

# **PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE ALIMENTOS MEDIANTE SISTEMAS DE AGRO-ACUICULTURA INTEGRADA**

## **SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION BY INTEGRATED AQUACULTURE-AGRICULTURE SYSTEMS**

Juan Carlos Durán Izquierdo <sup>a</sup>, Adriana Patricia Muñoz Ramírez <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Zootecnista, Estudiante Maestría en Producción Animal

<sup>b</sup>Zootecnista, MSc, Dra., Profesora Asociada

Grupo de Investigación UN-ACUICTIO, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

---

### **RESUMEN**

El crecimiento de la población mundial ha generado un incremento en la demanda de alimentos, ocasionando principalmente serios problemas en la disponibilidad de agua y de espacios para cultivo. En este sentido, el principal limitante para la producción de alimentos y la lucha contra la inseguridad alimentaria es el uso eficiente del agua. Se conoce que el Sistema de Agro Acuicultura Integrada (SAAI) es una alternativa para el futuro de la producción sostenible de alimentos, basado en conexiones y sinergias entre distintas actividades internas y externas a los Acuicultores de Recursos Limitados (AREL) o pequeños productores agrícolas y pecuarios. El SAAI es más eficiente en el uso de los recursos naturales como el agua, incluyendo también amplios beneficios en aspectos sociales y económicos, sin los efectos negativos derivados del abuso de insumos externos y del medio ambiente. Este documento presenta inicialmente una revisión del Sistema Agro Acuicultura Integrada y su potencial para incrementar la producción de alimentos y reducir los efectos de la escasez de agua, realizando un acercamiento a los diferentes niveles de integración de la acuicultura con especies como aves de corral y cerdos, así como con cultivos como arroz o huertas familiares. Finalmente, se presentan resultados de estudios y experimentos en los que se ha comparado la efectividad y pertinencia ambiental, social y económica de la Agro Acuicultura Integrada comparada con la acuicultura intensiva en diferentes poblaciones del mundo.

**Palabras claves:** estanque, huerta, peces, sinergia, sub-sistema.

### **Introducción**

La acuicultura, que ha tenido entre los años 1980 a 2014 una tasa de crecimiento promedio mundial de 8,6 % (Ahmed et al. 2014; FAO 2014), es necesaria para mitigar las demandas por alimento debido al rápido crecimiento de la población en mundo. Para el año 2011 esta población era de 7,1 billones, con proyección de 8,1 y 9,6 billones para 2025 y 2050 respectivamente (United Nations 2013). Este crecimiento ha originado extrema competencia por espacios para cultivo y por agua. En este sentido, producir más alimento por gota de agua resulta importante para mitigar la inseguridad alimentaria, puesto que este recurso es el principal limitante para la producción de alimentos (Ahmed et al. 2014; Hanjra et al. 2010; Béné et al. 2016).

De igual manera es importante controlar los efectos ambientales unidos a la maximización de la producción de alimentos; en este caso, las interacciones acuicultura y ambiente resultan en análisis complejos, en la cual la acuicultura tradicional integrada resulta menos invasiva al entorno, utilizando recursos locales, excretas animales y subproductos vegetales, con producción adicional de alimento, al compararla con la acuicultura convencional (Edwards 2015). Las tipificaciones de los sistemas acuícolas practicados reflejan su versatilidad y la viabilidad en cuanto a seguridad alimentaria, económica, social y de empleo en regiones biogeográficas muy variables. Entre los diferentes tipos de acuicultura, existe el Sistema de Agro Acuicultura Integrada – SAAI (IAAS, por sus siglas en inglés) en el cual se integran la Acuicultura Rural en Pequeña Escala – ARPE con dinámicas productivas agrícolas, pecuarias y sociales (Murray y Little 2000). Para Ahmed et al. (2014) el SAAI presenta un gran potencial para incrementar la producción de alimentos y reducir los riesgos asociados a la escasez de agua. Por ejemplo, la integración de la producción de arroz con peces es una práctica que puede traer beneficios a los agricultores (Carmona 2008) y es reconocida como eficiente en el uso el agua donde se incrementa la productividad y la seguridad alimentaria (Ahmed et al. 2014). Para el mismo autor el SAAI también puede proveer un rango amplio de beneficios sociales, económicos y ambientales y su adopción permite asegurar eficiencia productiva del agua disponible a nivel global.

Este documento presenta una revisión del Sistema Agro Acuicultura Integrada y su potencial para incrementar la producción de alimentos y reducir los efectos de la escasez de agua, realizando un acercamiento a los diferentes niveles de integración de la acuicultura con especies como aves de corral y cerdos, así como con cultivos como arroz o huertas familiares.

