

Problemática Ambiental de la Actividad Piscícola en el Estado de Hidalgo, México

Velasco Amaro, P. I.¹, Calvario Martínez, O.², Pulido Flores, G.³, Acevedo Sandoval, O.⁴, Castro Rosas, J.¹, Román-Gutiérrez, A. D.¹

Fecha de recepción 13 de septiembre de 2012 – Fecha de aprobación 10 de diciembre de 2012

RESUMEN

La actividad acuícola en los últimos 20 años ha experimentado un crecimiento acelerado en el mundo, representando fuente exitosa de ingresos y alimentos. Diversos estudios han demostrado que es una actividad poco sustentable al impactar cuerpos de agua receptores con sus efluentes. Hidalgo representa una potencia en el cultivo de peces, siendo el segundo lugar en producción a nivel nacional, por lo que es necesario contar con información actualizada de la actividad acuícola. El objetivo es evaluar la actividad piscícola en el Estado y estimar el potencial de impacto ambiental. Se generó una base de datos de las Unidades de Producción Acuícolas registradas ante las secretarías estatales, la cual se dividió en base a los Distritos de Desarrollo Rural, intensidad de cultivo y grado de marginación de la zona, realizándose un cálculo teórico de la producción residual de nitrógeno y fósforo con base en la producción anual. El estudio contempla 610 unidades de producción acuícola para el año 2011, superficie de cultivo de 48 hectáreas, dedicadas a engorda (>95%), densidad promedio de 6.14 org/m² y producción de 446 toneladas de producto fresco. Los resultados obtenidos muestran que 7% cuentan con estudio de impacto ambiental, 41% Registro Nacional de Pesca y 22% concesión de uso de agua, no se realiza muestreo ambiental. Al año se vierten 17 t de nitrógeno y 6 t de fósforo a los cuerpos de agua adyacentes, representando un impacto en los cuerpos receptores donde descarguen unidades con producción mayor a 10 t/año.

Palabras claves: acuicultura, residuos, peces

Environmental Problems of Fish Farming in Hidalgo, Mexico

ABSTRACT

In the last 20 years, aquaculture has undergone an accelerated growth in the world, representing a successful source of income and food. However, many studies have demonstrated that it is not a sustainable activity, due to wastewater discharge to natural water bodies without previous treatment. Hidalgo has a key role in fish farming, being the second place at national level, thus it is necessary to have updated information about aquaculture. The objective is to evaluate the aquaculture at state level in order to estimate the environmental impact. A database of the aquaculture production units registered with the corresponding state secretariats was generated based on the farming intensity and the level of marginalization. A theoretical calculation of the residual production of nitrogen and phosphorus was performed based on the annual production. There are 610 units of aquaculture production for the year 2011, 48 hectares of cultivation area, dedicated to fattening (>95 %), mean density of 6.14 org/m² and production of 446 tons of fresh product. Results obtained showed that 7% have environmental impact study, 41% have National Register fishing and 22% have concession of water use, but environmental sampling is not performed. Every year 17 t of nitrogen and 6 t of phosphorus are release to the natural water bodies, and this may represent an impact to the body receptors where production is greater than 10 t/year

Keywords: aquaculture, waste, fish

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Químicas. Correo electrónico: aroman@uaeh.edu.mx.

² CIAD/Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental. AP.711, Mazatlán, Sin., México 82000, Teléfono: (669) 9898700, ext 248

³ Centro de Investigaciones Biológicas

⁴ Área Académica de Ciencias de la Tierra y los Materiales de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria Carretera Pachuca – Tulancingo Km. 4.5. s/n Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo. Tel: (771)7172000 ext. 2514

Nota: El período de discusión está abierto hasta el 1° de julio de 2013. Este artículo de investigación es parte de Ingeniería–Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 16, No.3, 2012, ISSN 1665-529-X.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad que en las últimas décadas se ha incrementado, ya que representa una fuente de ingresos y medio de subsistencia para millones de personas (FAO 2010), siendo la actividad de producción de proteína animal con mayor crecimiento anual (6.6 %). México a nivel mundial ocupa el lugar 24 en producción acuícola y esta genera más de 16 % de la producción pesquera nacional (CONAPESCA 2011; NOTIMEX 2011). En el territorio nacional la producción acuícola se concentra en los estados de Sonora, Sinaloa, Veracruz, Tabasco, Jalisco, Estado de México y Nayarit, y se han identificado un gran número de unidades de producción acuícola en Michoacán, Guerrero, Yucatán, Guanajuato, Hidalgo, Morelos y Puebla (NOTIMEX 2011). Una de las principales críticas a la actividad acuícola, es la de ser una actividad poco sustentable ya que ocasiona importantes impactos ambientales (Martínez *et al.* 2009; Somer 2009). El impacto ambiental más frecuente es la contaminación de los cuerpos de aguas naturales con nutrientes y materia orgánica debido a la descarga de efluentes no tratados (Bushman 2001; Sipaúba-Tavares *et al.* 2002; Barón *et al.* 2004; Bushmann y Fortt 2005; Pardo *et al.* 2006; Marinho *et al.* 2009; Martínez *et al.* 2009). Sin embargo, es difícil determinar el impacto aislado de los efluentes de la acuicultura en el medio ambiente, ya que existe la interacción con factores ambientales (Bushman 2001; Bushmann y Fortt 2005).

