

CARACTERIZACIÓN DE TRES AMBIENTES CLAVE PARA LA INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE IRRIGACIÓN Y ACUICULTURA Y SUS NOMBRES LOCALES

Paul Kiepe
 Consortium Bas-fonds (CBF), ADRAO – Centro Africano del Arroz
 Cotonou, Benin

Kiepe, P. 2010. Caracterización de tres ambientes clave para la integración del riego en la acuicultura y sus nombres locales. En M. Halwart & A.A. van Dam, eds. *Integración de sistemas de irrigación y acuicultura en África occidental: conceptos, prácticas y potencial*. Roma, FAO. pp. 1–5.

Resumen

El trabajo aporta una definición de humedales y resalta la diferencia entre humedales como ecosistemas y los humedales como sistemas de producción. Se muestran los diferentes sistemas de clasificación disponibles en referencia a su uso específico. Los humedales se definen como áreas que están total o parcialmente inundadas una parte o la totalidad del tiempo. Los humedales tropicales pueden clasificarse en cuatro grupos principales: llanuras costeras, cuencas interiores, llanuras inundables de los ríos y valles interiores. Los valles interiores representan el 36% del área total cubierta por humedales en África subsahariana; se trata de las partes altas de los sistemas hidrográficos, en las que los procesos de sedimentación aluvial están casi o totalmente ausentes. La disponibilidad de una clasificación local de humedales se indica: los nombres locales pueden suministrar información importante e inesperada en los estudios específicos para cada sitio. Sin embargo, existe el riesgo de traducirlos de forma incorrecta, ya que un nombre local puede abarcar varios diferentes tipos de humedales tal y como nosotros los conocemos. Teniendo esto en cuenta, la clasificación local proporciona una valiosa herramienta para describir los lugares de la integración de sistemas de irrigación y acuicultura (IIA). Con particular atención a la IIA en África occidental, tres ambientes claves abarcan la mayoría de los sistemas de la IIA: (1) sistemas de riego, (2) llanuras inundables y (3) fondos de los valles interiores.

Introducción

El denominador común de los tres ambientes claves para la integración de sistemas de irrigación y acuicultura (IIA) –sistemas de riego, llanuras inundables y valles interiores– es que se trata en todos los casos de humedales. Sin embargo, la clasificación y caracterización de los humedales es problemática, ya que existen diversos sistemas de clasificación. Una de las conclusiones del «Taller de Desarrollo y Gestión de los Humedales (WEDEM) sobre el Uso Sostenible de los Valles Interiores», celebrado en 1996 en Cotonou, Benin, fue la falta de un enfoque común para clasificar y caracterizar los humedales. Esta conclusión no era nueva; la cuestión había sido planteada en diversas ocasiones previas y fue uno de los factores que motivaron el lanzamiento del Consorcio del Inland Valley (Inland Valley Consortium, IVC) en 1993. Un examen más detallado de los sistemas de clasificación de los humedales relevantes para este taller puede arrojar luz sobre la materia.

Humedales

Los humedales son zonas que están parcial o completamente inundadas durante parte o la totalidad del tiempo. Incluyen por lo general marismas, turberas y aguas someras. Los humedales son ecosistemas complejos y sitios específicos, de extrema importancia para la supervivencia de muchas comunidades en todo el mundo. Los humedales ocupan cerca del 10 por ciento de África subsahariana (Cuadro 1). Hay dos puntos de vista enfrentados sobre la gestión de los humedales: uno agrícola y otro ecológico. Desde un punto de vista agrícola, se asume que los humedales son la base de sistemas de producción robustos, menos sensibles a la degradación que las tierras altas adyacentes debido a la entrada frecuente de agua, nutrientes y desechos orgánicos. Por otro lado, los ecologistas consideran estos mismos humedales como ecosistemas frágiles que deben ser manejados con cautela. Sería necesario por tanto hacer una distinción entre un humedal como ecosistema y un humedal como sistema productivo.

Cuadro 1. Extensión de humedales en África subsahariana tropical y proporción de los tipos de humedales sobre el total de humedales, de tierras cultivables y del total de tierras (Andriessse, 1986)

Tipo de humedal	Área (km ²)	Porcentaje de tipo de humedal		
		del total de humedales (%)	de tierra cultivable (%)	del total de tierras (%)
Humedales costeros	165 000	6,9	1,5	0,7
Cuencas interiores	1 075 000	45,0	9,7	4,5
Llanuras inundables fluviales	300 000	12,6	2,7	1,3
Valles interiores	850 000	35,6	7,7	3,6

Ecosistemas de los humedales

La Convención de Ramsar sobre los Humedales define a éstos como «*las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros*». La clasificación de Ramsar divide a los humedales en tres categorías principales:

- humedales marinos y costeros;
- humedales interiores;
- humedales hechos por el hombre.

Las categorías principales tienen subdivisiones adicionales, resultando un total de unos cuarenta tipos de humedales (Ramsar, 1999).

Los humedales tienen importantes funciones ecológicas, como la purificación del agua, la recarga de los acuíferos subterráneos, la retención de carbono y la protección contra las inundaciones y la erosión. Los humedales proporcionan también lugares de descanso y nidificación para muchas especies silvestres. Pueden ser considerados como sala de maternidad y guardería para peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, y son de particular importancia para las especies huidizas y poco frecuentes.

Sistemas de producción de los humedales

El objetivo de este taller son los sistemas de producción de los humedales. Los humedales tienen importantes funciones económicas, como la producción de cultivos (por ej. arroz) y hortalizas, como fuente de material para cubrir techos, realizar cercas y tejer cestos, pesca y para obtener agua y zonas de pastos para el ganado durante la estación seca. Al tiempo que la

Convención de Ramsar clasificaba los humedales con el objetivo de salvaguardar la biodiversidad de ecosistemas sensibles, las organizaciones de investigación agraria los clasifican de acuerdo a diversos criterios diferentes, como se describe a continuación con una presentación de tres clasificaciones existentes pertinentes para los tres ambientes clave seleccionados en el contexto de este taller para el desarrollo de la IIA.

Clasificación WURP de los humedales africanos

El Proyecto de Investigación para el Uso de Humedales (WURP), financiado por el Gobierno de los Países Bajos (DGIS) y ejecutado por el Instituto de Agricultura Tropical (IITA) de la Universidad de Wageningen a principios de la década de 1980, tiene como principal objetivo el desarrollo de los fondos de valles interiores para el cultivo de arroz en humedales. La primera fase del WURP consistió en un inventario de información para identificar el alcance y categorías de los humedales en las zonas húmedas y subhúmedas de África occidental (Windmeijer y Andriessse, 1993). Se distinguieron cuatro tipos principales de humedales, en base a consideraciones geomorfológicas:

- llanuras costeras (deltas, estuarios, tierras bañadas por mareas);
- cuencas interiores (grandes depresiones de drenaje);
- llanuras inundables de ríos (depósitos aluviales recientes);
- valles interiores (también denominados a nivel local dambos, fadamas, bas-fonds, o tierras pantanosas de valles interiores).

La extensión de los cuatro tipos de humedales en África se estimó en base a la extrapolación de resultados de África occidental sobrepuestos al mapa de la FAO de los suelos de África, según se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 2. Importancia relativa de los sistemas de producción arroceras en África occidental y central (ADRAO, 1997)

Sistema de producción arroceras	Area (%)	Producción (%)
Zonas de mareas (manglares, llanuras costeras)	4	4
Arroz flotante o de aguas profundas	9	5
Sistemas de riego	12	28
Tierras altas de secano	31	25
Tierras bajas de secano	44	36

ADRAO clasificación de los ambientes de producción arroceras rizicole

El Centro Africano del Arroz (ADRAO) reconoce cuatro sistemas principales de producción arroceras en África occidental (Cuadro 2):

- zonas de mareas (manglares y llanuras costeras);
- ambientes de aguas profundas/inundaciones;
- sistemas de riego;
- tierras altas de secano;
- tierras bajas de secano.

Debido a que las tierras altas y bajas de secano y los sistemas de riego suponen la mayor parte del área y la producción totales en África occidental y central, y por su papel en la reducción de la pobreza, se ha dado prioridad al trabajo en estos tres sistemas productivos. Se prestó relativamente poca atención directa a otros sistemas como los manglares y la producción de arroz en aguas profundas, no porque estos sistemas sean menos importantes, sino simplemente porque resultaba más eficaz concentrarse en los tres sistemas productivos antes mencionados.

Clasificación de la FAO

El Estudio Mundial de los Sistemas Agrícolas FAO/ Banco Mundial reconoce ocho sistemas agrícolas diferentes (Dixon y Gulliver, 2003):

- sistemas agrícolas de regadío en pequeñas fincas;
- sistemas agrícolas basados en el arroz de humedales;
- sistemas agrícolas de secano en zonas húmedas;
- sistemas agrícolas de secano en las zonas escarpadas y tierras altas;
- sistemas agrícolas de secano en zonas secas o frías;

- sistemas agrícolas duales (combinación de grandes explotaciones comerciales y de pequeñas fincas);
- sistemas de pesca artesanal costera;
- sistemas agrícolas urbanos.

Los tres primeros sistemas agrícolas son relevantes para el cultivo combinado de arroz y peces y coinciden en gran medida con los tres ambientes claves seleccionados para este taller.

Ambientes claves de la IIA

La clasificación utilizada en el contexto del desarrollo de la IIA es:

- sistemas de riego (control total del agua);
- llanuras inundables;
- valles interiores (sin o con control parcial del agua).

Esta clasificación se basa en una combinación de consideraciones geomorfológicas y de gestión del agua, como ilustra la Figura 1.

Sistemas de riego

El riego puede ser descrito como el suministro de agua a la tierra por medio de canales y zanjas artificiales, para impulsar el crecimiento de los cultivos alimentarios. Los sistemas de riego se encuentran en África occidental en cuencas interiores, como la cuenca del Senegal, el interior del delta del Níger, la cuenca del Volta y a lo largo de las llanuras inundables de los ríos importantes. El riego consiste en el suministro de agua bajo demanda, independientemente del agua de lluvia. La retención del agua con diques sin aportar agua adicional, como sucede a menudo en los valles interiores, no se considera riego (Young, 1998).

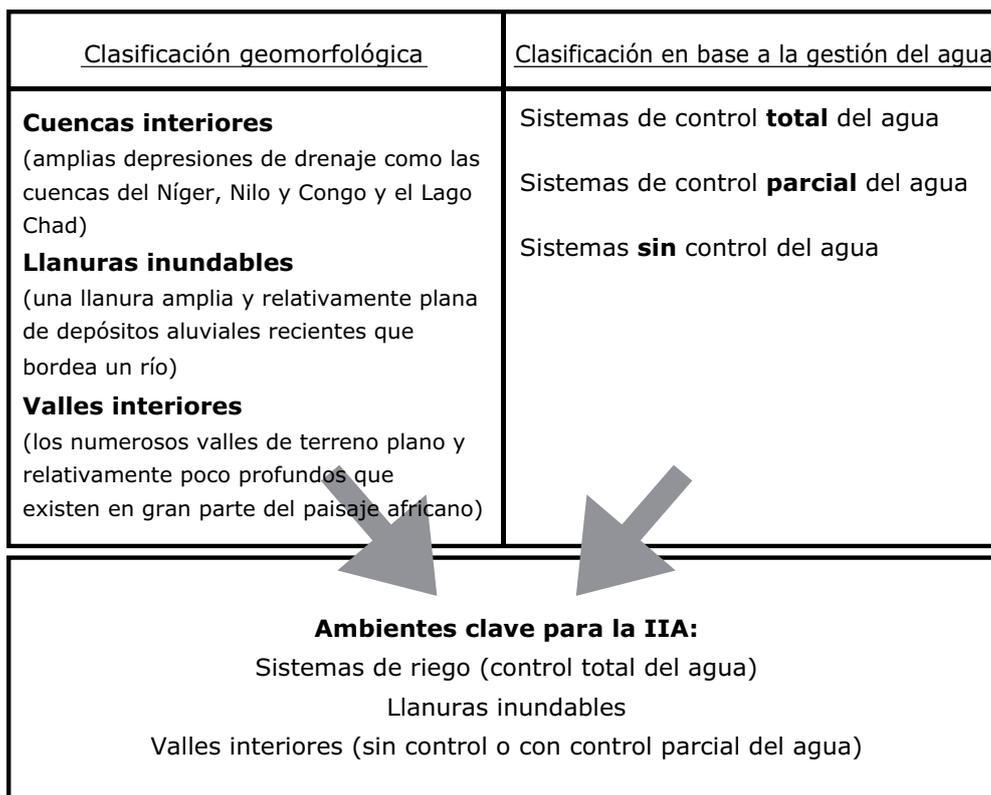


Figura 1. Clasificación de los ambientes de la integración de sistemas de irrigación y acuicultura (IIA) en base a una combinación de consideraciones geomorfológicas y de gestión del agua

Llanuras inundables

Una llanura inundable es una zona normalmente seca y relativamente plana de depósitos aluviales recientes a lo largo de un arroyo o río, y sujeta a inundaciones periódicas. Las grandes llanuras inundables son muy adecuadas para el riego, ya que son más o menos llanas, a menudo fértiles y cercanas a una fuente de agua. Los sistemas de riego para llanuras inundables pueden basarse en la gravedad, cuando el agua se suministra a través de un canal que toma agua río arriba en un punto que permite la entrada de agua con suficiente presión. Una desventaja de estos sistemas es que dependen de las variaciones de nivel del río y la toma de agua puede no ser posible por debajo de un determinado nivel.

Valles interiores

Los valles interiores son las partes altas de los sistemas fluviales, en los que los procesos de sedimentación aluvial están casi o completamente ausentes. Los valles interiores incluyen los fondos de los valles y pequeñas llanuras inundables coluviales, que pueden encontrarse sumergidas durante una parte del año, con sus márgenes hidromórficos y continuación en laderas y crestas superiores que se extienden sobre una zona que

contribuye a la escorrentía y filtraciones hacia el fondo del valle. La expresión «control parcial del agua» se utiliza para la retención del agua mediante diques o lomos en la agricultura de secano.

La clasificación elegida por la IIA es pragmática, ya que los tres entornos no se excluyen mutuamente. Los sistemas de riego de control total se encuentran a menudo en las cuencas interiores, pero también en las llanuras inundables e incluso en los valles interiores. Sin embargo, puede surgir cierta confusión sobre qué incorporar al término «riego». Mientras que el control total del agua es evidente, el área de «control parcial del agua» se encuentra menos definida.

Clasificación local de los humedales

Cada población rural tiene su propia interpretación y sus propias palabras para áreas de interés específico. Los nombres locales, también denominados nombres vernáculos o indígenas, a menudo no corresponden con una clasificación científica formal ya que se basan en otros criterios. Por lo tanto, es necesario actuar con cautela en el uso de la nomenclatura indígena. Este tipo de problemas puede surgir

en inventarios basados en entrevistas con los campesinos. Cualquier pregunta realizada en un lenguaje local relacionada con la tipología del entorno puede ser contestada con el nombre vernáculo en el idioma local. Los nombres locales pueden proporcionar una importante e inesperada información en estudios sobre sitios específicos, pero si el objetivo es relacionar la información adquirida con un área mayor, es necesario diseñar cuestionarios para localizar una categoría en un sistema de clasificación y los nombres vernáculos deben usarse de manera que coincidan con un categoría única.

Veamos algunos ejemplos de nombres indígenas de los humedales:

- *Valles interiores* (África occidental anglófona). El término valle interior se refiere a los numerosos valles de fondo plano y relativamente poco profundos que se dan en las extensas llanuras y mesetas onduladas que constituyen una gran parte del paisaje africano (Andriessse, 1986). El nombre fue adoptado por el IVC a causa de su uso extendido en África occidental anglófona.
- *Bas-fonds* (África occidental francófona). Hablando en sentido estricto, es el fondo del valle per se y no el valle interior. *Vallée Intérieure* hace referencia al valle en su conjunto, pero la palabra bas-fond se usa de forma más común.
- *Boli lands* (Sierra Leone). Las *Boli lands* hacen referencia a un complejo de depresiones amplias y poco profundas que sufren inundaciones estacionales y a terrazas bajas del río sin apenas relieve. Las *Boli lands* incluyen valles interiores y llanuras inundables.
- *Fadama* (en hausa) es un área que se inunda de forma estacional. Los *Fadamas* incluyen valles interiores y llanuras inundables.
- *Dambo* (en chichewa significa pradera del valle). Los *Dambos* son depresiones que se inundan de forma periódica, formadas por la erosión en la roca madre (Roberts, 1988). Según Mackel (1985), los *dambos* son ecosistemas naturales que ocupan una depresión de poca profundidad que se inunda de forma estacional, situada en o

junto a la cabeza de un sistema de drenaje, Esta descripción coincide con la de un valle interior.

- *Mbuga* (en swahili) es equivalente a *dambo*.
- *Matoro* (en shona) es equivalente a *dambo*.
- *Vlei* (en afrikaans). Área de tierras bajas y pantanosas, en especial cuando alimenta a un arroyo. Un «*vlei*» puede, –pero no necesariamente– hacer referencia a un valle interior.

Referencias

- ADRAO**. 1997. Annual Report 1997. Bouaké, Côte d'Ivoire, ADRAO The Africa Rice Center.
- ADRAO**. 2003. Strategic Plan 2003–2012. Bouaké, Côte d'Ivoire, ADRAO The Africa Rice Center, 56 pp.
- Andriessse, W.** 1986. Area and distribution. En A.R.S. Juo & J.A. Lowe, eds. *The wetlands and rice in sub-Saharan Africa*. Ibadan, Nigeria, IITA, pp. 15–30.
- Dixon, J. & Gulliver, A.** 2003. *Farm management systems and food production*. Roma, Food and Agriculture Organization, 13 pp.
- Mackel, R.** 1985. Dambos and related landforms in Africa; an example for the ecological approach to tropical geomorphology. *Z. Geomorphol. N.F. Supplementband 52*: 1–23.
- Ramsar**. 1999. Classification system for wetland type. Key documents of the Ramsar Convention. Gland, Switzerland, Ramsar Convention Secretariat (disponible en www.ramsar.org/index_key_docs.htm).
- Roberts, N.** 1988. Dambos in development: management of a fragile ecological resource. *Journal of Biogeography*, 15: 141–148.
- Windmeijer, pp.N. & Andriessse, W. (eds)**. 1993. Inland valleys in West Africa: an agro-ecological characterization of rice growing environments. Publication 52, Wageningen, The Netherlands, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 160 pp.
- Young, A.** 1998. Land resources: now and for the future. Cambridge, Cambridge University Press, 319 pp.

UN ESTUDIO DE LA EXPERIENCIA DE INTEGRACIÓN DE LA ACUICULTURA EN SISTEMAS DE RIEGO A GRAN ESCALA

John Gowing
Facultad de Agricultura, Alimentación y Desarrollo Rural
Universidad de Newcastle upon Tyne, Newcastle, Reino Unido

Gowing, J. 2010. Un estudio de la experiencia de integración de la acuicultura en sistemas de riego a gran escala. En M. Halwart & A.A. van Dam (eds). *Integración de sistemas de irrigación y acuicultura en África occidental: conceptos, prácticas y potencial*. Roma, FAO. pp. 7-16.

Resumen

Los sistemas de riego no sólo proporcionan agua a los cultivos extensivos, sino que tienen otros muchos usos productivos y no productivos. La acuicultura es un uso productivo y no consuntivo del agua y no compite con el riego. En teoría, la integración de la acuicultura en los sistemas de riego puede contribuir a usar los escasos recursos de agua dulce de forma más eficiente. Sin embargo, existe la necesidad de estudiar las oportunidades y limitaciones de la integración de la acuicultura en los sistemas de riego. En sistemas de riego formales a gran escala se pueden distinguir cuatro subsistemas funcionales: captación del agua, distribución, uso y evacuación. Mientras que la acuicultura puede integrarse en cualquiera de ellos, este estudio se centra en canales y estanques de almacenamiento dentro del subsistema de distribución. Tanto las jaulas flotantes como los corrales pueden ser utilizados para cultivar peces en estas estructuras. Debido a la gran variabilidad de las condiciones en y entre los sistemas de riego, se deben analizar cuidadosamente las condiciones en las estructuras de almacenamiento. La acuicultura es más exigente que los cultivos de riego en lo relativo a la continuidad del suministro de agua. Otros aspectos importantes son las elevadas cantidades de agroquímicos en los sistemas de retorno de los campos agrícolas, los lentos tiempos de respuesta en la regulación del agua en los grandes sistemas de riego y el efecto de las estructuras acuícolas en la conducción del agua en los canales.

Introducción

Comúnmente se acepta que desde la década de 1960 los avances tecnológicos en la agricultura, conocidos conjuntamente como «revolución verde», han proporcionado al mundo en desarrollo los medios necesarios para alimentar a su creciente población. También está reconocido el papel predominante del riego en la promoción de la seguridad alimentaria. En los países en desarrollo la agricultura de regadío produce el 40% de los alimentos y productos básicos agrícolas y en Asia hasta un 60% de la producción total. El corolario de esta dependencia de la agricultura de regadío es que, independientemente de dónde se practique, el riego es uno de los mayores consumidores de agua. A nivel mundial el 70% de todo el agua extraída de ríos y acuíferos subterráneos se utiliza para el riego, y en los países de ingresos bajos este dominio es aún mayor, ascendiendo a un 90% de la toma de agua (Seckler *et al.*, 1998). Sin embargo, la distribución de las tierras de riego está desequilibrada hacia unos pocos

países y presenta importantes variaciones entre regiones.

Durante la década de 1990 las prioridades para la asignación y desarrollo de los recursos hídricos cambiaron drásticamente. La escasez de agua se ha convertido en un asunto fundamental y como consecuencia de ello se considera al riego como una actividad de escaso valor y derrochadora de los recursos hídricos. Existe una gran presión para usar el agua de forma más eficiente y a menudo esto implica una reasignación de los recursos, desechando el riego en favor de su uso municipal, industrial y medioambiental (Molden *et al.*, 2001; Hamdy *et al.*, 2003). Aunque actualmente es una cuestión sin gran importancia en África subsahariana, debido al previsible crecimiento demográfico, se espera que la futura seguridad alimentaria dependa de la rápida expansión de las zonas de regadío y que la escasez de agua se convierta en un problema (Gowing, 2003). Esto está llevando a una nueva percepción de la necesidad de entender correctamente los múltiples usos del agua en los sistemas de riego, de evaluar económicamente

otros usos diversos al riego (Meinzen-Dick y van der Hoek, 2001) y de un mayor reconocimiento de los vínculos entre las actividades de gestión del agua y los ecosistemas acuáticos (Bakker y Matsuno, 2001).

Existe la idea generalizada de que los sistemas de riego proporcionan agua tan sólo a los campos de cultivo, si bien la realidad es más compleja. Incluso dentro del sector agrícola, los sistemas de riego no sólo proporcionan agua a los campos principales, sino también para el ganado y el cultivo en huertos domésticos. Otros usos productivos pueden incluir la pesca, la cosecha de plantas acuáticas y animales y otros cometidos como la fabricación de ladrillos. Entre las funciones medioambientales importantes se pueden incluir el suministro de agua a los árboles y otra vegetación permanente, que proporciona bienestar a la población local y sustenta la biodiversidad en plantas, aves y otros animales. Otros usos no productivos pueden ser la colada, el baño y el suministro doméstico. Las importantes consecuencias para la gestión y política del agua fruto del reconocimiento de estos múltiples usos incluyen la toma en consideración de: la valoración del agua en los sistemas de riego, la gestión de los sistemas para maximizar su productividad y la asignación del agua para usos alternativos (Meinzen-Dick y Bakker, 2001).

Aquí la atención se centra en la producción pesquera en sistemas de riego y, en particular, en las oportunidades para la población pobre de obtener de esta actividad un beneficio en sus medios de vida. Resulta evidente que las obras de ingeniería hidráulica de gran alcance asociadas al desarrollo del riego a gran escala han tenido un profundo impacto negativo en muchos ecosistemas de ríos, reflejándose en una drástica pérdida de biodiversidad (Halls *et al.*, 1999; Petr and Mitrofanov, 1998). Donde esto ha provocado la pérdida de la pesca de subsistencia de gran importancia, el impacto de este cambio ha sido experimentado generalmente de forma desproporcionada por la población pobre. Puede existir la oportunidad de mitigar este impacto negativo en los nuevos sistemas de riego mediante el fomento de un desarrollo complementario de la producción pesquera, si bien esta opción ha sido generalmente ignorada. En algunos países la pesca en canales de riego es importante, por ejemplo en China (Tapiador *et al.*, 1977), Pakistán (Javid, 1990), Egipto (Sadek y El Din, 1988), Sudán (Coates, 1984) y Tailandia (Swingle, 1972), pero se le ha dado poca importancia a la reposición del potencial de la pesca perdida mediante el desarrollo sistemático del potencial de la acuicultura. Sorprendentemente, hay pocas investigaciones que prueben la relación entre la

producción pesquera y el riego, bien en términos del impacto en la pesca natural o del potencial creado para nueva pesca gestionada. Más aún, los vínculos entre las instituciones de gestión de la pesca y las instituciones de gestión del agua suelen ser débiles.

El entorno del riego

Este trabajo hace referencia a sistemas de riego de relativamente gran escala que ofrecen un control completo del agua. No existe ninguna clasificación universalmente aceptada, pero los sistemas de riego pueden ser definidos en función de sus características físicas y organizativas. La extensión de la superficie cubierta por el riego no es por sí sola una característica diferenciadora, ya que un proyecto de 500 ha puede ser clasificado como «importante» o «de gran escala» en un país, pero ser considerado como «secundario» o «de pequeña escala» en otro. Una definición más útil dentro del alcance de este trabajo es que concierne a:

- jerarquías formales de canales abiertos para la distribución controlada del agua de riego y para la eliminación del agua de drenaje;
- estructuras organizativas formales con una institución de gestión legalmente constituida responsable del control de la asignación y distribución del agua.

Todos los sistemas de riego formales a gran escala están formados por cuatro subsistemas funcionales: captación, distribución, uso y evacuación del agua. La Figura 1 representa estos subsistemas y sus enlaces a través del caudal de agua. Una pequeña parte de los sistemas de riego tienen tuberías en lugar de canales abiertos para parte de sus subsistemas de distribución y/o uso del agua, si bien los sistemas de canales abiertos son los más habituales.

Como la superficie cubierta por el riego puede variar, también pueden hacerlo la capacidad y el tamaño de los canales primario y secundario. Habitualmente, un canal primario tiene una anchura de lecho comprendida entre 5 y 50 m y una profundidad de 1 a 5 m. En la mayoría de los casos, estará diseñado para funcionar de forma más o menos continua durante la temporada de riego. La velocidad del diseño dependerá de la naturaleza del material del lecho, de si está o no revestido, y de si transporta agua clara o repleta de sedimentos. Los canales secundarios y terciarios proporcionan agua a secciones de la superficie de riego progresivamente menores y por tanto tienen anchuras de lecho y profundidades más

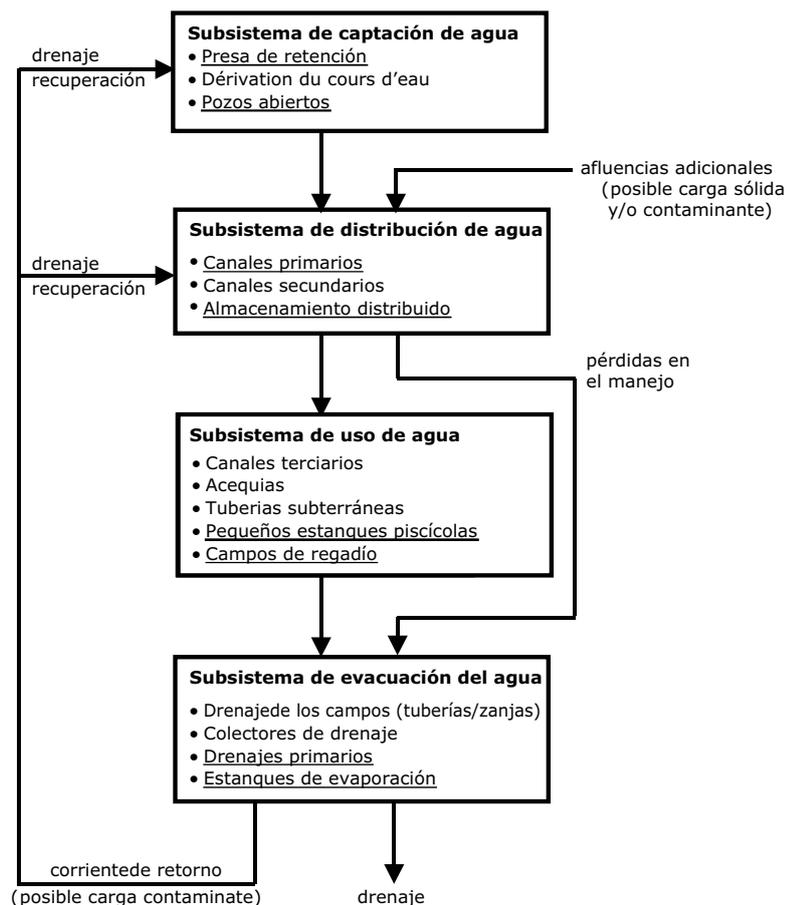


Figura 1. Principales componentes de un sistema de riego

reducidas. Es menos probable que funcionen de forma continua.

