strategies that avoid the environmental dimension. This situation is analyzed in terms of the concessions that aquaculture farms request for the use of water and the permits for the discharge of wastewater. In this context, the objective of this article is to analyze to what extent the regulations and costs that govern the use of water in aquaculture in the central region of Veracruz have conditioned its application, both in basins and in aquifers. To meet this objective, the role of aquaculture in feeding the rural population, the legal framework of water that governs aquaculture in Mexico, the level of compliance and the causes that determine it are reviewed. The study area is the central region of Veracruz, because it can be representative of the situation faced by other regions of the state and the country in terms of lack or overregulation of the activity. The Veracruz aquaculture census, the Public Registry of Water Rights, of the National Water Commission, and the availability of water by basin and aquifer are analyzed. This availability was found to be at risk, due to lack of compliance with permits for water uses, costs and discharges from unregulated farms. This situation is exacerbated because a high percentage is located in areas with limited availability. Hence, the water policy in terms of regulations must take into account the economic and technical restrictions that producers face so that their activity is not only governed by productivist criteria, but also takes into account the environmental dimension, because water is the main input they require in quantity and quality.

Keywords:

Environmental and Ecological Economics
Renewable Resources and Conservation
Aquaculture
Regulation and Business Law

*Correspondence: laura.rm@vxalapa.tecnm.mx

<http://www.teoriaypraxis.uqroo.mx> · Núm. 29 · September - December 2020 · pp. 26.46 · Cozumel, MX

doi: 10.22403/UQROOMX/TYP29/02

Introducción

Es indudable que la acuicultura es una práctica productiva que se ha expandido a nivel mundial, incluso por encima de la pesca y el cultivo de granos. Su importancia como fuente de alimento para una población que, por necesidad o convicción, busca incrementar el consumo de proteína animal ha incidido en esta expansión. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) considera que es y será una fuente de alimentos para las presentes y futuras generaciones (FAO, 2020, p. 137), por lo que se espera que se consolide como una de las actividades socioeconómicas más promisorias del mundo (Rosales-Izunza y Acevedo-Valerio, 2012, p. 63).

En México, la acuicultura comenzó a impulsarse por la Ley Federal de Aguas de 1972 con los distritos acuícolas, sin tener pleno dominio de la técnica. Para la década de 1980 los centros acuícolas del gobierno se encargaron de dominar los ciclos de reproducción en especies de interés comercial y, una vez logrado, la iniciativa privada participó en los laboratorios de crías y granjas comerciales; el papel gubernamental fue subsidiar algunas granjas, junto a las entidades federativas y la inversión privada (Cuéllar-Lugo et al., 2018 y Esquivel y Ruelas, 2019) con programas como el de acuicultura rural de la entonces Secretaría del Medio Ambiente (Semarnap), y los de la Secretaría de Agricultura (Sagarpa). En el periodo 1996-2018, las granjas aumentaron de 1 135 a 9 190 (Semarnap, 1997a, p. 151 y Conapesca, 2020, p. 217). La mayoría fue para autosubsistencia, con el fin de complementar la dieta del campesino en los ejidos y minimizar la carencia de alimentos en la población con déficit en proteínas y escasos recursos (Avilés & Vásquez, 2006: 37 y Marañón et al., 2008, p. 148).

Históricamente, el papel de Veracruz en la acuicultura nacional ha sido de gran relevancia, al ser primer lugar nacional en producción acuícola acumulada en los últimos 30 años. Pasó de tener entre 49 a 125 granjas con Semarnap (1996-2000), a ocupar el primer lugar en número de granjas con 2 281 en el periodo 2010-2017, con la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (Conapesca). En 2018 ha visto reducida su participación, con un retroceso de 76% de las granjas (Conapesca, 2010-2018), señalando más la falta de actualización de registros que un abandono de la producción.

El crecimiento mundial de la acuicultura de más de 20 veces desde la década de 1980 (FAO, 2020, pp. 3-4), pone en evidencia su importancia como sector estratégico para la producción de alimentos en México y en el mundo (Anderson

et al., 2017, p. 159 y Cuéllar et al., 2018, p. 561). Sin embargo, lo anterior no amerita que se haya soslayado el impacto ambiental de la actividad, sobre todo en el recurso agua, insumo básico para su desarrollo (Esquivel y Ruelas, 2019, p. 34).

Los contaminantes producidos por la acuicultura han sido ampliamente documentados. Los agentes patógenos (Martínez-Córdoba et al., 2009, p. 186 y Olivas et al., 2010, pp. 7-21); el nitrógeno y el fósforo (Tucker & Hargreaves, 2012, pp. 218-222 y Vásquez et al., 2016, p. 15); la degradación bacteriana de materia orgánica disuelta (Kamjunke et al., 2017, pp. 1-12); los sólidos suspendidos totales (SST), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), así como los restos de medicamentos y químicos (Tavakol et al., 2017, p. 337 y Assefa y Abunna, 2018, pp. 5-6), son algunos de ellos. La FAO (2010) ha destacado que los efectos negativos por la vía de los efluentes son los de mayor frecuencia. Desde la década de 1970 fueron reportados (Summerfelt y Yin, 1974, pp. 74-75) y aún persisten (Ribeiro et al., 2016, p. 307 y Sosa et al., 2016, p. 193). A pesar de esta amplia documentación, y que México ha sido reconocido por su legislación en materia de agua, queda la interrogante de si su aplicabilidad tiene relación con el escaso o excesivo número de regulaciones en la materia de la acuicultura, y si debería considerar una diferenciación en su aplicación.

En México, la Ley de Aguas Nacionales [LAN] ha exentado la concesión del agua a las prácticas que se realicen en sistemas suspendidos sobre cuerpos de agua (DOF, 1992, p. 35) y, recientemente en su artículo tercero, ha reclasificado como uso no consuntivo la práctica acuícola que se lleva a cabo en sistemas de paso. Esto es, aquellos que obstruyen de forma temporal el flujo del agua superficial para la producción de las especies (DOF, 2016, p. 2). En cuanto a su impacto en la calidad, el Art. 192 de la Ley Federal de Derechos (DOF, 2019a, p.193) establece el permiso de descarga de aguas residuales. Aunque este último no considera los contaminantes emergentes (Rocha-Gutiérrez et al., 2015, p. 317). Asimismo, la materia orgánica, metales, nutrientes, sales y sedimentos se vigilan con parámetros establecidos desde 1996 que no integran el efluente acuícola. Sobre los patógenos, solo se vigila la presencia de coliformes fecales y huevos de helmintos (Semarnap, 1997b, p. 10).