La literatura especializada muestra diversos esfuerzos por calcular teóricamente el aporte de nutrientes que representan las actividades acuícolas a los sistemas acuáticos, tomando como base el incremento de peso total, ingestión de alimento y retención de nutrientes, tasa de alimentación y los residuos que se pueden generar a partir de esta, observando que los datos obtenidos por estimación son muy similares a los encontrados en muestreos ambientales o incluso por debajo de la descarga real (Bergheim y Asgard 1996; Jover 2000; Bureau *et al.* 2003; Sindilariu 2007). Kestemont (1995) realizó una evaluación del poder contaminante de los sistemas de producción en cultivos de trucha, concluyendo que todos generan problemas ambientales. Cao *et al.* (2007) determinó que la actividad acuícola contribuye en gran medida al deterioro de las costas de China. Mariano *et al.* (2010) observaron el deterioro del agua en siete lagunas altoandinas en Judín, Perú, en un periodo de 12 años ocasionado por la acumulación de materia orgánica del cultivo intensivo de trucha arco iris.

En México, el desarrollo de la acuicultura está enmarcado en la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable, la cual establece los principios para ordenar, fomentar y regular el manejo integral y aprovechamiento sustentable de la actividad. Adicionalmente la actividad está sujeta a otras regulaciones de carácter federal, contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente, Ley de Aguas Nacionales, Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales y la Ley Federal de Derechos, que establecen la obligación de contar con una evaluación del impacto ambiental previa a la realización del proyecto, concesión de uso de agua y con obras de tratamiento previas a la descarga de agua para evitar la contaminación de cuerpos de aguas receptores. La norma oficial NOM-001-SEMARNAT-1996, establece los límites máximos permisibles de descargas a cuerpos de agua naturales y considera como contaminantes básicos al nitrógeno, fósforo, sólidos suspendidos totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, entre otros. El estado de Hidalgo representa una potencia en el cultivo de peces dentro de los estados sin litoral a nivel nacional, siendo el segundo lugar de producción acuícola para el 2011, por lo que es necesario contar con información actualizada del sector: sistemas de producción y normatividad. El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación de la situación actual de la piscicultura en el estado de Hidalgo, tomando como indicadores los sistemas de producción, grado de marginación y cumplimiento con la normatividad vigente con la finalidad de estimar su potencial de impacto ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se inició en generando una base de datos con información referente a las Unidades de Producción de Acuícolas (UPA) registradas en la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en el Estado de Hidalgo; para lo cual se accedió a bases de la misma Secretaría, Comité Acuícola Hidalguense de Sanidad A.C. y Sector Pesquero del Estado, registrando datos generales de producción y cumplimiento con la normatividad vigente. La base de datos se dividió tomando en cuenta los Distritos de Desarrollo Rural (DDR), (Fig. 1) propuesto por SAGARPA, la intensidad de cultivo y el grado de marginación de la zona en donde se encuentran ubicadas. Los DDR considerados son: Huejutla (01), Zacultipan (02), Tulancingo (03), Pachuca (04), Mixquiahuala (05) y Huichapan (06).

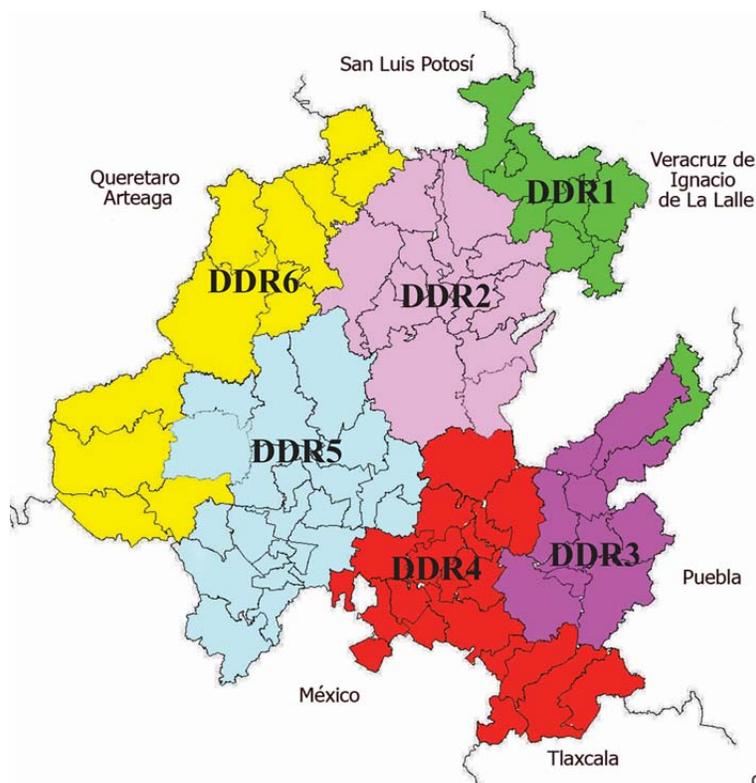


Figura 1. Mapa de Distritos de Desarrollo Rural (DDR) en el Estado de Hidalgo propuestos por SAGARPA.