## **1. Sistema de Agro Acuicultura Integrada - SAAI**

Diversos autores han estudiado el Sistema de Agro Acuicultura Integrada. Según la FAO (2004) los Sistemas de Agro Acuicultura Integrada se refieren a la producción, gestión integrada y uso conjunto de la acuicultura, agricultura y ganadería, con énfasis en la acuicultura. Esta entidad relata que China tiene una larga y rica historia en el cultivo integrado de peces; documentos escritos del primer y segundo siglo A.C. dan evidencia de la integración del cultivo de plantas acuáticas y peces. En Vietnam, de acuerdo con Phong et al. (2011), contrario a la intensificación de la producción a nivel mundial, la acuicultura integrada con cultivos de frutas, vegetales, cerdos y excretas de aves de corral es una práctica común en la actualidad. Los autores mencionan que, en el sistema AAI, el estanque es un componente que integra la producción acuícola con las prácticas propias de la finca como la cría de animales de patio y los cultivos. En el SAAI las excretas y otros subproductos son utilizados para fertilizar los estanques, los sedimentos van a fertilizar los cultivos y los sub-productos agrícolas se pueden utilizar para alimentar los animales terrestres y los peces, (Kluts et al. 2012; Phong et al. 2011). En el mismo sentido, Ahmed et al. (2014) refieren que el SAAI involucra los recursos de la granja y los subproductos, resaltando como característica clave el flujo de recursos o sinergia entre los subsistemas utilizados (Figura 1). Las interconexiones muestran dos grandes posibilidades: la primera que involucra un estanque al cual se interconectan la huerta, animales de patio, cultivos agrícolas y plantas acuáticas, donde el pez es el principal producto. La segunda requiere una estructura más amplia y abarca la asociación de los cultivos de arroz con la inclusión de peces y otros cultivos, pero el arroz es el producto principal.

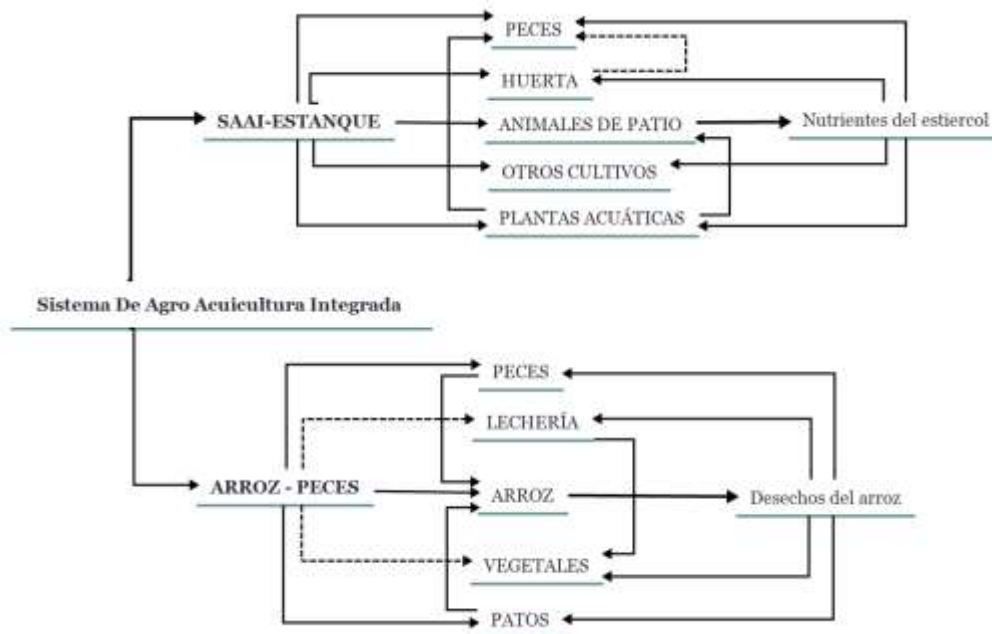


Figura 1. Tipos de sistemas de agro acuicultura integrada y flujos de reciclaje de nutrientes que pueden existir entre los diferentes componentes de la finca (Traducido de Ahmed et al. 2014)

De manera similar, Prein (2002) define el SAAI como la integración de las actividades básicas de la finca a través de enlaces entre subsistemas. El mismo autor describe el sistema como la concurrencia o vínculos entre dos o más actividades agrícolas y acuícolas en donde los vínculos pueden ser locales *in situ* o fuera del predio, con la finalidad de satisfacer las necesidades y proveer oportunidades a los acuicultores y/o agricultores. Del mismo modo, Ahmed et al. (2014) y Prein (2002), describen que los enlaces entre la acuicultura y las actividades humanas también abarcan la recuperación de nutrientes y energía, como los desechos de una actividad entran a otras y reducen la contaminación. Para Edwards (1998) y Murshed-E-J et al. (2011) la integración de la acuicultura en los sistemas de producción agropecuaria permite la generación de sinergias entre los componentes del SAAI; para los autores, una sinergia ocurre cuando el subproducto de un sistema integrado, que de otra forma hubiera sido desperdiciado, es utilizado como insumo de otro subsistema, resultando en una mayor eficiencia productiva. De esta manera el principio básico del SAAI, es el aprovechamiento y complementariedad de los cultivos agrícolas, crías de animales terrestres y peces, incluyendo el reciclaje de los recursos agrícolas y la conservación de los recursos naturales (Bhatt et al. 2011). De la misma manera, Nhan et al. (2008) y Ahmed et al. (2014) definen el sistema como la combinación de la acuicultura con los cultivos y las actividades ganaderas o agropecuarias, encontrando que el modelo es considerado como sostenible y altamente atractivo para pequeños productores de países en desarrollo al aumentar la productividad de la granja en un 11% comparado con estanques sin integración.

## **2 Principales características de los SAAI**

Los sistemas de AAI presentan una serie de características que se pueden clasificar en dos grandes grupos: el primero, Integraciones Simples, cuando sólo existen dos conexiones o enlace en los que se aprovechan los flujos de nutrientes, animales-pez o cultivos-pez. El segundo grupo se denomina Multi-componentes, en los cuales existen más de tres enlaces o flujos; en este último grupo es común utilizar concentrados y fertilizantes inorgánicos, mientras que la excreta es considerada complementario o alternativa a la hora de pensar en producción primaria en el estanque (Prein 2002). Para el mismo autor los principales inconvenientes en los sistemas de AAI que afectan la eficiencia y la producción son los siguientes.