En este artículo, se planteó como objetivo analizar en qué medida, las regulaciones y los costos que rigen el uso del agua en la acuicultura y sus descargas de aguas residuales en la región central de Veracruz han condicionado su aplicación tanto en cuencas como en acuíferos. Para ello se revisa el papel

que tiene la acuicultura en la alimentación de la población rural, el marco legal del agua que rige la acuicultura en México, el nivel de cumplimiento y las causas que lo condicionan.

Marco de referencia

La introducción de peces exóticos en el país, para 1970 representaba 50% de los peces cultivados y para el año 2000 ya ascendía a 65% (Rosas, 1976, p. 17), tuvo que ver -en mayor medida por políticas de organismos internacionales como la FAO- con aumentar la oferta de alimentos y así combatir la hambruna. Con este propósito, en México se llegó a tener 13 millones de organismos con fines de engorda en el periodo 1985 a 2000 (Sepesca, 1986; Sagarpa, 2001). Las investigaciones para el desarrollo científico y tecnológico de la acuicultura, de las décadas de 1960 y 1970, jugaron un papel fundamental en su orientación hacia la producción de alimentos. En consecuencia, contribuyeron a minimizar la carencia de alimentos en la población con déficit de proteína animal. A nivel internacional se ha reconocido que la acuicultura juega un papel fundamental para la alimentación al ayudar a producir más pescado (The World Bank [WB], 2013 y FAO, 2020). En México, la orientación de la acuicultura para la autosubsistencia tenía como fin complementar la dieta del campesino con la proteína barata, por lo que su éxito se evaluaba en términos de beneficio social (Marañón et al., 2008, p. 148). Esto es importante porque al 2018 se tenían 25.5 millones de personas con carencia alimentaria (Coneval, 2018). En Veracruz, un estado con este problema, la acuicultura se ha convertido en una opción para subsanarla, toda vez que es uno de los principales consumidores de pescado del país, con 10 000 toneladas anuales (Platas-Rosado et al., 2016, p. 2875). Sin embargo, esa orientación productiva con fines alimentarios generó externalidades. La calidad del agua es uno de los problemas más críticos y soslayados en México (García et al., 2016). Este problema persiste porque el reconocimiento de los beneficios de la acuicultura se ha dado a la par de la minimización de los impactos ambientales, en donde no solo se ignora el marco regulatorio, sino la problemática de su incumplimiento (Esquivel et al., 2019, p. 12). De ahí que existan inconformidades con el uso legal del agua con propuestas de ley “*ad hoc*” a los intereses del sector para no regular la calidad hídrica (Santinelli y Salazar, 2016, p. 58).

Métodos

En esta sección se presentan los métodos que se utilizaron para el cumplimiento del objetivo, así como el área de estudio que permitió el trabajo empírico.

Se utilizó como fuente de información primaria el documento inédito del Censo de Acuicultura de Veracruz del año 2010, de la Conapesca, que comprendió 154 de los 212 municipios de la entidad y que abarcó 49.67% de la superficie estatal. Las granjas identificadas en este estudio equivalen a 37% de las que se documentaron oficialmente en el anuario de pesca durante el periodo 2010-2017. En este lapso no varió el número de granjas reportadas. Posteriormente, se identificó el número y porcentaje de granjas que cumplen con el permiso de concesión de uso y descarga; se geoposicionó su ubicación en cuencas y acuíferos, para determinar si esta actividad se desarrolla en áreas con disponibilidad hídrica y si contribuyen al nivel de contaminación que ya presentan estos cuerpos de agua. Por último, se identificaron y analizaron los procedimientos regulatorios y los costos que deben cumplir los propietarios de las granjas.

El Censo consta de ocho variables de estudio: datos generales, legales, técnicos, socioeconómicos, sanitarios, genéticos, hídricos y de alimentación. En la fase de procesamiento solo se analizaron: a) número de granjas, b) coordenadas para su georreferenciación, y c) fuentes de agua utilizadas.

Como fuente de información secundaria se consultó el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA), de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), en los años 1994, 2016 y 2019. Se tomó como primer año 1994, porque la LAN vigente ubicaba en el lugar octavo (de 13 usos) a la acuicultura en orden de prelación del uso del agua. En 2016, entró en vigor el cambio de prelación en la LAN sobre el uso del agua para la acuicultura, al pasar al lugar quinto, en orden de prioridad para otorgarle la concesión. Se argumentaba que esa baja prelación inducía al no cumplimiento de la normativa, debido a elevados cobros por derechos de agua y descargas, así como a las exigencias de calidad en las descargas (Reyes, Gámez y Reyes, 2015, pp. 25-26), por lo que ese periodo se estuvo monitoreando en el REPDA, para detectar cambios en las solicitudes de concesión y descargas de aguas residuales. Para su análisis se identificaron los componentes de: a) concesión de uso del agua, b) año

de gestión, c) distribución geográfica, d) volumen de agua concesionada superficial y subterránea, e) volumen de descarga de aguas residuales y f) cuerpos de agua receptores. Esta información se complementó con el Censo a fin de contrastar los usos informados por los productores respecto de este registro, por medio de la ubicación de las granjas, los sitios de georreferencia y los nombres registrados del productor y del concesionario, a modo de depurar la base de datos, sumando un total de 842 granjas acuícolas.

Se digitalizaron y procesaron las ubicaciones de las granjas por medio del Sistema de Información Geográfica (SIG-ArcGis 10.3), con base en las coordenadas geográficas capturadas, con el fin de identificar las cuencas hidrográficas y los acuíferos, a través del traslape de capas temáticas.