En cuanto a la intensidad de cultivo se consideraron cinco grupos: autoconsumo ($<0.5 \text{ org/m}^2$), extensivo ($0.5-1 \text{ org/m}^2$), semi-intensivo ($1-5 \text{ org/m}^2$), intensivo ($5-20 \text{ org/m}^2$) y super-intensivo ($> 20 \text{ org/m}^2$). El grado de marginación se estableció mediante los índices establecidos por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) para el año 2010. De la base de datos generada se eliminaron granjas inactivas, didácticas, y aquellas que corresponden a otro tipo de cultivo; posteriormente se realizó un cálculo teórico tomando en cuenta la producción total y estimación de producción residual de nitrógeno (N) y fósforo (P) para cultivo de bagre, carpa y tilapia, según lo menciona Ghaly *et al.* (2005), por cada tonelada de producto fresco se obtienen 60 kg N y 12 kg de P; y para cultivo de trucha según lo menciona por Jover (2000), por cada tonelada de producto fresco se obtienen 50 kg de N y 6 kg de P.

RESULTADOS

Se reporta un total de 610 UPA, de las cuales 10% se encuentran inactivas; una superficie de cultivo de 47.8 hectáreas, densidad promedio de cultivo de 6.14 org/m^2 y producción de 446.6 t de producto fresco. De las 546 UPA activas, 4 funcionan como unidades de confinamiento y el resto son unidades de crianza y/o engorda. La mayoría de las UPA (42%) están establecidas en el DDR 05-Mixquiahuala. De la superficie total de cultivo la mayor superficie se

encuentra en el DDR 5 con $218,076.67 \text{ m}^2$ y DDR 3 con $165,898.05 \text{ m}^2$; 47% y 36% de la superficie respectivamente. La menor superficie de cultivo se tiene en DDR 1-Huejutla con $15,545.8 \text{ m}^2$ y DDR 4-Pachuca con $26,806 \text{ m}^2$. En cuanto a producción, el mayor productor es el DDR 3 con 219.801 t/año (35%), seguido por el DDR 6 con 135.802 t/año (22%), DDR 5 con 125.2316 t/año (20%) y DDR 4 con 103.317 t/año (17%) (Tabla 1).

En Hidalgo se cultiva *Cyprinus carpio specularis* (carpa común variedad espejo) y *C. carpio rubrofruscus* (barrigona), *Ctenopharyngodon idellus* (carpa herbívora), *Aristichthys nobilis* (carpa cabezona), *Hypophthalmichthys molitrix* (carpa plateada); *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris), *Oreochromis niloticus* (tilapia del nilo), *O. aureus* (tilapia azul) y *O. mossambicus* (tilapia mosambica). Sin embargo, en la totalidad de las UPA se tiene presencia de más de una especie perteneciente al mismo género, por lo cual se les denominan grupos de cultivo carpa, trucha y tilapia; en 34% de las UPAs se tiene la presencia de cultivo mixto de carpa y tilapia. La preferencia de cultivo es mixto (34%), tilapia (29%), carpa (22%) y trucha (14%), sin embargo la mayor producción es de tilapia (275 t/año) y trucha (177.7 t/año), principalmente en DDR 3-6 y 4 respectivamente.

Tabla 1. Características de los sistemas de cultivo presentes en los DDR en el estado de Hidalgo.

DDR1: Huejutla	DDR2: Zacualtipan	DDR3: Tulancingo	DDR4: Pachuca	DDR5: Mixquihuala	DDR6: Huichapan
UPA:17 Superficie: 15, 545.80 m ² Especie: tilapia/bagre Producción: 7.03 t/ año Tipo: semi- intensivo Densidad media: 6.67 org/m ² Agua: manantial Flujo: 10.91 l/s Marginación: alto	UPA: 63 Superficie: 15,964.26 m ² Especie: tilapia Producción: 29.12 t/ año Tipo: semi- intensivo Densidad media: 5.92 org/m ² Agua: manantial Flujo: 5.33 l/s Marginación: alto	UPA: 102 Superficie: 165,898.5 m ² Especie: trucha, tilapia Producción: 219.8 t/año Tipo: semi- intensivo, intensivo Densidad media: 7.07 org/m ² Agua: manantial, arroyo Flujo: 7.98 l/s Marginación: alto	UPA: 54 Superficie: 26,806 m ² Especie: trucha Producción: 103.32 t/ año Tipo: intensivo Densidad media: 6.44 org/m ² Agua: manantial Flujo: 8.28 l/s Marginación: alto	UPA: 221 Superficie: 218,076.67 m ² Especie: carpa, carpa/tilapia Producción: 127.18 t/ año Tipo: semi- intensivo, intensivo Densidad media: 5.42 org/m ² Agua: manantial Flujo: 6.02 l/s Marginación: alto, medio	UPA: 72 Superficie: 25,657.86 m ² Especie: tilapia Producción: 135.80 t/ año Tipo: semi- intensivo, intensivo Densidad media: 6.84 org/m ² Agua: pozo Flujo: 17.25 l/s Marginación: alto