Las estructuras de almacenamiento de agua proporcionan flexibilidad operativa al moderar las diferencias entre la oferta y la demanda. No siempre se cuenta con almacenamiento repartido dentro del sistema de distribución del agua; allá donde existe, puede funcionar como una separación entre los canales primario y secundario o entre el secundario y el terciario. El almacenamiento también puede producirse dentro del subsistema de uso del agua como un almacenamiento en granja; bien en forma de pequeños estanques piscícolas o de compartimentos de los arrozales. Algunas diferencias importantes entre las estructuras son la duración y la profundidad del almacenamiento, y la frecuencia y tasa de variación.

En algunas ocasiones se señala que los sistemas de riego proporcionan solamente un pequeño rango de hábitats con mucha menos diversidad que los ríos naturales (Redding y Midlen, 1991) y que en otros casos generan una amplia variedad de hábitats (Fernando y Halwart, 2000). A pesar de este aparente desacuerdo, que puede reflejar también

variaciones ecorregionales, hay que reconocer que el entorno creado por el hombre de una red de canales difiere del entorno natural de un sistema fluvial en diversos aspectos importantes, que limitan la conectividad en En primer lugar, el régimen del caudal se gestiona habitualmente dentro de un rango más reducido, aunque puede estar sujeto a situaciones de caudal nulo más frecuentes. En segundo lugar, la existencia de una infraestructura de control del agua crea barreras físicas tre los hábitats. En tercer lugar, la temperatura y calidad (turbidez, salinidad, etc.) pueden variar.

La pesca en los sistemas de riego

Muchos de los sistemas de riego mantienen probablemente alguna forma de pesca de captura, aunque la práctica es en general oportunista. Habitualmente, las poblaciones de peces dependen de aquellos que se adentran en el sistema de canales en el punto

de captación. Algunas especies pueden formar poblaciones autosuficientes, pero esta situación esta limitada a aquellos sistemas que presentan condiciones medioambientales favorables (Fernando y Halwart, 2000). Se necesita un cierto nivel de gestión de poblaciones de peces para mantener una pesquería más productiva y sostenible. Esta gestión puede conllevar la repoblación e introducción de nuevas especies, pero existen pocas experiencias documentadas de la adopción de este tipo de medidas en sistemas de canales, excepto donde han tenido como objetivo fundamental el control de las algas mediante la introducción de la carpa herbívora (P.ej. Armellina *et al.*, 1999).

La acuicultura ofrece un mayor control sobre la producción y el acceso que la pesca de captura e incluso los sistemas semi-intensivos de bajo coste pueden producir 1 500–2 000 kg/ha/año, una cantidad mayor comparada con las estimaciones de producción para la pesca de captura en canales. La acuicultura en jaulas ha sido fomentada en gran parte de los países de Asia meridional y del Sudeste asiático (Beveridge y Muir, 1999) como una tecnología que puede ser adoptada fácilmente por la

población con pocos recursos. Las jaulas pueden fabricarse de forma barata utilizando materiales fácilmente disponibles, como el bambú (para el armazón) y los contenedores de plástico (para los flotadores), si bien la disponibilidad de redes adecuadas puede ser una limitación. Para los campesinos sin tierra, las jaulas tienen la ventaja de que sólo requieren la propiedad de la misma y de su contenido, independientemente de a quien pertenezca la masa de agua, siempre y cuando tengan el acceso garantizado.

Una alternativa es producir peces en grandes estructuras de contención conocidas como corrales. Al igual que las jaulas, sus caras están hechas de forma artificial, aunque una diferencia importante es que la base es el propio substrato del canal. Esto permite tener acceso a organismos bentónicos, obteniendo así una fuente adicional de alimentos para los peces. Al mismo tiempo las hace menos adecuadas que las jaulas flotantes para canales con amplias fluctuaciones en su nivel de agua. Los corrales pueden cercar toda la anchura del canal, o pueden estar alineados a lo largo de la orilla y ocupar solamente una parte de la anchura del canal (Beveridge, 1996; Haylor, 1993).

En zonas de China y del Sudeste asiático la «acuicultura integrada» en los subsistemas de uso del agua ha existido durante generaciones y su introducción en otros países ha suscitado mucho interés en los últimos años. De forma similar, el potencial y las limitaciones del cultivo y cosecha de peces en embalses del subsistema de captación de agua están bastante bien documentados en base a la experiencia en muchos países. Sin embargo, se han ignorado en gran medida las oportunidades y limitaciones del amplio número de componentes diseñados para los subsistemas de suministro y evacuación del agua.

Estudio de caso de la acuicultura integrada y el riego

Teniendo presente esta carencia, se ha realizado una investigación interdisciplinaria detallada en dos sitios en India y Sri Lanka para analizar el potencial y las limitaciones de integrar la acuicultura –centrándose en la población pobre– en los sistemas de riego a gran escala. Ambos emplazamientos se encuentran en zonas semiáridas y presentan un clima monzónico tropical. Ambos sufren de escasez de agua y son perímetros públicos de riego gestionados por grandes organizaciones burocráticas. Cuando se llevó a cabo la investigación, ambos estaban intentando llevar adelante una reforma institucional para transferir algunas de las responsabilidades de gestión a los usuarios del agua.

Sitio 1

El Proyecto del Bajo Bhavani (LBP, por sus siglas en inglés) se encuentra en el estado de Tamil Nadu al sur de la India. Su fuente es el río Bhavani, que nace en las colinas de Nilgiri como afluente del río Cauvery. Es un típico sistema en la ladera de un valle, que comprende un canal colector de 200 km que abastece a una superficie de riego de 78 500 ha. La capacidad proyectada en la cabecera del sistema es de 65 m³/s con una anchura de lecho del canal de 32 m y una profundidad total de suministro de unos 3 m. En el tramo final, las dimensiones del canal se reducen a una anchura de 4,5 m y una profundidad de 1 m. El canal no está revestido en la mayor parte de su recorrido, con un lecho generalmente rocoso y poca carga de sedimentos. El sistema tiene unos 50 años.

Dado que el sistema experimenta escasez de agua, se utiliza un «sistema de compuerta giratoria estacional». En la estación seca del año natural (del 16 de diciembre al 15 de abril), el agua se suministra de forma rotativa a la mitad de la superficie de riego para los cultivos bajo riego. En la estación húmeda (del 15 de agosto al 15 de diciembre) el agua es suministrada de forma «continua» a la misma zona para un cultivo de arroz. Al año siguiente, este modelo de asignación del agua se repite para la otra mitad de la superficie de riego.

El agua de riego en el canal LBP se utiliza para dar de beber al ganado, la colada y el baño, además de para la irrigación. La recarga del acuífero depende también en gran medida del riego. Sin embargo, los estatutos que gobiernan la operación del sistema no reconocen los derechos al agua de otras partes interesadas, e iniciativas recientes para devolver algunas de las responsabilidades de gestión a las organizaciones de usuarios del agua, han involucrado únicamente a los regantes.

Sitio 2

El Sistema H del Mahaweli está situado en la Provincia Centro Norte, en la llamada «zona seca» de Sri Lanka. Fue el primer sistema desarrollado en el Plan de Desarrollo del Mahaweli Ganga y ha estado en funcionamiento desde 1978. El Sistema H se encuentra en la cuenca del Kala Oya e incluye 14 200 ha de antiguas zonas de riego y 28 750 ha de nuevas tierras explotadas por el proyecto. Incorpora tres embalses principales, cuya limitada capacidad se complementa con trasvases del sistema Mahaweli.

Hay dos temporadas de cultivo en el Sistema H. La temporada maha (de octubre a

marzo) corresponde al monzón nororiental y el suministro de agua suele ser adecuado para que toda la superficie de riego pueda ser cultivada con arroz. La temporada yala (de abril a septiembre) corresponde al monzón suroccidental, cuando el suministro de agua es limitado, y se adopta un sistema de cultivo «bethma», en el que sólo se cultiva el 50% del área total y predominan «otros cultivos alimentarios» (distintos del arroz).

La característica del Sistema H que tiene especial interés es el elevado número de embalses poco profundos (conocidos localmente como tanques) distribuidos a lo largo de la superficie de riego. Estos tanques existían antes del desarrollo del Sistema H. Originalmente recibían escorrentía de las cuencas receptoras locales (normalmente bosque primario), aunque ahora muchos están conectados al nuevo sistema de riego mediante canales alimentadores, mientras que a otros llega un flujo de retorno del riego además de la escorrentía de las cuencas receptoras.

Los equipos de investigación interdisciplinar llevaron a cabo un amplio trabajo de campo en estos dos emplazamientos, en tres áreas de investigación que fueron las siguientes:

Estudios socioeconómicos que combinaban estudios cuantitativos a nivel familiar con estudios cualitativos basados en técnicas de diagnóstico rural participativo (DRP) en pueblos representativos para investigar:

- características de los medios de vida, estrategias adoptadas por la población pobre e importancia del agua;
- potencial de la acuicultura como actividad generadora de ingresos alternativa o suplementaria;
- potencial para una mejor eficacia en el uso del agua por medio de la integración de la acuicultura y el riego.

Estudios de ingeniería que investigaron las limitaciones de integrar la acuicultura en jaulas en los canales de riego y en estructuras secundarias de almacenamiento (tanques) dentro de las redes de distribución de riego:

- las fuentes secundarias de datos permitieron analizar series temporales para investigar la duración y fiabilidad de las condiciones adecuadas para la acuicultura;
- la recolección principal de datos proporcionó una base para evaluar el impacto de las jaulas en el caudal del canal y de sus anclajes y accesos;
- el análisis de los procedimientos de funcionamiento del canal en caso de

precipitaciones y de la gestión del almacenamiento de los tanques junto a los estudios exhaustivos de la gestión del agua proporcionaron una base para evaluar si la gestión de usos múltiples es compatible con la pretendida eficacia.

Los estudios acuícolas comenzaron con consultas exhaustivas a las principales partes interesadas, que identificaron la acuicultura en jaulas como una tecnología adecuada. Esto condujo a:

- ensayos en jaulas en sitios seleccionados tanto en canales con corriente como en tanques;
- investigaciones sobre la naturaleza del mercado para pescado, especialmente entre los consumidores rurales;
- investigaciones sobre las actitudes de los beneficiarios objetivo hacia la tecnología propuesta y requisitos para su adopción exitosa.

Lecciones para la acuicultura integrada en sistemas de riego a gran escala

Oportunidades

El objetivo de la intervención es mejorar los medios de vida de la población rural pobre y fomentar la seguridad alimentaria mediante un mejor suministro de alimentos, empleo e ingresos. Por tanto pretendemos introducir y fomentar tecnologías adecuadas para la acuicultura en aquellos sistemas de riego que puedan proporcionar beneficios a los medios de vida de la población pobre sin consecuencias inaceptables para otros usuarios del agua. En la Figura 2 se muestra un marco general de evaluación. En el pasado, la población pobre ha sido obviada en el desarrollo de la acuicultura y sus necesidades específicas requieren un estudio detenido. No existe certeza alguna de que la introducción de tecnologías acuícolas de pequeña escala contribuya a mitigar la pobreza. La población pobre puede tener mejores formas de utilizar sus escasos recursos. Una pregunta clave es:

- ¿Hay potencial para que las actividades acuícolas beneficien a los medios de vida de la población pobre?

Partiendo de la base de que puede existir una demanda potencial en el grupo objetivo, la siguiente consideración es analizar si existen mecanismos adecuados para introducirles la

tecnología apropiada. Dentro del contexto más amplio del desarrollo agrícola, se critica con frecuencia la transferencia de tecnología basada en la formación y las demostraciones. El enfoque alternativo *el campesino primero* (enfoque participativo) intenta asegurar la importancia de la tecnología proporcionando opciones e ideas y desarrollando capacidad para evaluarlas y tomar decisiones fundamentadas. Una pregunta clave es:

- ¿Existen tecnologías adecuadas y pueden ponerse a disposición de la población pobre?

El siguiente requisito es eliminar los obstáculos técnicos e institucionales que pueden afectar a la adopción exitosa de tecnologías adecuadas por parte del grupo objetivo. Esto exige considerar las oportunidades y limitaciones en el sistema de riego. El objetivo es identificar los emplazamientos favorables (nichos) en los que el entorno es adecuado para la acuicultura y su introducción no tendrá ningún impacto negativo en la integridad del sistema de riego ni en otros usuarios del agua. La pregunta clave es:

- ¿Existen nichos adecuados en el sistema de riego en los que pueda ser introducida la acuicultura?

Resulta claro que el rango de nichos disponibles para la acuicultura depende de la naturaleza del sistema de riego y que las oportunidades en cada subsistema deberían evaluarse de forma sistemática. Se puede comprender mejor la situación considerando los cuatro subsistemas de componentes previamente definidos (Figura 1). Podemos entonces identificar el posible nicho de oportunidades para la acuicultura que pueda existir en cada subsistema, tal y como se resume en el Cuadro 1. Este documento se centra en nichos dentro del sistema de distribución de agua.

En general, habrá mayor diversidad en los sistemas de arroz de las tierras bajas tropicales, aunque probablemente se puedan identificar nichos en todos los sistemas de riego. Se deben estudiar cuidadosamente las condiciones que imperen en los diferentes nichos ya que pueden conducir a diversas limitaciones. Las diferencias clave son:

- agua almacenada (estanques y embalses) versus agua corriente (canales y desagües);
- condiciones aguas arriba (buena calidad del agua) versus condiciones aguas abajo (menor calidad);

- control individual (propiedad privada) versus control compartido (libre acceso).

Limitaciones

La producción pesquera presenta un desafío mucho mayor para los administradores de sistemas que el propio riego, al tener que garantizar la continuidad del suministro durante la temporada de crecimiento. Mientras que los cultivos no verán mermado su rendimiento al interrumpir el suministro debido al almacenamiento intermedio en la tierra, los peces no sobrevivirán a ninguna interrupción en el suministro. En el caso del sistema LBP, la duración de la estación húmeda (4 meses) fue suficiente para permitir un ciclo corto de cultivo acuícola, si bien la fiabilidad fue un problema en 10 de las 12 temporadas investigadas (Li, Gowing y Mayilswami, 2005). La fiabilidad del suministro de agua es una limitación crucial para la integración de la acuicultura y está relacionada con las dificultades inherentes en el funcionamiento eficaz de sistemas extensivos de canales controlados aguas arriba debido a que:

- los canales de suministro largos reaccionan con lentitud a los ajustes operativos (tiempo de respuesta de más de 5 días en el tramo final de un canal de 200 km de longitud en el sistema LBP);
- las precipitaciones pueden variar de forma significativa a través de una amplia superficie de riego dando lugar a problemas en la interpretación de los datos disponibles y en la determinación de las acciones adecuadas;
- las comunicaciones entre el personal de operaciones pueden ser una limitación y es probable que éstas empeoren durante los periodos críticos de fuertes lluvias.

La fiabilidad de las condiciones adecuadas para la acuicultura depende de decisiones de diseño y funcionamiento que influyen en la continuidad del suministro y/o almacenamiento, como por ejemplo:

- ¿Qué tipo de estructura de regulación? (La de desbordamiento es la preferida) ¿Distancia entre reguladores? ¿Cuáles son sus normas de funcionamiento?
- ¿Se proporciona almacenamiento secundario dentro del subsistema de distribución de agua? ¿Está gestionado activamente o simplemente recibe el flujo de retorno del drenaje? ¿Cuáles son las normas de funcionamiento?

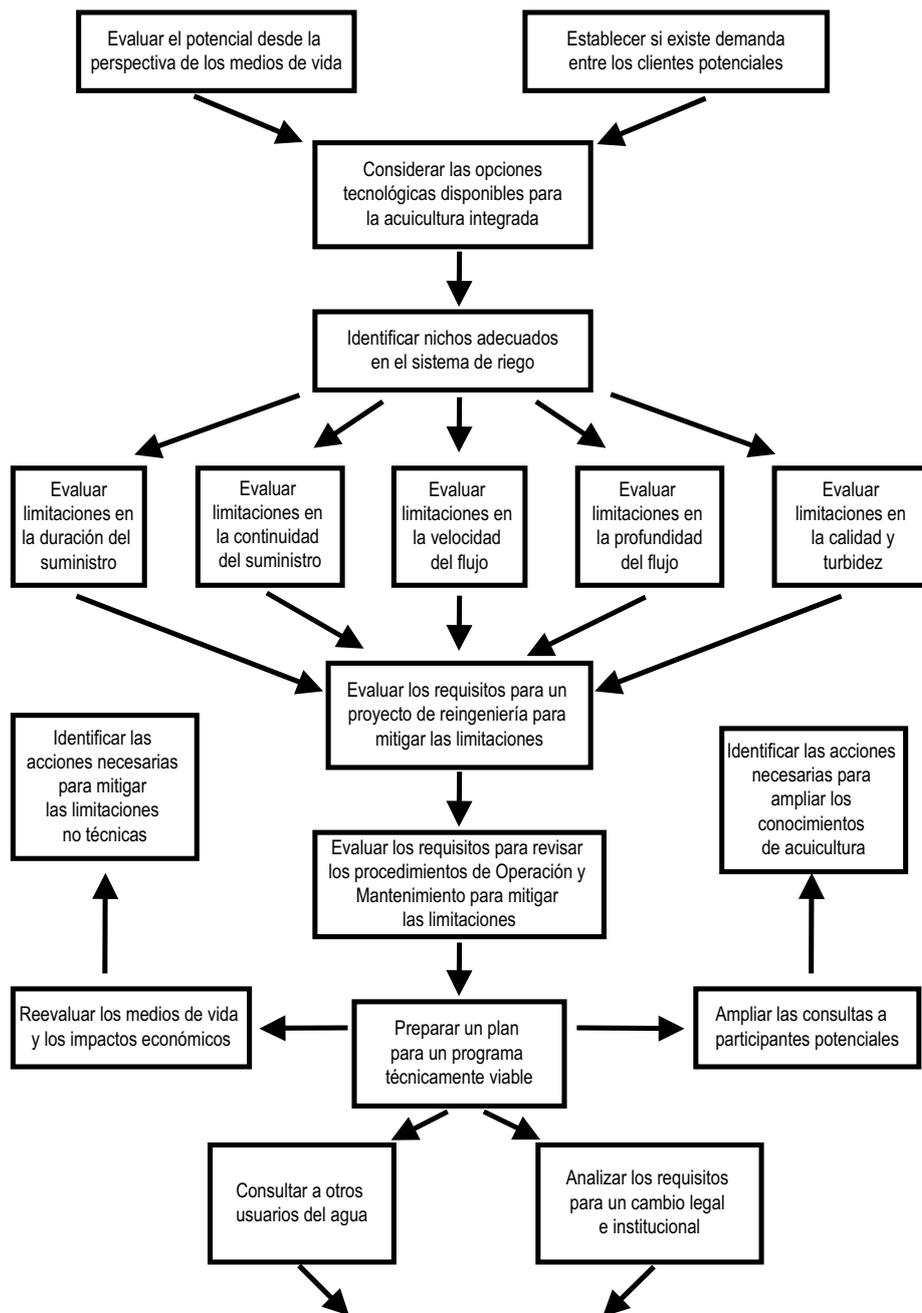


Figura 2. Marco para evaluar oportunidades y limitaciones

La profundidad del flujo en los canales de riego oscila habitualmente entre los 0 y 3 metros, mientras que la velocidad suele estar comprendida entre 0,1 y 1 m/s. Estos factores pueden resultar consideraciones importantes para:

- el crecimiento y supervivencia de los peces;
- el acceso para la alimentación/gestión/cosecha de los peces.

El rango deseado de velocidad depende de las especies y el tamaño de los peces. Es esencial un buen intercambio de agua para suministrar

oxígeno a los peces y eliminar sus metabolitos desechados. Si la velocidad es demasiado lenta, puede ser entonces un problema. Por otra parte, las velocidades excesivas reducen las tasas de crecimiento de los peces y contribuyen a las pérdidas alimentarias. Un rango comprendido entre 0,1 y 0,6 m/s suele ser satisfactorio, aunque el valor superior puede crear problemas con los anclajes de las estructuras de contención. Si el acceso se realiza a pie o a nado, el valor inferior de este rango será mas seguro.

Cuando la velocidad del caudal es demasiado elevada, es posible diseñar una estructura de

contención de peces de forma que la velocidad en su interior esté limitada (Li, Gowing y Mayilswami, 2005). Como consecuencia, la carga dinámica sobre los anclajes se verá aumentada al igual que la resistencia al flujo. La escasa experiencia documentada de acuicultura en sistemas de riego incluye algunos casos de desarrollo incontrolado interfiriendo con el funcionamiento del canal. Por lo tanto, se debe estudiar cuidadosamente:

- el probable impacto en la capacidad de conducción del canal y en el rendimiento operativo;
- la posible interferencia con las actividades de mantenimiento.

Cualquier jaula o corral introduce una resistencia adicional al flujo y tiene un efecto local sobre la conducción del canal. La pregunta es: ¿esto representa una obstrucción importante o pueden diseñarse y ubicarse las jaulas de tal forma que tengan una influencia insignificante en los niveles de agua y la capacidad de descarga del canal? El rendimiento hidráulico de cualquier jaula (o corral) es básicamente el mismo. El flujo de agua a través de un panel de malla impone una fuerza de arrastre sobre el mismo que da lugar a una reducción de la velocidad en la cara del panel que se encuentra aguas abajo.

El rango deseable de profundidad depende fundamentalmente del tipo de estructura de contención de los peces. Los corrales y las jaulas están diseñados para asentarse en el fondo. El volumen efectivo (y por tanto la densidad de siembra) varía con la profundidad del flujo y por lo general las estructuras fijas no son adecuadas si la profundidad del agua es variable. Esto plantea un problema si la estructura está situada a un lado del canal y no utiliza toda la profundidad. La variación de la profundidad no es importante en las jaulas flotantes, pero el acceso se complica si la profundidad excede los 1,2 m, y ésta siempre debería ser mayor que la altura de la jaula.

La elección de la ubicación de la jaula puede suponer diferencias importantes en la influencia

sobre el canal y el enfoque general recomendado consiste en regular su instalación y controlar su impacto. Es probable que los problemas sean más graves en un sistema de canales con una pendiente mínima, ya que el efecto del aumento de la resistencia al flujo será incrementar el nivel aguas arriba, pudiendo repercutir en el rendimiento de las tomas exteriores y/o producir desbordamientos. Para un canal construido en una zona con mayor inclinación con estructuras de vertimiento a intervalos para disipar el exceso de energía, habrá más oportunidades para instalar jaulas/corrales sin afectar al rendimiento. En ambos casos, el aumento en la resistencia hidráulica no tiene por qué ser más importante que el problema recurrente del crecimiento de las malas hierbas. Cualquier ubicación en la que éstas constituyan un problema particular y afecten al rendimiento del canal, debe ser desestimada para la instalación de jaulas y/o corrales.

Normalmente las jaulas serán relativamente pequeñas en comparación con la anchura del canal, aunque pueden situarse en medio de la corriente o cercanas a la orilla. Cuando una jaula/corral ocupa menos del 25% de la anchura del canal y está situada cerca de la orilla, la corriente se verá parcialmente desviada alrededor del obstáculo y su efecto será relativamente pequeño.

Es probable que cualquier lugar de almacenamiento en el sistema de riego represente un nicho potencialmente más favorable que cualquier otro emplazamiento en el canal. Las limitaciones de duración y fiabilidad pueden verse notablemente atenuadas, consiguiendo por tanto que el proyecto sea menos arriesgado para los beneficiarios objetivo. Al mismo tiempo, el impacto en el rendimiento hidráulico es insignificante, disminuyendo la probabilidad de que la introducción de la acuicultura cree algún problema a los administradores de los sistemas. En este contexto, no nos afecta ningún gran embalse que pueda existir en el subsistema de captación de agua. Más bien estamos interesados

Cuadro 1. Nichos de oportunidades para la acuicultura en subsistemas de riego

Subsistemas	Nicho	Tecnología acuícola
Captación de agua	Presa de retención	Jaulas flotantes, siembra de peces
	Pozos abiertos	Repoblación
Distribución de agua	Canales primarios	Corrales, jaulas
	Almacenamiento secundario	Jaulas flotantes, siembra de peces
Uso de agua	Pequeños estanques piscícolas	Siembra
	Campos irrigados	Integración de arroz y peces
Evacuación del agua	Desagües	Corrales, jaulas
	Estanques de evaporación	Jaulas flotantes, siembra de peces

en nichos de oportunidades en cualquier estructura que proporcione almacenamiento a corto plazo y repartida a lo largo del subsistema de distribución del agua. Estas estructuras pueden ser:

- embalses de almacenamiento nocturno (generalmente entre 12–16 horas);
- embalses secundarios de almacenamiento (generalmente entre 10–20 días).

El trabajo del proyecto de investigación se centró en embalses secundarios de almacenamiento (conocidos localmente como «tanques»), que recibían el agua del sistema de canales así como de las precipitaciones de una cuenca receptora local y la suministraban a la superficie de riego aguas abajo. Sus principales características resultaron ser (Gowing, Li y Gunawardena, 2004):

- escasa profundidad (<3m);
- rápidas y frecuentes fluctuaciones en el nivel de agua;
- corto tiempo de retención (rotación rápida).

Se puede asumir que cualquier estructura secundaria de almacenamiento se comportará de forma similar, ya que su función es amortiguar las variaciones del flujo en un corto periodo de tiempo. La poca profundidad de estos embalses da lugar a grandes variaciones en la superficie de agua esparcida debido a la fluctuación del nivel de agua, limitando así la ubicación de jaulas/corrales. Con mejores procedimientos operativos se puede reducir este problema, si bien no puede ser evitado. Al mismo tiempo, puede disminuirse la tasa de rotación, aunque el tiempo de retención siempre será reducido (generalmente 20 días), limitando así la productividad primaria y por tanto el potencial de la pesca.

Conclusiones

Existe la creencia generalizada de que los sistemas de riego sólo proporcionan agua a los campos de cultivo, si bien la realidad es más complicada. El creciente reconocimiento de los múltiples usos del agua en muchos sistemas de riego ya existentes ha puesto de relieve muchos otros usos productivos y no productivos. La acuicultura es una actividad que depende del agua, que es productiva pero no consuntiva y por tanto no compite, en principio, con el riego. Sin embargo, se ha prestado poca atención a las oportunidades y limitaciones para su integración en los sistemas de riego.

En sistemas formales de riego a gran escala podemos identificar cuatro subsistemas funcionales: captación, distribución, uso y evacuación del agua. Pueden existir oportunidades para incorporar la acuicultura en cualquiera de estos cuatro subsistemas, aunque este documento se ha centrado en canales y estanques de almacenamiento del sistema de distribución y, en especial, en oportunidades para la introducción de tecnologías adecuadas centradas en las necesidades de la población pobre. El objetivo es identificar los sitios favorables (nichos) en los que el entorno sea adecuado para la acuicultura y su introducción no tenga ningún efecto adverso en la integridad del sistema de riego o en los otros usuarios del agua.

Las condiciones predominantes en los diferentes nichos deben ser cuidadosamente evaluadas, ya que pueden dar lugar a diferentes limitaciones. Los sistemas formales a gran escala generalmente proporcionan un control total del agua, pero la acuicultura supone para los administradores de los sistemas un desafío mucho mayor que el riego, ya que la continuidad del suministro debe garantizarse durante toda la temporada de crecimiento. Mientras que los cultivos no verán mermado su rendimiento como resultado de una interrupción en el suministro debido al almacenamiento intermedio en el suelo, los peces no sobrevivirán a ninguna interrupción de aquel. El requisito estricto de un suministro continuo puede conllevar una menor eficiencia en el uso del agua, especialmente durante la temporada de lluvias. Es probable que cualquier lugar de almacenamiento en el sistema de riego sea un nicho potencialmente más favorable que cualquier sitio en el canal, si bien todavía seguirán habiendo problemas.

Las condiciones de flujo de los canales de riego pueden dar lugar a menos problemas en relación a la calidad del agua que los estanques de almacenamiento. Sin embargo, la temperatura y calidad del agua (turbidez, salinidad, etc.) pueden variar notablemente en comparación con las de los canales naturales. Los flujos de retorno de los campos agrícolas pueden contener grandes cantidades de agroquímicos y en algunos casos los vertidos industriales pueden producir también un importante deterioro de la calidad del agua.

En muchos sistemas de riego a gran escala existen o se están creando actualmente instituciones de gestión local, si bien la representación de usuarios que utilizan el agua para otros fines distintos al riego suele ser bastante escasa. Los derechos, el acceso y el cobro del agua deben ser cuidadosamente estudiados para fomentar una gestión de usos múltiples de la infraestructura de riego.

Agradecimiento

El autor desearía expresar su agradecimiento al Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido (DFID), que financió parte del trabajo incluido en este documento en beneficio de los países en desarrollo. Las opiniones y comentarios aquí expresados corresponden exclusivamente al autor y no coinciden necesariamente con los del DFID.