Finalmente, se utilizaron los resultados de Esquivel et al. (2016, pp. 49-58), quienes clasificaron los costos atribuibles a esta regulación para el caso veracruzano, al ser un costo elevado en la pequeña acuicultura, y se relacionaron con las granjas identificadas en las cuencas y acuíferos, con base en la estratificación de la variable del Censo sobre el número de empleos, de acuerdo a la Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (DOF, 2019b, p. 2).

Área de estudio

Se tomó como caso de estudio las granjas acuícolas ubicadas en las cuencas y acuíferos de la zona centro del estado de Veracruz, que se ubican en las regiones hidrológicas (RH) 27 y 28. La RH 27 es la segunda en extensión dentro del estado, ocupa 25.70% del territorio y el tercer lugar en descarga fluvial, con 14 193 millones de m³, es decir, 13.39% del total estatal. La RH 28 ocupa 41.11% de la superficie estatal, es la que mayor descarga de agua recibe, con 44 829 millones de m³, es decir, 42.28% del estado (Pereyra, Pérez y Salas, 2010, p. 101); en términos poblacionales, es la que concentra el mayor número de habitantes.

En la condición de disponibilidad influye el que por estas regiones hidrológicas fluyan ocho de los 16 ríos más importantes de la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe (**Tabla 1**).

Tabla 1. Principales ríos de la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe

Río	Escurrimiento natural medio superficial (hm ³ /año)	Área de la cuenca (km ²)	Longitud del río (km)
Papaloapan	42 887	46 517	354
Tecolutla	6 098	7 903	375
Tonalá	3 995	5 679	82
Tuxpan	2 702	5 899	150
Nautla	2 218	2 785	124
La Antigua	2 145	2 827	139
Jamapa	2 055	4 061	368
Cazones	1 712	2 688	145

Fuente: con base en Conagua (2018, p. 46)

En cuanto a los 14 acuíferos, de un total de 18 que total o parcialmente se alojan en el estado, presentan veda de control, con alumbramiento suspendido y algunos, como los acuíferos Orizaba-Córdoba, Perote-Zalayeta y Sierra de San Andrés Tuxtla, presentan disponibilidad nula. El acuífero cuenca del río Papaloapan presenta una situación de déficit (-11.99 hm³/año).

Resultados y discusión

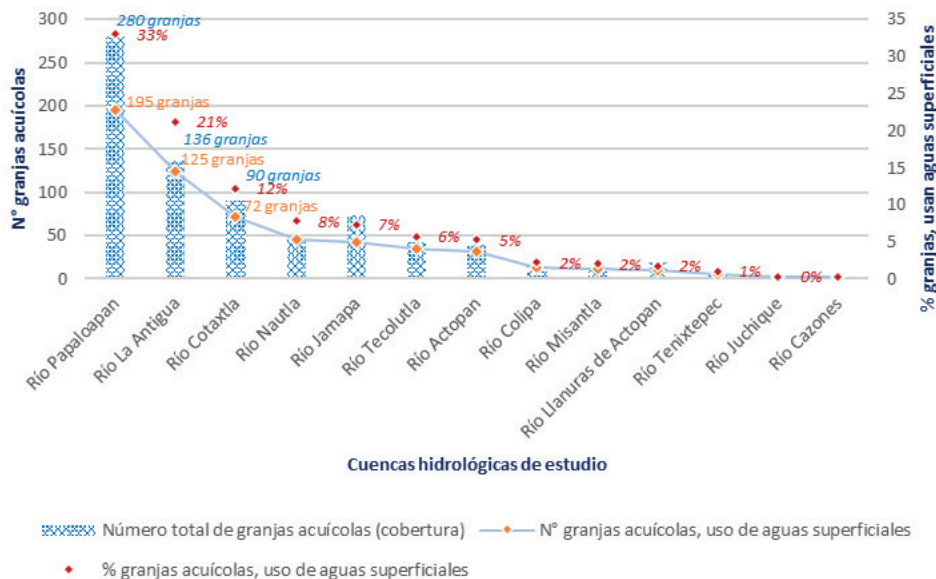
Uso del agua superficial y subterránea en la acuicultura

Se encontró que 77% de las granjas utiliza aguas superficiales y 23% depende de las aguas subterráneas. El 66% del uso superficial provino de tres cuencas: Papaloapan (33%), la Antigua (21%) y Cotaxtla (12%), con 195, 125 y 72 granjas, respectivamente (**Figura 1**). Para ilustrar espacialmente esta distribución de granjas en las cuencas, se muestra la **Figura 2**.

El 26% de las granjas (154 unidades) se localiza en cuencas que, en el periodo del estudio, se encontraban en veda. Puesto que 116 unidades se ubicaron en

el río La Antigua (en veda desde 1935) y 38 en el río Actopan (en veda desde 1948) (DOF, 2012a; 2012b). Aun cuando se están realizando las gestiones para el levantamiento de ambas vedas, el nuevo decreto no beneficiaría a la acuicultura porque el uso acuícola no está entre los usos prescritos para nuevas concesiones (DOF, 2018a). En situación similar se encuentra la cuenca del río Cotaxtla, la tercera con mayor número de granjas. En cuanto a las granjas que utilizan agua de los acuíferos, 71% de éstas hace uso de 5 de los 18 acuíferos, que son: Cotaxtla (24%), Los Naranjos (16%), Costera de Papaloapan (12%), Valle de Actopan (10%) y Costera de Veracruz (9%), con 42, 29, 21, 17 y 16 granjas, respectivamente; aunque hay granjas en los límites de las aguas del subsuelo (donde resaltan Cotaxtla, Costera de Veracruz y Martínez de la Torre) que solo utilizan el agua superficial (**Figura 3**). La distribución espacial de las granjas por acuíferos se muestra en la **Figura 4**.