El 57% de las UPA se encuentran en zonas de muy alta o alta marginación, el resto en zonas de media marginación (23%), baja (16%) y muy baja (4%). Como fuente de abastecimiento se emplean 60 manantiales, 40 arroyos, 31 ríos, 27 pozos, 2 lagunas y 3 presas. Principalmente las UPA usan agua de manantial (54%), arroyos (10%), pozo (12%), río (9%) y un pequeño porcentaje usa fuentes alternas (11%); como lo son filtración (7%), precipitación pluvial (3%) y agua de canal de riego (1%), con flujos que varían entre los 2 y 300 l/s. En el estado se práctica una piscicultura semi-intensiva (50 %) e intensiva (30 %), y solo el 8% son extensivas, 10% de autoconsumo y 2% super-intensivas. Aunque, una gran parte de la superficie de cultivo en el estado corresponde a sistemas de autoconsumo (30%) (Tabla 2). En los sistemas de producción de autoconsumo y extensivas, se emplean fuentes alternas de agua (16%). Del total de las UPA registradas solo el 7% cuentan con estudio de impacto ambiental o bien no aplica, 41% cuenta con registro nacional de pesca y 22% tiene concesión para uso de agua. No se tiene

registro de que se realice un monitoreo de las descargas de agua por parte de las unidades de producción.

A partir de la información obtenida y con la metodología descrita anteriormente se observó que en un año se vierten 12 t de nitrógeno y 5 t de fósforo a los cuerpos de agua receptores. El DDR-03 es donde se vierte la mayor cantidad de nitrógeno y fósforo, 6 t y 2 t respectivamente. El DDR-01 es el que presenta menor vertido de nitrógeno y fósforo, 140.6 kg y 84.36 kg respectivamente (Tabla 3). Al analizar por intensidad de cultivo, se detectó que las UPA son las que representan mayor aporte de nitrógeno y fósforo a los cuerpos receptores, de 6.9 t/año y 1.65 t/año respectivamente. Los sistemas de autoconsumo son los que representan menor aporte de nitrógeno y fosforo, 0.39 t/año y 0.24 t/año respectivamente (Tabla 4). El análisis del aporte por unidad de cultivo, mostró que las granjas de intensidad super-intensiva son las de mayor aporte con 295 g/año de nitrógeno y 9.85 g/año de fosforo (Tabla 5).

Tabla 2. Clasificación de las unidades de producción acuícola por intensidad de cultivo, con características de cada grupo.

Intensidad	# UPA	Superficie (ha)	Densidad (org/m ²)	Producción (ton/año)	Grupo cultivo	Abastecimiento de agua	Cumplimiento con la normatividad *
Auto-consumo	59	14.4	Media: 0.31 Max: 0.5	19.7 Promedio: 0.41 Max: 7.6	Carpa (37%) y Tilapia (33%)	manantial (54%) flujo medio: 4.85 l/s Máximo: 30 l/s Fuentes alternas: 17%	RNP: 24 EMIA: 6 Concesión: 12 Programa BPA: 15 Certificación BPA: 2
Extensivo	43	8.6	Promedio: 0.94 Max: 1.0	29.7 Promedio: 0.71 Max: 5.2	carpa (66%)	manantial (36%) flujo promedio: 6.58 l/s Máximo: 50 l/s fuentes alternas: 22% (precipitación pluvial: 16%; canal de riego: 6%)	RNP: 21 EMIA: 6 Concesión: 9 Programa BPA: 17 Certificación BPA: 0
Semi-intensivo	274	17.7	Promedio: 4.26 Max: 5.0	123.7 Promedio: 2.17 Max: 6.0	tilapia (28%) y carpa (26%)	manantial (59%) flujo medio: 6.47 l/s Máximo: 150 l/s; fuentes alternas : 8% (filtración)	RNP: 135 EMIA: 15 Concesión: 43 Programa BPA: 142 Certificación BPA: 4 (3 en proceso)
Intensivo	160	6.9	Promedio: 10.57 Max: 20	230.57 Promedio: 1.82 Max: 26	trucha (20%)	manantial (46%) Flujo medio: 11.15 l/s Máximo: 105 l/s	RNP: 98 EMIA: 25 Concesión: 51 Programa BPA: 100 Certificación BPA: 22
Super-intensivo	10**	0.4	Promedio: 23.41 Max: 40	83.5 Promedio: 9.28 Max: 35	trucha, tilapia, mixto 33% todas	rio (66%), manantial (30%) Flujo medio: 36.14 l/s Máximo: 180 l/s	RNP: 5 EMIA: 2 Concesión: 5 Programa BPA: 7 Certificación BPA: 5