- Ajustes de periodos de siembra y cosecha: Es necesario programar las siembras y las cosechas con el fin de tener subproductos todo el año; es común encontrar abundancia de flujos nutrientes en periodos cortos y escasez durante largas temporadas.
- Localización: Para evitar sobrecostos y robos, los estanques deben ubicarse cerca de la vivienda y de los demás sub-sistemas.
- Inconvenientes tecnológicos: En los SAAI practicados por pequeños productores que no tienen acceso tecnológico para cuantificar los recursos que están utilizando, hay limitaciones para generar cronogramas más acertados a las necesidades y oportunidades que presentan los sistemas integrados.

Una de las herramientas claves en SAAI señaladas por Prein (2002) para la optimización del uso de los nutrientes es el Diagrama de Flujo de Bio Recursos (DFBR), en el cual, los acuicultores visualizan entradas y salidas dentro y fuera de su finca y el potencial para enlazarlo con el estanque. El DFBR refleja de forma clara los objetivos productivos del acuicultor y el potencial de la finca. Un ejemplo de este tipo de diagramas es el presentado en la figura 2.

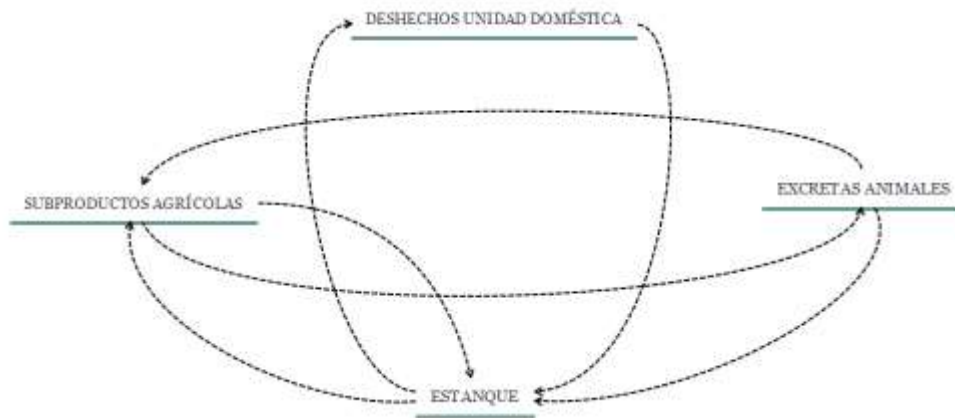


Figura 2. Sinergia en el sistema AAI fertilizado con subproductos agrícolas, desechos de la unidad doméstica o excreta animal. Modificado de (Zajdband 2014)

### 3. Uso excretas animales, subproductos agrícolas o restos alimenticios de la unidad doméstica

#### 3.1 Excretas animales

Como se observa en la figura 3, el uso de excreta animal es una alternativa viable que incrementa la producción primaria del estanque y consecuentemente el rendimiento en la producción de peces y de nutrientes para los demás subsistemas (Edwards, 1998; Efole Ewoukem et al. 2012; FAO 2004; Kumar et al. 2012; Little 1991; Murshed-E-Jahan et al. 2011; Prein 2002). En promedio el 10% del alimento suministrado a los animales es desperdiciado; adicionalmente parte de los nutrientes del concentrado o alimento ofrecido es depositados en las heces, siendo considerados como fuente de abono para la producción de peces, puesto que su acción en el estanque estimula la producción natural de alimento como fitoplancton y detritos, los cuales son consumidos por diversas variedades de peces (Edwards 1998a; Efole Ewoukem et al. 2012; Little 1991). Los sedimentos del estanque, que luego serán utilizados como fertilizantes para los cultivos, están cargados con nitrógeno, fósforo y carbono orgánico que no ha sido utilizado por los peces (Hernández et al. 2014; Nhan et al. 2008). En las regiones tropicales con temperaturas superior a 25 grados centígrados, el uso de estas excretas aprovecha las condiciones y logra una producción a lo largo del año con buenos resultados (Little 1991).