Referencias

- Armellina, A., Dall, A., Bezic, C.R. & Gajardo, O.A.** 1999. Submerged macrophyte control with herbivorous fish in irrigation canals of semi-arid Argentina. *Hydrobiologia* 415: 265–269.
- Bakker, M. & Matsuno, Y.** 2001. A framework for valuing ecological services of irrigation water. *Irrigation and Drainage Systems* 15: 99–115.
- Beveridge, M.** 1996. *Cage aquaculture* (2nd Edition). Oxford, Fishing News Books.
- Beveridge, M. & Muir, J.F.** 1997. Environmental impacts and sustainability of cage culture in Southeast Asian lakes and reservoirs. En W. van Densen, T. Saidin & M. Verdegem, eds. *Ecological aspects of fish production in S.E. Asian lakes and reservoirs*. Wageningen (The Netherlands), Wageningen University.
- Coates, D.** 1984. A survey of the fish fauna of Sudanese irrigation systems with reference to the use of fishes in the management of ecological problems. *Fisheries Management* 15(3): 81–96.
- Fernando, C.H. & Halwart, M.** 2000. Possibilities for the integration of fish farming into irrigation systems. *Fisheries Management and Ecology* 7: 45–54.
- Gowing, J.W.** 2003. Food security for sub-Saharan Africa: does water scarcity limit the options? *Land Use and Water Resources Research* 3: 2.1–2.7 (disponible en www.luwrr.com).
- Gowing, J.W., Li, Q. & Gunawardena, T.** 2004. Multiple-use management in a large irrigation system: benefits of distributed secondary storage. *Irrigation & Drainage Systems* 18(1): 57–71.
- Halls, A.S., Hoggarth, D.D. & Debnath, K.** 1999. Impacts of hydraulic engineering on the dynamics and production potential of floodplain fish populations in Bangladesh. *Fisheries Management and Ecology* 6(4): 261–285.
- Hamdy, A., Ragab, R. & Scarascia-Mugnozza, E.** 2003. Coping with water scarcity; water saving and increasing water productivity. *Irrigation and Drainage* 52: 3–20.
- Haylor, G.S.** 1993. Fish production from engineered waters in developing countries. En J.E. Muir & Roberts R.J., eds. *Advances in Aquaculture V*: 1–103. London, Blackwell.
- Javid, M.Y.** 1990. Aquaculture development in Pakistan. En M. Mohan Joseph, ed. *Aquaculture in Asia*. Mangalore, Asian Fisheries Society, Indian Branch.
- Li, Q., Gowing, J.W. & Mayilswami, C.** 2005. Multiple-use management in a large irrigation system: an assessment of technical constraints to integrating aquaculture within irrigation canals. *Irrigation and Drainage* 54(1): 31–42.
- Meinzen-Dick, R. & Bakker, M.** 2001. Water rights and multiple water uses – framework and application to Kirindi Oya irrigation system, Sri Lanka. *Irrigation and Drainage Systems* 15: 129–140.
- Meinzen-Dick, R. & Van der Hoek, W.** 2001. Multiple uses of water in irrigated areas. *Irrigation and Drainage Systems* 15: 93–98.
- Molden, D., Rijsberman, F., Matsuno, Y. & Amarasinghe, U.A.** 2001. Increasing the productivity of water: a requirement for food and environmental security. *Dialogue Working Paper 1*, Colombo, Sri Lanka, International Irrigation Management Institute.
- Redding, T.A. & Midlen, A.B.** 1992. Estudio de la producción piscícola en los canales de riego. *FAO Documento Técnico de Pesca* 317. Roma, FAO. 114 pp.
- Sadek, S. & El Din, S.** 1988. *Aquaculture development in Egypt*. Cairo, General Authority for Fish Resource Development.
- Seckler, D., Amarasinghe, U., Molden, D., de Silva, R. & Barker, R.** 1998. World water demand and supply, 1990–2025: scenarios and issues. Research Report 19. Colombo, Sri Lanka, International Irrigation Management Institute.
- Swingle, H.S.** 1972. Relationship of the Thai fish culture programme to the production of fish in the Lower Mekong area. Santa Barbara (California), SEADAG Mekong Development Seminar, 3–5 February 1972.
- Tapiador, D.D., Henderson, H.F., Delmendo, M.N. & Tsutsui, H.** 1978. Pesquerías de agua dulce y acuicultura en China. *Documento Técnico de Pesca* 168. Roma, FAO. 87 pp.
- Petr, T. & Mitrofanov, V.P.** 1998. The impact on fish stocks of river regulation in Central Asia and Kazakhstan. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 3: 143–164.

PISCICULTURA COMUNITARIA EN LLANURAS INUNDABLES ESTACIONALES

Mark Prein y Madan M. Dey
 Centro Mundial de Pesca (WorldFish Center)
 GPO Box 500, 10670 Penang, Malasia

Prein, M. & M.M. Dey. 2010. Piscicultura comunitaria en llanuras inundables estacionales. En M. Halwart & A.A. van Dam (eds). *Integración de sistemas de irrigación y acuicultura en África occidental: conceptos, prácticas y potencial*. Roma, FAO. pp. 17–26.

Resumen

Durante la temporada de lluvias, en las llanuras inundables extensas y en las tierras bajas deltaicas las inundaciones se prolongan varios meses al año y hacen que en este periodo la tierra no esté disponible para la producción de cultivos. Estas aguas están bastante infrautilizadas en términos de gestión de productividad acuática, ofreciendo la oportunidad de vallar parte de estas zonas de crecidas para el cultivo de organismos acuáticos sembrados específicamente, además de las especies «silvestres» que se desarrollan de forma natural y se pescan de forma tradicional, sin verse afectadas por el cultivo. Todo ello resulta en una producción de alimentos de más calidad y nutritivos y mayores ingresos para todas las partes implicadas, en especial los pobres. El Centro Mundial de Pesca y sus socios nacionales ensayaron recientemente el cultivo simultáneo de arroz y peces en áreas inundadas poco profundas y el mismo cultivo alternado en áreas inundadas a gran profundidad en Bangladesh y Viet Nam a través de un sistema de gestión comunitaria. Los resultados indican que el cultivo comunitario de peces en los arrozales puede incrementar la producción piscícola en cerca de 600 kg/ha/año en áreas inundadas poco profundas y en hasta 1,5 toneladas/ha/año en áreas a mayor profundidad, sin reducción en el rendimiento del arroz ni en las capturas de peces silvestres.

Introducción

En la última década, la crisis que afecta a los recursos acuáticos mundiales y la necesidad de una acción concertada para hacer un uso más eficaz de los mismos han sido objeto de un mayor reconocimiento. La eficacia del uso del agua (o productividad del agua) puede incrementarse aumentando la producción por unidad de agua empleada, disminuyendo las pérdidas de agua, o mediante una combinación de ambas. Hasta la fecha, las estrategias de aumento de la producción se han limitado únicamente a los cultivos. La productividad del agua en diversos niveles organizativos puede aumentarse en mayor grado mediante la integración de los peces y otros recursos acuáticos vivos en los sistemas de uso de agua ya existentes. Estas oportunidades de integración incluyen la piscicultura comunitaria en zonas de riego y llanuras inundables estacionales.

Diversos estudios demuestran que los embalses y canales de los sistemas de riego siguen rindiendo cosechas considerables de peces, que son una importante fuente de proteínas y medios

de vida para las familias pobres y sin tierra. Sin embargo, el uso actual de los sistemas de riego y las llanuras inundables para la producción pesquera no aprovecha todo su potencial. En las llanuras inundables estacionales, el grueso de la producción pesquera proviene de las capturas de pescadores-agricultores estacionales o a tiempo parcial, y en la que los peces silvestres se adentran, reproducen y son recolectados en los campos inundados. En las llanuras inundables camboyanas, el valor de los peces capturados en los arrozales por medio de «estanques trampa» asciende a entre un 37–42 por ciento del valor de la producción de arroz (Gregory y Guttman, 1996; Guttman, 1999).

En la década de 1980 se realizaron una serie de estudios para evaluar la viabilidad técnica del cultivo de peces en arrozales inundados estacionalmente en India, (Roy *et al.*, 1990; Das *et al.*, 1990; Mukhopadhyay *et al.*, 1991), Bangladesh (Ali *et al.*, 1993, Ali *et al.*, 1998), Camboya (Gregory y Guttman, 1996; Guttman, 1999, 2000), y Viet Nam (Rothuis *et al.*, 1998a; Rothuis *et al.*, 1998b). Estos estudios demuestran que la producción pesquera puede

Figura 1. Evolución de los sistemas de cultivo en zonas propensas a inundaciones



MEJOR SISTEMA TRADICIONAL
(hasta la década de 1970)

Cultivos intermedios: legumbres, mostaza



Cultivo a voleo de arroz de alta montaña + arroz de aguas profundas: 500-600 kg/ha

El arroz de aguas profundas (flotante) se recupera: 1 t/ha

Peces silvestres

Arroz: máximo 2 t/ha/año

Peces silvestres: 200 kg/ha/año

Ingresos: 300-400 \$/ha/año



incrementarse en más de una tonelada/ha/año sembrando los arrozales inundados con peces (es decir, campesinos individuales que cercan sus parcelas y siembran peces durante la estación de inundaciones). Además, el cultivo de peces en arrozales puede aumentar el rendimiento del arroz, especialmente en los suelos más pobres y en aquellos cultivos no abonados en los que el efecto fertilizante de los peces es mayor (Halwart, 1998). El ahorro en pesticidas y las ganancias de la venta de peces dan lugar a mayores rendimientos y generan ingresos netos entre un 7 y un 65 por ciento mayores que los que se obtienen con el monocultivo de arroz (Halwart, 1998). Sin embargo, la adopción de esta tecnología por los campesinos ha avanzado con lentitud debido al alto coste de cercar parcelas individuales.

Recientemente el Centro Mundial de Pesca estableció un nuevo enfoque en Bangladesh y Viet Nam, en donde los peces se cultivan de forma comunitaria durante la estación de inundaciones y esa misma tierra se cultiva individualmente con arroz durante la estación seca. Los resultados de las pruebas iniciales muestran una reducción adicional de un 10 por ciento del coste en la producción de arroz y una

ganancia neta en la producción pesquera de 400 dólares EE.UU./ha en las llanuras inundables del Ganges y el Meghna (Bangladesh), 340 dólares EE.UU./ha en el delta del Río Rojo (Viet Nam), y 220 dólares EE.UU./ha en el Delta del Mekong (Viet Nam). Resulta significativo que estos beneficios se obtuvieron sin reducir la captura de peces silvestres, compuesta fundamentalmente de pequeñas especies indígenas (SIS, por sus siglas en inglés). Las ganancias de la venta de la producción pesquera se distribuyeron entre los miembros del grupo según un acuerdo de reparto previamente negociado entre ellos al principio de la estación. Los campesinos sin tierra obtuvieron así ingresos en efectivo, aspecto importante dada la carencia de oportunidades alternativas de generar ingresos.

Existen muchas opciones para aumentar la producción alimentaria de la pesca en sistemas acuáticos gestionados. La tecnología más adecuada variará entre los diferentes países y emplazamientos. Además, es necesario entender las condiciones sociales y económicas bajo las cuales se pueden desarrollar estas tecnologías. Aunque nuestros estudios recientes en Viet Nam y Bangladesh muestran la viabilidad de los sistemas piscícolas comunitarios, es necesario un

Figura 2. Evolución de los sistemas de cultivo en zonas propensas a inundaciones



Tierra inundada moderadamente profunda
Arroz seguido de arroz de aguas profundas (década de 1980...)



Figura 3. Evolución de los sistemas de cultivo en zonas propensas a inundaciones



Tierra inundada seca: VAR - "Revolución verde" seguida de barbecho (décadas de 1980-1990)



Figura 4. Evolución de los sistemas de cultivo en zonas propensas a inundaciones



**Tierras inundadas moderadamente profundas:
Arroz seguido de arroz de aguas profundas + Peces (año 2000...)**

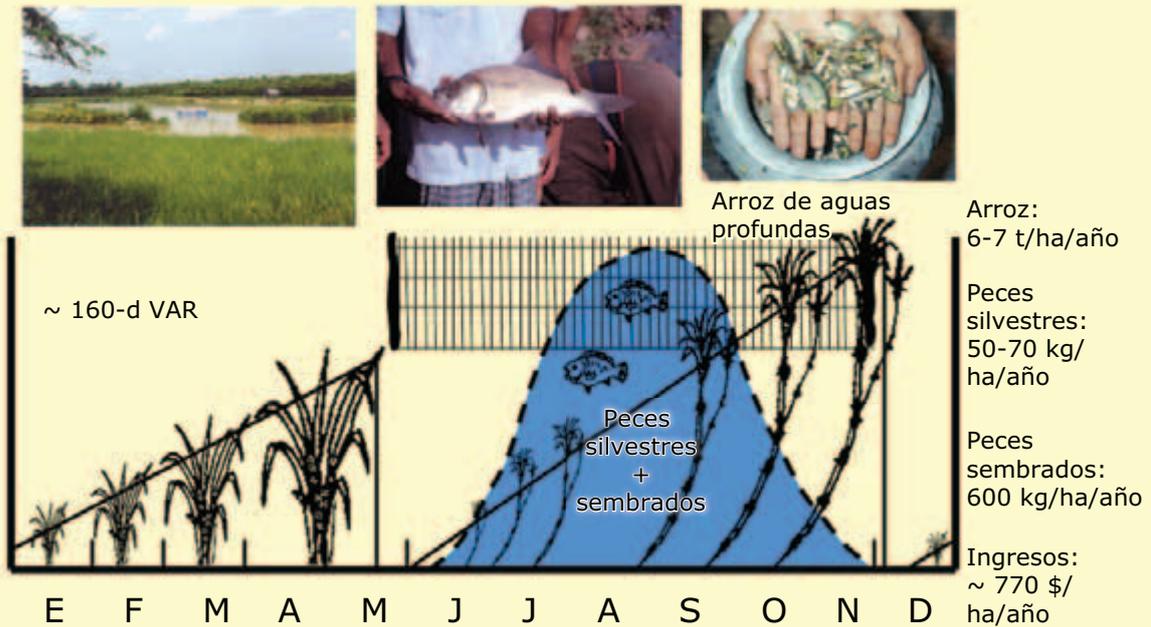
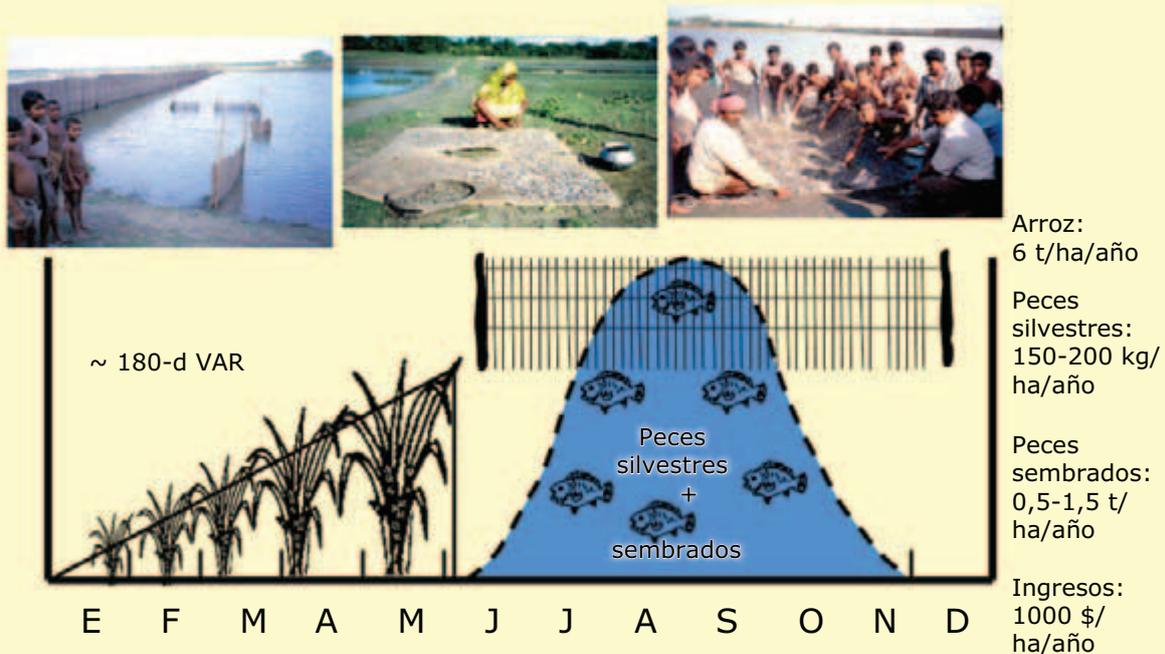


Figura 5. Evolución de los sistemas de cultivo en zonas propensas a inundaciones



**Tierras inundadas profundas:
Arroz seguido sólo de peces (año 2000...)**



trabajo mucho más amplio para comprender la viabilidad social y económica de estos enfoques en diferentes entornos socioculturales e institucionales, y diseñar acuerdos institucionales adecuados para diferentes escenarios sociales. De forma similar, los acuerdos de gobernanza para la piscicultura en sistemas de riego (canales, campos, embalses) requieren también de un análisis detallado si se pretende aprovechar todo el valor social de estos recursos.

Al nivel de cuenca o de ecosistema, el agua proporciona una amplia variedad de bienes y servicios que han de ser considerados todos ellos en análisis más exhaustivos del valor obtenido del agua. La mayor parte de los estudios anteriores de la productividad del agua se han centrado en medir únicamente el valor de la producción de los cultivos, excluyendo las contribuciones existentes y potenciales de los recursos acuáticos vivos. Por tanto, existe no sólo una necesidad de aumentar la productividad del agua, sino también de mejorar las metodologías para medir esta productividad.

Evolución de los sistemas de cultivo en llanuras inundables

Las prácticas de cultivo en los ecosistemas propensos a inundarse están regidas por una serie de factores físicos que interactúan entre sí, siendo los más importantes el régimen de inundación (comienzo, profundidad, recesión y variabilidad), la topografía, el régimen de lluvias, la textura del suelo y régimen de gestión del agua. Tradicionalmente, los campesinos pescaban y cultivaban arroz de aguas profundas durante la estación de lluvias/inundaciones y posteriormente producían una amplia variedad de cultivos (como por ejemplo legumbres, semillas oleaginosas y hortalizas) durante la estación seca que seguía a las inundaciones (Figura 1). En las llanuras inundables del Ganges (Bangladesh e India oriental), los campesinos solían obtener un máximo de 2 toneladas de arroz tradicional y aproximadamente 200 kg de peces silvestres por hectárea al año, con unos ingresos medios de unos 300 dólares EE.UU. anuales por hectárea.

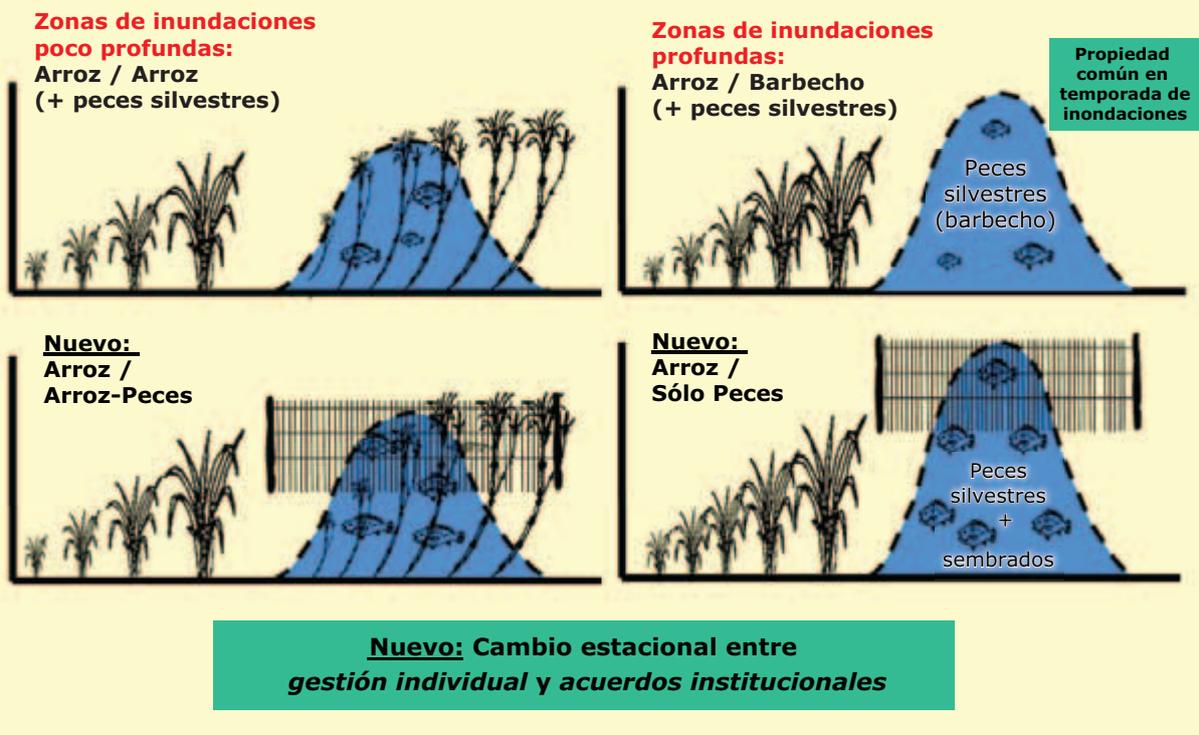
Durante las últimas décadas, los ecosistemas de Asia propensos a inundaciones han experimentado algunos cambios drásticos debido a la puesta en marcha de pozos profundos (por ejemplo, en Bangladesh e India oriental) y a la construcción de sistemas de riego, drenaje y control de inundaciones (FCDI, por sus siglas en inglés). Al disponer de instalaciones de riego, los campesinos cultivan variedades de alto rendimiento (VAR) de arroz durante la

estación seca en condiciones de riego. En las llanuras inundables del Ganges el patrón de cultivo predominante en zonas inundadas poco profundas son las VAR de riego durante la estación seca seguidas de variedades de arroces de aguas profundas transplantadas durante las estaciones de lluvias (Figura 2), mientras que el patrón predominante en las zonas inundadas profundas es el monocultivo de VAR de riego (Figura 3). La cosecha tardía de VAR en la estación seca (invierno) no permite realizar de forma oportuna un cultivo de arroz de aguas profundas en las zonas inundadas profundas durante la estación de lluvias.

En las zonas inundadas poco profundas en el Delta del Río Rojo (Viet Nam septentrional), los campesinos cultivan generalmente arroz de riego de alto rendimiento durante la estación seca, y una variedad local de elevada altura o de mayor rendimiento durante la estación de lluvias. En el Delta del Mekong al sur de Viet Nam, en donde los arrozales también están inundados en profundidad en la estación de lluvias, se producen dos cultivos de riego de variedades de arroz de alto rendimiento con un periodo de barbecho inundado entre ambos. Aunque la introducción de la tecnología de la «revolución verde» basada en el riego ha aumentado la producción total de arroz en las zonas propensas a inundaciones (de unas 2 toneladas/ha/año a unas 6–7 toneladas/ha/año), la cosecha de peces silvestres en los arrozales inundados ha disminuido considerablemente (de 200 kg/ha/año a menos de 100 kg/ha/año).

Una oportunidad para aumentar en mayor medida la producción en los ecosistemas propensos a inundaciones es la integración de la piscicultura con el cultivo de arroz. Las zonas propensas a inundarse se inundan estacionalmente durante el monzón y permanecen sumergidas de 4 a 6 meses. En estas zonas propensas a inundaciones, la propiedad de la tierra se establece en virtud de unos acuerdos de tenencia durante la estación seca. Pero durante la estación de inundaciones, las propiedades individuales no pueden distinguirse y las aguas son una propiedad comunitaria que permite a todos los miembros acceso a los peces en todas las zonas de la comunidad. Por tanto, es fundamental que la acuicultura en los arrozales en el ecosistema propenso a inundaciones sea desarrollada por la comunidad rural mediante un enfoque grupal. El grupo debería incluir a los campesinos sin tierras, que tradicionalmente han accedido a las zonas inundadas para pescar, pero que perderían este recurso esencial si se les deniega el acceso debido a la siembra de peces en estas zonas.

Figura 6. Llanuras inundables estacionales: dos opciones para la mejora de sistemas de cultivo mediante la piscicultura comunitaria



En general, pueden establecerse tres tipos de sistemas de acuicultura en los arrozales en zonas propensas a inundaciones: (i) cultivo simultáneo de arroz de aguas profundas (con tolerancia de inmersión¹) con peces sembrados durante la estación de inundaciones seguido de arroz de la estación seca en zonas inundadas poco profundas; (ii) cultivo simultáneo de arroz de aguas profundas (con capacidad de alargamiento²) con peces sembrados durante la estación de inundaciones, seguido de cultivos diversos al arroz de la estación seca; y (iii) cultivo alterno de arroz de la estación seca seguido de peces sembrados únicamente durante la estación de inundaciones (es decir, sin arroz) en la zona cercada (por ejemplo, en un corral para peces).

El Centro Mundial de Pesca y sus socios nacionales ensayaron recientemente la

alternancia del cultivo combinado de arroz y peces (opción i más arriba; Figura 4) en las zonas inundadas poco profundas y el cultivo alterno de arroz y peces (opción iii más arriba; Figura 5) en las zonas inundadas más profundas de Bangladesh y Viet Nam a través de un sistema de gestión comunitaria. Los resultados indican que la piscicultura comunitaria en los arrozales puede aumentar la producción pesquera en unos 600 kg/ha/año en las zonas inundadas menos profundas y en hasta 1,5 t/ha/año en las zonas inundadas profundas, sin reducir el rendimiento del arroz ni las capturas de peces silvestres. Éstas (como también se muestra en la Figura 6) y otras opciones técnicas potenciales necesitan ser ensayadas y validadas en diferentes llanuras inundables de Asia y África bajo diversos acuerdos institucionales adecuados para las condiciones políticas, socioeconómicas y culturales existentes.

Conclusiones de los ensayos realizados recientemente

En los ensayos realizados durante un período de tres años en Bangladesh y en el sur y norte de

¹ Variedad de arroz utilizada en zonas de inundaciones poco profundas o moderadas, en las que las plantas jóvenes toleran la inmersión total de las hojas hasta 10 días (algunas variedades permiten un máximo de 20), y después de este periodo crecen rápidamente y producen panículas.

² Variedad de arroz utilizada en zonas de aguas profundas con inundaciones más prolongadas de hasta 4-5 meses, en las que los tallos tienen la capacidad de alargarse rápidamente, en respuesta a la profundidad creciente de las inundaciones.

Viet Nam, el enfoque consistió en animar a las comunidades a determinar los criterios de gestión y acuerdos institucionales que consideraban adecuados para sus condiciones locales y su entorno social. Se proporcionan más detalles en Dey y Prein (en prensa)

Acuerdos institucionales

Los acuerdos entre las partes interesadas son necesarios, ya que durante la estación de inundaciones, cuando las parcelas individuales no son distinguibles, la masa de agua se convierte temporalmente en una propiedad común, a diferencia de la estación seca en la que las propiedades individuales se distinguen y respetan claramente. Este enfoque es necesario para explotar el recurso.

Se utiliza un enfoque colectivo con unas 20 familias por grupo, incluyendo a propietarios, pescadores de la comunidad y trabajadores sin tierra (con los habituales derechos de acceso para la pesca durante la estación de inundaciones). Los acuerdos de beneficios se necesitan para organizar y consolidar el grupo. Entre los propietarios hay personas que participan (activas) y otras que no lo hacen (pasivas). Los propietarios que participan activamente en las actividades del grupo reciben un porcentaje adicional de los beneficios por su papel como miembros del grupo (además del porcentaje que ya reciben por el mero hecho de poner a disposición sus tierras).

Se descubrió que para una exitosa implementación del enfoque de piscicultura comunitaria era necesario que, previamente a su introducción, imperara la armonía social entre los grupos. Se ha comprobado que las afiliaciones artificiales basadas en vínculos previos con organizaciones facilitadoras (por ejemplo ONGs) tienen efectos desestabilizadores o incluso perjudiciales. La predisposición de la población a actividades comunitarias en algunos países también fue un factor determinante. Por ejemplo, en el sur de Viet Nam, los campesinos eran muy reacios a cualquier acuerdo colectivo, incluso cuando éstos involucraban a familiares cercanos, y preferían la gestión individual de zonas más pequeñas de propiedad y control individual. Para el futuro están previstas más evaluaciones de las características de los enfoques colectivos exitosos y las razones para su adopción espontánea y la difusión de la tecnología.

Elección de sistemas simultáneos versus alternos

La elección dependerá del patrón de inundaciones en la zona y de las preferencias entre los grupos.

Elección de sitios adecuados

Los sitios deberían ser zonas adecuadas por su topografía y existe una necesidad de incluir el mayor número posible de terraplenes ya existentes. Inicialmente se pensó que el número de sitios adecuados era limitado, sin embargo, «adoptantes espontáneos» vallaron hasta un 75 por ciento del perímetro (el resto eran terraplenes ya existentes) a un coste comparativamente elevado. No obstante, estos sitios demostraron ser muy beneficiosos.

Especies de peces, densidad de siembra, tamaños

Se recomendaron densidades de siembra de diversas especies de peces en el policultivo, preferentemente de tamaños grandes para evitar la depredación y para conseguir tamaños mayores en la cosecha. Sin embargo, no eran paquetes preceptivos (para evitar un rechazo inmediato) y en realidad el número de alevines sembrados y el tamaño de las especies dependieron de la disponibilidad local de las piscifactorías y otras fuentes. Dado el tamaño de algunas de las zonas valladas, fueron cantidades elevadas, mucho mayores que las requeridas habitualmente para estanques piscícolas, lo que unido a la preferencia por tamaños mayores y diversas especies diferentes planteó considerables desafíos logísticos (aprovisionamiento, transporte) para las comunidades y las ONGs implicadas.