* Número de Unidades de Producción que cuentan con Registro Nacional de Pesca (RNP), Estudio de Manifestación de Impacto Ambiental (EMIA), monitoreo y reconocimiento de Buenas Prácticas de manejo Acuícola (BPA).

** 7 UPA no presentan un manejo y siembra estable durante el año.

Tabla 3. Vertido de nitrógeno y fósforo (kg/año) en los diferentes DDR. En base a las estimaciones de Ghaly et al. (2005) y Jover (2000).

DDR	Superficie de cultivo (ha)	Producción (t/año)	N /DDR (kg/año)	P/DDR (kg/año)
1	1.5	7.0	140.6	84.4
2	1.5	29.1	640.9	337.7
3	16.6	219.8	6,861.1	2,144.6
4	2.7	103.3	4,786.8	695.8
5	21.8	127.2	2,604.1	1,514.2
6	2.6	135.8	2,743.0	1,624.2
Total	46.79	622.3	17,776.5	6,400.9

Tabla 4. Vertido de nitrógeno y fósforo (kg/año) en los diferentes sistemas de cultivo (intensidad) de forma total, en base a las estimaciones de Ghaly et al. (2005) y Jover (2000).

Intensidad	UPA	Superficie de cultivo (ha)	Producción total (t/año)	Nitrógeno (t/año)	Fósforo (t/año)
Autoconsumo	59	14.4	19.7	0.4	0.2
Extensivo	43	8.6	29.7	0.6	0.4
Semi-intensivo	274	17.7	124.1	3.5	1.3
Intensivo	160	6.7	189.6	6.9	1.7
Super-intensivo	10	0.4	83.5	1.8	1.0
Total	546	47.8	446.6	12.9	4.6

Tabla 5. Vertido de nitrógeno y fósforo (kg/año) en los diferentes sistemas de cultivo (intensidad) por cada unidad de producción, en base a las estimaciones de Ghaly et al. (2005) y Jover (2000).

Intensidad	Nitrógeno (kg/año)	Fósforo (kg/año)
Autoconsumo	16.4	9.9
Extensivo	19.8	11.9
Semi-intensivo	12.1	5.01
Intensivo	44.0	10.5
Super-intensivo	295.9	163

DISCUSIÓN

La acuicultura es tema que ocupa un lugar destacado dentro de las estrategias contra el hambre, la pobreza, el desarrollo rural y regional (FAO 2006; Rosales y Acevedo 2011). En el estado de Hidalgo, esta actividad se desarrolla en 73 de los 84 municipios del estado, beneficiando directamente a 7,476 ciudadanos (Carta acuícola y Pesquera del Estado de Hidalgo 2010). Más del 95% de las UPA se dedican a engorda de juveniles, 57% se encuentran en zonas de alta marginación y 30% de la superficie de producción es cultivo de autoconsumo, representando así fuente de alimento e ingresos, no solo de los propietarios, sino de la población de la zona en general. Lo anterior se debe a que en México, como en la mayor parte del mundo, la acuicultura nace como una actividad complementaria de apoyo social a las comunidades rurales, con lo cual se pretendía combatir la pobreza y bajos niveles nutricionales de la población (Juárez 1987; Carta Acuícola y Pesquera del Estado de Hidalgo 2010).

México posee un gran potencial para la satisfacción de su seguridad alimentaria y el desarrollo rural, tanto local como regional (FAO 2006). Sin embargo su crecimiento debe ser propiciado y tomando en consideración el impacto que podría ejercer sobre el ambiente. Con respecto a lo anterior en el análisis realizado en este trabajo se encontró que solo 7% de

las unidades de producción cuentan con estudio de impacto ambiental o bien no aplica, 41% cuenta con RNPA y 22% tiene concesión de uso de agua. Este incumplimiento de la normatividad vigente se debe a tres razones principales: 1) flexibilidad política (Rosales y Acevedo, 2011); 2) marginación y pobreza en las zonas donde se efectúa la actividad (FAO 2006, Carta Acuícola y Pesquera del Estado de Hidalgo 2010) y 3) han demostrado que la actividad es “no contaminante” (Carta Acuícola y Pesquera del Estado de Hidalgo 2010).