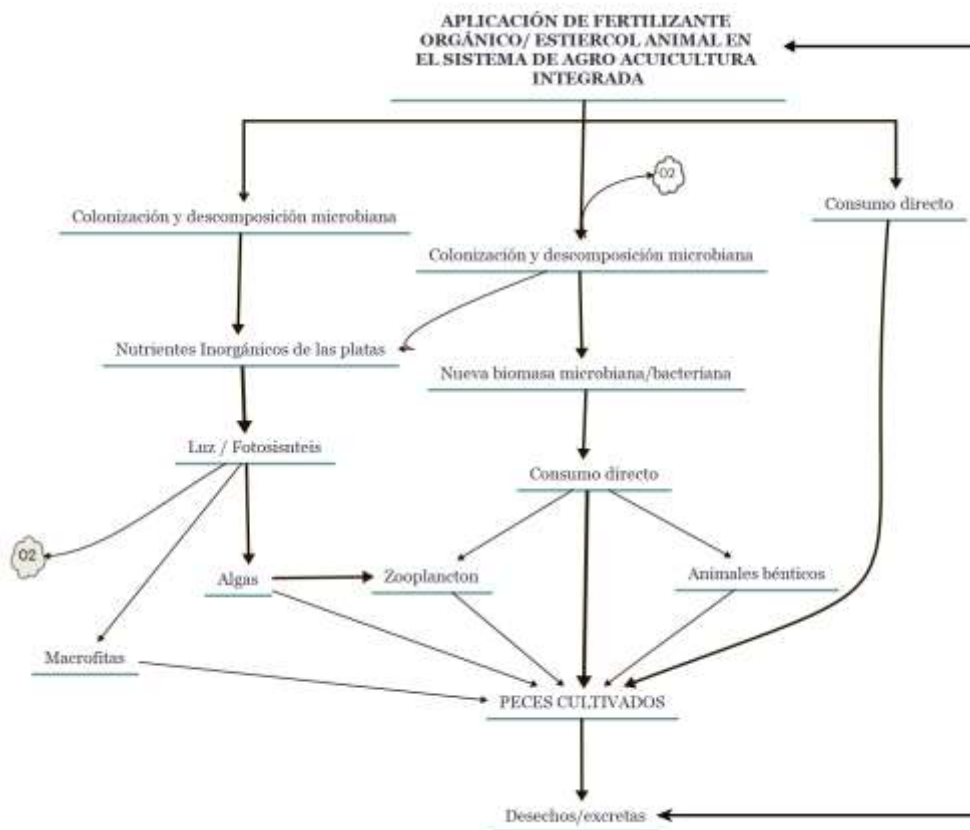


Figura 3. Utilización de excretas animal en el Sistema de Agro Acuicultura Integrada. Modificado de FAO (2004)

La calidad de las excretas depende del tipo de producción y manejo de los animales; por ejemplo, el sistema de producción de aves de corral puede influir en la cantidad de peces producidos. Granjas avícolas que produzcan residuos ricos en nutrientes son más valiosas para la producción de peces, pero no todos los acuicultores están dispuestos a realizar un adecuado manejo y uso de este elemento. El empleo de excretas es una alternativa que mejora las condiciones productivas de acuicultores de bajos recursos, pero debe ser complementario al uso de otros ingredientes que pueden venir de la misma granja (Little 1991). Sin embargo, la utilización de excreta animal en los estanques inevitablemente libera compuestos que tienen efectos adversos en la calidad del agua, como los taninos y flavonoides cuando se utiliza estiércol de rumiante o excretas de aves que han consumido concentrados con derivados de hojas de yuca. A nivel de mercados también se encuentran limitantes; por ejemplo, la legislación de la Unión Europea no permite la entrada a sus mercados de tilapias producidas en China en asocio con cerdos (Henriksson et al. 2015).

### **3.2 Subproductos agrícolas y restos alimenticios de la unidad doméstica**

Los productos y sub-productos agrícolas son fuentes de energía que se emplean en el SAAI como forma de producir más cantidad y diversidad con efectos ambientales bajos, sobre todo en familias de recursos limitados (Efole Ewoukem et al. 2012). Los cultivos de hortalizas, el cultivo de bambú y morera en los terraplenes regados con agua del estanque y fertilizados con el sedimento en donde los sub-productos agrícolas se utilizan como suplemento alimenticio para los peces y las plantas refuerzan los diques (FAO 2004). La mayoría de las granjas con el sistema AAI en Asia involucran arroz-peces junto a otras actividades agrícolas con cultivos variados permanentes o temporales generando una diversidad propia de fincas pequeñas. Esta diversidad de cultivos agrícolas que se genera en los terraplenes y diques desempeña un papel importante en la disponibilidad de alimentos, plantas medicinales e ingresos para las familias (Zajdband 2014). Aunque no existen suficientes estudios, es conocido que los restos alimenticios de la unidad doméstica pueden utilizarse para la fertilización de los cultivos y de los estanques como una forma de crear lazos entre los subsistemas (Edwards 1998b; Prein 2002).

## **4. Tipos de integración del SAAI**

La mayoría de los SAAI usan un bajo nivel de insumos y entran en el tipo de acuicultura llamado semi-intensivo. Esto significa menor dependencia de grandes cantidades de insumos alimenticios y fertilizantes, menor densidad de organismos criados, menos contaminación y menor presencia de enfermedades con respecto a sistemas intensivos (Bosma y Verdegem 2011; FAO 2004). Sistemas semi-intensivos en sinergia con la agricultura aprovechan alimentos acuáticos naturales *in situ*, vitamínicos y proteicos para incrementar la disponibilidad y diversidad de alimento de una forma eficiente (Edwards 1998b). El SAAI también puede ser implementado a gran escala, como a menudo es habitual en la integración arroz-peces y cerdo-peces en China, sin embargo, requiere ciertas condiciones sociales y económicas diferentes en los productores; además los efectos ambientales son superiores si el manejo no es el adecuado (Prein 2002). En la tabla 1 se aprecia la diversidad de integraciones involucradas en la Agro Acuicultura y sus características productiva.

Tabla 1. Tipos de integración del Sistema de Agro Acuicultura Integrada y sus características en diferentes países.

<b>Tipo de Integración</b>	<b>País</b>	<b>Características</b>	<b>Referencia</b>
Peces-hortalizas	India	Cultivos de hortalizas en los terraplenes de los estanques regados con agua del estanque y fertilizados con el sedimento; los sub-productos agrícolas se utilizan como suplemento alimenticio para los peces. Las plantas refuerzan los diques. Especies: carpa plateada, carpa china, carpa común.	FAO 2004
Especies de ciclo corto-estanques temporales y zanjas	Bangladesh	Estanques temporales, acequias u otras estructuras pueden usarse para la cría de peces como barbo plateado ( <i>Puntius gonionotus</i> ) o la tilapia del Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).	FAO 2004
El sistema VAC	Vietnam	VAC en vietnamita es <i>vuon-ao-chuong</i> que quiere decir huerto- estanque-corral de ganado. Política pública que mejoró las condiciones nutricionales de los campesinos. En las zonas rurales de 30-60% de los ingresos proviene del sistema VAC.	FAO 2004
Piscicultura-cultivo de terraplenes	China	Asociado el cultivo de bambú y morera. Sedimentos del estanque se raspan de dos a cinco veces al año y aplica a los cultivos que están en los terraplenes.	FAO 2004