Oferta del mercado versus calendario de las cosechas

Tanto la fase de captura en los peces silvestres como la fase de cosecha están obligadas a coincidir ya que dependen de la duración, niveles y patrón de recesión de las inundaciones. Sin embargo, la operación de cultivo puede extenderse durante un periodo de tiempo mayor mediante cosechas secuenciales que produzcan una merma de la población fija de peces para un mayor crecimiento y mayores ganancias. Más aún, los hoyos más profundos de la zona pueden ser utilizados para mantener a los peces más allá de la temporada normal de captura hasta que los precios del pescado aumenten y se puedan obtener mayores ganancias en los mercados. Así procedieron algunos de los grupos de ensayo.

Aspectos de la gestión financiera

El primer año las comunidades recibieron apoyo financiero para las inversiones iniciales en vallas. En los años siguientes, las comunidades debían

reinvertir una parte de las ganancias de las ventas de pescado del año anterior en la operación de cultivo de peces del año siguiente, por ejemplo para la compra de alevines y el mantenimiento de las vallas.

Efectos sobre la biodiversidad (peces silvestres)

De forma general se llegó a la conclusión de que la biodiversidad y abundancia de los peces silvestres no se vio afectada por la operación de cultivo, aunque no se realizaron análisis específicos como parte de estos primeros ensayos. La conclusión se basa en comparaciones con la captura de peces silvestres en términos de biomasa y composición de las especies, que resultaron esencialmente similares, excepto para depredadores como la cabeza de serpiente (*Channa* sp.) y el pez-gato (*Clarias* sp.), cuya cantidad se redujo. Sin embargo, en algunos casos los cultivadores observaron que la biomasa de las pequeñas especies indígenas era notablemente superior que la de las zonas adyacentes no valladas, y unas pocas especies que anteriormente eran poco comunes en sus zonas habían vuelto a ser capturadas en las zonas valladas. Esto se atribuyó a la menor abundancia de depredadores en la zona vallada. Se necesitan estudios más detallados para confirmar que la siembra de peces en zonas cercadas de lugares inundados estacionalmente no tiene efectos negativos, y que las vallas limitan el acceso de los peces depredadores juveniles a las zonas cercadas durante las inundaciones.

Beneficiarios e impacto

Los peces continentales han sido caracterizados en general como el grupo de vertebrados de uso humano más amenazado, con una constante tendencia negativa. Estos peces son de la mayor importancia para los ingresos, nutrición y seguridad alimentaria de la población rural pobre, pero su demanda está aumentando, lo que se refleja en constantes incrementos de precio. Los peces también son muy valiosos para la nutrición de la población pobre dada la densidad y calidad de nutrientes (proteínas, lípidos y micronutrientes) presentes en formas biodisponibles en gran medida en casi todas las especies de peces pequeños.

La producción pesquera en las zonas valladas de las llanuras inundables aumentará como mínimo de dos a diez veces en relación a la captura natural a través de las actividades de cultivo, como se ha demostrado en nuestro trabajo anterior en Bangladesh y Viet Nam.

Las cosechas son al por mayor y por tanto se venden en el mercado generando ganancias en efectivo que se reparten entre los miembros del grupo, incluyendo a los que carecen de tierras. Los grupos permiten expresamente la pesca de pequeñas especies indígenas no sembradas por parte de los campesinos sin tierras con métodos tradicionales en las zonas de cultivo durante el periodo de cultivo, garantizándoles así un suministro continuo de proteínas e ingresos de las zonas valladas durante esta fase. Los ingresos en efectivo aumentarán para todos los participantes, especialmente para los campesinos sin tierra en relación con sus ingresos base. Esperamos un nivel similar de beneficios de los enfoques grupales de la piscicultura en sistemas de riego.

A largo plazo, el enfoque pretende proporcionar a las poblaciones rurales de las llanuras inundables y a los sistemas de riego de las cuencas objetivo una fuente equitativa de ingresos adicionales y suministro de pescado, tanto de la producción pesquera natural como de las especies sembradas para el cultivo. Esto beneficiará de forma directa a los miembros implicados de las comunidades, pero también a los consumidores de pescado de otras zonas debido al aumento de la oferta en los mercados, contrarrestando de esta forma la tendencia negativa de la producción pesquera continental. Los beneficios de la producción pesquera también pueden ser empleados para mejorar el mantenimiento y por tanto la sostenibilidad de los sistemas de riego.

Dominios de extrapolación

Las zonas potenciales para la aplicación del enfoque de piscicultura comunitaria en llanuras inundables y sistemas de riego son considerables. Estas zonas suelen estar densamente pobladas, si bien sus aguas de crecida estacional están infrautilizadas.

El enfoque ayuda a mitigar la tendencia descendente de la producción pesquera continental de captura, con un precio del pescado cada vez mayor que lo hace menos asequible para la población pobre. Por ejemplo, sólo en Bangladesh, hay 3 millones de hectáreas de zonas de inundación media y profunda, de las cuales se estima que aproximadamente 1,5 millones son adecuadas para la piscicultura comunitaria. Si se adoptara este enfoque únicamente en el 50 por ciento de estas zonas, la producción pesquera anual aumentaría en 450 000 toneladas (además de las 60 000 toneladas de peces silvestres que actualmente se capturan en estas áreas) con un valor aproximado de 340 millones de

dólares EE.UU. y se estima que beneficiaría a 6,7 millones de personas (2,7 millones de ellas campesinos sin tierras y/o funcionalmente sin tierras). Existen oportunidades similares para las llanuras inundables y los sistemas deltaicos en otros países de Asia y África.

En la cuenca del río Mekong existen 0,8 millones de hectáreas de zonas de inundación media y profunda que podrían ser utilizadas por las comunidades que habitan en ellas para la piscicultura conjunta durante la estación de inundaciones, que de lo contrario sería una temporada de barbecho con muy poca actividad agrícola y económica. De los 5,2 millones de hectáreas de zonas de inundación media y profunda en la cuenca Indo-Gangética, 3 millones de hectáreas se encuentran en Bangladesh, en donde habitan 27 millones de beneficiarios directos potenciales. Si sólo una cuarta parte de ellos adoptara este enfoque, se podrían beneficiar 6,7 millones de personas, 2,7 millones de las cuales carecen de tierras. Otras zonas con inundaciones estacionales adecuadas para este enfoque en otras cuencas en Asia se encuentran en Myanmar (1,2 millones de hectáreas), Tailandia (0,7 millones de hectáreas), y el delta del Río Rojo en Viet Nam (0,1 millones de hectáreas).

En África, el potencial para aplicación de la piscicultura comunitaria es mayor en las llanuras inundables estacionales y en las zonas de riego. En las llanuras inundables de África occidental, se emplean 470 000 hectáreas para cultivar arroz de aguas profundas (Catling, 1992), que podrían ser utilizadas para el cultivo simultáneo de peces y de este tipo de arroz.

Referencias

- Ali, M.H., Miah, M.N.I. & Ahmed, N.U.** 1993. Experiences in deepwater rice-fish culture. *Bangladesh Rice Research Institute Publication* No. 107, Gazipur, Bangladesh. 28 pp.
- Ali, M.H., Miah, M.N.I. & Elahi, M.N.** 1998. Increasing farm income by incorporating fish culture in deepwater rice environment. *Bangladesh Journal of Fisheries Research*, 2(2): 183-188.
- Bakker, M., Barker, R., Meinzen-Dick, R.S. & Konradsen, F.** (eds). 1999. Multiple uses of water in irrigated areas: a case study from Sri Lanka. *SWIM Report 8*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. (disponible en www.cgiar.org/iwmi/pubs/SWIM/Swim08.pdf).
- Catling, D.** 1992. Rice in deep water. London, MacMillan Press and International Rice Research Institute. 542 pp.
- Das, D.N., Roy, B. & Mukhopadhyay, pp.K.** 1990. Fish culture with DW rice in West Bengal. En: *Deepwater and Tidal Wet Land Rice Bulletin*, No. 17, November 1990, International Rice Research Institute, Philippines.
- Dey, M.M. & Prein, M.** 2000. Case 3: Fish in deepwater ricelands. En PRGA Program. ed. *Equity, well-being, and ecosystem health: participatory research for natural resources management*, pp. 19-20. CGIAR Program on Participatory Research and Gender Analysis, CIAT, Cali, Colombia. 62 pp.
- Dey, M.M. & Prein, M.** 2003. Participatory research at landscape level: floodprone ecosystems in Bangladesh and Viet Nam. En B. Pound, S.S. Snapp, C. McDougall & A. Braun, eds. *Uniting science and participation for sustainable livelihoods and adaptive natural resource management*. Earthscan/IDRC.
- Dey, M.M. & Prein, M.** Community-based fish culture in seasonally deep-flooding ecosystems. *IFAD Technical Advisory Notes 1*, Aquaculture Series, IFAD, Roma (en prensa).
- Dey, M.M. & Prein, M.** Community-based concurrent rice-fish culture in seasonal moderately deep-flooding ecosystems. *IFAD Technical Advisory Notes 2*, Aquaculture Series, IFAD, Roma (en prensa).
- Dey, M.M. & Prein, M.** *Community-based fish culture in seasonally flooding ecosystems*. WorldFish Center Technical Report (en prep.).
- Gregory, R. & Guttman, H.** 1996. Management of ricefield fisheries in South East Asia: capture or culture? *ILEIA Newsletter* 12(2): 20-21.
- Guttman, H.** 1999. Ricefield fisheries - a resource for Cambodia. Naga, *The ICLARM Quarterly* 22(2): 11-15.
- Halwart, M.** 1998. Trends in rice-fish farming. *FAO Aquaculture Newsletter* 18: 3-11 (disponible en www.fao.org/documents/docrep/005/w8516e/w8516e00.htm).
- Meinzen-Dick, R.S.** (ed.) 2001. Multiple uses of water in irrigated areas. *Irrigation and Drainage Systems* 15(2). (6 artículos).
- Mukhopadhyay, pp.K., Das, D.N. & Roy, B.** 1991. *Deepwater Rice-Fish Farming Bulletin*, Issue no. 1, February 1991, Rice Research Station, Chinsurah, West Bengal, India.
- Prein, M. & Dey, M.M.** 2001. Rice and fish culture in seasonally flooded ecosystems. En IIRR, IDRC, FAO, NACA and ICLARM, pp. 207-214. *Utilizing different aquatic resources for livelihoods in Asia: a resource book*. International Institute of Rural Reconstruction, Silang, Cavite, Philippines. 416 pp. (disponible en www.iirr.org/aquatic_resources).

Rothuis, A.J., Nhan, D.K., Richter, C.J.J. & Ollevier, F. 1998a. Rice with fish culture in the semi-deep waters of the Mekong delta, Viet Nam: a socio-economic survey. *Aquaculture Research* 29: 47–57.

Rothuis, A.J., Nhan, D.K., Richter, C.J.J. & Ollevier, F. 1998b. Rice with fish culture in the semi-deep waters of the Mekong delta, Viet Nam: interaction of rice culture and fish husbandry management on fish production. *Aquaculture Research* 29: 59–66.

Roy, B., Das, D.N. & Mukhopadhyay, pp.K. 1990. Rice-fish-vegetable integrated farming: towards a sustainable ecosystem. Naga, *The ICLARM Quarterly*, October 1990.

Sultana, pp. & Thompson, pp. 2003. Methods of consensus building for community based fisheries management in Bangladesh and the Mekong delta. *CAPRI Working Paper* 30. Washington DC: IFPRI. (disponible en www.capri.cgiar.org/pdf/capriwp30.pdf)

UN ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE IRRIGACIÓN Y ACUICULTURA (IIA), CON ESPECIAL REFERENCIA A ÁFRICA OCCIDENTAL

Cécile Brugère
Departamento de Pesca y Acuicultura
FAO, Roma, Italia

Brugère, C. 2010. Un estudio del desarrollo de la integración de sistemas de irrigación y acuicultura (IIA), con especial referencia a África occidental. En M. Halwart & A.A. van Dam (eds). *Integración de sistemas de irrigación y acuicultura en África occidental: conceptos, prácticas y potencial*. Roma, FAO. pp. 27–60.

Resumen

Se presenta un estudio de la bibliografía disponible sobre las actividades de integración de sistemas de irrigación y acuicultura (IIA) en 13 países de África occidental. El concepto de la IIA ha sido objeto de algunas publicaciones que han hecho énfasis en el potencial «teórico» y las ventajas de esta práctica. Otros estudios han optado por evaluar el desarrollo/potencial del riego y la acuicultura en estos países de forma separada y se han centrado en los aspectos técnicos de cada actividad. Se ha identificado a los fondos de valles interiores, las llanuras inundables y los sistemas de riego con control total como ambientes clave para respaldar la integración de sistemas de irrigación y acuicultura. Se proporciona información de antecedentes sobre el contexto y justificación para la integración de las actividades acuícolas y de riego, y se detallan actividades específicas de IIA para cada ambiente clave basándose en estudios de casos documentados en África occidental. Entre las cuestiones identificadas como positivas o negativas que afectan al potencial de la integración se encuentran las preocupaciones por la salud vinculadas a la incidencia de las enfermedades transmitidas por el agua, gestión de plagas y maleza, reciclaje de aguas residuales, mitigación de la salinización de la tierra, conservación de los humedales, demanda de pescado, comercialización y procesamiento, asignación óptima y la determinación del precio del agua de riego. Se subraya la necesidad de incorporar de forma plena los factores socioeconómicos y culturales en las evaluaciones del potencial de la IIA, ya que éstos influyen notablemente en la adopción final de nuevas tecnologías. A pesar de que existen diversos desafíos técnicos y socioeconómicos que superar, las actividades de la IIA deberían contribuir de forma positiva a los medios de vida de los campesinos y operarios, siempre y cuando se les den oportunidades para iniciativas privadas y las tecnologías se adapten a sus necesidades.

Introducción

El Servicio de Recursos de Aguas Continentales y Acuicultura de la FAO¹ encargó la elaboración de este estudio para utilizarlo como documento de trabajo en el Taller Regional de la FAO-ADRAO sobre Integración de sistemas de irrigación y acuicultura celebrado en Bamako, Malí, del 4 al 7 de noviembre de 2003. Desde un punto de vista geográfico, el estudio se centra en África occidental e incluye a Burkina Faso, Malí, Níger, Nigeria, Senegal, Ghana, Chad, Côte d'Ivoire así como países miembros del Consorcio del Inland Valley (IVC, por sus siglas en inglés) del ADRAO: Benin, Camerún, Togo, Sierra Leona y Guinea.

La investigación del desarrollo de la integración de sistemas de irrigación y acuicultura se centra

en tres zonas claves equipadas para el riego: los fondos de valles interiores, las llanuras inundables y los sistemas de riego con control total e incluye las actividades de cultivo de peces y arroz. Se estudian las actividades de IIA en cada ambiente clave en África occidental, evaluando su potencial, limitaciones, oportunidades y otras cuestiones relacionadas con el futuro desarrollo de la integración de sistemas de irrigación y acuicultura en África y se ofrecen recomendaciones sobre cómo desarrollar la IIA en cada país y en la región como conjunto.

La primera sección de este documento proporciona información de antecedentes y fundamentos para desarrollar la IIA. La sección 2 describe los ambientes clave y los sistemas de acuicultura y riego objeto de análisis, e incluye estudios de caso de actividades de integración de sistemas de irrigación y acuicultura en

¹ Ahora Servicio de Acuicultura (FIRA)

llanuras inundables, fondos de valles interiores y sistemas de riego con control total de los países analizados. Otras cuestiones relacionadas con el desarrollo de la IIA como pueden ser la preocupación por la salud, el control de la maleza, el reciclaje de aguas residuales, la salinización de la tierra, la conservación de los humedales y la determinación del precio del agua de riego se abordan en una tercera sección. En la cuarta sección –y en base a toda la información anterior– se analizan los desafíos y oportunidades para la integración futura. La última sección resume las conclusiones.

Información de antecedentes y fundamentos para la IIA

Riego: cuestiones relacionadas con la escasez y productividad del agua

Cuando el 70 por ciento del suministro mundial de agua aprovechada es utilizado para el riego y se prevé que aumente la extracción total, la creciente escasez y competencia por el agua añaden una nueva dimensión al debate sobre la seguridad alimentaria (Seckler *et al.*, 1998). Los problemas relacionados con el riego son la escasa eficiencia del uso del agua, la costosa explotación de nuevos recursos hídricos, la degradación de los recursos a través del anegamiento, la polución y la salinización, que tienen un impacto negativo sobre el abastecimiento de agua potable y la salud, junto a las subvenciones e incentivos distorsionados que provocan un mayor agotamiento y generan beneficios desiguales (Rosegrant, 1995). Frente a estos desafíos y para garantizar una mayor producción alimentaria y estabilidad de los precios en las próximas décadas, se necesitan realizar inversiones y reformas políticas para mejorar la gestión del agua y del riego (Rosegrant y Cai, 2001).

Seckler *et al.* (1998) han clasificado a los países según un cálculo de la amenaza de escasez de agua. Ninguno de los países estudiados pertenecía al grupo de países que carecen actualmente de agua. Sin embargo, Níger, Camerún, Côte d'Ivoire, Nigeria, Ghana, Benin, Chad y Burkina Faso fueron clasificados como países del Grupo 2, en los que las condiciones para la producción agrícola suelen ser a menudo desfavorables y que deben fomentar más del doble del agua que usan actualmente para satisfacer unas necesidades futuras razonables. En estos países se recomendó hacer hincapié en la expansión del riego a pequeña escala y el riego suplementario para aumentar la

productividad de la agricultura de secano. En el Grupo 3 se encuadró a Guinea, Senegal y Malí², que necesitan aumentar sus extracciones en un 48 por ciento de media para satisfacer sus necesidades hídricas.

En el contexto de usos integrados, la productividad del agua –es decir, la cantidad de alimentos producidos por cada unidad de volumen de agua empleada– proporciona más información que la eficiencia del riego, la cantidad de agua necesaria para un determinado fin dividida por la cantidad de agua desviada a un dominio espacial de interés (Guerra *et al.*, 1998; Molden, 1997). Como los costes de desarrollar nuevos recursos hídricos aumentan, incrementar la productividad de los recursos existentes, tanto el riego como la lluvia, resulta más atractiva y puede conseguirse de cuatro maneras (Seckler *et al.*, 1998):

- reduciendo las pérdidas por evaporación;
- reduciendo el caudal de agua utilizable a los sumideros;
- controlando la salinidad y la polución;
- redistribuyendo el agua desde los cultivos de menor valor a los de mayor valor.

Una quinta forma de incrementar la productividad del agua es mediante la integración de un uso no consuntivo de agua (piscicultura) en las fuentes de riego ya existentes.

Acuicultura

La acuicultura es la industria de producción alimentaria que más rápido crece en el mundo (FAO, 2000a). Más allá de algunos impactos medioambientales negativos (generalmente específicos de la acuicultura marina o costera intensiva) la piscicultura continental tiene el potencial de contribuir positivamente a los medios de vida y a la seguridad alimentaria de la población pobre (Ahmed y Lorica, 2002; Edwards, 2000; Halwart *et al.*, 2003) y actualmente se está haciendo hincapié en la acuicultura para el desarrollo, en vez de únicamente en el desarrollo de la acuicultura (Friend y Funge-Smith, 2002). Sin embargo, los recursos acuáticos vivos están en un periodo de transición y afrontan cuestiones relacionadas con la eficiencia, especialmente en las operaciones postcosecha, equidad, gestión, intensificación y elaboración de políticas (Williams, 1996). Una mejor gestión del agua que satisfaga a los recursos acuáticos y agrícolas podría ser la manera de optimizar los usos del agua y aumentar los medios de vida locales, si bien requiere de políticas integradas

² Togo y Sierra Leona no formaban parte del estudio.

que reconozcan los múltiples usos de las masas de agua continentales y la complejidad de los medios de vida para fomentar su sostenibilidad.

Sistemas de explotación agrícola integrados

El concepto de integrar la producción pesquera con otras actividades (cultivos, aves de corral, ganado) como parte de sistemas complejos de explotación agrícola no es nuevo y sus ventajas son reconocidas desde hace mucho tiempo (Pullin y Shehadeh, 1980; Little y Muir, 1987; FAO/ICLARM/IIRR, 2004). Desde una perspectiva de reducción de la pobreza, estos sistemas contribuyen a mejorar los resultados de los medios de vida mediante la diversificación de la producción alimentaria y las actividades familiares, aumentos de los ingresos, mejoras nutricionales y un mayor reparto del riesgo y la incertidumbre (FAO, 2000b; Prein, 2002). Desde una perspectiva medioambiental, contribuyen a una gestión sostenible de los recursos por medio del reciclaje/reutilización de los recursos y nutrientes, gestión de plagas respetuosa con el medio ambiente, aumento de la eficiencia en el uso del agua y la tierra y la gestión de residuos (ibíd.).

Mientras que las contribuciones del desarrollo del riego y la acuicultura a la mitigación de la pobreza han sido evaluadas de forma separada (Hussain y Biltonen, 2001 y Chambers, 1988 en el caso del riego; Friend y Funge-Smith, 2002 y Edwards, 2000 en el caso de la acuicultura), la integración de ambas actividades es relativamente nueva, especialmente en África. A pesar de ser conocida como «zona propensa a las sequías», África subsahariana ha explotado escasamente los recursos e infraestructuras de riego que podrían beneficiarse de la rehabilitación y modernización (Alam, 1991), así como de enfoques integrados en la gestión del agua para acomodar tanto al riego como la acuicultura.

Integración de sistemas de irrigación y acuicultura

Gran parte de la bibliografía actual reconoce el potencial «teórico» de la integración de sistemas de irrigación y acuicultura. Este potencial está basado en evaluaciones separadas de las actividades acuícolas y de riego y del potencial para un desarrollo posterior. Mientras que los sistemas integrados, como la acuicultura en los arrozales o el cultivo en jaulas en embalses artificiales (para riego), han sido estudiados a fondo, los aspectos técnicos de la IIA en canales y las cuestiones de gestión relacionadas con los

usos múltiples del agua han sido documentadas en muy pocos estudios (p. ej. Li, 2002; Ingram *et al.*, 2000). Según Fernando y Halwart (2000), el cultivo de peces en sistemas de riego es una práctica que data, al menos, de hace dos milenios. Aunque los registros son escasos, se cree que se generalizó en las zonas tropicales y subtropicales, especialmente en los arrozales de regadío. Los sistemas de riego que utilizan agua almacenada o desviada han aumentado exponencialmente en los últimos 50 años, si bien la piscicultura en estos sistemas de riego no se ha desarrollado de forma similar y actualmente existe un enorme potencial para su integración (Fernando y Halwart, 2000).

La integración de sistemas de irrigación y acuicultura es un aspecto de la integración de la agricultura y la acuicultura. Es la práctica de dos tecnologías asociadas con el objetivo de aumentar la productividad por unidad de agua empleada. En el caso de la producción simultánea de peces y arroz de regadío, la integración puede ser parcial o completa dependiendo del emplazamiento físico de las unidades acuícolas y de riego: los peces pueden criarse en un estanque aguas arriba o abajo del arrozal, pero también en su interior. En los sistemas de riego de conducción, los peces también pueden criarse en jaulas ubicadas en los canales (Li *et al.*, 2005; Ingram *et al.*, 2000; Haylor, 1994). En la próxima sección se detallan otros posibles sistemas.

La IIA ofrece una serie de ventajas genéricas, muchas de las cuales proceden de los beneficios de los sistemas integrados de explotación agrícola. Entre los efectos medioambientales positivos se incluyen (después de Kabré, 2000):

- En el caso de los estanques piscícolas para el suministro de riego: fertilización del agua y del suelo por medio de excrementos de peces, acumulación de materia orgánica en el fondo de los estanques que aumenta el desarrollo de la micro-flora y la micro-fauna y mejora su productividad.
- En el caso de los sistemas de cultivo combinado de arroz y peces: las especies de peces, en particular algunas especies de tilapias, controlan la maleza en los arrozales y sus movimientos impiden que crezcan de nuevo. Los peces actúan controlando biológicamente los parásitos del arroz y las larvas de mosquitos, impidiendo la propagación de la malaria y otras enfermedades transmitidas por el agua.

A nivel familiar, los efectos positivos incluyen el aumento de la seguridad alimentaria, una nutrición equilibrada y mayores ingresos (Moehl

et al., 2001) mediante la producción de un producto básico (pescado) fácilmente disponible en tiempos de necesidad y el suministro de riego suplementario para cultivos en la estación seca (Little y Muir, 1987). También se demostró que es posible aumentar los ingresos de los campesinos pobres sin tierras mediante la adopción de jaulas de peces (carpas de la India) en canales de riego (Brugère, 2003).

Mientras que la integración de la acuicultura en los sistemas de riego está recibiendo cada vez mayor atención, las limitaciones técnicas y la oposición a la integración han dificultado su desarrollo en algunas zonas. En el caso de embalses a gran escala, la acuicultura en jaulas/corrales puede limitar o alterar el valor del agua en múltiples usos alterando los regímenes de flujo, el valor escénico, interrumpiendo el desove, interfiriendo con la navegación e impidiendo el acceso y contaminando el agua, especialmente cuando los embalses son utilizados para el suministro de agua potable (Haylor, 1994; Beveridge, 1987). En los canales de abastecimiento del riego, las jaulas –especialmente cuando se ensucian–, pueden representar una barrera para el flujo de agua y han experimentado una cierta oposición a su uso (Costa-Pierce y Effendi, 1988 en el caso de Indonesia; Jauncey y Stewart, 1987 en el caso de Egipto). Además, la integración de la producción pesquera en una zona de riego supone una carga adicional para su gestión, requiriendo de un equilibrio entre las necesidades y las limitaciones de la producción pesquera y agrícola (Li *et al.*, 2005; Haylor, 1994).

Ambientes clave y desarrollo de la IIA en África occidental

Es necesario determinar qué ambientes de riego y qué sistemas acuícolas son adecuados para la integración. El Cuadro 1 vincula cada ambiente clave definido por la FAO (fondos de valles interiores, llanuras inundables y sistemas de riego con control total) y los sistemas de riego/ingeniería hidráulica relacionados con los sistemas acuícolas a los que potencialmente pueden apoyar, tal y como sugiere Haylor (1994). La siguiente sección da cuenta del análisis de estudios de casos de esta integración, con su potencial y limitaciones, en África occidental.

Desarrollo de la IIA en África occidental

Dado que este estudio se centra de forma específica en la integración de sistemas de

irrigación y acuicultura, no se repiten los análisis a nivel nacional de los sectores acuícola y de riego. Sin embargo se han resumido en un Cuadro, que también incluye el potencial de la integración de sistemas de irrigación y acuicultura por país, evaluado por medio de estudios de viabilidad e información de otras fuentes (Anexo 1).

No hay constancia de muchos ejemplos de iniciativas prácticas en África occidental y algunos estudios de casos de acuicultura no mencionan el ambiente donde se desarrollaron. Una excepción notable es la integración de la acuicultura en los arrozales. Tras el taller de la FAO para una red africana de integración de sistemas de irrigación y acuicultura (Moehl *et al.*, 2001), se realizaron estudios de casos en Malí (Bamba y Kienta, 2000), Côte d'Ivoire (Coulibaly, 2000), y Burkina Faso (Kabré, 2000). Estos estudios figuran entre los más rigurosos que existen sobre las actividades de la IIA (generalmente ensayos o actividades pasadas) en África y describen las características técnicas así como algunos impactos económicos y sociales de los sistemas desarrollados. Todavía prevalecen los enfoques sectoriales en el desarrollo de cada actividad entre los profesionales y planificadores de políticas. Apenas se mencionan los «enfoques integrados» en la gestión del agua de riego teniendo en cuenta otros usos, en particular la producción pesquera (pesca o acuicultura) y los usos domésticos.

Llanuras inundables

Las llanuras inundables juegan un papel fundamental a la hora de sostener a una población numerosa. Muchas de las actividades que permiten dependen de su hidrología (Thompson y Polet, 2000). La promoción de su gestión para la producción pesquera mediante técnicas acuícolas extensivas (por ej. estanques excavados en la llanura inundable, presas que bloquean los canales de drenaje y diques circundando zonas) no es nueva (Welcomme, 1976).

El uso de los recursos de las llanuras inundables suele estar sincronizado con los ciclos anuales de las inundaciones, como sucede en los humedales de Hadejia-Nguru al noreste de Nigeria (Thompson y Polet, 2000), donde se cultiva arroz en las zonas anegadas en las que se plantan otros cultivos cuando se retiran las inundaciones. La intensidad de la pesca y del pastoreo de ganado también varía con la subida y bajada de los niveles de agua. El emplazamiento del cultivo de arroz y del riego a pequeña escala está determinado por la disponibilidad de agua en las estaciones húmeda y seca.