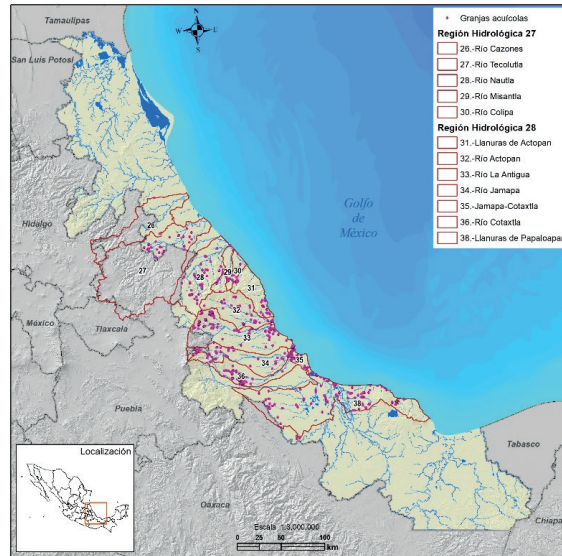
Figura 1. Proporción de granjas acuícolas que hacen uso del agua de sus cuencas. Región centro de Veracruz, México, 1994-2019



Fuente: elaboración propia con datos del Censo Acuícola para Veracruz

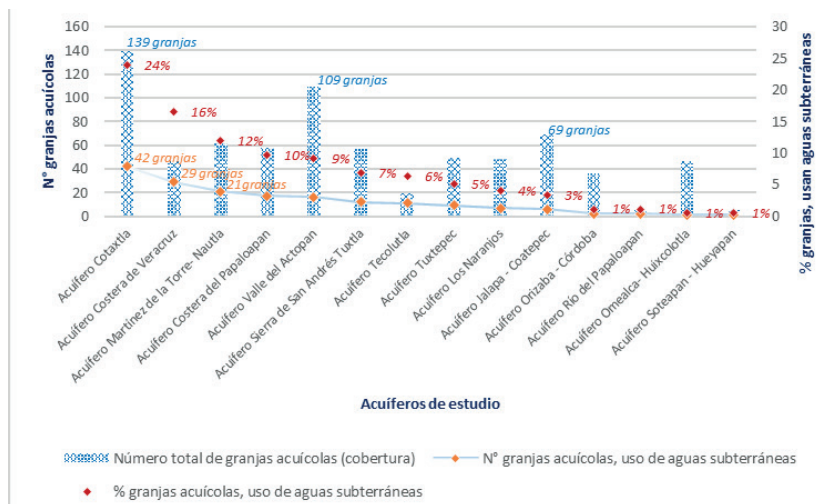
Un patrón semejante al de las aguas superficiales se observa con los acuíferos, donde 15 granjas (7.38%) se abastecen de acuíferos con problemas de disponibilidad (DOF, 2018b), como la costera del Papaloapan que se encuentra en veda de control y el de Orizaba-Córdoba que tiene agotamiento.

Figura 2. Distribución de granjas acuícolas que hacen uso del agua en cuencas. Región centro de Veracruz, México, 1994-2019



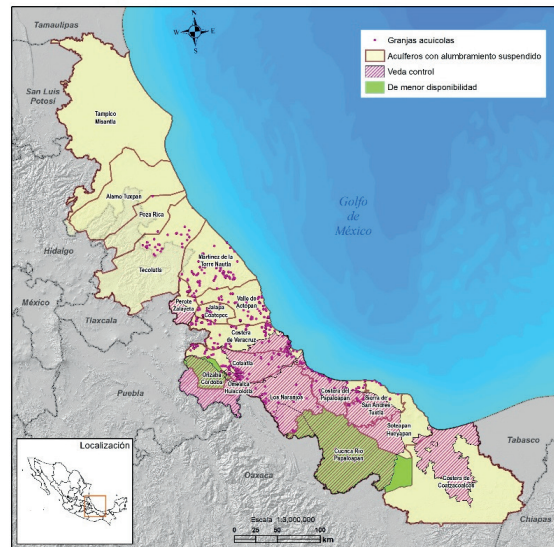
Fuente: elaboración propia con datos del Censo Acuícola para Veracruz

Figura 3. Proporción de granjas acuícolas que hacen uso del agua de acuíferos. Región centro de Veracruz, México, 1994-2019



Fuente: elaboración propia con datos del Censo Acuícola para Veracruz

Figura 4. Distribución de granjas acuícolas que hacen uso del agua en acuíferos. Región centro de Veracruz, México, 1994-2019



Fuente: elaboración propia con datos del Censo Acuícola para Veracruz

El establecimiento de granjas acuícolas en zonas con limitada disponibilidad de agua se vuelve aún más crítica si se toma en cuenta que la mayoría no solicita permisos para el uso y descarga de aguas residuales, por lo que podrían estar contribuyendo al sobreconcesionamiento.

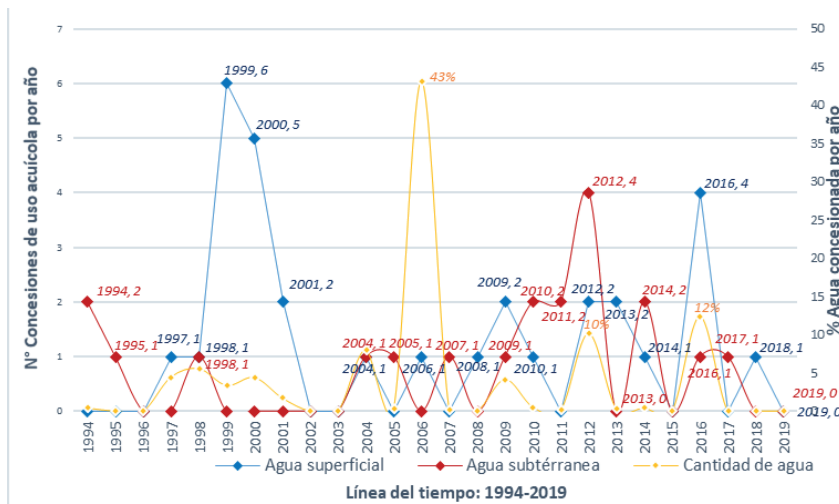
Solicitud de concesiones de agua de la acuicultura en el periodo 1994–2019

En un periodo de 25 años (1994-2019), en la zona de estudio, únicamente se solicitaron 1.24 concesiones en promedio por año para uso de aguas superficiales, con dos picos de gestión: en 1999 y 2000. Un promedio similar se presentó para aguas subterráneas, con 0.8 concesiones por año para el mismo periodo. Al 2006, se había concesionado 43% de la cantidad total de agua de uso acuícola que existe al día de hoy, y 10 años más tarde, se actualizó una concesión que por sí misma representa 12% del total de agua concesionada para este uso en la zona (**Figura 5**).