Peces (herbívoros)- pastizales	Brasil China Malasia	Peixe-verde: <i>Carpas-pasto</i> elefante <i>Pennisetum</i> sp.). <i>Carpas-sorgo</i> , centeno, mijo ( <i>Pennisetum purpureum</i> ), mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> ) – terraplen.	Carmona 2008; FAO 2004
Pez-arroz.	Brasil Vietnam China India Malasia Indonesia	Manejo integrado de plagas Aumento de producción Producción sostenible Producción de alevinos para engorde Dentro de las especies más utilizadas están la carpa china ( <i>Ctenopharyngodon idellus</i> ), carpa común ( <i>Cyprinus carpio</i> ), carpín ( <i>Carassius auratus</i> ),	Marchezan et al. 2006; FAO 2004; Berg 2002; Mohanty et al. 2004
Pollos-peces	China Vietnam	Una manera de reducir los costos de la producción de pollos es la integración con la acuicultura ya que maximiza la producción al reutilizar nutrientes que salen como desperdicios de la producción de aves en la cría de peces.	Ahmed et al. 2014; Bosma et al. 2011; FAO 2004; Little 1991; Prein 2002
Patos-peces	China Vietnam	Los patos fertilizan el agua, mantiene bajo control las malezas, facilitan la liberación de nutrientes del fondo del estanque, airean el estanque con el nado y obtienen parte de sus requerimientos nutricionales del estanque.	FAO 2004; Kumar et al. 2012; Little 1991
Cerdo-peces	Brasil China India Filipinas	Producción de biogás-energía y peces. Las excretas de los cerdos son utilizadas para la fertilización de cultivos y del estanque. También se utiliza como fuente de producción de gas.	Marchezan et al. 2006; Nhu et al. 2015; FAO 2004

## 5. Análisis comparativo de los Sistemas de Agro Acuicultura Integrada en los componentes económicos, sociales y ambientales

La Agro Acuicultura Integrada se reconoce como un sistema sostenible, puesto que abarca los componentes económico, social y ambiental, los cuales están interrelacionados y son interdependientes para cumplir un objetivo productivo.

### 5.1 Componente Económico

La adopción de la AAI tiene un impacto significativo en los ingresos de familias campesinas, puesto que la producción de hortalizas, frutas y otros cultivos asociados al sistema son

complemento fundamental para las necesidades que no puede cubrir la producción de peces (Phong et al. 2011). En este sentido, Bhatt et al. (2011), con el apoyo del Consejo para la Investigación Agrícola Indú (ICAR siglas en Inglés), evaluaron en el Himalaya la productividad de diferentes integraciones excretas de animales de granja-peces y un control sin uso de excreta animal; en todos los casos fue manejando policultivo de carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), mrigal (*Cirrhinus mrigala*), catla (*Catla catla*), rohu (*Labeo rohita*) y la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*). Los rendimientos en producción de peces reportados por los autores indican que la Integración animal-peces en promedio fue 2,06 mayor que el control; así, la integración ganado-peces presentó la mejor producción con 2686 kg/ha, seguido por integración patos-peces con 2173 kg/ha, cerdos-peces con 2046 kg/ha, aves-peces con 2006 kg/ha y cabros-peces con 1867 kg/ha, comparado con el estanque control que tuvo un rendimiento de 757 kg/ha.

Por otro lado, Nhan et al. (2008) realizaron un estudio en el Delta del río Mekong (Vietnam-MD) donde fueron monitoreados los flujos de agua, nitrógeno (N), carbono orgánico (CO) y fósforo (P), verificando los depósitos de estos nutrientes en sedimentos del estanque y en los peces; el experimento fue ejecutado durante un ciclo de producción. Los resultados mostraron que sólo entre 5 y 6% del N, CO y P, fue depositado en el filete de los peces. Por el contrario, el 29% del N, 51% del P y 81% del CO se depositó en el sedimento. El estudio también mostró que las excretas depositadas en el estanque fueron la principal fuente de nutrientes para los peces y que, incrementar la adición, aun cuando incrementa los depósitos de sedimento, mejora los rendimientos productivos. Otra de las conclusiones de la investigación indica que, un buen manejo de los flujos de nutrientes entre los estanques y demás actividades integradas, aumenta los beneficios a los productores y mejora los impactos ambientales.

Del mismo modo, Kumar et al. (2012) compararon el rendimiento y la productividad económica en dos estanques utilizando carpas indias (*Catla catla*, *Labeo rohita* y *Cirrhinus mrigala*) en policultivo. En el primer estanque manejaron una integración peces-patos y el segundo sin integración animal durante 257 días para ambos. Como primeras observaciones los autores indican que parámetros de calidad de agua como el pH, oxígeno disuelto, alcalinidad y nutrientes fueron mejores en el estanque peces-patos comparados con el estanque con peces solamente; de igual manera los niveles de fitoplancton y zooplancton fueron significativamente superiores en la integración, mostrando que la excreta de pato es una buena fuente de nutrientes para el crecimiento

de estos organismos. Finalmente, los investigadores resaltan el papel de las excretas y la acción de los patos en la supervivencia y el rendimiento. Así, el sistema peces-patos es más conveniente económicamente para los acuicultores que solamente el cultivo de peces.