Cuadro 1: Ambientes clave, sistemas de ingeniería hidráulica y sistemas acuícolas

Ambiente clave (tal y como se define en FAOSTAT)	Sistemas de ingeniería hidráulica (después de Haylor, 1994)	Estado de la pesca (de captura y fomentada) y la acuicultura (después de Haylor, 1994)	Sistemas acuícolas con potencial para la integración
Sistemas de riego con control total (gran escala)	Grandes embalses (presas) para control de almacenamiento/inundaciones	Parte importante y cada vez mayor de la producción pesquera en muchos países, si bien en África sólo es una innovación reciente, en particular la acuicultura basada en embalses ¹ .	Jaulas/corrales
	Canales de suministro de riego	La entrada de peces en el sistema y las poblaciones autosuficientes son importantes en Asia. Los peces sembrados se utilizan para controlar el crecimiento de las plantas acuáticas y los vectores que transmiten enfermedades.	Jaulas/corrales (p.ej. policultivo de carpas en China)
	Dispersión del agua (aguas residuales y agua de drenaje)	No hay pesca de captura. La acuicultura se utiliza para producir biomasa de un medio acuático controlado y para tratar las aguas residuales.	Estanques, pequeños embalses
Sistemas de riego con control total (pequeña escala)	Sistemas de transferencia de agua (redes de conducción)	No existe constancia de pesca en muchos lugares.	Jaulas/corrales
	Subsistemas de explotación agrícola (= arrozales)	La pesca de captura es tan antigua como el cultivo de arroz con rendimientos de unos 135–175 kg/ha ² . El cultivo piscícola proporciona rendimientos más elevados pero varían con las condiciones del terreno.	Acuicultura en los arrozales (p. ej. producción de alevines en China)
	Embalses de pequeña escala (= presas en la explotación agrícola, embalses de doble uso, tanques o embalses de regadío) para el almacenamiento de agua de lluvia y de las inundaciones	Combinación de pesca y prácticas acuícolas.	Jaulas/corrales, acuicultura en los arrozales, ensenadas en embalses (p. ej. producción de alevines en China)
Fondos de valles interiores/humedales	Riego con aguas subterráneas (pozo, perforación, bomba)	Acuicultura extensiva en pozos abiertos, aunque existe riesgo de conflicto con otros usos (consumo humano/del ganado) ³ .	Peces sembrados en pozos ³
	Embalses o estanques en la explotación agrícola	Acuicultura extensiva a semi-intensiva ⁴ .	Jaulas/corrales, estanques
Llanuras inundables, incluyendo zonas de recesión de inundaciones	Embalses de presa de pequeña escala	Entrada de peces en el sistema y poblaciones autosuficientes ⁵ .	Jaulas/corrales, estanques
	Arrozales	Entrada de peces en el sistema, en ocasiones sembrados ⁵	Arroz-peces
Llanuras inundables, incluyendo zonas de recesión de inundaciones	Embalses de presa de pequeña escala	Entrada de peces en el sistema y poblaciones autosuficientes ^{6, 7}	Jaulas/corrales, estanques
	Arrozales	Entrada de peces en el sistema, en ocasiones sembrados ^{5, 7}	Arroz-peces

¹Beveridge y Phillips (1987), ICLARM y GTZ (1991); ²Hora y Pillay (1962), Ali (1990); ³Institute of Aquaculture (1998); ⁴Little y Muir (1987); ⁵Coulibaly (2000); ⁶Welcomme (1976); ⁷Bamba y Kienta (2000).

Acuicultura en los arrozales

En la región de Mopti en Malí, se evaluó la acuicultura en los arrozales en la llanura inundable del río Níger (zona de Tiroguel) en un análisis de un estudio de caso para un proyecto potencial (Bamba y Kienta, 2000). Se estimó que el proyecto se beneficiaría del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) permitiendo a los habitantes de las llanuras inundables pescar de forma legal peces capturados en la red de riego de las mismas y aumentar la producción pesquera en la zona

de riego de la llanura inundable destinada al cultivo de arroz de aguas profundas. Con la rehabilitación de una zona de riego de pequeña escala gestionada comunalmente, se crearía un estanque de 10 ha en medio de una zona de 13 ha de cultivo de arroz de aguas profundas. El agua en la zona de riego alojaría simultáneamente a los peces y al arroz: se excavaría un agujero en mitad del estanque para que los peces sobrevivieran tras el drenaje para la cosecha de arroz. La gestión tanto del estanque como del arroz dependería de la participación de todos los

miembros de la comunidad y de la armonización de los intereses de gestión. Se podrían sembrar tilapias y *Clarias* spp. en el estanque utilizando poblaciones naturales que entraran en la llanura inundable y población adicional. El alimento para los peces estará elaborado a partir de fertilizantes orgánicos (reciclaje de residuos de las explotaciones agrícolas).

El análisis financiero de esta integración basada en una serie de objetivos de producción indicó beneficios netos positivos. De todos los impactos previstos, nueve podrían ser positivos, cinco negativos, seis potencialmente negativos y dos insignificantes. Los beneficios estarían relacionados con incrementos en el capital social (cohesión comunitaria mediante la gestión comunal de la producción de peces y arroz), transferencia de la gestión de recursos del Estado a las partes interesadas, mayor autonomía en la toma de decisiones, suministro puntual de pescado cuando los recursos se reducen en el delta, con mayores ingresos para los productores –en particular las mujeres– y una dieta mejorada.

Las limitaciones a superar podrían estar relacionadas con la falta de apoyo institucional y la gestión del agua con un único fin en los arrozales de regadío, la falta de financiación para las actividades acuícolas en general, la percepción de la acuicultura por los agricultores como una actividad secundaria y la falta de disponibilidad de agua fuera de las zonas equipadas para un control total del riego. No obstante, se consideró que el potencial para la integración de la acuicultura en los arrozales es elevado y que con un apoyo político adecuado el ejemplo de la zona de Tiroguel podría extenderse a todas las arrozales de aguas profundas, estanques y fondos de valles interiores de Malí.

En Burkina Faso se evaluaron ejemplos de integración directa de la acuicultura en los arrozales (cría de peces en el arrozal) en el Valle de Kou y de integración indirecta (estanques de peces aguas arriba del arrozal) en la zona de riego de Bragué (Kabré, 2000). El Valle del Kou es una llanura inundable equipada para el riego por gravedad, mientras que la zona de riego de Bragué obtiene agua desde los canales procedentes del embalse de la presa de Bragué. A pesar del éxito parcial, el ensayo del Valle de Kou proporcionó más información que el estudio de caso de Bragué, que aportó pocos datos para una mejor comprensión de la IIA (la producción pesquera era un uso secundario del estanque, diseñado originalmente como una fuente suplementaria de riego para el arroz; los campesinos no participaron en la cría de peces y los peces no fueron cosechados). En el ensayo

del Valle de Kou (1987–1988), las parcelas de arroz eran abastecidas de forma individual por un canal de riego. Las compuertas se dotaron de rejillas para impedir que se mezclaran las poblaciones de peces sembrados y silvestres. Un grupo de pescadores gestionó de forma comunal un estanque construido en medio de la zona de riego para criar alevines de tilapia, abonado con insumos orgánicos y minerales. Hubo algunas dificultades en el establecimiento y gestión de la operación: los campesinos se mostraban escépticos mientras que los pescadores estaban interesados, surgieron conflictos respecto a la asignación de agua en el perímetro de riego y una inundación repentina interrumpió un segundo ensayo de forma inesperada. Además, el impacto financiero de la actividad integrada en el presupuesto familiar fue limitado y un análisis en profundidad demostró que el cultivo combinado de arroz y peces estaba muy condicionado por la disponibilidad de mano de obra suficiente en la familia.

Otras limitaciones al desarrollo amplio de la actividad, evaluada por Kabré y Zerbo (2001), están relacionadas con las escasas directrices proporcionadas por la agencia gubernamental de desarrollo pesquero y de los institutos de investigación en cuanto al desarrollo de la acuicultura y, en particular, de la acuicultura en los arrozales. También son limitaciones la escasez de alevines, la competencia por los piensos, y la falta de financiación, suelo y agua para la IIA. Sin embargo, durante el ensayo los campesinos comenzaron a percatarse de los beneficios de la integración de los peces en los arrozales o en un estanque utilizado para el riego. Se estima que su actitud podría cambiar fácilmente con un esfuerzo de extensión agraria y una mayor concienciación sobre el reciclaje de nutrientes, conocimientos técnicos sobre la gestión de la IIA y algunas formas de ahorro cooperativo para financiar y desarrollar nuevas actividades de IIA. La demanda existente de pescado y la posibilidad de actividades postcosecha (p. ej. ahumado de pescado) en las que participaran mujeres, contribuirían a este cambio de actitud.

Estanques

Thomas (1994) informó del desarrollo de un estanque piscícola en la llanura inundable de los humedales de Hadejia-Ngura en Nigeria. Este estudio puso de relieve una característica común de muchos proyectos acuícolas en África: el error de obviar los aspectos económicos y sociales para garantizar el éxito de los desarrollos técnicos. El objetivo del proyecto era aumentar la producción pesquera de los estanques estacionales para compensar los descensos en

la pesca de captura. Las técnicas empleadas implicaron ahondar los estanques y controlar el caudal de salida después de la decrecida, abonar con estiércol de vaca, y aumentar la densidad de peces naturales con alevines de *Clarias lazera* y tilapia (*Sarotherodon galilaeus*) capturados en libertad. La depresión elegida era un estanque comunitario y, por tanto, estaba gestionado comunalmente. Se dejó un estanque cercano sin gestionar y se usó como elemento de control. Los pescadores proporcionaron los alevines y el estiércol se recolectó de los campos de los Fulani (pastores nómadas).

En 4 meses se cosecharon 13 kg de peces del estanque sin gestionar y en 8 meses se obtuvieron 35 kg del estanque gestionado. Sin embargo, el análisis económico del ensayo mostró beneficios menores para la mano de obra en el estanque gestionado (5,19 nairas por persona y hora) en comparación con el estanque sin gestionar (6,04 nairas por persona y hora), aunque el exceso de mano de obra disponible en la estación seca durante la cosecha de peces y la posibilidad de venderlos en el «período de escasez» podría compensar los menores beneficios.

A pesar de los resultados esperanzadores, la participación de la comunidad y la adopción de la tecnología fueron bajas debido a los siguientes factores:

- La organización de la comunidad y la gestión individual tradicional de las actividades pesqueras en la llanura inundable, que hicieron que el concepto de actividades «gestionadas comunitariamente» fuera novedoso.
- El bajo nivel educativo que dificultó el archivo de datos e hizo que los pescadores fueran reacios a proporcionar los alevines necesarios para poblar el estanque.
- Costumbres y derechos de acceso sobre el estanque de siembra y la pesca en la llanura inundable (algunos grupos vieron el proyecto como una amenaza para sus derechos).
- Relaciones étnicas tensas y sospechas de robo.
- Microeconomía de la actividad: mientras que la pesca puede proporcionar beneficios instantáneos, la acuicultura ha de plantearse en un lapso de varios meses y un cambio en el flujo de ingresos puede tener muchas repercusiones para la supervivencia familiar.

Fondos de valles interiores

Acuicultura en los arrozales

Oswald *et al.* (1996) mostraron que se producen interacciones positivas y beneficios en la

combinación del cultivo de peces (principalmente *Oreochromis niloticus*) en estanques adyacentes a los arrozales de tierras bajas en zonas periurbanas de Côte d'Ivoire. Esta actividad era una estrategia adecuada de diversificación agrícola y se benefició de la cercanía de los mercados.

En Senegal, el potencial de la acuicultura en los arrozales fue evaluado en el valle del río Senegal (al norte del país) y en los fondos de valles interiores y llanuras inundables (al sur, en la zona de Casamance) (Sanni, 2002). En el valle del río Senegal el arroz es cultivado de forma intensiva y el agua es gestionada para satisfacer sus necesidades de crecimiento (incluyendo los periodos de aguas bajas o secano) que podrían limitar el crecimiento de los peces sembrados en parcelas de arroz. Sin embargo, el potencial es mayor en la zona de Casamance, donde el arroz es cultivado de forma extensiva y ya existe alguna forma de integración de la acuicultura en los arrozales que podría ser fácilmente mejorada. A pesar del interés de los campesinos en la IIA –en particular del cultivo combinado de arroz y peces–, de los conocimientos existentes sobre la gestión del riego, de la elevada demanda de pescado fresco en zonas interiores remotas y de la disponibilidad de alevines y alevines pequeños, se encontraron una serie de limitaciones.

Algunas de ellas son comunes a las actividades de la IIA en general tal y como se practica en cualquier otro lugar (consultar también las contribuciones de Peterson *et al.*, en este volumen). El ambiente local (por ej. cercanía al Delta, donde los peces son numerosos) y el origen étnico también se consideraron como factores influyentes para el potencial de la IIA. Mientras que estos análisis mostraron potencial, Sanni (2002) admitió la necesidad de realizar evaluaciones socioeconómicas, en particular en el contexto de cultivo combinado intensivo de arroz y peces en el valle del río Senegal.

Sistemas de riego con control total

Presas/embalses

Diallo (1995) informó de resultados esperanzadores de la cría de *Tilapia guineensis* y *Sarotherodon melanotheron* en corrales en valles represados en Casamance, Senegal, como un método para cubrir la demanda de proteínas tras la pérdida de hábitat y la reducción de las capturas.

En el Lago Kainji en Nigeria se realizó un experimento utilizando seis jaulas con marco de madera y malla de gallinero de 1 m³ sembradas con especímenes de *Tilapia galilaea*, *T. zillii* y *Oreochromis niloticus* juntas y *T. galilaea*

por separado (Ita, 1976). Las jaulas estaban suspendidas con cuerdas de nylon atadas a la plataforma de un muelle de atraque a escasos metros de la presa de Kainji. Los peces eran alimentados a diario con gránulos preparados con una mezcla de pescado seco, cacahuets tostados o frescos, salvado de maíz de Guinea, harina de ñame y una premezcla comercial de vitaminas o harina de sangre. Los resultados indicaron que el crecimiento de la *T. galilaea* en 164 días fue mayor que en el caso del policultivo durante 171 días. Se sugirió mejorar el diseño de las jaulas para disminuir las pérdidas de pienso y el coste de construcción y mejorar así la viabilidad económica de la operación.

Canales

En Senegal, Sanni (2002) evaluó el potencial de diversas formas de IIA. En los canales primarios los ensayos no tuvieron éxito debido a los robos, la depredación por las aves y la falta de participación del grupo objetivo, si bien mostraron cierto potencial. En los canales secundarios y terciarios, la poca profundidad y la fácil depredación fueron limitaciones importantes. Los embalses a gran escala ubicados en los sistemas de riego ofrecieron el mayor potencial para el cultivo intensivo de peces en jaulas. Las zonas de drenaje no fueron adecuadas debido a la presencia de pesticidas nocivos en el agua.

Acuicultura en los arrozales

En Côte d'Ivoire se realizó un análisis de un estudio de caso sobre ensayos de IIA (acuicultura en los arrozales) en la aldea de Luenoufla, en el fondo de un valle en la región de Daloa (Coulibaly, 2000). Los ensayos, desarrollados inicialmente bajo el denominado Proyecto Piscícola Centro Oeste (PPCO, por sus siglas en francés) en 1992, fueron continuados por la APDRA-CI (siglas en francés de la Asociación para la Piscicultura y el Desarrollo Rural en África tropical húmeda – Côte d'Ivoire) y han ofrecido resultados positivos. Las zonas en las que se realizó el cultivo combinado de arroz y peces son habitualmente sistemas en cascada, con parcelas de arroz aguas arriba y abajo de un pequeño embalse represado en el que se crían los peces. Se construyó un estanque de cría como parte del sistema de riego, que también fue diseñado para alojar cultivos orgánicos (hortalizas) y un abrevadero de ganado. Se practicó el policultivo de tilapia, *Hemichromis fasciatus*, *Heterotis niloticus* y carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*)

En términos económicos, se demostró que la actividad pesquera contribuyó al 20 por

ciento del valor total de la producción (arroz, hortalizas y maíz) y aumentó el valor del fondo del valle equipado para el riego. Sin embargo, los beneficios para la mano de obra fueron menores que los obtenidos de la tierra. Entre los beneficios a nivel familiar se encuentran los cambios en la toma de decisiones en relación a la explotación del terreno, con un cambio desde el cultivo aguas arriba a la explotación de los fondos de valles de regadío, mayores beneficios para la mano de obra en comparación con cultivar únicamente arroz, dieta mejorada, aumentos en el consumo de subsistencia, presupuestos familiares con ingresos del almacenamiento de peces para hacer frente a gastos mayores y mayor independencia de las mujeres a través del cultivo mediante diques y de las actividades acuícolas postcosecha. A nivel de las aldeas, el incremento de la actividad humana alrededor del embalse a lo largo de todo el año fue una muestra de una mejor gestión general del agua. Además, otros efectos positivos del proyecto fueron la creación de empleo, el fortalecimiento del capital social y humano (colaboración grupal, participación de la mujer) junto a las oportunidades de mercado para el pescado fresco.

Se realizaron ensayos de cultivo combinado de arroz y peces en parcelas de prueba en grandes zonas de riego en la región noreste de Ghana (Kumah *et al.*, 1996). Se evaluaron dos sistemas diferentes, ambos con estanques refugio en un lado del arrozal. Uno tenía un foso lateral alrededor de todo el arrozal. El otro sólo tenía un único foso central. Después de 105 días, los rendimientos del arroz estaban comprendidos entre 1,6 y 4,1 toneladas por hectárea. Los fosos laterales impidieron la infestación de ratas en el cultivo de arroz, aumentando de esta forma los rendimientos. En ese mismo periodo, la producción pesquera ascendió a unos 133–142 kg por hectárea. Los resultados animaron a los campesinos a lanzarse a realizar ensayos en sus propias parcelas de regadío.

Cuestiones y beneficios relacionados con el desarrollo de la IIA

Las cuestiones planteadas en esta sección no son específicas de África occidental, si bien se ha procurado hacer referencia a los países estudiados en la medida de lo posible. Las experiencias en otras zonas pueden informar sobre el proceso de desarrollo de la IIA en la región. La lista de ejemplos no es exhaustiva, más bien pretende ilustrar estas cuestiones.

Cuestiones relacionadas con la salud humana

Existen diversas opiniones en el debate sobre cómo afecta a la salud humana el desarrollo de la acuicultura en países tropicales. Algunos argumentan que la retención del agua en estanques y otras masas de agua empleadas para la acuicultura aumenta la frecuencia de las enfermedades transmitidas por el agua (West, 1996). Otros sostienen que los peces larvívoros y molusquívoros sembrados en estanques piscícolas y otras masas de agua, combinados con otros agentes, pueden ser utilizados para el control biológico y aumentar la producción pesquera (Chiotha, 1995; Fletcher *et al.*, 1993).

El desarrollo de la piscicultura en masas de agua continentales destinadas a esta actividad puede venir acompañado de un aumento repentino de las enfermedades transmitidas por el agua. Se ha descubierto que los estanques piscícolas albergan mayor cantidad de caracoles portadores de la bilharzia que los cursos de agua y canales que los alimentan, en particular cuando estos estanques tienen márgenes repletos de malas hierbas, aumentando así el riesgo de infección (Chiotha y Jenya, 1991). Sloomweg *et al.* (1993) informaron de conclusiones similares en Camerún, donde la introducción del riego (trabajo en arrozales de regadío y creación de embalses permanentes cerca del pueblo) aumentó la exposición a la esquistosomiasis. Se produjo una situación similar en el embalse de Weija en Ghana, donde la combinación de factores medioambientales (proliferación de malezas acuáticas, cambios en las tasas de flujo del agua) y sociales (migración de los campesinos y pescadores infectados, programas de reasentamiento deficientes) ha contribuido a una mayor frecuencia de la esquistosomiasis (Ampofo y Zuta, 1995).

Sin embargo, la introducción de la acuicultura ofrece un enfoque alternativo para abordar el problema de las enfermedades de transmisión vectorial creado por la construcción de obras de irrigación (Sloomweg, 1991; ejemplo de Camerún). La selección de especies de peces adecuadas, como la *Trematocranus anaphyrmis*, *T. placodon* y *Astotilapia callistera*, que son peces molusquívoros, podría cumplir un doble objetivo al controlar los caracoles –que son vectores de bilharzia– y aumentar la productividad de los estanques mediante la ocupación de los nichos vacíos (Chiotha, 1995). De forma similar para la malaria, Fletcher *et al.* (1992) demostraron que la siembra de un pez indígena ciprinodóntido, *Aphanius dispar*, en todo tipo de contenedores de almacenamiento de agua en Assab (Etiopía), fue

un método exitoso y bien aceptado para controlar las larvas de mosquito, siendo necesaria la siembra mensual para mantener unos adecuados niveles de control. En una evaluación del papel de los peces como agentes de control biológico, Halwart (2001) concluyó que las operaciones acuícolas con un buen mantenimiento no aumentaban, sino que más bien contribuían –habitualmente de forma significativa– a la calidad y diversidad del ecosistema.

A menudo también se apunta que los insecticidas organoclorados, en particular el DDT y el HCT, utilizados para controlar las poblaciones de mosquitos y contener la propagación de otras enfermedades, se han acumulado en las cadenas tróficas y en el medio ambiente (D'Amato *et al.*, 2002) y han aumentado la contaminación del agua, convirtiéndola en potencialmente inadecuada para la acuicultura (Dua *et al.*, 1996). El desarrollo de la acuicultura se ha visto dificultado en los canales de riego del Proyecto de Gezira (Sudán) debido al empleo de pesticidas, larvicidas y molusquicidas nocivos y a la falta de medidas administrativas y técnicas coordinadas para hacer frente a la contaminación en estos canales (George, 1976). La presencia de contaminantes –especialmente pesticidas filtrándose desde los campos a los canales de riego y drenaje– puede tener impactos negativos para el crecimiento de los peces, aunque existen métodos disponibles para minimizarlos (Haylor, 1994). La aplicación aérea de insecticidas para controlar los simúlidos (transmisores de la oncocerciasis o ceguera de los ríos) en zonas y masas de agua muy infectadas no tuvo impactos significativos en las poblaciones de peces e invertebrados acuáticos (Biney *et al.*, 1994; FAO, 1996).

Control de plagas, enfermedades y malas hierbas

La proliferación incontrolada de malezas acuáticas (*Salvinia molesta* y *Eichhorna crassipes*) en los sistemas de riego y canales africanos ha constituido una preocupación creciente, pero la gestión adaptada de estas plantas podría beneficiar a las poblaciones de peces en las aguas continentales y utilizarse en la acuicultura (Petr, 1992). En los proyectos de regadío de South Chad y Baga, en Nigeria –donde las malezas acuáticas estaban extendiéndose en los canales y el sistema de drenaje– la introducción de peces herbívoros como la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*) se consideró como una alternativa biológica adecuada a los costosos tratamientos de control de malezas, al tiempo que aumentó la producción pesquera total (Okafor, 1986). Sin

embargo, antes de considerar la introducción de especies foráneas se debería de dar preferencia al uso de especies indígenas.

En los sistemas de cultivo combinado de arroz y peces existe constancia de que la presencia de éstos conlleva un menor número de plagas agrícolas, una escasa incidencia de las malezas o un menor perjuicio causado por las plagas y las enfermedades (Halwart, 2001). Sin embargo, también se ha informado del daño provocado por algunas especies de peces en plantas de arroz en la llanura inundable del delta central del Níger en Malí (Matthes, 1978). Si bien pocos peces atacaron las plantas de arroz –fundamentalmente en busca de alimento– (*Tilapia zillii*, *Alestes* spp. y *Distichodus* spp.), otras especies (por ej. *O. niloticus*) sólo las atacaron cuando escasearon otros alimentos, o dañaron las plantas en el transcurso de otras actividades (por ej. *Heterotis* y *Clarias*). Esta situación podría revertirse usando variedades locales (por ej. *Oryza glaberrima*) o variedades de «arroz flotante» de aguas profundas de floración tardía (Matthes, 1978). Además, el perifiton en los tallos del arroz puede ser una fuente importante de alimento para los peces y a veces se malinterpreta el mordisqueo de los tallos, creyendo que se están alimentando de la propia planta de arroz (M. Halwart, comunicación personal, 2003).

Gestión de las aguas residuales

La gestión y reciclaje de las aguas residuales deben ser tenidos en cuenta si se pretende aumentar la productividad del agua. La acuicultura produce y transforma residuos y como tal, amplía el alcance de la IIA abarcando consideraciones medioambientales y las relacionadas con los múltiples usos del agua.

Reciclaje de aguas residuales

Los estanques de estabilización de aguas residuales pueden utilizarse simultáneamente para refinar el tratamiento de las aguas residuales municipales (Metcalf, 1995) y apoyar la producción pesquera. Los efluentes ricos en nutrientes de las aguas residuales de los estanques piscícolas han resultado adecuados para aplicaciones de riego (Shereif *et al.*, 1995) y los fangos de los estanques de oxidación adecuados para fertilizar la tierra (Hosetti y Frost, 1995). La acuicultura en los estanques de aguas residuales contribuye a la eutroficación y al control de la calidad del agua al tiempo que proporciona beneficios económicos directos a través de la venta del pescado (Yan y Zhang,

1994). Se han documentado extensamente los riesgos para la salud asociados a la utilización de aguas residuales para la producción pesquera y todos los estudios coinciden en señalar que el pescado producido en efluentes municipales (Slabbert *et al.*, 1989), de aguas domésticas e industriales mezcladas (Sandbank y Nupen, 1984) y en los de aguas residuales primarias o secundarias tratadas (Khalil y Hussein, 1997) son inocuos para el consumo desde un punto de vista microbiológico.

Estanques alimentados con residuos

Los sistemas de estanques piscícolas integrados suelen ser un medio para reciclar nutrientes –que de otra forma serían desperdiciados– a través del uso del agua y los sedimentos de los estanques para abonar y regar los cultivos adyacentes (Little y Muir, 1987). Los desechos animales son muy utilizados para abonar los estanques piscícolas en Asia como parte de sistemas integrados de ganadería (cerdo, pato, vaca, pollo) y piscicultura (ibíd; Edwards y Little, 2003; Yan *et al.*, 1998). El empleo del agua de los estanques piscícolas para regar las parcelas de hortalizas en Sudáfrica ha demostrado un aumento de los rendimientos (Prinsloo y Schoonbee, 1987). Mientras estos ejemplos se centran en el riego con agua de los estanques piscícolas, la evaluación de la eficiencia del agua de Prinsloo *et al.* (2000) utilizó efluentes de un estanque piscícola combinados con tecnologías de microrriego y riego por inundación. Se constató que la eficacia del uso del agua enriquecida con nutrientes es mayor para las hortalizas y el maíz cuando se aplica la tecnología anterior (riego por tambor y goteo) que con el riego por inundación. Esto demuestra cómo se podría reducir la brecha existente entre las tecnologías de riego con ahorro de agua (por ej. microrriego) y la tecnología de la IIA, que a priori no podría llevarse a cabo sin dispositivos de almacenamiento del agua de riego o de las inundaciones.

En las llanuras inundables de África occidental –que han demostrado carecer de los nutrientes esenciales para el cultivo (N, P y K) (Buri *et al.*, 1999)–, la utilización de efluentes procedentes de las operaciones acuícolas podría emplearse para la «ferti-irrigación» de los cultivos en las estaciones secas (Valencia *et al.* 2001, ejemplo de cultivos forrajeros en las Islas Vírgenes, Estados Unidos). Según Edwards (1998), los países con mejores perspectivas para la puesta en marcha de sistemas acuícolas de aguas residuales serían los áridos y semiáridos en los que existe una presión creciente para reutilizar el agua.

Mitigación de la salinización de la tierra

La salinización es uno de los múltiples problemas que afrontan los sistemas de riego en el mundo y se debe en parte a un uso excesivo de agua (Agnew y Anderson, 1992). En África occidental, la degradación del suelo por la sal debida a las actividades de riego es una amenaza importante para la sostenibilidad de los cultivos de arroz en condiciones semiáridas (van Asten *et al.*, 2003). El uso de agua salina para el riego afecta a los rendimientos, pero las medidas para rehabilitar las zonas salinizadas o reducir los niveles de salinidad del agua de riego suelen ser muy costosas para los pequeños agricultores. Esto, unido al anegamiento y la escasez general de agua disponible para el riego, provoca que los terrenos más pobres se dejen sin cultivar (J. Gowing, comunicación personal, 2003).

Sin embargo, para aumentar la producción alimentaria será necesario convertir las tierras marginales para otros usos adecuados, con tecnologías que aumenten la eficiencia del uso de nutrientes mediante mecanismos integrados de gestión y reciclaje, así como mejorar la eficiencia del uso del agua por medio del desarrollo y adopción de la captación y reciclaje del agua y del riego (Lal, 2000). Se ha sugerido que el coste de oportunidad de realizar un embalse (o estanque) en la tierra cultivable de una explotación agrícola es menor que el de utilizar esa misma tierra para fines agrícolas (Brugère y Little, 1999). El coste de oportunidad de la tierra salina sin cultivar sería menor a fortiori. Esto concuerda con el hecho de que la productividad de las zonas degradadas por la salinidad podría aumentar sembrando los estanques con especies de peces de agua dulce resistentes a la sal y utilizando el agua de los estanques para regar los cultivos con mayor resistencia a la sal (por ej. sorgo, cacahuete, mijo perla). En Egipto, tierras ganadas al mar afectadas por la sal fueron puestas en cultivo con continuas inundaciones y producción pesquera y posteriormente transformadas para el cultivo de arroz (Halwart, 1998).

Conservación y uso sostenible de los humedales

Los humedales en todo el mundo proporcionan una amplia variedad de funciones valiosas y beneficios, pero están amenazados por la sobreexplotación y un desarrollo desacertado, siendo el más importante la construcción de presas y el equipamiento de los humedales para el regadío moderno (Hollis *et al.*, 1988). Existe una evidencia creciente de que las zonas de

riego de gran escala suelen ser menos eficientes que los sistemas tradicionales extensivos con actividades de cultivo, pastoreo y pesca, tal y como se muestra en la comparación entre la productividad del agua en la llanura inundable natural del delta interior del Níger y la zona de riego de arroz del Office du Niger en Malí (Drijver y Marchand, 1985; citado en Hollis *et al.*, 1988). Por tanto, es posible que los humedales ampliamente equipados puedan proporcionar un entorno más adecuado para el desarrollo de actividades adaptadas de IIA a pequeña escala, que también deberían de cumplir los principios de conservación y uso sostenible de los humedales, tal y como se definen en la Convención de Ramsar.