Como puede observarse, 93.35% de los propietarios opera al margen de la Ley, no cumple con su obligación de solicitar la concesión. Eso equivale a que de 77% de quienes utilizan aguas superficiales, solo 5.24% lo hace de forma legal.

La situación es más grave si se toma en cuenta que se da 100% de cumplimientos en cuencas como la del río Juchique, que contiene menos granjas, mientras que en donde existen más, como La Antigua, Actopan, Papaloapan, Nautla y Jamapa, este porcentaje es mínimo, ya que va de 4.34% a 16.12%. La cuenca del Nautla, La Antigua, Jamapa y Papaloapan presentan condiciones de hipoxia (Caso y Garrido, 2010, p. 168), por lo que las descargas contribuyen a deteriorar su calidad.

Figura 5. Concesiones de aguas superficiales y subterráneas de uso acuícola. Región centro de Veracruz, México, 1994-2019



Fuente: Elaboración propia con datos de Conagua (2019)

En cuanto al uso del agua, una de las dos cuencas (La Antigua), que aportó el segundo mayor volumen de agua concesionada para la acuicultura está en situación de veda. La cuenca del Papaloapan utilizó 66.8% (31 631 898 m³ por año) del volumen de agua superficial que se concesionó en las cuencas de la región. En orden de importancia, le siguieron el acuífero Cotaxtla y la cuenca de La Antigua con 12.6% y 8.7% (5 977 790 y 4 102 050.57 m³ por año). Los acuíferos representan la menor fuente de agua concesionada, 70.95% se concentra en los acuíferos del Cotaxtla, los Naranjos y Costera de Veracruz, con 549 278 398 177 y 319 719 m³ por año.

Existen cuencas, como la de Cazones, Colipa, Cotaxtla, Llanuras de Actopan, Misantla, Tecolutla y Tenixtepec donde a pesar de contar con granjas que

hacen uso del agua, no han solicitado alguna concesión. En cuanto a los acuíferos, solo en 7 de 14 se identificaron concesiones. Esto significa que de 23% de las granjas que usan agua subterránea, solo 11.36% opera con una concesión. Las granjas ubicadas en los acuíferos Costera de Veracruz, Sierra de San Andrés Tuxtla, Cotaxtla y los Naranjos son las que presentan un nivel de cumplimiento que va de 4.76% a 25%. Los acuíferos en donde no hay concesiones para el uso del agua subterránea, a pesar de realizar la actividad, son: Jalapa-Coatepec, Martínez de la Torre-Nautla, Orizaba-Córdoba, Omealca-Huixcolotla, Papaloapan, Sotepan-Hueyapan, Tecolutla y Tuxtepec, lo que pone en riesgo de contaminación y de no renovabilidad del agua -los acuíferos Orizaba-Córdoba y el Papaloapan- porque presentan agotamiento y la extracción supera la recarga anual (Conagua, 2015).

Causas del incumplimiento en el uso del agua de la acuicultura

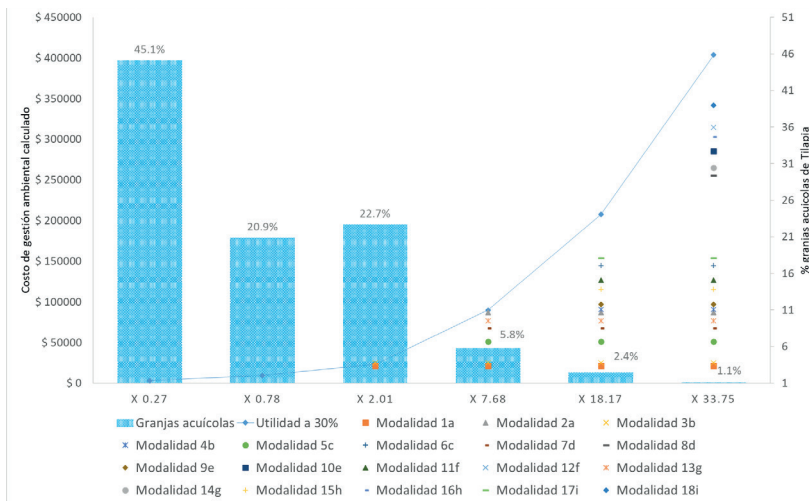
La escasa importancia dada a la gestión del uso del agua por la acuicultura puede explicarse por dos factores. El primero, por el nivel de prelación tan bajo que tuvo la acuicultura en la LAN durante el periodo 1992-2015, al ubicarse en el octavo de los 13 usos que considera la Ley. En 2016, se le da mayor prioridad al ubicarlo en quinto lugar, sitio que ocupaba el uso ecológico o ambiental (DOF, 2016: 104). Segundo, porque para el acceso y el uso de la concesión del agua se debe cumplir el prerrequisito del permiso de impacto ambiental, y ello implica una serie de trámites y costos que la mayoría no realiza (Esquivel et al., 2018, p. 124).

Esta complejidad en la gestión ambiental ha orillado incluso a quienes producen la tilapia y la trucha arcoíris, que están en los primeros lugares de producción, a que hagan caso omiso de la ley. Se muestra para el caso de la tilapia que solo 2.26% de las granjas cumple con la legislación, y en el de la trucha solamente 0.34%, a pesar de que ambos productos están considerados como exóticos invasivos (Esquivel y Ruelas, 2018, p. 86). De ahí que la legislación deba tomar en cuenta tal situación, para que estos sectores preponderantes se desarrollen acorde con la ley (DOF, 2018c, p. 24).