Por otro lado, Berg (2002) estudió en el Delta del río Mekong-(Vietnam-MD) la integración pez-arroz como una alternativa competitiva frente al monocultivo de arroz. El autor realizó comparaciones económicas entre diferentes categorías de 120 granjas, en tres distritos diferentes durante la primavera de 1999. En cada distrito se tomaron 4 productores, los cuales fueron categorizados en cuatro grupos productores de: 1-arroz (A), 2-arroz-peces (AP), 3-arroz-peces sin Manejo Integrado de Plagas (APSMIP) y 4-arroz-peces con MIP (APMIP). Las especies utilizadas en los cultivos fueron carpa común (*Cyprinus carpio*), tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), barbo plateado (*Puntius gonionatus*) y carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*). El investigador concluyó que no hubo efectos claros de los peces en la producción de arroz. Las granjas arroz-peces APSMIP presentaron los más bajos rendimientos en producción de arroz, mientras que las granjas arroz-peces APMIP mostraron el rendimiento más alto, igual que el rendimiento por especies de peces cultivadas. El estudio indica que el rendimiento de la producción de arroz pareciera estar más afectado por otras prácticas de integración peces-agricultura, si se tiene en cuenta que algunos subproductos fueron utilizados como suplemento de alimento para los peces, pero no fueron tenidos en cuenta en el experimento.

Otros estudios reportan que la integración arroz-peces en India aumentó la producción de arroz en 8% comparado con la producción de arroz sin peces (Mohanty et al. 2004); de la misma manera, en China hay evidencia de rendimientos de peces de 150 a 300 kg/ha por año en policultivos de hasta con 5 especies. En Bangladesh se encontraron rendimientos de 271 kg/ha por año en sistemas de peces-arroz sin fertilizantes ni alimentación suplementaria (Mackay 1995). En Brasil Marchezan et al. (2006) encontraron que en la integración arroz-peces la presencia de los peces no afecta el rendimiento de la producción de arroz y que la producción de peces no es afectada por la densidad ni por la época de siembra, pero sí existe relación entre el número de peces sembrados y los cosechados.

## **5.2 Componente social**

El sistema AAI está asociado con numerosos beneficios sociales, puesto que se mejora la calidad de alimentos disponibles, las interacciones comunitarias y la capacidad de asociatividad por parte

de los productores (Ahmed et al. 2014). En este sentido, Murshed et al. (2011) estudiaron el impacto de la adopción del SAAI en Bangladesh, trabajando con 260 pequeños agricultores los cuales fueron asesorados y entrenados en SAAI mediante la metodología de Evaluación Rural Participativa. Los autores compararon los resultados con un grupo control de 126 pequeños agricultores sin actividad acuícola, durante los periodos de 2002-2003 hasta 2005-2006. Los resultados mostraron que la adopción de la Agro Acuicultura causó impactos positivos en la productividad, rentabilidad y eficiencia de la finca comparada con los agricultores control. Los investigadores aseguran que, aunque no se midió, existe evidencia que los agricultores capacitados compartieron el conocimiento aprendido a otros agricultores generando adopción secundaria de SAAI. Como conclusión final del estudio se encontró que la mejora en la calidad de vida de pequeños acuicultores mediante el aprovechamiento de recursos locales hace de la AAI una alternativa que debe ser validada y apropiada en países en desarrollo (Murshed-E-Jahan et al. 2011).

Por otro lado, Blythe (2013) evaluó el componente social y ambiental de 80 pequeños acuicultores de dos comunidades en Dedza, Malawi que había manejado un proyecto de AAI durante 5 años. El componente social de esta investigación revela que los piscicultores de Malawi habían rechazado prácticas que no funcionaban en el contexto local y adoptaron estrategias que consideraron mejores para las condiciones de su trabajo. Los agricultores identificaron la seguridad alimentaria como uno de los principales beneficios de sus estanques, así como el riego de los cultivos con agua de los mismos, la fertilización con sedimento y la organización posterior de grupos de trabajo en los cuales se asociaron para la consecución de alevinos y otras actividades afines a la acuicultura. El mencionado estudio concluye que la acuicultura a pequeña escala puede contribuir de manera significativa a la seguridad alimentaria de las familias rurales de bajos ingresos en África y que los métodos de investigación socio-ambiental pueden mejorar la capacidad de investigar la naturaleza compleja interconectada de los SAAI.

### **5.3 Componente ambiental**

La producción de alimento mediante el SAAI ha sido centro de valoraciones experimentales, principalmente en Asia debido a su capacidad de producción en armonía con el entorno. En el Delta del río Mekong (Vietnam-MD), Phong et al. (2011) evaluaron durante dos años en once granjas SAAI los impactos ambientales (Potencial de Calentamiento Global PCG) causados por la intensificación de la acuicultura. Los investigadores utilizaron la metodología de Evaluación de los

Ciclos de Vida (LCA por sus siglas en inglés), midiendo diariamente las entradas y salidas en cada subsistema integrado, arroz-peces, cerdos-peces y huerta-peces, los cuales fueron clasificados en tres grupos: tres granjas con arroz-alta densidad de peces (A-ap), cuatro granjas arroz-densidad media de peces (A-mp) y cuatro granjas huerta-baja densidad de peces (H-bp). Una de las conclusiones del estudio indicó que el nivel de calorías (Unidad de medición de entradas y salidas) producidas en H-bp es más baja comparada con los otros dos grupos, debido a los productos resultantes, principalmente frutas y vegetales (contenido calórico bajo), lo que generó un mayor PCG comparado con A-ap y A-bp. Para los autores es evidente que el nivel de intensificación en A-ap y A-mp, (mayor utilización de concentrado) no resultó, según el estudio, en mayores impactos ambientales

En el mismo sentido, Kluts et al. (2012) compararon, mediante LCA, los impactos de la producción de bagre (*Pangasianodon hypophthalmus*) en sistema intensivo y sistema AAI en Mekong Delta, Vietnam, encontrando que la producción intensiva contribuye de manera significativa a la contaminación ambiental, por excesivo uso de agua y al uso de concentrados. El SAAI sólo presentó alta contribución en la contaminación de agua y en eutrofización debido a las entradas de excretas de animales de granja y otros subproductos al estanque, la acumulación de sedimento en este y a la posterior descarga directa del agua al río. Los autores indican que el uso eficiente del agua en el sistema integrado es significativo a la hora de medir los impactos ambientales, comparado con la producción intensiva.