Demanda, mercados y procesamiento del pescado

Los aspectos relacionados con el procesamiento y comercialización de un producto básico que se pretende producir en grandes cantidades son factores significativos para el éxito y desarrollo de las actividades de la IIA. En Burkina Faso, donde el pescado seco se añade a menudo en la preparación de las comidas, se ha informado de modificaciones en la composición de la dieta, pasando de los productos tradicionales a los comerciales (Lykke *et al.*, 2002). Esto sugiere que los productos pesqueros –en particular los acuícolas– deberían seguir el ritmo de la creciente demanda de productos elaborados con el valor añadido de la postcosecha (el grueso de la producción acuícola a pequeña escala en África se vende fresca, a diferencia de la pesca de captura que es sometida a la transformaciones postcosecha como el ahumado, asado o secado) (Chimatiro, 1998). Sin embargo, estas transformaciones implican riesgos sanitarios, ya que ni existen ni se cumplen los estándares de manipulación (*ibíd.*) y especies como el pez gato pueden carecer de protección frente a los dermestos, a través únicamente del secado al sol (Lal y Sastawa, 1996).

Las mejoras en las infraestructuras de procesamiento mejoraron la manipulación, comercialización y desarrollo de la demanda de productos pesqueros en Ghana (Mensah, 1990). Además, se debería subrayar el papel del sector privado en el procesamiento del pescado y el de las mujeres como agentes comerciales de la producción acuícola (Jaffee, 1995; Gladwin, 1980). Esto es especialmente importante para la promoción y despegue de la IIA y la creación de una demanda sostenida de pescado. Sin embargo, Hecht y de Moor (sin fecha) destacaron que las conclusiones de estudios de mercado y

preferencias del pescado previos y localizados, no deberían ser generalizados a toda África subsahariana. Añadieron que las preferencias de los consumidores deberían investigarse allí donde se fomente la acuicultura, modificando en consonancia las prácticas de cultivo y la elección de especies.

Asignación y precio óptimos del agua de riego

Se debe hacer una distinción entre el uso y la asignación óptimos del agua entre los usuarios –basados en un análisis socioeconómico de las ventajas y desventajas de la IIA– y el precio del agua, un instrumento político para la gestión de la demanda y la recuperación de costes (Hellegers, 2002). Otra distinción hace referencia a la asignación eficiente y la asignación óptima (ibíd.), tal y como queda reflejado en los dos principios fundamentales, pero opuestos, de la gestión del agua: eficiencia –es decir, la cantidad de riqueza generada por un determinado recurso–, y equidad –la imparcialidad del reparto en grupos con disparidades económicas– (Dinar *et al.*, sin fechas). El agua de riego es un caso especial, porque –en comparación con otros usos alternativos– tiene elevados costes de oportunidad, pero sin embargo la capacidad para pagar por el agua de riego es aún limitada, especialmente para la agricultura de escasos recursos y en zonas dependientes del riego (Hellegers, 2002).

Los enfoques basados en la demanda han sido defendidos para proporcionar a las familias los servicios de suministro de agua que desean y por los que están dispuestos a pagar (Whittington *et al.*, 1998). En la gestión del riego se ha previsto cobrar el agua en función de la cantidad empleada (Banco Mundial, 2003), abogando por pasar de cobrar por área de terreno regada a cobrar por volumen de agua utilizada (Rosegrant, 1997; Rosegrant y Pérez, 1997). Sin embargo, este proceso se enfrenta a dificultades en términos de su implementación, aplicación y aceptación por los usuarios, así como de su legitimidad general en los países en desarrollo (Molle, 2001; Perry, 2001). Esto se debe especialmente a que las actividades pesqueras y acuícolas no suelen ser consideradas en los escenarios futuros de demanda y gestión del agua (consultar Rosegrant *et al.*, 2002; Rosegrant y Ringler, 1999). Que la pesca y la acuicultura no consuman agua seguramente complicará más las cuestiones relacionadas con su cobro.

Desafíos para el futuro desarrollo de la IIA

Haylor (1994: 92) sugiere que «para evaluar la viabilidad de una situación específica, es necesario cuantificar cómo de apropiado resulta integrar los objetivos principales de la producción pesquera con los objetivos primarios de cada sistema (por ej. conducción del agua en canales de suministro de riego). Se deberían estudiar las principales características del sistema, los costes y beneficios de la integración, el tipo de especies de peces que pueden ser adecuadas, los productores pesqueros potenciales (operadores) y el grado de inversión». Sin embargo, para conseguir lo anterior hay que superar una serie de desafíos.

Desafíos técnicos

Existen más desafíos técnicos que superar para la integración de sistemas de irrigación y acuicultura en el caso de los sistemas de riego diseñados con control total, debido a la falta de flexibilidad en la gestión de estos sistemas, especialmente si son a gran escala. La fiabilidad del suministro de agua es una limitación crucial para la integración de la acuicultura debido al elevado tiempo de respuesta de los canales de suministro largos a los ajustes operativos, las variaciones en las precipitaciones a lo largo de amplias zonas de riego y una mala comunicación entre el equipo de operaciones, lo que dificulta la coordinación de acciones de gestión para garantizar el suministro adecuado de agua que permita mantener las poblaciones de peces. Además, la fiabilidad de las condiciones adecuadas para la acuicultura depende de las decisiones operativas y de diseño que influyen en la continuidad del suministro y/o almacenamiento.

Cuando se utilizan jaulas en los canales de riego también deberían tenerse en cuenta los aspectos relacionados con su diseño, como pueden ser la velocidad en el interior de las jaulas y su impacto en el crecimiento de los peces, las fuerzas de arrastre y los impactos en el caudal del canal, el impacto en su capacidad de conducción, el rendimiento operativo y la posible interferencia con las actividades de mantenimiento del canal. Es probable que sea necesario adaptar el diseño de las jaulas a las condiciones hidráulicas prevalentes (Li *et al.*, 2005). La morfología y la pendiente de los canales influirán en la selección del emplazamiento para las jaulas.

En principio, el suministro de un almacenamiento secundario debería reducir la desigualdad entre las secciones inicial y final de los sistemas de riego (Brugère y Lingard, 2003), al tiempo que

proporcionaría oportunidades para el desarrollo de la acuicultura en comparación con los sistemas de riego a gran escala sin almacenamiento (Li *et al.*, 2005). Sin embargo, esto sólo se conseguirá si los procedimientos operativos reducen las fluctuaciones rápidas en el almacenamiento de agua, –como se observó en Sri Lanka–, ya que esto no aumenta la eficiencia del riego y constituye una importante barrera para la integración de la piscicultura en las estructuras de almacenamiento (Gowing *et al.*, 2004). Incluso para satisfacer los usos no consuntivos de agua, la gestión con fines múltiples es compleja y difícil. Los objetivos de eficiencia y equidad suelen ser irreconciliables. La acuicultura añade una variable más a la ecuación (Brugère, 2002).

¿Qué tecnologías de la IIA hay que fomentar y dónde?

Se debería hacer hincapié en el desarrollo de la IIA en sistemas de riego a pequeña escala ya que sólo necesitan pequeñas modificaciones para incorporar la producción pesquera. Los campesinos pueden realizar estos cambios por sí mismos y son más fáciles de mantener que las modificaciones importantes a gran escala (Haylor, 1994). En este contexto, el cultivo combinado de arroz y peces en fondos de valles interiores y llanuras inundables parece ser la actividad más fácil y realizable con mayor rapidez. La construcción de estanques piscícolas en fondos de valles interiores, llanuras inundables y sistemas con control total del riego también puede ser relativamente sencilla, si bien al necesitar inversiones más importantes y transformaciones del terreno, puede resultar inviable para los campesinos individuales con recursos limitados. Los sistemas de riego a gran escala tienen un potencial «teórico» elevado, con la ventaja de resultar accesibles para las personas sin tierra. Sin embargo, fomentar la integración de la acuicultura en estos sistemas necesitará de la colaboración entre grupos de usuarios e instituciones de gestión del agua (autoridades pesqueras y de riego) para garantizar la gestión polivalente del agua así como las mejoras en la tecnología acuícola.

Adopción de tecnología

La adopción de tecnología gira en torno a la evaluación de dos cuestiones diferentes aunque relacionadas. La primera consiste en escoger a un grupo adecuado para garantizar el éxito a largo plazo y la difusión de la actividad. La segunda está relacionada con los motivos para la adopción o no adopción de algunas intervenciones. Al

analizar las razones para el éxito y fracaso de las tecnologías mejoradas de integración de cultivos y animales, Paris (2002) subrayó la escasa información relacionada con los impactos socioeconómicos de estas intervenciones en las comunidades rurales. Sus razones para una baja adopción también pueden ser aplicadas a la acuicultura:

- falta de semillas;
- escasez o coste de oportunidad elevado de la mano de obra masculina;
- falta de capital y escaso acceso a créditos formales para realizar la inversión inicial;
- competencia creciente entre la ganadería y otras actividades;
- servicios débiles de investigación y extensión;
- falta de formación.

A todo lo anterior hay que añadir las limitaciones de los conocimientos locales y de la disponibilidad de agua, así como, en el caso de África, el legado de anteriores experiencias acuícolas, situaciones económicas nacionales, canales de comercialización, percepción de las familias de la escasez y la seguridad y formas de tenencia de la tierra y de su seguridad, en especial en el caso de las mujeres (Harrison, 1991). Diversas otras razones asociadas habitualmente con todos los tipos de piscicultura han contribuido al desinterés y el abandono de la piscicultura, como pueden ser la mortalidad y el escape de los peces, los elevados costes de los piensos, la pesca furtiva en las jaulas, la distancia desde la masa de agua o la falta de cooperación entre los miembros familiares o grupos de acuicultores (Bulcock y Brugère, 2000).

Abordar solamente las dificultades técnicas puede ser insuficiente, ya que las tasas de adopción también se explican por las características de la unidad de toma de decisiones y de los participantes (pertenecientes o no a la familia) implicados (Solano *et al.*, 2001). La consideración inadecuada o el obviar el papel de la mujer en la toma de decisiones familiares y en la generación de ingresos, así como la escasa adaptación de la tecnología a sus necesidades y la rápida apropiación por parte de los hombres, son algunas de las causas para el bajo interés y la poca adopción de la tecnología acuícola (Suwanrangsi, 2001).

Para estanques construidos en sistemas con control total del riego en Zambia y Tanzania, Van der Mheen (1999) sugirió un método para analizar y controlar las percepciones y criterios de adopción de la actividad de los agricultores. Mientras que los criterios físicos y medioambientales

influyeron en la participación y asimilación, otros factores relacionados con el ejercicio de la actividad (disponibilidad de la mano de obra familiar, insumos, información), la adopción de las innovaciones (ventaja comparativa, compatibilidad, complejidad, capacidad de ensayo y de observación) y las necesidades de los campesinos (de proteínas, diversificación y asignación flexible del agua) fueron primordiales para el éxito de la IIA. Demostró que unas condiciones adecuadas aumentan las tasas de adopción, pero que una topografía desfavorable no afectó a la participación tanto como a menudo se piensa: los campesinos construyeron sus estanques incluso en laderas empinadas. Sin embargo, la compatibilidad de la piscicultura en zonas de riego con escasez de agua, la complejidad de la tecnología y la dificultad de intentar desarrollar la actividad de forma independiente y a pequeña escala limitaron la integración de los estanques en los sistemas de distribución del agua y motivaron la preferencia por estanques piscícolas independientes. Las tasas de adopción aumentaron en zonas en las que los campesinos y sus familias sentían de forma moderada o intensa al menos dos de las necesidades evaluadas (proteínas, diversificación y reparto flexible del agua). Desde el punto de vista de los agricultores, los beneficios derivados de disponer de una fuente independiente de agua superaban a las ganancias en forma de pescado e ingresos. Sin embargo, esta actitud no debiera ser vista como un impedimento para el desarrollo de la acuicultura en las estructuras de riego, ya que los peces siguen proporcionando un «plus» a las familias. Tal y como ha sucedido con la «conservación de los estanques piscícolas para emergencias», más que incrementar su productividad (Harrison 1991), la asimilación de la tecnología a largo plazo tendrá más posibilidades de éxito cuando los campesinos decidan qué tecnología quieren utilizar, independientemente de su productividad en comparación con otras actividades (Brummett y Noble, 1995).

Desafíos socioeconómicos

Muchos desafíos socioeconómicos están asociados a la toma de decisiones correctas al comienzo de la iniciativa, para determinar quién es el objetivo de la actividad. Tal y como se ha mencionado anteriormente, éste también es un factor determinante clave para las futuras tasas de adopción. Sin embargo, estas decisiones se confunden con decisiones políticas y sus implicaciones a nivel macroeconómico, en particular en relación a las prioridades del

desarrollo nacional y a las políticas que un país desea poner en marcha.

¿5' euién sY VYbYZVJUP?

¿Los muy pobres o los más ricos?

El objetivo de incrementar la productividad del agua puede alcanzarse sólo parcialmente si sus beneficios no son compartidos por la población muy pobre u otros grupos desfavorecidos. Sin embargo, se ha cuestionado centrar los esfuerzos de desarrollo de la acuicultura en la población más pobre (A. Coche, comunicación personal, 2003; Hecht, 2002; Wijkström, 2001). Esto no significa que los más pobres hayan de ser excluidos de los procesos de desarrollo de la acuicultura y el riego ya que inicialmente podrían beneficiarse de forma indirecta de un suministro mayor y más barato de pescado. Pero los elevados costes de desarrollo del riego, incluso a pequeña escala, y el elevado riesgo asociado a algunas de las tecnologías de la IIA (por ej. jaulas de peces en los canales) pueden hacer que ésta sea poco atractiva inicialmente para los grupos más pobres (Brugère, 2003). Sin embargo, a medida que la tecnología se mejora y se adapta a los sistemas locales de riego y su coste se reduce con el tiempo gracias a una mayor adopción por parte de las familias más acomodadas, se convertirá en una actividad alternativa para la población de escasos recursos, siempre y cuando se garantice su acceso a las estructuras de riego e insumos acuícolas necesarios.

¿Sin tierras o propietarios de tierras?

Las zonas de riego a gran escala sólo son utilizadas por una minoría de los agricultores en el mundo (Haylor, 1994). La accesibilidad a las zonas de riego a gran escala es una grave limitación para la participación de los campesinos sin tierra en las actividades acuícolas. Aunque el alcance de la falta de tierras puede no ser tan importante en África como en otras partes del mundo (A. Coche, comunicación personal, 2003), la premisa del cultivo combinado de arroz y peces es que haya arrozales disponibles, excluyendo así a los campesinos sin tierra de esta actividad. Existen restricciones similares para la construcción de estanques piscícolas, con el requisito adicional de tener que acceder y poder pagar una fuente de agua (por ej. bombas o pozos). Estas limitaciones, que no pueden aplicarse de la misma manera a sistemas de riego de gran escala –a los que los campesinos sin tierra pueden acceder por otros motivos que el riego– reducen el potencial de la acuicultura como punto de partida para la mitigación de la pobreza en este grupo.

¿Hombres o mujeres?

Hasta ahora, el objetivo de la mayor parte del desarrollo de la acuicultura y el riego han sido los hombres, ocultando el hecho de que las mujeres juegan un papel considerable en la gestión de ambas actividades, en particular de la acuicultura a pequeña escala para consumo doméstico (Harrison, 1991). Centrarse en hombres o mujeres tiene implicaciones para la formación, ya que los agentes de extensión suelen ser hombres (ibíd.). Trabajar con mujeres puede resultar en una adopción más rápida de una nueva actividad, mientras que la despreocupación de los hombres puede ralentizar el proceso, tal y como se demostró durante la puesta en marcha de la cooperación Sur-Sur del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria en Senegal (FAO, 2002c).

¿Familias basadas en la pesca o en la tierra?

El desarrollo tradicional de la acuicultura se ha centrado en cultivadores y operaciones basadas en la tierra, como pueden ser los estanques piscícolas. Los pescadores se parecen más a «cazadores-recolectores» y tienen atributos únicos que deben ser estudiados con detalle si han de ser objetivo de las actividades acuícolas en, por ejemplo, los embalses de riego (Balarin *et al.*, 1998). Si la acuicultura y, en particular la integración de sistemas de irrigación y acuicultura, es reconocida como una actividad agrícola y no como una actividad pesquera, esto también tiene consecuencias para su ampliación, ya que en África subsahariana la mayor parte de los programas dependen de agentes con experiencia en la pesca de captura y escaso conocimiento de los sistemas agrícolas (Harrison, 1991).

¿Qué nivel de prioridades?

Con la promoción de cualquier tipo de integración de sistemas de irrigación y acuicultura, los responsables de la toma de decisiones se enfrentarán a un dilema político. En un primer nivel, el primer desafío es abordar la habitual falta de coincidencia de todos los recursos necesarios, como el agua, la tierra y la disponibilidad de mano de obra, en especial para las familias más pobres. El segundo reto está relacionado con la contribución de la actividad a la mejora de los ingresos, la nutrición y el bienestar. En un nivel mayor, los donantes y los gobiernos se enfrentarán también a ventajas comparativas y selecciones difíciles relacionadas con la priorización de las intervenciones a nivel básico y la puesta en marcha de instrumentos normativos a nivel nacional (Cuadro 2). La acuicultura en los sistemas de riego puede ser una actividad atractiva y una prioridad para la mitigación de la pobreza. Pero superar las disyuntivas de su

promoción será crucial para mejorar la eficiencia y equidad en el uso del agua y reducir con éxito la vulnerabilidad de la población rural pobre. En último término depende en gran parte de las decisiones de los gobiernos y las agencias de desarrollo.

Conclusión

Resumen de conclusiones

Existe potencial para la integración de sistemas de irrigación y acuicultura en África occidental. Muchas de las dificultades identificadas son comunes a todos los países y suelen estar relacionadas con las limitaciones en el desarrollo del riego o de la acuicultura. A continuación se clasifican en orden decreciente de importancia, según su frecuencia de aparición en el Anexo 1:

1. Falta de apoyo técnico/ extensión. Conflicto/ competencia por los recursos (hídricos).
2. Baja disponibilidad de créditos.
3. Falta de información. Apoyo/dirección gubernamental. Costes de desarrollo del riego elevados. Presencia de pesticidas en los canales. Condiciones climáticas/hidrográficas desfavorables. Factores socioeconómicos.
4. Escasez de alevines y pienso para los peces.
5. Falta de experiencia en acuicultura y en el cultivo combinado de arroz y peces. Falta de financiación de los donantes internacionales.

Se analizaron algunas cuestiones que afectaban positiva o negativamente al potencial de desarrollo de la IIA en África. Las preocupaciones sanitarias derivadas de las enfermedades transmitidas por el agua en los sistemas de riego pueden limitarse mediante la combinación adecuada de especies de peces utilizadas como agentes de control biológico de los vectores. Previamente a la introducción de la acuicultura, se deberían realizar análisis de la presencia de contaminantes en las fuentes de agua utilizadas para el riego. Los efectos positivos de la cría de peces en los arrozales tienen más peso que los negativos. El diseño de los campos puede cambiarse con relativa facilidad para acomodar y retener a las poblaciones de peces, incluyendo el uso para la acuicultura de un estanque aguas arriba o abajo del terreno. Las aguas residuales pueden utilizarse tanto para el riego como para la acuicultura después de un ligero tratamiento. Esto último podría ser una opción adecuada en zonas más urbanas (agua para jardines y producción pesquera).

Cuadro 2. Ventajas comparativas del desarrollo de la acuicultura en sistemas de riego (Brugère, 2003)

Suministro de agua en la estación seca/mejoras en los medios de vida	versus	Agotamiento de las aguas subterráneas (daño medioambiental)
Cultivos de secano adaptados a la escasez de agua y destinados a la subsistencia	versus	Cultivos comerciales de regadío para exportación e ingresos nacionales
Adopción de la acuicultura por las familias más ricas y elección de zonas en las que exista una red de apoyo, es decir, fomentar la acuicultura a escala «comercial»	versus	Reducción de la brecha entre ricos y pobres, creando oportunidades para los más pobres, es decir, manteniendo el «enfoque en la pobreza» del desarrollo internacional
Suministro de ayudas (subsidios)	versus	Incentivos empresariales (crédito)
Producción pesquera para mercados locales y mejora de la nutrición	versus	Actividades de valor añadido y precios más elevados para la población urbana

Los impactos humanos y medioambientales relacionados con la construcción de presas han ralentizado el ritmo del desarrollo de la irrigación en grandes zonas de riego, lo que podría ser una limitación para el potencial de la IIA. Se prioriza la rehabilitación de las zonas ya existentes o la mejora de las de pequeña escala (Alam, 1991), que de hecho son más adecuadas para la puesta en marcha de las actividades de integración de riego y la acuicultura y para los principios de conservación de los humedales.

La comercialización y procesamiento de la producción de peces cultivados merecen atención para garantizar la manipulación inocua del pescado y el mantenimiento o mejora de los beneficios derivados para las personas implicadas en las actividades postcosecha, es decir, las mujeres, a medida que la producción pesquera y la oferta del mercado aumentan. Desde una perspectiva más amplia, también merece la misma atención la fijación de los precios del agua de riego, que podría ser más compleja si cabe con la introducción de una actividad no consuntiva de agua, –aunque sí dependiente– y que podría ralentizar la adopción y fomento de la IIA por parte de los gobiernos nacionales.

Por tanto, existen oportunidades para el desarrollo de las actividades de IIA si bien son específicas de cada país. En general, parece que predominan en los regadíos a pequeña escala, comunitarios o gestionados por campesinos (ya existentes o rehabilitados), que ofrecen la flexibilidad necesaria para la gestión polivalente del agua y favorecen la participación de las partes locales interesadas. Otras fortalezas a aprovechar son la relativa simplicidad técnica del cultivo combinado de peces y arroz y lo familiarizados que se encuentran la mayoría de los campesinos con el arroz, el riego y las poblaciones de peces silvestres. Este tipo de integración podría tener una ventaja frente a sistemas integrados de mayor complejidad –como el de jaulas de peces en canales–, que requieren insumos técnicos más complejos y son aventuras arriesgadas.

Sin embargo, desde el punto de vista de la investigación, es importante no obviar opciones de la IIA mientras se promueven otras en base únicamente a un criterio de «simplicidad», ya que existen otros muchos factores que influyen en el éxito de las intervenciones técnicas. Entre ellos se encuentran cuestiones de índole social, cultural y económica. La mayoría de los estudios de casos demostraron que no haber tenido en cuenta estos factores llevó al fracaso, a resultados por debajo de las expectativas o una reducida adopción de la tecnología. Aunque limitada, la búsqueda de bibliografía ha permitido una mejor comprensión de los aspectos técnicos relacionados con la puesta en marcha sobre el terreno de las actividades de la IIA. Sin embargo, apenas se han estudiado los efectos socioeconómicos de la actividad allá donde ha sido ensayada. Teniendo en cuenta que la suma del potencial del riego y la acuicultura no es igual al potencial de la integración de sistemas de irrigación y acuicultura, se necesita investigar más para profundizar en estas cuestiones, así como en el impacto en los medios de vida, la adopción de tecnología y los aspectos de género y comercialización relacionados con la introducción de la IIA.

Comentarios finales

Reproducir las enseñanzas y experiencias de Asia no siempre ha dado buenos resultados en el continente africano, con su diversidad cultural y sus particularidades medioambientales. Pasar de un desarrollo de la acuicultura impulsado por los donantes, a intervenciones privadas e individuales basadas en las iniciativas y recursos de los campesinos, ayudará a evitar una planificación de la actividad con suposiciones falsas de disponibilidad de mano de obra y recursos, a la producción para consumo doméstico y la facilidad de la piscicultura (FAO, 2000b). Con mayor flexibilidad y tiempo para que se lleven a cabo los cambios y las iniciativas de los campesinos, la sostenibilidad y adopción de las actividades de

la IIA puede tener un éxito mayor que proyectos anteriores de desarrollo de la acuicultura.

Sin embargo, la IIA no debería ser considerada como un paradigma completamente nuevo. Ha venido sucediendo de forma «natural», en forma más simple (un estanque que retiene de forma natural unos pocos peces utilizado para regar el huerto), en muchas partes de África y en el mundo en general. Si se fijan objetivos para el desarrollo y fortalecimiento de la actividad, éstos deberían centrarse inicialmente en la consolidación de la base de conocimientos sobre la integración de la acuicultura y el riego. En términos de adopción de tecnología, esto es más importante que, por ejemplo, un mayor número de estanques o cifras más elevadas de producción pesquera, ya que contribuirá a que la actividad se mantenga cuando desaparezcan las ayudas de los donantes (Harrison, 1991).

Referencias

- Agnew, C. & Anderson, E.** 1992. *Water resources in the arid realm*. London, Routledge.
- Agro-Ind.** 2002. Fisheries and aquaculture industries in Guinea (disponible en www.agro-ind.com/html_en/guinea22.html).
- Ahmed, M. and Lorica, M.H.** 2002. Improving developing country food security through aquaculture development – lessons from Asia. *Food Policy*, 27: 125–141.
- Alam, M.** 1991. Problems and potential of irrigated agriculture in sub-Saharan Africa. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering – ASCE*, 117(2): 155–172.
- Ali, A.B.** 1990. Some ecological aspects of fish populations in tropical rice fields. *Hydrobiologia*, 190: 215–222.
- Ampofo, J.A. & Zuta, pp.C.** 1995. Schistosomiasis in the Weiija Lake: A case study of the public health importance of man-made lakes. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 1(3): 191–195.
- Balarin, J.D.** 1984. National reviews for aquaculture development in Africa. 3. Sierra Leone. *FAO Fisheries Circular 700/3*. Roma, FAO.
- Balarin, J.D., Lomo, A. & Asafo, C.A.** 1998. Aquaculture defined in animal husbandry terms: A case study from Ghana. En L. Coetzee, J. Gon, & C. Kulonowski, eds. *African Fishes and Fisheries Diversity and Utilisation. Poissons et Pêches Africains, Diversité et Utilisation*. Grahamstown, FISA/PARADI Publication, pp. 191.
- Bamba, A. & Kienta, M.** 2000. Intégration irrigation aquaculture: Étude de cas de Dagawomina. Programme Spécial pour la Sécurité Alimentaire (PSSA– Mali). Consultancy Report. Roma, FAO.
- Bamba, A. & Kienta, M.** 2001. Annex 6 – Intégration irrigation aquaculture au Mali. En J.F. Moehl, I. Beernaerts, A.G. Coche, M. Halwart & and V.O. Sagua, eds. Proposal for an African Network on integrated irrigation and aquaculture. Proceedings of a workshop held in Accra, Ghana, 20–21 September 1999. Roma, FAO, pp. 42–48.
- Banco Mundial.** 2003. E-Conference on Irrigation in Sub-Saharan Africa, 13 January – 21 February 2003. Summary Report, E-mail Conference Discussion Issues. (disponible en [http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf/26DocByUnid/23F026E963A9A02A85256CD8004B8604/\\$FILE/SSAIrrigationEconferenceSummaryReport.pdf](http://lnweb18.worldbank.org/ESSD/essdext.nsf/26DocByUnid/23F026E963A9A02A85256CD8004B8604/$FILE/SSAIrrigationEconferenceSummaryReport.pdf)).
- Beveridge, M.C.M.** 1987. *Cage Aquaculture*. Oxford, Fishing News Books.
- Beveridge, M.C.M. & Phillips, M.J.** 1987. Aquaculture in reservoirs. En *Reservoir Fishery Management and Development in Asia*. Proceedings of a workshop held in Kathmandu, Nepal, 23–28 November 1987. Ottawa, International Development and Research Centre, pp. 245–258.
- Biney, C., Calamari, D., Maembe, T.W., Naeve, H., Nyakageni, B. & Saad, M.A.H.** 1994. Bases scientifiques du contrôle de la pollution. En D. Calamari, & H. Naeve, eds. *Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain. CIFA Technical Report 25 / Document Technique du CPCA 25*. FAO, Roma (disponible en www.fao.org/docrep/005/V3640F/V3640F00.htm).
- Brugère, C.** 2003. *The integration of poverty-focused aquaculture in large-scale irrigation systems in South Asia: Livelihoods and economic perspectives*. University of Newcastle, Newcastle-upon-Tyne (PhD thesis).
- Brugère, C. & Lingard, J.** 2003. Irrigation deficits and farmers' vulnerability in Southern India. *Agricultural Systems*, 77: 65–88.
- Brugère, C. & Little, D.C.** 1999. An approach to valuing ponds within farming systems for aquaculture. Output to Project R7064, Stirling, Institute of Aquaculture (disponible en www.dfid.stir.ac.uk/Afgrp/projects/r7064/outputs/pondvalu.pdf).
- Brummett, R.E. & Noble, R.** 1995. Aquaculture for African smallholders. *ICLARM Technical Report 46*, Manila, ICLARM.