Para obtener la concesión hay otra serie de trámites requeridos: la gestión, el pago de derechos y los derivados de las obligaciones de su uso (DOF, 2019a, pp. 110 y 118). Esquivel et al. (2016, p. 50) los clasificaron en nueve modalidades para el caso de las granjas de tilapia (cada una dividida en costos mínimos y máximos); dos a partir de la excepción de Impacto Ambiental (1-2a, 3-4b); una a partir del Informe preventivo (5-6c); seis a partir de la MIA: tres de tipo

particular (7-8d, 9-10e y 11-12f), y tres de tipo regional (13-14g, 15-16h, y 17-18i), según el nivel de riesgo mínimo, medio y alto. Para cubrir tales requisitos se tenían que producir de 2.01 ya 2.25 ton por año, alcanzadas solo por las primeras modalidades de la excepción; sin embargo, estas modalidades no son aptas para la acuicultura comercial que tradicionalmente se desarrolla según lo establecido en la ley, por lo que el promedio estimado a partir de las 4.5 ton anuales fue el más apto. Eso significa que 88% de los acuicultores de tilapia quedó fuera de esta posibilidad (**Figura 6**).

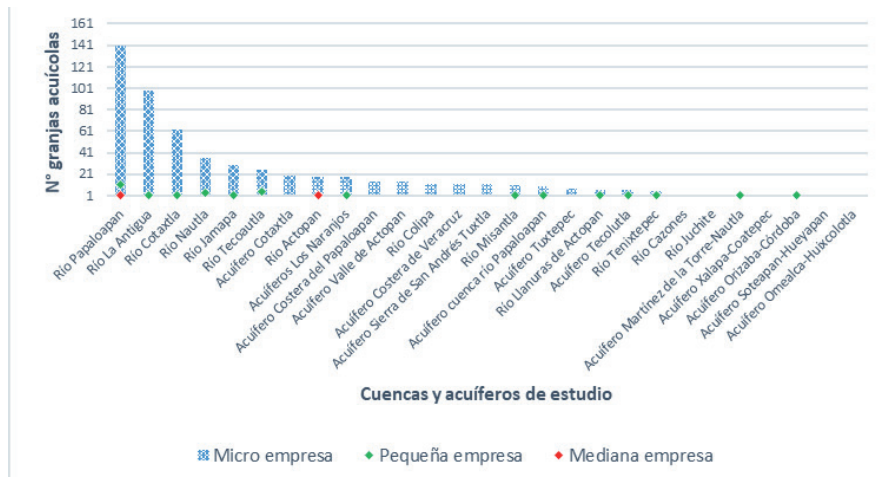
Figura 6. Granjas acuícolas vulnerables al costo ambiental (incluidos los permisos del agua y análisis certificados). Región centro de Veracruz, México, 1994-2019



Fuente: elaboración propia con datos del Censo Acuícola para Veracruz y Esquivel et al., (2016)

Los costos atribuibles al acceso y uso del agua en la acuicultura son una de las causas que dificultan el cumplimiento de la legislación en los productores de menores ingresos. En este sentido, en el ejemplo anterior de tilapia, 99% era microempresario y 1%, pequeño empresario; si bien para todas las granjas y especies de la zona el promedio fue de 93% microempresario, y 6% y 1% de la pequeña y mediana empresa, respectivamente. Esta estratificación se distribuye principalmente en los ríos Papaloapan, La Antigua y Cotaxtla, Nautla, Jamapa y Tecolutla (**Figura 7**). Tal situación ha llevado a que no solo no se solicite la concesión de uso, sino tampoco el permiso de descarga.

Figura 7. Granjas acuícolas clasificadas con base en la estratificación de la micro, pequeña y mediana empresa. Región centro de Veracruz, México, 1994-2019



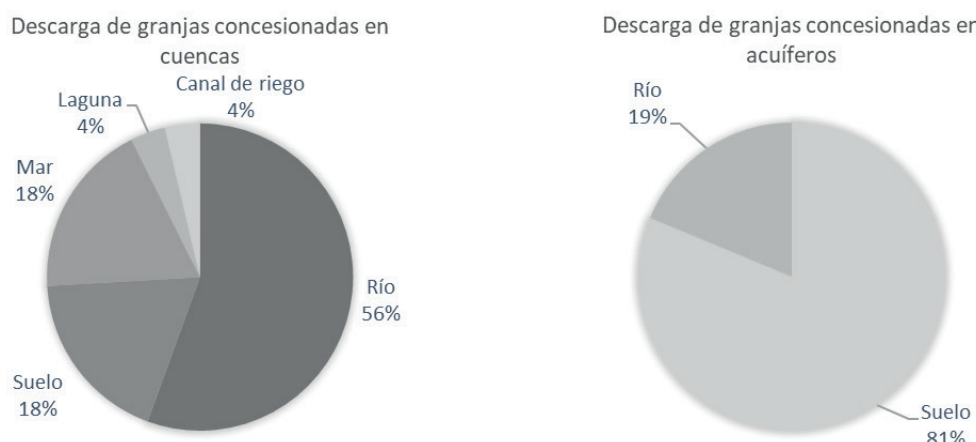
Fuente: elaboración propia con datos del Censo Acuícola para Veracruz

Vulnerabilidad en calidad del agua

Los efluentes de granjas concesionadas ubicadas en las cuencas se descargan principalmente en las aguas superficiales (82%); en la mayoría de los ríos, excepto el Cotaxtla, Llanuras de Actopan y Juchique (56%), arroyos de las cuencas Papaloapan, La Antigua y Jamapa (18% c/u), canales de riego y lagunas (4% c/u), y en menor proporción se hace en suelos (18%); y para las granjas ubicadas en los acuíferos, en su mayoría descargan en suelos (81%), excepto en los de la Costera de Papaloapan, Cotaxtla y los Naranjos, donde se descargan en ríos (19%) (**Figura 8**).

Prueba de lo anterior es que del total de las 51 concesiones de uso del agua en la zona de estudio solo 44 cuentan con el permiso de descarga; esto significa que 34 799 007 m³ de agua por año se descargan bajo un permiso (81%), y 7 250 806 m³, sin permiso (13.73%). Para tener este dato en perspectiva, conviene señalar que 93.35% de las granjas no cuenta con la concesión. Esto indica que, si bien se conocen los afluentes, se desconocen los cuerpos receptores donde descargan. Esta situación puede contribuir a deteriorar la calidad del agua que experimentan las cuencas de la RH 28, como la de La Antigua, donde la cafecultura vierte sus aguas residuales sin tratamiento previo (Ruelas, Arias y Rodríguez, 2020).