En la región Sub-sahariana-África, Efole Ewoukem et al. (2012), aplicando la metodología de LCA recomendada por Henriksson et al. (2012), trabajaron en la región noroccidental de Camerún con cuatro granjas con SAAI. Se cultivó tilapia (*Oreochromis niloticus*) como especie principal y el pez gato africano (*Clarias gariepinus*) como predador de los alevinos de tilapia. Los autores compararon los impactos ambientales, determinando el uso eficiente de los recursos y procesos internos que se podrían mejorar para disminuir los impactos reportados. La granja 1-G1 se manejó con la integración peces-cerdos y adición de salvado de trigo; para esta granja durante un ciclo de 18 meses se utilizaron 36,9 kg/m<sup>2</sup> de excretas de cerdo que fueron alimentados con concentrados y 2,4 kg/m<sup>2</sup> de salvado de trigo. Para la granja 2-G2 solamente se utilizó salvado de trigo a razón de 1 kg/día para un total de 2,4 kg/m<sup>2</sup> en un ciclo de producción de 13 meses. En la granja 3-G3 se utilizó la integración cerdos-cultivos-peces, en donde los cerdos fueron alimentados principalmente con sub-productos de los cultivos y los peces con las excretas de estos cerdos

durante 9 meses; finalmente en la Graja 4-G4 solamente se utilizaron como alimento para los peces las excretas de cerdos alimentados con salvado de trigo principalmente, durante un ciclo de 9 meses. Los resultados indican que entre las diferentes granjas la cantidad de nutrientes asimilados por los peces varió entre 2-3% del total de las entradas para el caso de nitrógeno, exceptuando la G4 con 14% y para el fósforo de 1-3%. En general se observó una baja tasa de fijación de nitrógeno y fósforo para la G1 y aumento de los impactos a medida que los sistemas se intensificaban. La G1 mostró los mayores impactos, en cuanto la G4 generó los menores. En concreto, en comparación con las otras tres granjas, los impactos de la G1 fueron 2-6 veces mayor para eutrofización, 3-8 veces mayor para el cambio climático, 3-7 veces mayor para la acidificación, 4-9 veces en el uso de energía no renovables, 1,2-2,2 veces mayor en el uso de la tierra y 59 veces mayor para el uso de la producción primaria neta.

## **CONCLUSIONES**

Desde un enfoque sistémico, la Agro Acuicultura Integrada es una alternativa viable económica, social y ambiental para la producción sostenible de alimentos de pequeños acuicultores y agricultores, ya que existe potencial para una integración de la agricultura y los sistemas pecuarios con la acuicultura para contribuir a la reducción de la pobreza y la mejora de sus condiciones de vida. El SAAI ha demostrado ser eficiente en el uso del agua y de los espacios de cultivo, no sólo en la cantidad de alimento sino en la diversidad y disponibilidad a nivel local lo que favorece la seguridad alimentaria. Son necesarios más estudios para evaluar la integración estanque-cultivos-productor, puesto que se ha demostrado una mejor eficiencia en el uso del agua en pequeña escala y cuando el estanque hace parte de riego para los cultivos, pero ineficiencia y mayor impacto ambiental cuando se intensifica el sistema de Agro Acuicultura Integrada.

## **Bibliografía**

- Ahmed, N., Ward, J. D., & Saint, C. P. (2014). ¿Can integrated aquaculture-agriculture (IAA) produce “more crop per drop”? *Food Security*, 6(6), 767–779. <http://doi.org/10.1007/s12571-014-0394-9>
- Béné, C., Arthur, R., Norbury, H., Allison, E. H., Beveridge, M., Bush, S., ... Williams, M. (2016). Contribution of Fisheries and Aquaculture to Food Security and Poverty Reduction: Assessing the Current Evidence. *World Development*, 79, 177–196. <http://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.11.007>
- Berg, H. (2002). Rice monoculture and integrated rice-fish farming in the Mekong Delta, Vietnam