- Bulcock, pp. and Brugère, C.** 2000. Identifying research methods in adoption of cage culture, Bangladesh. *Aquaculture News*, 26: 7–9.
- Buri, M.M., Ishida, F., Kubota, D., Masunaga, T. & Wakatsuki, T.** 1999. Soils of floodplains of West Africa: General fertility status. *Soil Science and Plant Nutrition*, 45(1): 37–50.
- Chambers, R.** 1988. *Managing Canal Irrigation. Practical Analysis from South Asia*. Wye Studies in Agricultural and Rural Development. Cambridge, Cambridge University Press.
- Chimatiro, S.K.** 1998. Aquaculture production and potential for food safety hazards in sub-Saharan Africa: with special reference to Malawi. *International Journal of Food Science and Technology*, 33 (2): 169–176.
- Chiotha, S.S.** 1995. Bilharzia control in fish ponds as a key to sustainable aquaculture development. En Fisheries Society of Africa. *Sustainable Development of Fisheries in Africa*. Pan-African Fisheries Congress on Sustainable Development of Fisheries in Africa, Nairobi (Kenya), 31 July–4 August 1995. Nairobi, FISA, pp. 86–87.
- Chiotha, S.S. & Jenya, C.** 1991. The potential of fish ponds in bilharzia (Schistosomiasis) transmission. En B.A. Costa-Pierce, C. Lightfoot, K. Ruddle & R.S.V. Pullin, eds. *Aquaculture research and development in rural Africa*. Summary report on the ICLARM-GTZ/Malawi Fisheries Department/University of Malawi Conference, Zomba, Malawi, 2–6 April 1990. ICLARM Conference Proceedings 27. Manila, ICLARM, pp. 21.
- Coche, A.G.** 1998. Supporting aquaculture development in Africa: research network on integration of aquaculture and irrigation. *CIFA Occasional Paper* 23. Accra, FAO. 141 pp.
- Coche, A.G. & Pedini, M.** 1998. Establishment of a research network on the integration of aquaculture and irrigation. *FAO Aquaculture Newsletter*, 19:10–13 (disponible en www.fao.org/DOCREP/005/W9542E/W9542e10.htm).
- Costa-Pierce, B. & Effendi, pp.** 1988. Sewage fish cages of Kota Cianjur, Indonesia. *NAGA, the ICLARM Quarterly*, 11 (2): 7–9.
- Coulibaly, D.** 2000. Étude de cas d'intégration irrigation aquaculture (IIA) à Luenoufla (Région de Daloa) en Côte d'Ivoire. Consultancy Report, APDRA-CI. Roma, FAO.
- D'Amato, C., Torres, J.P.M. & Malm, O.** 2002. DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane): Toxicity and environmental contamination – A review. *Quimica Nova*, 25(2A): 195–1002.
- Diallo, A.** 1995. Fish-pen culture as a new production system in dammed valleys in mid-Casamance, Senegal. Dans Fisheries Society of Africa, *Sustainable Development of Fisheries in Africa*. Pan African Fisheries Congress on Sustainable Development of Fisheries in Africa, Nairobi (Kenya), 31 July – 4 August 1995. Nairobi, FISA, pp. 196.
- Dike, E.** 1990. Problems of large-scale irrigation schemes in Nigeria. *Science, Technology and Development*, 8(3): 245–252.
- Dinar, A., Rosegrant, M.W. & Meinzen-Dick, R.** undated. Water allocation mechanisms – Principles and examples. Washington, DC, The World Bank (disponible en www.worldbank.org/html/dec/Publications/Workpapers/WP1700series/wps1779.pdf).
- Dua, V.K., Kumari, R. & Sharma, V.P.** 1996. HCT and DDT contamination of rural ponds of India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 57(4): 568–574.
- Edwards, pp.** 1998. *Wastewater-fed aquaculture: state-of-the-art*. Paper presented at the international conference on Ecological Engineering, 23–27 November 1998, Science City, Calcutta, India (disponible en www.fao.org/ag/ags/agsm/sada/asia/docs/DOC/Edwards1.doc).
- Edwards, pp.** 2000. Aquaculture, Poverty Impacts and Livelihoods. *Natural Resource Perspectives*, Number 56. London, Overseas Development Institute (disponible en www.odi.org.uk/nrp/56.html).
- Edwards, pp. & D.C. Little.** 2003. Integrated livestock-fish farming systems. Roma, FAO (disponible en www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/Y5098E/Y5098E00.HTM).
- Egborge, A.B.M.** 1996. Natural constraints to inland fisheries development in Nigeria. En K.O. Adenji, ed. *Aquaculture in Africa/ Aquaculture en Afrique*. Lagos Organisation of African Utility (OAU)/ Scientific, Technical and Research Commission (STRC), pp. 212–220.
- Ezenwa, B.I.O.** 1994. Aquaculture development and research in Nigeria. En A.G. Coche, ed. *Aquaculture development and research in sub-Saharan Africa*. National reviews. *CIFA Technical Paper* 23 Supplement. Roma, FAO, pp.41–80.
- FAO.** 1996. Le Programme de contrôle de l'onchocercose ou cécité des rivières en Afrique de l'Ouest. SD dimensions, September 1996. Roma, FAO (disponible en www.fao.org/sd/FRdirect/LTre0003.htm).
- FAO.** 2000a. El estado mundial de la pesca y la acuicultura – 2000 (SOFIA). Roma, FAO.
- FAO.** 2000b. Los pequeños estanques: Grandes integradores de la producción agropecuaria y la cría de peces. Servicio de Gestión Agraria y Economía de la Producción; Servicio de Recursos de Aguas Continentales y Acuicultura,

- Roma, FAO. 30 pp. (disponible en www.fao.org/docrep/003/x7156s/x7156s00.htm).
- FAO.** 2002a. Agua y Cultivos. Logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Roma, FAO. 26 pp (disponible en www.fao.org/DOCREP/005/Y3918S/Y3918S00.HTM).
- FAO.** 2002b. La sal de la tierra: peligro para la producción de alimentos. Cumbre mundial sobre la alimentación: en profundidad. Roma, FAO (disponible en www.fao.org/worldfoodsummit/spanish/newsroom/focus/focus1.htm).
- FAO.** 2002c. Les idées Viet Namiennes germent au Sénégal. Programa especial para la seguridad alimentaria. (disponible en www.fao.org/spfs/detail_event.asp?event_id=13519).
- FAO.** 2002d. Cameroon (disponible en www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/agpc/doc/riceinfo/AFRICA/Cameroon.HTM).
- FAO.** 2002e. Guinea (disponible en www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGP/agpc/doc/riceinfo/AFRICA/Guinea.HTM).
- FAO/ICLARM/IIRR.** 2004. Agro-acuicultura integrada: Manual básico. *FAO Documento Técnico de Pesca* 407. Roma, FAO. 159 p. (disponible en www.fao.org/docrep/006/y1187s/y1187s00.htm).
- Fernando, C.H. & Halwart, M.** 2000. Possibilities for the integration of fish farming into irrigation systems. *Fisheries Management and Ecology*, 7: 45–54.
- Fletcher, M., Teklehaimanot, A. & Yemane, G.** 1992. Control of mosquito larvae in the port city of Assab by an indigenous larvivorous fish, *Aphanius dispar*. *ACTA Tropica* 52(2–3): 155–166.
- Fletcher, M., Teklehaimanot, A., Yemane, G., Kassahun, A., Kidane, G. & Beyene, Y.** 1993. Prospects for the use of larvivorous fish for malaria control in Ethiopia – Search for indigenous species and evaluation of their feeding capacity for mosquito larvae. *Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 96(1): 12–21.
- Friend, R.F. & Funge-Smith, S.J.** 2002. Focusing Small-Scale Aquaculture and Aquatic Resource Management on Poverty Alleviation. Bangkok, FAO Regional Office Asia and the Pacific.
- George, T.T.** 1976. Water pollution in relation to aquaculture in Sudan. En FAO/CIFA, Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 30 September – 2 October 1975. Reviews and Experience Papers. *CIFA Technical Paper* No. 4 (Supplement 1). FAO, Roma (disponible en www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B00.htm).
- Gladwin, H.** 1980. Indigenous knowledge of fish processing and marketing utilized by women traders of Cape Coast, Ghana. En D.W. Brokensha; D.M. Warren & O. Werner, eds. *Indigenous Knowledge Systems and Development*. Lanham, Maryland, University Press of America, pp. 131–150.
- Gnekpo, B. & Ziehi, A.D.** 2001. Annex 4 – Intégration irrigation aquaculture en Côte d’Ivoire. En J.F. Moehl, I. Beernaerts, A.G. Coche, M. Halwart & V.O. Sagua, eds. *Proposal for an African Network on integrated irrigation and aquaculture*. Proceedings of a workshop held in Accra, Ghana, 20–21 September 1999. Roma, FAO, pp. 30–36.
- Gowing, J.W.; Li, Q.; Gunawardhana, T.** 2004. Multiple use management in a large irrigation system: Benefits of distributed secondary storage. *Irrigation and Drainage Systems*, 18(1):57–71.
- Guerra, L.C., Bhuiyan, S.I., Tuong, T.P. & Barker, R.** 1998. Producing more rice with less water. *SWIM Paper* 5. Colombo, IWMI. (disponible en www.iwmi.cgiar.org/pubs/SWIM/Swim05.pdf).
- Halwart, M.** 1998. Trends in rice-fish farming. *FAO Aquaculture Newsletter* 18: 3–11 (disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/w8516e/w8516e00.pdf>).
- Halwart, M.** 2001. Fish as biocontrol agents of vectors and pests of medical and agricultural importance. Dans IIRR, IDRC, FAO, NACA and ICLARM. *Utilizing different aquatic resources for livelihoods in Asia – a resource book*. International Institute of Rural Reconstruction, Silang, Cavite, Philippines, pp. 70–75.
- Halwart, M., Funge-Smith, S. & Moehl, J.** 2003. The role of aquaculture in rural development. In FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service. Review of the state of world aquaculture. *FAO Fisheries Circular* 886 (Rev. 2). Roma, FAO, pp. 47–58 (disponible en www.fao.org/docrep/005/y4490e/y4490e00.htm).
- Harrison, E.** 1991. Rethinking «failure»: fish ponds and projects in sub-Saharan Africa. Summary findings of ODA-supported research «Socio-Economics of African Aquaculture». School of African and Asian Studies, University of Sussex, Brighton.
- Haylor, G.S.** 1994. Fish production from engineered waters in developing countries. En Muir, J.F. & Roberts, R.J., eds. *Recent Advances in Aquaculture*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, pp. 1–103.
- Hecht, T.** 2002. Strategies and measures for sustainable aquaculture in sub-Saharan Africa. Paper presented at the World Aquaculture Conference, 23–27 April 2002, Beijing, China.

- Hecht, T. & de Moor, I.** non daté. Small-scale aquaculture in sub-Saharan Africa. Disponible en http://cdserver2.ru.ac.za/cd/011120_1/Aqua/SSA/main.htm.
- Hellegers, pp.J.G.J.** 2002. *Treating water in irrigated agriculture as an economic good*. Paper submitted for the conference on Irrigation Water Policies, 15–17 June 2002, Agadir, Morocco.
- Hollis, G.E., Holland, M.M., Maltby, E. & Larson, J.S.** 1988. Wise use of wetlands. *Nature and Resources*, 26(1): 2–12.
- Hora, S.L. & Pillay, T.V.R.** 1962. Handbook of fish culture in the Indo-Pacific region. *FAO Fisheries Biology Technical Paper* 14, Roma, FAO.
- Hosetti, B.B. & Frost, S.** 1995. A review of the sustainable value of effluents and sludges from wastewater stabilization ponds. *Ecological Engineering*, 5(4): 421–431.
- Hussain, I. & Biltonen, E., eds.** 2001. *Irrigation Against Rural Poverty: An Overview of Issues and Pro-Poor Intervention Strategies in Irrigated Agriculture in Asia*. Proceedings of National Workshops on Pro-Poor Intervention Strategies in Irrigated Agriculture Areas in Asia. Colombo, IWMI.
- ICLARM & GTZ** 1991. The context of small-scale integrated agriculture-aquaculture systems in Africa: A case study of Malawi. *ICLARM Studies Review*, 18.
- Ingram, B.A., Gooley, G.J., McKinnon, L.J. & De Silva, S.S.** 2000. Aquaculture-agriculture systems integration: an Australian perspective. *Fisheries Management and Ecology*, 7: 33–43.
- Institute of Aquaculture.** 1998. An investigation of aquaculture potential in small-scale farmer-managed irrigation systems of Raichur District, Karnataka, India. *Working Paper* 7, DFID project R7064, Institute of Aquaculture, Stirling (disponible en www.dfid.stir.ac.uk/Afgrp/projects/r7064/outputs/wpind07.pdf).
- Ita, E.O.** 1976. Observations on the present status and problems of inland fish culture in some northern states of Nigeria and preliminary results of cage culture experiments in Kainji Lake, Nigeria. En Dube, J. and Gravel, Y., eds. Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 30 September – 02 October 1975. Reviews and Experience Papers. *CIFA Technical Paper* No. 4 (Supplement 1). Roma, FAO (disponible en www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B00.htm).
- Jaffee, S.** 1995. Fish mammals and tuna conglomerates: Private sector fish processing and marketing in Ghana. En S. Jaffee & J. Morton, eds. *Marketing Africa's High-Value Foods: Comparative Experiences of an Emergent Private Sector*. Dubuque, Iowa, Kendall/Hunt Publishing Company, pp. 375–416.
- Jauncey, K. & Stewart, A.L.** 1987. The development of aquaculture in the Ismailia/Sinai regions of Egypt. Internal Report, Institute of Aquaculture, Stirling.
- Kabré, A.T.** 2000. Étude de cas d'intégration irrigation et aquaculture (IIA) à la Vallée du Kou et au périmètre irrigué de Bagré, Burkina Faso. Consultancy Report. FAO, Roma.
- Kabré, A.T. & Zerbo, H.** 2001. Annex 3 – Développement et recherche sur l'intégration de l'irrigation et de l'aquaculture au Burkina Faso. En Moehl, J.F., Beernaerts, I., Coche, A.G., Halwart, M. & Sagua, V.O., eds. *Proposal for an African Network on integrated irrigation and aquaculture*. Proceedings of a workshop held in Accra, Ghana, 20–21 September 1999. Roma, FAO, pp. 23–29.
- Kay, M.** 2001. Smallholder irrigation technology: prospects for sub-Saharan Africa. International Programme for Technology and Research in Irrigation and Drainage, *Knowledge Synthesis Report* No.3. Roma, IPTRID/FAO (disponible en www.fao.org/DOCIREP/004/Y0969E/y0969e00.htm).
- Khalil, M.T. & Hussein, H.A.** 1997. Use of waste water for aquaculture: an experimental field study at a sewage-treatment plant, Egypt. *Aquaculture Research*, 28(11): 859–865.
- Kortenhorst, L.F.** 1985. The existing farming system: a neglected criterion for irrigation project design. Annual Report 1985. Wageningen, International Institute for Land Reclamation and Improvement.
- Kumah, D., Bagbara, D. & Ofori, J.K.** 1996. Rice-fish culture experiments in the Tono irrigation scheme. En Prein, M.; Ofori, J.K. & Lightfoot, C., eds. *Research for the future development of aquaculture in Ghana*. ICLARM Conference Proceedings No. 42. Manila, ICLARM, pp. 42–47.
- Kusiaku, A.Y.** 1976. Etat actuel de l'aquaculture au Togo. En: Dube, J. & Gravel, Y., eds. Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 30 September – 02 October 1975. Reviews and experience papers. *CIFA Technical Paper* No.4, Suppl. 1. Roma, FAO (disponible en www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B06.htm#chI.A.15.5).
- Lal, R.** 2000. Soil management in the developing countries. *Soil Science*, 165(1): 57–72.
- Lal, N.E.S. & Sastawa, B.M.** 1996. The effect of sun-drying on the infestation of the African

- catfish (*Clarias gariepinus*) by post-harvest insects in the Lake Chad District of Nigeria. *International Journal of Pest Management*, 42 (4): 281–283.
- Li, Q.** 2002. *An investigation of integrated management of irrigation systems for agriculture and aquaculture*. University of Newcastle, Newcastle upon Tyne (PhD thesis).
- Li, Q., Gowing, J.W. and Mayilswami, C.** 2005. Multiple use management in a large irrigation system: an assessment of technical constraints to integrating aquaculture within irrigation canals. *Irrigation and Drainage*, 54(1): 31–42.
- Little, D.C. & Muir, J.F.** 1987. *A guide to integrated warm water aquaculture*. Stirling, Institute of Aquaculture Publications.
- Lykke, A.M., Mertz, O. & Ganaba, S.** 2002. Food consumption in rural Burkina Faso. *Ecology of Food and Nutrition*, 41(2): 119–153.
- Matthes, H.** 1978. The problem of rice-eating fish in the Central Niger Delta, Mali / Le problème des poissons rizophages dans le Delta central du Niger, Mali. En Welcomme, R.L., ed. Symposium on river and floodplain fisheries in Africa, Bujumbura, Burundi, 21 November–23 November 1977, Review and Experience Papers. *CIFA Technical Paper* No. 5. Roma, FAO (disponible en www.fao.org/docrep/005/AC673B/AC673B00.htm).
- Mensah, E.M.** 1990. Fish marketing on Volta Lake, Ghana – Kpandu Torkor experience. *FAO Fisheries Report* 400, Supplement, pp. 281–284. Roma, FAO.
- Metcalf, M.R.** 1995. Investing in aquacultural waste-water techniques for improved water-quality – A coastal community case-study. *Coastal Management*, 23(40): 327–335.
- Moehl, J.F., Beernaerts, I., Coche, A.G., Halwart, M. & Sagua, V.O.** 2001. Proposal for an African network on integrated irrigation and aquaculture. Proceedings of a Workshop held in Accra, Ghana, 20–21 September 1999. Roma, FAO. 75 pp.
- Molden, D.** 1997. Accounting for water use and productivity. *SWIM Paper* 1. Colombo, IWMI (disponible en www.iwmi.cgiar.org/pubs/SWIM/Swim01.pdf).
- Molle, F.** 2001. Water pricing in Thailand: theory and practice. Research Report No. 7, DORAS Centre. Bangkok, Kasetsart University.
- Niare, T., Kassibo, B & Lazard, J.** 2000. Quelle pisciculture mettre en œuvre au Mali, pays de pêche artisanale continentale? *Cahiers Agricultures*, 9 (3): 173–179.
- Njock, J.C.** 1994. Développement et recherche aquacoles au Cameroun. Dans Coche, A.G., ed. *Aquaculture development and research in sub-Saharan Africa. National reviews. CIFA Technical Paper* 23, Supplement. Roma, FAO, pp.81–106.
- ODI.** non daté. Multi-Agency Partnerships in West Africa: Mali. London, Overseas Development Institute, Rural Policy and Environment Group (disponible en www.odi.org.uk/rpeg/mali_web_page.html).
- Okafor, I.I.** 1986. Fish production from aquatic weeds. *Proceedings of the Annual Conference of the Fisheries Society of Nigeria*, 3: 68–71.
- Oswald, M., Copin, Y. & Monteferrer, D.** 1996. Peri-urban aquaculture in Midwestern Côte d'Ivoire. En Pullin, R.S.V.; Lazard, J.; Legendre, M.; Amon Kottias, J.B. & Pauly, D. eds. *The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings* No. 41. Manila, ICLARM, pp. 525–536.
- Owusu, B.S. & Kuwornu, L.** 2001. Annex 5 – Integrated irrigation-aquaculture development and research in Ghana. En Moehl, J.F., Beernaerts, I., Coche, A.G., Halwart, M. et Sagua, V.O., eds. *Proposal for an African Network on integrated irrigation and aquaculture*. Proceedings of a workshop held in Accra, Ghana, 20–21 September 1999. Roma, FAO, pp. 37–41.
- Paris, T.R.** 2002. Crop-animal systems in Asia: socio-economic benefits and impacts on rural livelihoods. *Agricultural Systems*, 71: 147–168.
- Perry, C.J.** 2001. Charging for irrigation water: the issues and options, with a case study from Iran. Research Report 52. Colombo, IWMI.
- Petr, T.** 1992. Aquatic weeds in developing regions. Abstracts of the Aquatic Plant Management Society, Inc. Thirty-second Annual Meeting and International Symposium on the Biology and Management of Aquatic Plants, 12–16 July 1992, Daytona Beach, Florida.
- Prein, M.** 2002. Integration of aquaculture into crop-animal systems in Asia. *Agricultural Systems*, 71: 127–146.
- Prinsloo, J.F. & Schoonbee, H.J.** 1987. Investigations into the feasibility of a duck/fish/vegetable integrated agriculture/aquaculture system for developing areas in South Africa. *Water S. A.*, 13(2): 109–118.
- Prinsloo, J.F., Schoonbee, H.J. & Theron, J.** 2000. Utilisation of nutrient-enriched wastewater from aquaculture in the production of selected agricultural crops. *Water S. A.*, 1: 125–132.

- Pullin, R.S.V. and Z.H. Shehadeh** (eds.) 1980. Integrated agriculture-aquaculture farming systems. *ICLARM Conf. Proc. 4*, 258 pp. Proceedings of the ICLARM-SEARCA Conference on Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems, Manila, Philippines, 6–9 August 1979. ICLARM, Manila, Philippines and SEARCA, Los Baños, Laguna, Philippines.
- République Populaire du Bénin.** 1976. La pisciculture traditionnelle dans la Basse Vallée du Fleuve Ouémé. En Dube, J. y Gravel, Y., eds. Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 30 September – 02 October 1975. Reviews and experience papers. *CIFA Technical Paper No.4, Suppl. 1*. Roma, FAO (disponible en www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B01.htm#chI.A.3).
- Rosegrant, M.W.** 1995. Dealing with water scarcity in the next century. Brief 21, 2020 Vision.
- Rosegrant, M.W.** 1997. Water resources in the 21st century: challenges and implications for action. *Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 20*. Washington, D.C., IFPRI.
- Rosegrant, M.W. & Cai, X.** 2001. Water for food production. En R.S. Meinzen-Dick & M.W. Rosegrant, eds. *Overcoming Water Scarcity and Quality Constraints*. Focus 9, 2020 Vision, Brief 2 of 14. Washington, D.C., IFPRI.
- Rosegrant, M.W., Cai, X. & Cline, S.A.** 2002. Global water outlook: Averting an impending crisis. A Report Summary of the 2020 Vision for Food, Agriculture, and the Environment Initiative. Washington, D.C., IFPRI, and Colombo, IWMI (disponible en www.ifpri.org/pubs/fpr/fprwater2025.pdf).
- Rosegrant, M.W. & Perez, N.C.** 1997. Water resource development in Africa: a review and synthesis of issues, potentials and strategies for the future. Environment and Production Technology Division (EPTD) Discussion Paper 28. Washington, D.C., IFPRI.
- Rosegrant, M.W. & Ringler, C.** 1999. Impact on food security and rural development of reallocating water from agriculture. Environment and Production Technology Division (EPTD) Discussion Paper 47. Washington D.C., IFPRI.
- Sandbank, E. & Nupen, E.M.** 1984. *Warmwater fish production on treated wastewater effluents*. Aquaculture South Africa, Cathedral Peak, 3–4 May 1984.
- Sanni, D.** 2002. Évaluation de mise en valeur intégrée des ressources en eaux continentales dans les zones sujettes à la sécheresse récurrente en Afrique de l’Ouest. évaluation des opportunités pour l’intégration de l’irrigation et de l’aquaculture au Sénégal. Consultancy Report. FAO Africa Regional Office, Accra.
- Seckler, D., Amarasinghe, U., Modlen, D., de Silva, R. & Barker, R.** 1998. World water demand and supply, 1990–2025: Scenarios and issues. Research Report 19. Colombo, IWMI. (disponible en www.iwmi.cgiar.org/pubs/PUB019/REPORT19.PDF).
- Shereif, M.M., Easa, M.E.S., El Samra, M.I. & Mancy, K.H.** 1995. A demonstration of wastewater treatment for reuse applications in fish production and irrigation in Suez, Egypt. *Water Science and Technology* 32(11): 137–144.
- Slabbert, J.L., Morgan, W.S.G. & Wood, A.** 1989. Microbiological aspects of fish cultured in wastewaters: The South African experience. *Water Science and Technology* 21(3): 307–310.
- Slootweg, R.** 1991. Water resources management and health – general remarks and a case study from Cameroon. *Landscape and Urban Planning*, 20(1–3): 111–114.
- Slootweg, R., Kooyman, M., de Koning, pp. & van Schooten, M.** 1993. Water contact studies for the assessment of schistosomiasis infection risks in an irrigation scheme in Cameroon. *Irrigation & Drainage Systems* 7(2): 113–130.
- Solano, C., Léon, H., Pérez, E. & Herrero, M.** 2001. Who makes farming decisions? A study of Costa Rican dairy farmers. *Agricultural Systems* 67: 181–199.
- Suwanrangsi, S.** 2001. Technological changes and their implications for women in fisheries. En M.J. Williams, M.C. Nandeesha, V.P. Corral, E. Tech & S.P. Choo, eds. *International Symposium on Women in Fisheries*. Penang, ICLARM – The World Fish Centre publication, pp. 63–67.
- Thomas, D.H.L.** 1994. Socio-economic and cultural factors in aquaculture development: a case study from Nigeria. *Aquaculture*, 119: 329–343.
- Thompson, J.R. & Polet, G.** 2000. Hydrology and land use in a Sahelian floodplain wetland. *Wetlands* 20 (4): 639–659.
- Valencia, E., Adjei, M. & Martin, J.** 2001. Aquaculture effluent as a water and nutrient source for hay production in the seasonally dry tropics. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32(7–8): 1293–1301.
- van Asten, pp.J.A., Barbiero, L., Wopereis, M.C.S., Maeght, J.L. & van der Zee, S.E.A.T.M.** 2003. Actual and potential salt-related soil degradation in an irrigated rice scheme in the Sahelian zone of Mauritania. *Agricultural Water Management* 60(1): 13–23.

- van der Mheen, H.W.** 1999. Adoption of Integrated Aquaculture and Irrigation. *ALCOM Working Paper* No. 23. Harare, ALCOM/FAO. Available in summary form in FAO Aquaculture Newsletter, 22 (disponible en www.fao.org/DOCREP/005/X3185E/X3185e10.htm).
- Welcomme, R.L.** 1976. Supplement 1 to the report of the Symposium on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana 30 September – 2 October 1975. Reviews and experience papers /Supplément 1 au rapport du Symposium sur l'Aquiculture en Afrique, Accra, Ghana 30 Septembre – 2 Octobre 1975. Exposés généraux et compte-rendus d'expériences. *CIFA Technical Paper* No.4, Suppl. 1. Roma, FAO (disponible en www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B00.htm).
- West, W.Q.B.** 1996. The status of aquaculture in Africa: Its contribution to fish production, development and growth. En Adenji, K.O., ed. *Aquaculture in Africa. Aquaculture en Afrique*. Lagos, Organisation of African Unity / Scientific, Technical and Research Committee (OAU/STRC), pp. 42–70.
- Whittington, D., Davies, J. & McClelland, E.** 1998. Implementing a demand-driven approach to community water supply planning: A case study of Lugazi, Uganda. *Water International* 23(3): 134–145.
- Wijkström, U.** 2001. Policy making and planning in aquaculture development and management, Plenary Lecture I. En R.P. Subasinghe, pp. Bueno, M.J. Philipps, C. Hough, S.E. McGladdery & J.R. Arthur, eds. *Aquaculture in the Third Millennium*. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand, 20–25 February 2000. Roma and Bangkok, FAO, pp. 15–21.
- Williams, M.** 1996. *The transition in the contribution of living aquatic resources to food security*. Brief 32, 2020 Vision. Washington, D.C., IFPRI.
- Yan, J. & Zhang, Y.** 1994. How wetlands are used to improv water quality in China. En Mitsch, W.J., ed. *Global Wetlands: Old World and New*. Amsterdam, Elsevier Publication, pp. 369–376.
- Yan, J., Wang, R.S. & Wang, M.Z.** 1998. The fundamental principles and ecotechniques of wastewater aquaculture. *Ecological Engineering*, 10(2): 191–208.
- Ziehi, A.** 1994. Développement et recherche aquacoles en Côte d'Ivoire. En Coche, A.G., ed. *Aquaculture development and research in sub-Saharan Africa*. National reviews. *CIFA Technical Paper*, 23, Supplement. Roma FAO, pp.1–40.

Apéndice 1. Estudio por países del riego, acuicultura, actividades y potencial de la IIA¹

CUADROS A–N.

A: BENIN	Fuentes: Kay (2001), FAO (1995), República Popular de Benin (1976)
Potencial de riego (ha)	86 000 (1982); 300 000 (1994)
Grandes zonas de riego (ha)	7 556 (1994)
Tamaño medio (ha)	192 (1994)
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	1 038 (1994)
Superficies de regadío (ha)	22 000 (1982); 17 224 con riego con control total en 1994.
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Llanuras inundables de ríos y riego en zonas de ladera (SH), riego superficial (40% de las zonas con riego controlado en 1994)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985–1997)	1167
Principales cultivos de regadío	1. Arroz (93% de los cultivos de regadío), 2. Cebolla (5%) (1993)
Limitaciones al desarrollo del regadío	N/D
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	N/D
Actividades de IIA realizadas	A finales de la década de 1970 se señaló la excavación de algunos agujeros, o canales, para criar peces en las llanuras inundables de los ríos Ouémé y Sô
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de IIA	N/D
Limitaciones al desarrollo de la IIA	A finales de la década de 1970, el proyecto de regadío del valle del río Ouémé (llanura inundable) se enfocó al cultivo agrícola, dejando poco margen para la producción pesquera, incluso integrada con arroz. El elevado uso de pesticidas también fue una limitación
Investigaciones de IIA realizadas	N/D
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	N/D

B: BURKINA FASO	Fuentes: Kabré y Zerbo (2001), Kabré (2000), Kay (2001), Coche y Pedini (1998), FAO (1995)
Potencial de riego (ha)	> 200 000 (2001). Pequeño potencial de riego
Grandes zonas de riego >500 ha (ha)	7 980 (1992)
Zonas medianas (ha)	0 (1992)
Pequeños agricultores/zonas pequeñas <100 ha (ha)	7 450 (1992)
Superficie de regadío (ha)	45 730 con control total del riego en 1992; >16 000 (2001)
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Riego superficial (75% con control total del riego en 1992)/Llanuras inundables (SH)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985–1997)	1 083
Pequeñas masas de agua	2 100 (domésticas, agrícolas, hidroeléctricas)
Embalses permanentes (ha)	300
Principales cultivos de regadío	1. Arroz (68% de los cultivos de regadío) 2. Hortalizas (12%) 3. Sorgo (9%) 4. Caña de azúcar (8,5%) (1992)
Limitaciones al desarrollo del riego	– Sedimentación de embalses – Despilfarro de agua – Falta de financiación – Cuestiones sanitarias (malaria, bilharziosis/esquistosomiasis)

¹ NB – Las discrepancias entre las cifras deben atribuirse a las diversas fuentes y sus métodos de evaluación.