Figura 8. Recepción de cuerpos de aguas residuales de granjas acuícolas concesionadas en cuencas y acuíferos. Región centro de Veracruz, México, 1994-2019



Fuente: elaboración propia con datos de Conagua (2019)

Conclusiones

El presente artículo muestra que la acuicultura, aun cuando haga un uso no consuntivo del agua para el desarrollo de su actividad, debe regirse por las regulaciones ambientales en la materia. Su incumplimiento pone en riesgo el insumo principal de la actividad, que es el agua, en cantidad y calidad adecuada. El caso de la acuicultura en la región centro del estado de Veracruz, muestra que, a pesar de desarrollarse en RH y acuíferos con disponibilidad hídrica, enfrenta problemas de escasez y contaminación en ciertas cuencas y acuíferos. Se mostró que el desarrollo de la acuicultura da por sentada la disponibilidad del agua, sin tomar en consideración la legislación que busca regular su uso y descargas. El resultado de las concesiones en los últimos 25 años de gestiones ejercidas (1994-2019) es insostenible, dado el bajo cumplimiento de la LAN por parte de las granjas evaluadas, ya que, al desconocer los cuerpos receptores de las descargas sin tratar, aumentan el riesgo a las cuencas y acuíferos, que ya presentan problemas de disponibilidad, contaminación y en umbral de equilibrio. Esto representa un problema que debe ser considerado en la planeación hídrica regional del estado de Veracruz.

El actual régimen del agua para la acuicultura no es viable. Para cambiar el panorama de la acuicultura no regulada en México, como sucede en este estudio de caso, se deben realizar una serie de cambios radicales en las formas de producir, administrar y regir la acuicultura, mediante la complementación de las políticas públicas en favor de la acuicultura y el agua, los costos que debe solventar el productor, así como considerar las limitaciones ambientales del recurso agua, como un bien común, escaso y finito. De ahí que este artículo pretenda aportar elementos para la toma de decisiones de gobierno, en cuanto a que el factor agua sea una limitante o una oportunidad para la localización de nuevas granjas en zonas menos vulnerables, y la minimización de los impactos por efluentes respecto a la gestión del agua en la acuicultura.

Agradecimientos

Se agradece a los Dres. Lorenzo Reta M. y Alberto Asiain H. por facilitar el Censo “Caracterización y diagnóstico de la acuicultura en Veracruz”, Colegio de Postgraduados – CONAPESCA, México.

Referencias

- Anderson, J. L., Asche F., Garlock T., y Chu, J. (2017). Aquaculture: Its role in the future of food. *World Agricultural Resources and Food Security*, 17, 159-173.
- Assefa, A. y Abunna, F. (2018). Maintenance of fish health in aquaculture: Review of epidemiological approaches for prevention and control of infectious disease of fish. *Veterinary Medicine International*. Article ID 5432497. doi: 10.1155/2018/5432497
- Avilés, Q. S. y Vásquez, H. M. (2006). Fortalezas y debilidades de la acuicultura en México. En: P. Guzmán A. y D. Fuentes C. Pesca, acuicultura e investigación en México. México: Cámara de Diputados, Comisión de Pesca, CEDRSSA, pp. 69-86.
- Caso, M., y Garrido, A. (2010). Impacto potencial de las aguas continentales en la zona costera de México. En: H. Cotler (coord.) Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. CDMX, México: SEMARNAT, INECOL, Fundación Gonzalo Río Arronte, pp.162-169.
- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua (2015). Programa hídrico del estado de Veracruz (2014-2018). México: CONAGUA.
- (2018). Estadísticas del Agua en México. (edición 2018). México: CONAGUA.
- (2019). Registro Público de Derechos del Agua. [en línea]. México: CONAGUA. <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>
- CONAPESCA. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (edición 2010). Anuario estadístico pesquero (2010). México: CONAPESCA.
- (2020). Anuario estadístico pesquero (edición 2018). México: CONAPESCA.
- CONEVAL. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2018). Medición de la pobreza. [en línea]. México: CONEVAL. <https://www.coneval.org.mx/>
- Cuéllar-Lugo, M B., Asiain-Hoyos, A., Juárez-Sánchez, J. P., Reta-Mendiola, J. L. & Gallardo-López, F. (2018). Evolución normativa e institucional de la acuicultura en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15, 541-564.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. (1992). Ley de Aguas Nacionales. [en línea]. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan/LAN_orig_01dic92_ima.pdf
- (2012a). Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Cuenca Hidrológica Río La Antigua de la Región Hidrológica Papaloapan A. [en línea]. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5227831
- (2012b). Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales superficiales de la Cuenca Hidrológica Río Actopan de la Región Hidrológica Papaloapan A. [en línea]. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5227831
- (2013). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de aguas

- superficiales en las cuencas hidrológicas Río Actopan, Río La Antigua, Río Jamapa, Río Cotaxtla, Jamapa-Cotaxtla y Llanuras de Actopan, mismas que forman parte de la Subregión Hidrológica Papaloapan A de la Región Hidrológica 28 Papaloapan. [en línea]. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5303163
- (2016). Ley de Aguas Nacionales. [en línea]. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf
 - (2018a). Decreto por el que se suprimen las vedas existentes en las cuencas hidrológicas Río Actopan y Río La Antigua, de la Subregión Hidrológica Papaloapan A, de la Región Hidrológica número 28 Papaloapan, y se establecen zonas de reserva de aguas superficiales para los usos doméstico, público urbano y ambiental o para conservación ecológica en las mismas cuencas hidrológicas. [en línea]. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525357&fecha=06/06/2018&print=true
 - (2018b). Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. [en línea]. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018
 - (2018c). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. [en línea]. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf
 - (2019a). Ley Federal de Derechos. [en línea]. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/107_281219.pdf
 - (2019b). Ley para el Desarrollo de la Competitividad de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa. [en línea]. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/247_130819.pdf
- Esquivel, L. G., Ruelas, M. L. C., Reta, M. J. L., Asiain, H. A., y Villada, C. M. (2016). Análisis del costo de gestión ambiental del sector acuícola en Veracruz. En: Gallardo, D. F. Innovando el Agro Veracruzano 2016. Frente a los retos de la relación Sociedad-Naturaleza. Veracruz, México: Colegio de Postgraduados, pp. 38-70.
- Esquivel, L. G., Ruelas, M. L. C. y Villada, C. M. (2018). Gestión ambiental en la acuicultura de Veracruz, México. En: Hernández C. N., Ruelas M. L. C. y Nava T. M. E. Sustentabilidad del desarrollo: desafíos y propuestas. Veracruz, México: El Colegio de Veracruz. SEV., pp.113-130.
- (2019). Los retos de la gestión en el uso del agua de la acuicultura mexicana. En: Libro de Resúmenes del I Congreso Latinoamericano y V Congreso Nacional de Manejo de Cuencas. México. CIEMAD, IPN. Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. Red Mexicana de Cuencas, 12 pp.
- Esquivel, L. G., y Ruelas, M. L. C. (2019). Propuestas para impulsar el desarrollo sustentable de la acuicultura mexicana. Un análisis a través de los paradigmas de manejo ambiental. México: Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.

- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2020). El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura (2020). [en línea]. Roma: Departamento de Pesca y Acuicultura. <http://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>
- (2010). El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2010. [en línea]. Roma: Departamento de Pesca y Acuicultura. <http://www.fao.org/3/a-i1820s.pdf>
- García-García, P.L., Ruelas-Monjardín L.C. and Marín-Muñiz J.L. 2016. Constructed wetlands: a solution to water quality issues in Mexico. *Water Policy*, 18, 654-669. <https://doi.org/10.2166/wp.2015.172>
- Kamjunke, N., Nimptsch, J., Harir, M., Herzsprung, P., Schmitt-Kopplin, P., and Neu, T.R. (2017). Land-based salmon aquacultures change the quality and bacterial degradation of riverine dissolved organic matter. *Scientific Reports*, 7, 43739. <https://doi.org/10.1038/srep43739>
- Marañón, H. S., Chávez, C. J. M., Martínez, E. D. y Ruelas, M. L. C. (2008). Los modelos de manejo del agua y su influencia en las políticas de los procesos acuícolas. Estudio de caso: la piscicultura de ornato en el estado de Morelos, México. *Ingeniería Hidráulica en México*, 23(4), 145-159.
- Martínez-Córdova, L. R., Martínez P. M. y Cortés-Jacinto, E. (2009). Camaronicultura mexicana y mundial: ¿actividad sustentable o industria contaminante? *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 25, 181-196.
- Olivas V., J. Á., Cáceres M., J. y Vásquez Y. R. (2010). Patógenos que afectan el cultivo de *Litopenaeus vannamei* en ambiente marino y dulceacuícola en el estado de Baja California, México. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 11, 1-25.
- Pereyra D., A. Pérez S., J.A.A. y Salas O., M.R. (2010). Hidrología. En: Florescano, E. y Ortíz E. J. (coord.). *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*. México: Gobierno del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana, Universidad Veracruzana, 85-122.
- Platas-Rosado, D., Hernández-Arzaba, J., Preza-Lagunes, L., y González-Reynoso, L. (2016). El cambio climático global: impacto y adaptación de la acuicultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7, 2875-2882.
- Reyes D., A., Gámez F., H. y Reyes L., P. (2015). Marco jurídico normativo para el desarrollo de la acuicultura en México. México: CEDRSSA.
- Ribeiro, L., Gilmar, E., Barros, F., and Hatje, V. (2016). Impacts of shrimp farming cultivation cycles on macrobenthic assemblages and chemistry of sediments. *Environmental Pollution*, 211, 307-315.
- Rocha-Gutiérrez, B. A., Peralta-Pérez, M. R. & Zavala-Díaz, F. J. (2015). Revisión global de los contaminantes emergentes PBDE y el caso particular de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31, 311-320.
- Rosales-Izunza, S., y Acevedo-Valerio V. (2012). Reflexiones para el diseño de una política acuícola exitosa en México. *Región y Sociedad*, 24, 63-96.
- Rosas, M. (1976). *Peces dulce-acuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo*. México: CEES del Tercer Mundo.

- Ruelas M., L.C., Arias, R.M. y Rodríguez R., L. (2020). Impacto de la cafecultura en la contaminación del agua. En: G. Ortega, D. Fabre y. Cano (cords.) Dialogando lo Ambiental, compartiendo experiencias e intercambiando saberes. México: Ed. Resistencia y SEDEMA, 291-306.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2001). Anuario Estadístico de Pesca (edición 2000). México: SAGARPA-CONAPESCA.
- Santinelli, J. y Salazar J. (2016). Concatenación del marco legal aplicable a la acuicultura para impulsar la soberanía alimentaria. [en línea]. México: CEDRSSA. www.cedrssa.gob.mx.
- SEMARNAP. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (1997a). Anuario estadístico de pesca (edición 1996). México: SEMARNAP.
- (1997b). NOM-001-SEMARNAT-1996. [en línea]. México: SEMARNAP. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997
- SEPESCA. Secretaría de Pesca (1986). Anuario estadístico de Pesca (edición 1985). México: SEPESCA.
- Sosa-Villalobos, C. A., Castañeda-Chávez, M.R., Amaro-Espejo, I. A., Galaviz-Villa, I., y Lango-Reynoso, F. (2016). Diagnosis of the current state of aquaculture production systems with the environment in Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44, 193-201.
- Summerfelt, R. C. y Yin, S. C. (1974). Paunch Manure as a Feed Supplement in Channel Catfish Farming. Washington: United States Environmental Protection Agency.
- Tavakol, M., Arjmandi, R., Shayeghi, M., Monavari, S. M., y Karbassi, A. (2017). Determining multivariate analysis sampling frequency for monitoring contamination caused by trout farms. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26, 337-346.
- Tucker, C., & Hargreaves, J. (2012). Ponds. En: Tidwell James, H. *Aquaculture production Systems*. Estados Unidos: WileyBlackwell.
- Vásquez, Q. W., Talavera N. M. & Inga G. M. (2016). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa – Puno. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81, 15-28.
- WB. World Bank (2013). Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture. Agriculture and environmental services discussion paper. [en línea]. Washington, DC: WB. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17579>