- Economic and ecological considerations. *Ecological Economics*, 41(1), 95–107. [http://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00027-7](http://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00027-7)
- Bhatt, B. P., Bujarbaruah, K. M., Vinod, K., & Karunakaran, M. (2011). Integrated Fish Farming for Nutritional Security in Eastern Himalayas, India. *Journal of Applied Aquaculture*, 23(2), 157–165. <http://doi.org/10.1080/10454438.2011.581585>
- Blythe, J. L. (2013). Social-ecological analysis of integrated agriculture-aquaculture systems in Dedza, Malawi. *Environment, Development and Sustainability*, 15(4), 1143–1155. <http://doi.org/10.1007/s10668-012-9429-6>
- Bosma, R. H., & Verdegem, M. C. J. (2011). Sustainable aquaculture in ponds: Principles, practices and limits. *Livestock Science*, 139(1-2), 58–68. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.017>
- Carmona, R. de C. (2008). Influência de cultivares , densidades de sementeira e doses de nitrogênio na produção integrada de arroz e peixes, 3–6.
- Edwards, P. (1998a). A systems approach for the promotion of integrated aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 2(1), 1–12. <http://doi.org/10.1080/13657309809380209>
- Edwards, P. (1998b). A systems approach for the promotion of integrated aquaculture. *Aquaculture Economics & Management*, 2(1), 1–12. <http://doi.org/10.1080/13657309809380209>
- Edwards, P. (2015). Aquaculture environment interactions: Past, present and likely future trends. *Aquaculture*, 447, 2–14. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.001>
- Efole Ewoukem, T., Aubin, J., Mikolasek, O., Corson, M. S., Tomedi Eyango, M., Tchoumboue, J., ... Ombredane, D. (2012). Environmental impacts of farms integrating aquaculture and agriculture in Cameroon. *Journal of Cleaner Production*, 28, 208–214. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.039>
- FAO. (2004). *AGRO-ACUICULRURA INTEGRADA. MANUAL BÁSICO. Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Roma, Italia.
- FAO. (2014). *The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Vol. 2014). <http://doi.org/92-5-105177-1>
- Hanjra, M. A., & Qureshi, M. E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, 35(5), 365–377. <http://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.05.006>
- Henriksson, P. J. G., Guinée, J. B., Kleijn, R., & De Snoo, G. R. (2012). Life cycle assessment of aquaculture systems-A review of methodologies. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(3), 304–313. <http://doi.org/10.1007/s11367-011-0369-4>
- Henriksson, P. J. G., Rico, A., Zhang, W., Ahmad-Al-Nahid, S., Newton, R., Phan, L. T., ... Guinée, J. B. (2015). Comparison of Asian Aquaculture Products by Use of Statistically Supported Life Cycle Assessment. *Environmental Science and Technology*, 49(24), 14176–14183. <http://doi.org/10.1021/acs.est.5b04634>
- Hernández, M., Gasca-leyva, E., Gressler, P., Krise, D., Biologia, D. De, Santa, U. De, ... Antigua, K. (2014). Effects of farm and commercial inputs on carp polyculture performance :

- participatory trial in an experimental field station, *42*(3), 468–476.
- Kluts, I. N., Potting, J., Bosma, R. H., Phong, L. T., & Udo, H. M. J. (2012). Environmental comparison of intensive and integrated agriculture-aquaculture systems for striped catfish production in the Mekong Delta, Vietnam, based on two existing case studies using life cycle assessment. *Reviews in Aquaculture*. <http://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01072.x>
- Kumar, J. Y., Chari, M. S., & Vardia, H. K. (2012). Effect of integrated fish-duck farming on growth performance and economic efficiency of Indian major carps. *Livestock Research for Rural Development*, *24*, 0–7. Retrieved from <http://www.lrrd.org/lrrd24/12/kuma24219.htm>
- Little, D. (1991). David Little and Kriengkrai Satapornvanit. *Aquafind*. Retrieved from <http://aquafind.com/articles/poul.php>
- Mackay, K. T. (1995). *RICE-FISH CULTURE in CHINA*. Ottawa: International Development Research Centre. Retrieved from <http://www.idrc.ca/EN/Resources/Publications/openbooks/313-5/index.html#tn68>
- Marchezan, E., & Golombieski, J. I. (2006). Produção integrada de arroz irrigado e peixes, 411–417.
- Mohanty, R. K., Verma, H. N., & Brahmanand, P. S. (2004). Performance evaluation of rice-fish integration system in rainfed medium land ecosystem. *Aquaculture*, *230*(1-4), 125–135. [http://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00423-X](http://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00423-X)
- Murray, F. J., & Little, D. C. (2000). The nature of small-scale farmer managed irrigation systems in north west province, Sri Lanka and potential for aquaculture, (February), 86.
- Murshed-E-Jahan, K., & Pemsil, D. E. (2011). The impact of integrated aquaculture-agriculture on small-scale farm sustainability and farmers' livelihoods: Experience from Bangladesh. *Agricultural Systems*, *104*(5), 392–402. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.01.003>
- Nhan, D. K., Verdegem, M. C. J., Milstein, A., & Verreth, J. A. V. (2008). Water and nutrient budgets of ponds in integrated agriculture-aquaculture systems in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture Research*, *39*(11), 1216–1228. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01986.x>
- Nhu, T. T., Dewulf, J., Serruys, P., Huysveld, S., Nguyen, C. V., Sorgeloos, P., & Schaubroeck, T. (2015). Resource usage of integrated Pig–Biogas–Fish system: Partitioning and substitution within attributional life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, *102*, 27–38. <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.06.011>
- Phong, L. T., de Boer, I. J. M., & Udo, H. M. J. (2011). Life cycle assessment of food production in integrated agriculture-aquaculture systems of the Mekong Delta. *Livestock Science*, *139*(1-2), 80–90. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.015>
- Prein, M. (2002). Integration of aquaculture into crop–animal systems in Asia. *Agricultural Systems*, *71*(1-2), 127–146. [http://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00040-3](http://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00040-3)
- United Nations. (2013). World Population Prospects: The 2012 Revision. Highlights and Advance Tables. *Population and Development Review*, *36*, 775–801. <http://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2010.00357.x>
- Zajdband, A. D. (2014). Integrated Agri-Aquaculture Systems.pdf. *Genetics, Biofuels and Local*



*Farming Systems, Sustainable Agriculture Reviews*. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-1521-94>,