B: BURKINA FASO (continuación)	
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de integración en programas de desarrollo agrícola - Falta de financiación pública - Escasa comprensión de las percepciones locales
Actividades de IIA realizadas	<ul style="list-style-type: none"> - Integración directa de la acuicultura en los arrozales en el Valle de Kou (1987-1988) - Integración indirecta de la acuicultura en los arrozales en la zona de riego de Bragué - Se realizaron varias propuestas para la zona de riego de Souror, pero no se ejecutaron - Mejora de la pesca en pequeñas masas de agua practicada durante varios años - Embalses de Tanguiga, Goudri y Ramitenga - Integración con hortalizas aguas arriba de las presas
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la acuicultura	<ul style="list-style-type: none"> - Riego con control total: valles de Kou, Banzon y Sourou - Fondo de valle interior, p. ej. río Comoé - Zonas de secano - Proyectos de integración de peces y ganado
Limitaciones al desarrollo de la IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de experiencia en la acuicultura en arrozales - Escasez de alevines - Competencia por los recursos de las explotaciones agrícolas, conflictos por la asignación del agua - Redes de comunicación deficientes - Falta de financiación (organismos internacionales) - Ausencia de directrices del gobierno para el desarrollo de la acuicultura en arrozales - Extensión precaria
Investigaciones de la IIA realizadas	<ul style="list-style-type: none"> - Acuicultura en arrozales con diferentes variedades de arroz combinadas con el mono/policultivo de peces - Programas de cría para poblar estanques y embalses - Cultivo combinado de patos y peces
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	<ul style="list-style-type: none"> - Actualmente hay 16 000 ha de regadío, con prioridad para el arroz - Muchos embalses pequeños - Buena gestión de la pesca - Marcos normativos e institucionales que ayudan - Alta demanda de peces y posibilidad de desarrollar actividades postcosecha que añaden valor

C: CAMERÚN	Fuentes: FAO (2002d), Kay (2001), FAO (1995), Njock (1994)
Potencial de riego (ha)	240 000 (1985)
Grandes zonas de riego (ha)	11 000 (1982)
Zonas medianas (ha)	N/D
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	9000 (1982)
Superficie de regadío (ha)	20 000 (1982); 20 970 con riego controlado (1987)
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Llanuras inundables de ríos (SH), riego en colinas (SH)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985-1997)	0
Pequeñas masas de agua	10 000 (<3ha)
Embalses permanentes (ha)	N/D
Principales cultivos de regadío	1. Arroz (77%) 2. Hortalizas (19%) 3. Banano (4%)
Limitaciones al desarrollo del riego	N/D

C: CAMEROUN (continuación)	
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de cooperación entre las instituciones de investigación y las agencias gubernamentales (desarrollo) - Ausencia de una política coherente de desarrollo de la acuicultura y de financiación orientada a objetivos - Falta de facilidades crediticias para los piscicultores y baja disponibilidad de alevines - Deficiente gestión de la acuicultura y de los laboratorios de cría - Falta de estudios socioeconómicos relacionados con el desarrollo de la acuicultura, incluyendo la ausencia de indicadores de rendimiento económico - Inexistencia de un servicio de extensión - Dificultades relacionadas con la tenencia de la tierra
Actividades de IIA realizadas	N/D
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	N/D
Limitaciones al desarrollo de la IIA	- Infraestructuras de regadío en proceso de deterioro
Investigaciones de la IIA realizadas	N/D
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	N/D

D: CHAD	Fuentes: Kay (2001), FAO (1995)
Potencial de riego (ha)	1 200 000 (1982); 935 000 (1994) ⁴ .
Grandes zonas de riego >500 ha (ha)	9 250 (grande irrigation)
Zonas medianas (ha)	N/D
Pequeños agricultores/zonas pequeñas <100 ha (ha)	4 770 (petite irrigation) (1988)
Superficie de regadío (ha)	113 420 (1988)
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Decrecida (69% de la superficie total de regadío), fondos de valles interiores (19%), riego con control total/parcial (12%, del cual el 77% es utilizando riego superficial). Llanuras inundables de ríos y captación del agua de lluvia (SH)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985-1997)	833
Principales cultivos de regadío	1. Sorgo (62% de los cultivos de regadío, cultivado en zonas de decrecida) 2. Arroz (24%, cultivado en zonas con control total y parcial y en fondos de valles interiores) 3. Cereales (excepto arroz y sorgo, 9%).
Limitaciones al desarrollo del riego	<ul style="list-style-type: none"> - Irregularidad en el abastecimiento de agua a las fuentes debido a las condiciones climáticas variables - Camerún y Chad comparten las aguas del río (Logone), limitando el riego en la estación seca - Nivel decreciente del lago Chad, que limita el riego en las zonas asociadas, aumenta la salinidad y disminuye el abastecimiento de agua potable
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	N/D
Actividades de IIA realizadas	N/D
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	N/D
Limitaciones al desarrollo de la IIA	- [ya existe una elevada competencia por el agua del lago Chad, en aumento a causa de la decreciente disponibilidad]
Investigaciones de la IIA realizadas	N/D
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	- Desde la década de 1990, se hace hincapié en el desarrollo de pequeñas zonas de riego con la participación de los campesinos

⁴ Este dato no tiene en cuenta las restricciones medioambientales (en particular, las relacionadas con el nivel decreciente del lago Chad) ni el uso compartido de los recursos hídricos entre los países ribereños del río Logone y el lago Chad.

E: CÔTE D'IVOIRE	Fuentes: Gnekpo y Ziehi (2001), Kay (2001), Coulibaly (2000), Oswald <i>et al.</i> (1996), FAO (1995), Ziehi (1994)
Potencial de riego (ha)	130 000 (1982), 475 000 (1994)
Grandes zonas de riego >500 ha (ha)	42 000 (1982)
Zonas medianas (ha)	N/D
Pequeños agricultores/zonas pequeñas <100 ha (ha)	10 000 (1982)
Superficie de regadío (ha)	89 000 con riego controlado en 1994; 72 000 (2001).
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Riego con control total (54%) y fondos de valles equipados (28%) en 1994. Llanuras inundables de ríos (SH)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985-1997)	1 583
Pequeñas masas de agua	172 (1994)
Embalses de presas permanentes (ha)	
Principales cultivos de regadío	1. Arroz (riego por gravedad, fundamentalmente en fondos de valles interiores) 2. Caña de azúcar (aspersor) 3. Plátano (aspersor) 4. Hortalizas (gravedad)
Limitaciones al desarrollo del riego	<ul style="list-style-type: none"> - En 1994, la agricultura de regadío desempeña un papel menor en comparación con la agricultura de secano - Falta de planificación nacional - Altos costes de inversión - Ausencia de investigación en riego - Ausencia de tradición de riego (cultivos de secano)
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	<ul style="list-style-type: none"> - Dificultades a pesar de que el desarrollo de la acuicultura ha sido respaldado por entidades de investigación adecuadas y ha recibido apoyo del gobierno (divulgación, créditos y subvenciones) - Falta de estadísticas de producción - Campesinos demasiado dependientes del apoyo externo (extensión) - Problemas relacionados con la selección de piscicultores para las actividades acuícolas y los créditos (pequeños agricultores, incluyendo jóvenes y mujeres) - Situación económica del país - Falta de investigación sobre los aspectos socioeconómicos del desarrollo de la acuicultura
Actividades de IIA realizadas	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la pesca en pequeños embalses - Acuicultura en arrozales: dentro de los arrozales y aguas arriba y abajo. «Projet d'appui à la profession piscicole du Centre Ouest» en la región de Doloa (basado en explotaciones agrícolas pero sin difusión de los resultados) - Peces en estanques adyacentes a los arrozales de tierras bajas en zonas periurbanas
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	Sur y oeste del país (Zone de Forêt): cursos de agua perennes y mayores precipitaciones
Limitaciones al desarrollo de la IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de apoyo institucional y financiación para las actividades integradas - Falta de información y elevados costes de riego que los pequeños agricultores y las mujeres no pueden asumir. No hay créditos - Empleo de pesticidas en la agricultura - Extensión y apoyo técnico insuficientes - Sequías y conflictos entre los usuarios del agua
Investigaciones de la IIA realizadas	N/D
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	<ul style="list-style-type: none"> - Las superficies de arroz de regadío deben aumentar en 34 000 ha entre 1992 y 2015 - Los fondos de valles interiores y los pantanos costeros son propicios para el cultivo de arroz de regadío (superficie equivalente a 275 000 ha) pero permanecen subexplotados

F: GHANA	Fuentes: Kay (2001), Owusu y Kuwornu (2001), Coche y Pedini (1998), Kumah <i>et al.</i> (1996), FAO (1995), Kortenhorst (1985)
Potencial de riego (ha)	500 000 (2001). Gran potencial de riego. Estimado en 1 900 000 en 1994.
Grandes zonas de riego (ha)	4 720 (1994)
Zonas medianas (ha)	1 204 (1994)
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	450 (1994)
Superficie de regadío (ha)	10 000 (80% por gravedad) que se incrementarán a 100 000 en 2020
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Superficial (90%, incluyendo zonas SH de riego por gravedad basadas en el desvío de agua almacenada en pequeñas presas), llanuras inundables de ríos (SH) y pantanos de valles interiores
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985-1997)	333
Principales cultivos de regadío	1. Arroz (llanuras inundables) 2. Cultivos comerciales (hortalizas, frutas, flores)
Limitaciones al desarrollo del riego	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada inversión de capital en infraestructura de regadío - Desacertada gestión de los fondos gubernamentales - Ausencia de políticas consistentes para pequeños y grandes proyectos - Sistema de tenencia de tierras que restringe la participación individual - Capacidad limitada para identificar y redactar proyectos que se adapten a los recursos hídricos y de tierras locales (topografía) - Omisión de las cuestiones de género al planear las zonas de riego para la producción de arroz
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	- Éxito moderado de la extensión de la acuicultura
Actividades de IIA realizadas	<p>Promoción anticipada de la acuicultura y las actividades piscícolas en sistemas de regadío:</p> <ul style="list-style-type: none"> - acuicultura en estanques en explotaciones agrícolas - aumento de la pesca en embalses de presas - transformación del 5% de la superficie de regadío en estanques - ensayos de acuicultura en arrozales en grandes zonas de riego en la región noreste
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas de riego de Tono, Veá y Dawhenya (acuicultura en arrozales) - Valle de Mampong (hortalizas y peces) y fondos de valles interiores
Limitaciones al desarrollo de la IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Extensión inadecuada - Falta de material de repoblación, alimentos para peces, capital e información para los campesinos - Elevada inversión para el desarrollo del riego - Factores socioculturales
Investigaciones de la IIA realizadas	<ul style="list-style-type: none"> - Acuicultura en arrozales - Cultivo combinado de hortalizas y peces (Instituto de Recursos Naturales Renovables)
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	<ul style="list-style-type: none"> - Cría y producción de alevines - Distribución y apoyo a la comercialización adecuados - Existencia de una política de integración - Los pantanos de valles interiores se identifican como alternativas más baratas a las grandes zonas de riego pero, si se desarrollan para el cultivo de arroz, se deberían controlar la sedimentación y el aterramiento con una mejor labranza

G: GUINEA	Fuentes: Agro-Ind. (2002), FAO (2002e), Kay (2001), FAO (1995)
Potencial de riego (ha)	150 000 (1982), 520 000 (1994)
Grandes zonas de riego (ha)	8 233 (1994)
Zonas medianas (ha)	N/D
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	7 308 (1994)
Superficie de regadío (ha)	45 000 (1982); 99 148 (1994)

G: GUINEE (continuación)	
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Riego con control total (16% de la superficie total de regadío, incluyendo el riego superficial (90%), fondos de valles interiores (pantanos) (78%) y llanuras inundables de ríos (SH)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985–1997)	417
Principales cultivos de regadío	N/D
Limitaciones al desarrollo del riego	N/D
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	[Se supone que son similares a las que restringen el desarrollo de la pesca de captura continental: –falta de equipamiento –acceso limitado a créditos –aislamiento y lejanía de las aldeas, mal acceso a los mercados internos –Falta de infraestructuras de procesamiento (conservación de peces)]
Actividades de IIA realizadas	N/D
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	N/D
Limitaciones al desarrollo de la IIA	[Tenencia de tierras inadecuada en zonas de riego]
Investigaciones de la IIA realizadas	N/D
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	La ordenación de los manglares se orienta a sistemas de producción integrados (arroz, peces, sal, etc.)

H: MALI	Fuentes: Bamba y Kienta (2001, 2002), Kay (2001), Niare <i>et al.</i> (2000), Coche y Pedini (1998), FAO (1995), ODI (sin fecha)
Potencial de riego (ha)	560 000 (1992); 1 100 000
Grandes zonas de riego (ha)	63 119 (1994)
Zonas medianas (ha)	N/D
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	15 501 (1994)
Superficie de regadío (ha)	191 469 (1994); 200 000. Segou es la mayor zona equipada para el riego
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Superficial (100% en grandes zonas de riego con control total), llanuras inundables de los ríos Níger y Bani (SH), fondos de valles interiores en el sudoeste del país. La superficie de cultivos de decrecida constituye el 57% de la superficie total de regadío.
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985–1997)	2 167
Principales cultivos de regadío	1. Arroz (80%) 2. Sorgo 3. Caña de azúcar 4. Té
Limitaciones al desarrollo del riego	– Investigación de riego limitada – Infraexplotación de las zonas de regadío – Condiciones climáticas desfavorables (importante evaporación, precipitaciones irregulares) y distribución desigual de los recursos hídricos en el país – Elevados costes de infraestructuras (construcción de embalses) – No hay organizaciones de campesinos y demasiado personal de extensión de regadíos (falta de cohesión en la extensión)
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	– Atención centrada en la biología pesquera, formulación de piensos, fertilización de los estanques y cría artificial – No se da importancia a los aspectos socioeconómicos de la actividad (acceso a la tierra, apropiación de técnicas, competencia entre la piscicultura y la pesca de captura)
Actividades de IIA realizadas	Se han ensayado diversos tipos de integración de la acuicultura en grandes zonas de riego, pero actualmente predomina el cultivo combinado de arroz y peces. Éste se promueve en las áreas de Segou (estanque de demostración en una zona de riego comunitaria, como parte del PESA) y Mopti (llanura inundable)
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	Áreas de Mopti, Ségou y Sélingué. Elevado potencial para mejores estanques acuícolas en arrozales en grandes zonas de riego con control parcial/total del delta central del río Níger (>80 000 ha en zonas de arroz de aguas profundas en Mopti y Segou)

H: MALI (continuación)	
Limitaciones al desarrollo de la IIA	<p>Escaso potencial para la IIA en zonas de riego dependientes de las inundaciones (por ej. río Níger) debido a los reducidos picos de crecidas. Las restricciones están relacionadas fundamentalmente al desarrollo de la acuicultura:</p> <ul style="list-style-type: none"> - escasez de oficiales de extensión y limitada promoción de la actividad entre la población rural - acceso limitado al crédito para la actividad - apoyo institucional limitado (Chambres d'agriculture) - disponibilidad estacional del agua - empleo de pesticidas en la agricultura - falta de apoyo y financiación institucional para el desarrollo de la acuicultura - gestión con un único objetivo de superficies de arroz de regadío - baja prioridad entre los campesinos
Investigaciones de IIA realizadas	Ensayos de acuicultura en arrozales
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	Puede ser limitado debido a la falta de disponibilidad de agua, pero se están rehabilitando las actuales infraestructuras de regadío y fomentando la iniciativa del sector privado en el desarrollo del riego. El énfasis se sitúa en la participación de las partes interesadas en la gestión del agua y el mantenimiento de las infraestructuras [que podría estimular la creación de un contexto favorable para el desarrollo de la IIA]

J: NÍGER	Fuentes: Kay (2001), FAO (1995)
Potencial de riego (ha)	100 000 (1982); 270 000 (1990)
Grandes zonas de riego (ha)	10 000 (1982)
Zonas medianas (ha)	N/D
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	20 000 (1982)
Superficie de regadío (ha)	30 000 (1982), 66 480 (1989) con control total y parcial del riego, 78 480 (1989) con riego
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Control total y parcial del riego (85% de la superficie total de regadío), superficie de cultivos de decrecida (15%), llanura inundable del río Níger (SH). El riego en la estación seca (hortalizas) está extendido pero no así el riego complementario en la estación húmeda
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985-1997)	3 000
Principales cultivos de regadío	1. Arroz 2. Algodón 3. Trigo
Limitaciones al desarrollo del riego	<ul style="list-style-type: none"> - Los campesinos ven el riego como un medio para diversificar la producción de cultivos, no para aumentar la productividad - Participación limitada de los campesinos en la planificación del riego - Falta de infraestructuras de regadío y altos costes del riego, especialmente en zonas remotas - Priorización de la agricultura de secano
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	N/D
Actividades de IIA realizadas	N/D
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	N/D
Limitaciones al desarrollo de la IIA	N/D
Investigaciones de la IIA realizadas	N/D
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	N/D

K. NIGERIA	Fuentes: Kay (2001), Egborge (1996), FAO (1995), Ezenwa (1994), Thomas (1994), Dike (1990), Ita (1976)
Potencial de riego (ha)	2 000 000 (1982); 3 317 000 (1993)
Grandes zonas de riego (ha)	50 000 (1982)
Zonas medianas (ha)	N/D
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	800 000 (1982)
Superficie de regadío (ha)	850 000 (1982); 956 535 (1991)
Tipo de riego predominante/ entorno principal	Llanuras de decrecida (fadama) (76% de la superficie total de regadío): Llanura inundable del río Níger (SH) al norte de Nigeria, riego con control total/parcial (23%). También riego en zonas de ladera y captación del agua de lluvia (SH)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985-1997)	2 750
Pequeñas masas de agua	N/D
Embalses de presas permanentes (ha)	300 000 (incluyendo lagos). 60 grandes presas y 100 pequeñas presas
Principales cultivos de regadío	1. Arroz (75%), 2. Hortalizas (15%), 3. Trigo
Limitaciones al desarrollo del riego	<ul style="list-style-type: none"> - Las fadamas son fuente de conflictos debido a sus múltiples usos (agricultura, pesca, pastoreo o caza) y usuarios (campesinos/pescadores, planificadores nacionales del desarrollo del riego y conservacionistas) - Elevado coste de desarrollo del riego - Planificación y diseño inadecuado de la superficie bajo riego o de los sistemas de canales - Experiencias pasadas de mala gestión en grandes sistemas y elección equivocada de cultivos (por ej. trigo) - Falta de formación y extensión en pequeños proyectos públicos - Régimen hidráulico fluctuante de las llanuras inundables (fadamas) debido a la construcción de presas aguas arriba, alterando el uso tradicional e informal del agua para el riego
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada evapotranspiración, aterramiento e infestación de vegetación costera flotante - Suministro inadecuado de insumos, material de repoblación y alimentos para peces - Ausencia de estadísticas de producción acuícola y de una base de datos sobre la biología y ecología de los peces endémicos y falta de indicadores de rentabilidad económica - Servicios de extensión, conocimientos técnicos y vínculos investigación-extensión insuficientes - Baja prioridad de la acuicultura en los planes y asignaciones presupuestarias del gobierno - Desatención a las diferencias sociales y étnicas entre los grupos objetivo - Falta de acceso de los pequeños campesinos a la tierra y al crédito
Actividades de IIA realizadas	<ul style="list-style-type: none"> - Construcción de estanques piscícolas en la llanura inundable de Hadejia-Nguru (aunque fracasó en 1994) - Policultivo y especies únicas en jaulas flotantes en el embalse de la presa Kainji (1976)
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	La llanura inundable del río Níger se considera tiene el mayor potencial sin explotar para el desarrollo del riego, junto al río Benue y los embalses artificiales, y podría albergar actividades de piscicultura y de la IIA. El humedal de Hadeja-Nguru (noreste del país) alberga riego a pequeña escala y cultivo de arroz en aguas profundas, adecuado para el cultivo combinado de arroz y peces
Limitaciones al desarrollo de la IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Los costes de acceso a la tierra y a la construcción de estanques quedan fuera del alcance de los campesinos pobres - Fomento del uso de fertilizantes para aumentar la productividad agrícola
Actividades de IIA realizadas	<ul style="list-style-type: none"> - Programa de investigación sobre jaulas, corrales, sistemas cercados y gestión de lagos naturales y embalses de regadío
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	<ul style="list-style-type: none"> - Los amplios sistemas hídricos están subexplotados - Investigaciones en curso sobre sistemas acuícolas alternativos (jaulas, corrales, cultivo en llanuras inundables)

L. SENEGAL	Fuentes: Sanni (2002), Kay (2001), Diallo (1995), FAO (1995)
Potencial de riego (ha)	180 000 (1982), media de 400 000 (1994)
Grandes zonas de riego (ha)	23 135 (1994)
Zonas medianas (ha)	4 265 (1994)
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	44 000 (1994)
Superficie de regadío (ha)	100 000 (1982); 141 400 (1994) incluyendo 71 400 con control total/parcial del riego; más de 155 000 (2002).
Tipo predominante de riego/ entorno principal	Riego con control total/parcial (50% de la superficie total de regadío), fondos de valles interiores (26%), zonas de decrecida (23%). Llanura inundable del río Senegal y fondos de valles interiores (pantanos) (SH). Arroz de regadío en manglares en Casamance. Arroz de regadío dividido en tres tipos: grandes zonas de riego (grands périmètres), pequeños sistemas privados/individuales (périmètres d'irrigation privée) y zonas de riego en las aldeas (périmètres irrigués villageois)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985-1997)	
Principales cultivos de regadío	1. Arroz (95% de la superficie de regadío) 2. Caña de azúcar (6% de la superficie de regadío) 3. Hortalizas, frutas, maíz
Limitaciones al desarrollo del riego	<ul style="list-style-type: none"> - A pesar de la creciente demanda urbana y la producción de cultivos orientados a la exportación, el desarrollo del regadío se enfrenta a: - Limitaciones agrotécnicas (mala gestión de los cultivos de regadío) - Restricciones socioeconómicas (dependencia de los campesinos del Estado, impago de los créditos, problemas relacionados con la asignación del agua) - Limitaciones institucionales (predominan las prácticas tradicionales de riego, diversificación de los cultivos más que intensificación)
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	<ul style="list-style-type: none"> - La piscicultura está limitada, tras los malos resultados de los proyectos con financiación internacional para el cultivo intensivo en estanques, en jaulas, cultivo extensivo y acuicultura en arrozales. En el río Senegal, esto se debe a: - Limitaciones medioambientales (cambios en el régimen hidrológico, porosidad del suelo, elevada turbidez del agua, baja temperatura y contenido de minerales, pocas consultas sobre las políticas de gestión del agua) - Restricciones tecnológicas e institucionales (mala elección de los emplazamientos, falta de coordinación entre la investigación-desarrollo, escasez de alevines, equipos de extensión, mala gestión de los proyectos y transferencia prematura de la tecnología a los campesinos) - Limitaciones socioeconómicas (altos costes del equipamiento agrícola, competencia con peces marinos y otros recursos de las explotaciones agrícolas, incluyendo la mano de obra, elección inadecuada de los grupos objetivo). - En Casamance los malos resultados se debieron a una gestión inadecuada de los estanques y la alimentación de los peces, la depredación y los elevados costes de mantenimiento y mano de obra
Actividades de IIA realizadas	<ul style="list-style-type: none"> - Acuicultura en arrozales: investigación (USAID + ayuda de China) en Ndiarème dyu Wallo y Guidakhar, apoyo de ONG 's al desarrollo en las regiones de Fatick (Ndiaye Ndiaye, Ndjosmon, Sanghai) y Kédougou (estanque de Fadiga) (parte del PESA) - Piscicultura comunitaria en el gran sistema de riego de Vélingra (cuenca del Anambe) - Corrales en los valles represados de Casamance (1994) - Siembra de peces en canales de riego y grandes embalses
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	Se está desarrollando la llanura inundable del río Senegal (como parte de un plan nacional de desarrollo para 2015) y rehabilitando sistemas de riego ya existentes. La IIA ya tiene lugar en los valles interiores de Casamance y allí se podrían mejorar los sistemas
Limitaciones al desarrollo de la IIA	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de experiencia en acuicultura, y particularmente en la IIA - Tenencia de la tierra y alto coste del equipamiento de regadío - Baja eficiencia de la gestión del agua o gestión de objetivo único - Falta de crédito para actividades acuícolas y de apoyo de extensión.
Investigaciones de la IIA realizadas	N/D

L. SENEGAL (continuación)	
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	<ul style="list-style-type: none"> - Rehabilitación de las zonas actuales y desarrollo de la llanura inundable del río Senegal, si se considera a la acuicultura como un uso adicional y complementario a los ya planeados (cultivos de decrecida, cultivos comerciales de regadío, hortalizas y generación hidroeléctrica) - La acuicultura en arrozales tiene el mayor potencial, sobre todo en sistemas de riego de gestión individual y comunitaria - El potencial de los grandes sistemas con control total del riego no es tan alto, debido a las dificultades institucionales relacionadas con la gestión del agua y la baja demanda de peces en esas zonas - Elevada demanda de peces - Disponibilidad de alevines

M: SIERRA LEONA	Fuentes: Kay (2001), FAO (1995), Balarin (1984)
Potencial de riego (ha)	100 000 (1982); 807 000 (1981)
Grandes zonas de riego (ha)	5 000 (1982)
Zonas medianas (ha)	N/D
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	50 000 (1982)
Superficie de regadío (ha)	55 000 (1982); 155 360 (1992)
Tipo predominante de riego/entorno principal	Pantanos en valles interiores y manglares (81% de la superficie total de regadío) y llanuras inundables de ríos (SH)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985-1997)	83
Principales cultivos de regadío	Arroz (155 000 ha en 1991)
Limitaciones al desarrollo del riego	<ul style="list-style-type: none"> - La producción agrícola está dominada por el arroz de secano, cultivado por el 96% de los campesinos - El desarrollo del regadío está ligado fundamentalmente al retorno de la estabilidad política
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	- Las deficientes condiciones socioeconómicas y de la infraestructura limitan el desarrollo de la acuicultura a gran escala, pero los pequeños proyectos han demostrado tener potencial
Actividades de IIA realizadas	N/D
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	N/D
Limitaciones al desarrollo de la IIA	N/D
Investigaciones de la IIA realizadas	N/D
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	<ul style="list-style-type: none"> - Potencial considerable para el desarrollo de pequeñas zonas dedicadas a la generación hidroeléctrica, que podrían diseñarse para albergar regadío [y la acuicultura.] - Los pantanos están considerados como las mejores tierras para incrementar la producción de arroz [que podría luego integrarse con la acuicultura] - El empleo de arrozales para el cultivo combinado de arroz y peces es prometedor (si el 10% de los arrozales se usara para la IIA, se podrían producir 8 000 toneladas de peces al año)

N: TOGO	Fuentes: Kay (2001), FAO (1995), Kusiaku (1976)
Potencial de riego (ha)	86 000 (1982), 180 000 (1990)
Grandes zonas de riego (ha)	900 (1990)
Zonas medianas (ha)	772 (1990)
Pequeños agricultores/zonas pequeñas (ha)	336 (1990)
Superficie de regadío (ha)	13 000 (1982); 7 008 (1990)
Tipo predominante de riego/ entorno principal	Fondos de valles interiores (71% de la superficie total de regadío), riego con control total/parcial (28%, de cual el 72% utiliza riego superficial). Presas de tierra pequeñas o medianas dominando las zonas aguas abajo con canales y llanuras inundables de ríos (SH)
Tasa de desarrollo del riego (ha/año entre 1985-1997)	0
Principales cultivos de regadío	1. Caña de azúcar (45% de los cultivos de regadío) 2. Arroz/hortalizas (28%) 3. Frutas (23%)
Limitaciones al desarrollo del riego	– Más de 1 000 ha con control total/parcial del riego están subexplotadas o abandonadas debido a: <ul style="list-style-type: none"> • problemas de gestión • escasez de oportunidades de mercado para los productos agrícolas • el regadío no es una prioridad en los planes de desarrollo del país
Limitaciones al desarrollo de la acuicultura	– Falta de confianza de los campesinos en las iniciativas de extensión de la acuicultura
Actividades de IIA realizadas	N/D
Emplazamientos potenciales para el desarrollo de la IIA	La mayor zona de riego es la de Anié
Limitaciones al desarrollo de la IIA	N/D
Investigaciones de la IIA realizadas	N/D
Potencial de la IIA (fortalezas actuales)	– La rehabilitación de zonas ya existentes podría estimular el desarrollo del regadío [especialmente si la acuicultura es una nueva actividad integrada en ellas] – El equipamiento de los fondos de valles interiores para el riego ha sido una prioridad desde comienzos de los 90