En lo que respecta a la “flexibilidad política”, informes oficiales (Carta Acuícola y Pesquera del Estado de Hidalgo 2010) mencionan que las granjas establecidas antes de que entrara en vigor la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente (1988), quedan exentas de la presentación de estudio de impacto ambiental ya que se trata de un área impactada. Sin embargo se tiene registro de que en el periodo de 1965 a 1995 se establecieron 66 UPA y de 1996 a la fecha se han establecido 544 de las UPA actuales; teniendo que el 11% de las UPA fueron establecidas en el periodo previo a que entrará en vigor dicha ley, por lo cual mas del 80% de la unidades deberían contar con dicho tramite y solo el 7% cuenta con ello. Otros tramites son contar con RNPA, concesión de uso agua, muestreo bimestral de aguas residuales, medidas y

obras de tratamiento y mitigación de efluentes, con la finalidad de proteger y evitar la contaminación del recurso agua, como lo establece la Ley de Aguas Nacionales (1992) y Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable (2007); por lo cual todas las granjas establecidas deberían contar dichos trámites y medidas preventivas. Sin embargo se observa que solo el 41% de las UPA cuentan con RNPA (pese a que el trámite es gratuito) y 22% tienen concesión de uso de agua, y ninguna presenta con medidas u obras de prevención para contaminación de los cuerpos de agua receptores. Rosales y Acevedo (2011) enfatizan que la actividad no ha llegado a su potencial máximo de producción y regularización en cuanto a la normativa a cumplir, ya que existe una carencia de flujo de información hacia este sector productivo, teniendo que a las problemáticas que se presentan durante su desarrollo se dan respuestas políticas en lugar de respuestas tecnológicas y científicas. Es importante resaltar que el 23% de las UPA se encuentran establecidas en áreas que se consideran conservadas (Carta Acuícola y Pesquera del Estado de Hidalgo 2010), por lo cual existe la necesidad de regularizar y mejorar el manejo de las UPA establecidas en dichas zonas con la finalidad de que no sean impactadas.

La segunda razón es el grado de marginación y pobreza donde están establecidas las unidades de producción (57%), debido principalmente a que en gran parte del mundo la actividad nace como una estrategia de combate al hambre (FAO 2010), y en el Estado de Hidalgo se maneja una política con alto contenido rural y social (Carta Acuícola y Pesquera del Estado de Hidalgo 2010). Adicionalmente CONEVAL (2012) reportó que cerca del 20% de la población en el Estado presenta pobreza alimentaria y a nivel nacional, Hidalgo ocupa el octavo lugar en marginación (CONAPO 2012). Aun así, es necesario que esta actividad llegue al estatus de sustentabilidad para beneficio de los mismos habitantes, por lo cual se deben buscar opciones de tratamiento de efluentes adecuadas al grado de pobreza, marginación y educación de la zona. Ponce et al. (2006) proponen que para alcanzar el desarrollo sostenible en la acuicultura, se debe realizar una inversión en la gente a través de la educación y capacitación, inversión en la investigación y desarrollo, mejoramiento en el flujo de información y comunicación, entre otros, buscando con estas medidas abatir la pobreza de las zonas rurales.

La Carta acuícola y Pesquera del Estado de Hidalgo (2010) menciona que la actividad es “no contaminante”; todas las actividades representan un impacto y contaminación al medio ambiente, si bien

la acuicultura al lado de otras actividades, como la agricultura, industrias, aguas municipales, etc., se considera menos contaminante (Kestemont 1995, Pardo et al. 2006). Sin embargo en la región no se cuenta con un reporte publicado, que demuestre o no este impacto. Además de que no se realiza muestreo ambiental bimestral de los efluentes dentro de las granjas por el costo que este implica. En otros países se ha demostrado que la piscicultura tiene impacto negativos en los cuerpos receptores, Karakassis et al. (2005) determinaron en costas del Mediterráneo que el aporte de nitrógeno y fósforo totales liberados representan aproximadamente 5% de la descarga antropogénica anual y repercute en el aumento de 0.01%, bajo una tasa de producción de 150000 toneladas. Mariano et al. (2010) analizaron la contaminación generada por actividades acuícolas en siete lagunas altoandinas, en Judín, Perú, en las cuales se cultiva de forma intensiva trucha arco iris, con una producción de 10-20 t/año, observando que un periodo de 12 años existe un deterioro en el cuerpo receptor por la acumulación de materia orgánica.

Otra problemática preocupante de la acuicultura mexicana que mencionaron Álvarez (1996) y FAO (2006), es la utilización descontrolada de los recursos hídricos continentales; en el Estado de Hidalgo las fuentes de abastecimiento que se emplean son: 60 manantiales, 40 arroyos, 31 ríos, 27 pozos, 2 lagunas y 3 presas de la entidad, pero principalmente se usa agua manantial (54%) con flujos máximos de 150 l/s. En la Carta Acuícola Nacional (2011), se menciona que las tecnologías de cultivo para carpa y tilapia, se debe usar agua para compensar lo perdido por evaporación o bien recambios de agua de 5% al día, para cultivos de tilapia y trucha, flujos de 10 l/s (en sistemas intensivos) y 90 l/s (en sistemas de raceways). Con respecto a lo anterior se encontró que más del 95% de los sistemas de cultivo en Hidalgo están por encima de los flujos de agua, esto se debe a la infraestructura con que se cuenta, el poco conocimiento e información de la tecnología de cultivo y que no se cuenta con personal capacitado en el manejo de las unidades de producción.

En este estudio se realizó una estimación teórica del aporte de nitrógeno y fósforo, los cuales son considerados como contaminantes básicos en la ley de aguas nacionales de México y tienen importancia ecológica en el proceso de eutrofización en los cuerpos de agua receptores (Hua et al. 2008). Se detectó que los sistemas intensivos en conjunto representan el mayor aporte anual de nitrógeno (6.9 t) y de fósforo (1.6 t); y por unidad de cultivo los sistemas super-intensivos son los que representan el mayor aporte con 295 kg de nitrógeno y 163.5 kg de

fósforo por cada unidad de producción. En promedio se tiene que por cada tonelada de pescado se obtiene de forma residual 24.8 kg de nitrógeno y 11.5 kg de fósforo, los cuales podrían representar un peligro en el proceso de eutrofización de los cuerpos de agua, ya que hay cuerpos de agua abastecedores-receptores que proveen del recurso agua a varias granjas, como ejemplo la Laguna de Zacualtipan de la cual se abastecen y descargan cuatro granjas de cultivo intensivo, con flujos mayores a los 30 ls⁻¹. Otro caso importante es la Laguna de San Miguel Regla, abastecida por agua del manantial La Cruz y del agua de descarga de la U.P.A. Parque Ecoturístico San Miguel Regla, la cual es la granja más grande del Estado con una producción anual de 35 t de producto fresco. Mariano et al. (2010) en un periodo de 12 años demostró el deterioro de la laguna con una producción de 10 ton /año. En otros casos de estudio se ha demostrado la utilidad de las estimaciones teóricas, ya que los datos obtenidos por estimación son muy cercanos a los datos reales de descarga, sin embargo es necesario realizar el monitoreo ambiental, con la finalidad de determinar la descarga real de los sistemas e implementar tecnologías de bajo costo y fácil manejo, para evitar la contaminación de cuerpos de agua, que representan fuentes de abastecimiento para poblaciones marginadas.

Es importante mencionar los esfuerzos que se están realizando actualmente en el Estado, los sistemas productos implicados en la actividad y gobierno del estado, están realizando programas de capacitación

con la finalidad de hacer más rentables las UPAs establecidas. De igual forma se están implementando sistemas de recirculación (actualmente 5 en el estado) y el uso de fuentes de abastecimiento alternas como la precipitación pluvial y uso de agua de canal. Además, se está trabajando con las políticas y los programas de gobierno para llevar la actividad, primero a la regularización y su posterior sustentabilidad; el inconveniente es que la actividad acuícola no es prioritaria para la agenda estatal ni nacional.

CONCLUSIONES

La problemática que se genera entorno a la actividad acuícola se debe a la unión de factores políticos, sociales y ambientales; debido a que la mayor parte de la actividad se desarrolla en zonas rurales, existiendo una carencia de flujo de información hacia el sector productivo y una desarticulación de los sectores implicados. La actividad representa un impacto negativo en los cuerpos receptores, particularmente en donde la producción sea mayor a 10 t/año, o en aquellos donde descarguen más de una unidad de acuícola y se alcance esta producción; sin embargo hay que considerar el cuerpo de agua receptor ya que en lagunas se puede dar mayor deterioro de la calidad comparado con ríos y arroyos, debido al proceso de autorregulación natural de dichos sistemas. Se debe realizar un monitoreo ambiental de un caso de estudio representativo de la zona, para demostrar el impacto de la actividad y en base este, diseñar e implementar estrategias de prevención y/o mitigación de efluentes acuícolas.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez T.P. (1996). Análisis de la problemática de la producción e investigación acuícola en aguas continentales en México. En: II Reunión de la Red Nacional de Investigadores para Acuicultura en Aguas Continentales (REDACUI). Pátzcuaro, Mich. Instituto Nacional de la Pesca.

Barón-Sevilla B., Bückle-Ramírez L., Hernández-Rodríguez M. 2004. Intensive culture of *Litopenaeus vannamei* Bonne 1931, in recirculating system. "Ciencias Marinas". 30 (1), 179-188.

Bergheim A., Asgard T. (1996) Waste production from aquaculture. In: "Aquaculture and Water Resource Management". Baird D.J., Beveridge M.C.M., Kelly L.A., Muir J.F. (eds). 50-80. Blackwell Science, Oxford, UK.

Bureau D.P., Gunther S.J., Cho C.Y. (2003) Chemical composition and preliminary theoretical estimates of waste outputs of rainbow trout reared in commercial cage culture in Ontario, North American. "Journal of Aquaculture". 65,33-38.

Buschmann H. (2001). Impacto ambiental de la acuicultura: el estado de la investigación en Chile y el mundo, un análisis bibliográfico de los avances y restricciones para una producción sustentable en los sistemas acuáticos. Terram Publicaciones, Santiago de Chile, Chile.

Buschmann H. y Fortt A. (2005). Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. "Revista Ambiente y Desarrollo". 21(3), 58-64.

Cao L., Wang W., Yang Y., Yang C., Yuan Z., Xiong S. y Diana J. (2007). Environmental Impact of Aquaculture and Countermeasures to Aquaculture Pollution in China. "Environmental Science Pollution Research". 14 (7), 452 – 462

Carta acuícola y Pesquera del Estado de Hidalgo. (2010). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Hidalgo, México.

Carta Acuícola Nacional. (2011). Secretaria De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Diario Oficial de la Federación el lunes 31 de enero de 2011.

CONAPESCA. (2011). "El Sector Pesquero y Acuícola. Logros 2007 a 2010". Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Mazatlán, México.

CONAPO. (2012). Índices de marginación 2010. Consejo nacional de población. <http://www.conapo.gob.mx>

CONEVAL. (2012). Índices de pobreza alimentaria 2010. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. <http://www.coneval.gob.mx>

FAO. (2006). "Visión general del sector acuícola nacional – México". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

FAO. (2010). "El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2010". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Ghaly A., Kamal M., Mahmoud N. (2005). Phytoremediation of aquaculture wastewater for water recycling and production of fish feed. "Environment International". 3, 1-13.

Jover C. M. (2000). Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergético. "AquaTIC". (9).

Juárez-Palacios, R.R. (1987). La acuicultura en México, importancia social y económica. En: Desarrollo pesquero mexicano 1986-1987. Secretaría de Pesca. México. 11, 219-232.

Kestemont P. (1995). Different systems of carp production and their impacts on the environment. "Aquaculture". 129, 347-372

Ley de Aguas Nacionales 1992. Última reforma 2011. Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992.

Ley Federal De Derechos 2010. Título segundo, Capítulo VIII. Diario oficial de la federación el 31 de diciembre de 1981.

Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables 2007. Diario oficial de la federación el 24 de julio de 2007.

Ley General Del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente, última reforma 2011. Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988.

Mariano M., Huaman P., Mayta E., Montoya H., Chanco M. (2010). Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú. "Revista peruana de Biología". 17(1), 137 – 140.

Marinho-Soriano E., Nunesa O., Carneiroa M., Pereira D.C. 2009. Nutrients' removal from aquaculture wastewater using the macroalgae *Gracilaria birdiae*.. "Biomass and Bioenergy". 33, 327-331.

Martínez Córdova L., Martínez Porchas R. y E. Cortés-Jacinto. (2009). Camaronicultura mexicana y mundial: ¿actividad sustentable o Industria contaminante?. "Revista internacional de contaminación ambiental". 25(3), 181-196.

Norma Oficial Mexicana. NOM-001-SEMARNAT-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario oficial de la federación el 23 de abril de 2003.

NOTIMEX. (2011). La acuicultura, el sector con más crecimiento en la producción pesquera en México a 22 de marzo de 2011. "Panorama Acuícola Magazine".

Pardo S., Suárez H., Soriano E. (2006). Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable. "Revista MVZ Córdoba". 11(1), 20-29.

Ponce-Palafox J., Romero Cruz O., Castillo Vargasmachuca S., Arteaga Nochebuena P., Ulloa-García M., González Sala R., Febrero Toussaint I., Esparza Lea H. (2006). El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina. Revista electrónica de Veterinaria. 7(7), 1-16.

Reglamento de La Ley De Aguas Nacionales. Última reforma 2002Diario Oficial de la Federación el 12 de enero de 1994

Rosales Inzunza S., Acevedo Valerio V. (2011). La política acuícola: ¿Instrumento para el desarrollo regional?. "Investigación y Ciencia". 52, 53-62

Sindilariu, P. (2007). Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production: a review. "Aquaculture Research". 38, 1005–1036.

Sipaúba-Tavares, L. H., Fávero, E. G. P. y Braga, F. M. S. (2002). Utilization of macrophyte biofilter in effluent from aquaculture: I. Floating plant. "Brazilian Journal of Biology". 62(4A), 713-723.

Somer M. (2009). Acuicultura Insostenible en Chile. "Revista electrónica de Veterinaria". 10 (3), 1-23.

Este documento debe citarse como: Velasco Amaro P. I, Calvario Martínez O., Pulido Flores G., Acevedo Sandoval O., Castro Rosas J., Román-Gutiérrez A. D., (2012). **Problemática Ambiental de la Actividad Piscícola en el Estado de Hidalgo, México**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 16-3, pp 165-174, ISSN 1665-529-X.