



Cultivo de peces en campos de arroz

Editado por

Matthias Halwart

Modadugu V. Gupta



Cultivo de peces en campos de arroz

Editado por

Matthias Halwart

Departamento de Pesca de la FAO

Viale delle Terme di Caracalla

00153 Roma

Italia

Modadugu V. Gupta

Centro Mundial de Pesca

PO Box 500 GPO

10670 Penang

Malasia

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación o del Centro Mundial de Pesca, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Publicado por acuerdo con el Centro Mundial de Pesca. La FAO se responsabiliza solo por la calidad de la edición española, incluida su coherencia con el texto original. En el caso de cualquier discrepancia, dará fe el original en lengua inglesa.

ISBN 978-92-5-305605-7

Contribución del Centro Mundial de Pesca No. 1733

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe de la Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la Dirección de Información de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia, o por correo electrónico a copyright@fao.org

© FAO y Centro Mundial de Pesca 2006 (español)

© FAO y Centro Mundial de Pesca 2004 (inglés)



El Worldfish Center (Centro Mundial de Pesca) es una de las 15 instituciones internacionales de investigación del Grupo de Consultores sobre Investigación Agrícola (CGIAR) que fue invitado a iniciar campañas de conciencia pública, Cosecha Futura.

Preparación de este documento

El manuscrito original fue preparado por W.G. Yap con la contribución de S.D. Tripathi, G. Chapman, S. Funge-Smith y K.M. Li. H. Guttman revisó y condensó el manuscrito. Se recibieron valiosos comentarios y sugerencias en versiones posteriores de parte de P. Balzer, C.H. Fernando, W. Settle, K. Gallagher, R. Labrada y H. van der Wulp. Las aportaciones finales y las revisiones fueron realizadas por los editores M. Halwart y M.V. Gupta.

Traducción por P. Alvarez con la supervisión de D. Soto.

Resumen

El propósito de esta revisión es sintetizar la información disponible y resaltar el importante papel que juega la acuicultura en sistemas agrícolas basados en el arroz en cuanto a la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza. La producción acuática, además de la cosecha del arroz en sí mismo, es un recurso extremadamente importante para ganarse la vida en el campo; su consumo local y comercialización son particularmente importantes para la seguridad alimentaria debido a que es fuente de proteína animal y de ácidos grasos de fácil disponibilidad, la más confiable y barata tanto para las familias agrícolas como para las que no poseen tierras.

Esta revisión describe la historia de esta práctica y los varios ecosistemas de arroz en los cuales se cultivan los peces. Se examinan los varios sistemas de producción, incluyendo las modificaciones necesarias en los campos de arroz para integrar el cultivo de peces y el manejo agronómico y acuícola. Se ha evolucionado enormemente en el manejo de plagas en el arroz en las últimas décadas y el cultivo de arroz y otros organismos acuáticos pueden reforzar las prácticas de un cultivo saludable económica y ecológicamente.

Halwart, M.; Gupta, M.V. (eds.). 2006. Cultivo de peces en campos de arroz. Roma, FAO y Centro Mundial de Pesca. 91 p.

Prólogo

Hoy en día se cultiva el arroz en 113 países del mundo en una gama amplia de condiciones ecológicas y regímenes de agua. El cultivo de la mayoría de las plantas de arroz en sistemas de irrigación, alimentado de lluvia y de aguas profundas, ofrece el ambiente adecuado para los peces y otros organismos acuáticos. Arriba del 90 por ciento del arroz del mundo, equivalente a aproximadamente 134 millones de hectáreas, es cultivado bajo estas condiciones de inundaciones que proporcionan no sólo un hábitat para una gama amplia de organismos acuáticos, sino que también ofrecen oportunidades para su mejor crecimiento y cultivo.

El propósito de esta revisión es sintetizar la información disponible y resaltar el importante papel que juega la acuicultura en sistemas agrícolas basados en el arroz en cuanto a la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza. La producción acuática, además de la cosecha del arroz en si mismo, es un recurso extremadamente importante para ganarse la vida en el campo; su consumo local y comercialización son particularmente importantes para la seguridad alimentaria debido a que es fuente de proteína animal y de ácidos grasos de fácil disponibilidad, la más confiable y barata tanto para las familias agrícolas como para las que no poseen tierras.

Esta revisión describe la historia de esta práctica y los varios ecosistemas de arroz en los cuales se cultivan los peces. Se examinan los varios sistemas de producción, incluyendo las modificaciones necesarias en los campos de arroz para integrar el cultivo de peces y el manejo agronómico y acuícola. Se ha evolucionado enormemente en el manejo de plagas en el arroz en las últimas décadas y el cultivo de arroz y otros organismos acuáticos pueden reforzar las prácticas de un cultivo saludable económica y ecológicamente.

El impacto real y potencial del cultivo de arroz-peces en términos de mejores ingresos y una alimentación mejorada es importante pero generalmente se le subestima y subvalora. Los beneficios ocultos del cultivo de arroz-peces como la reducción de riesgo a través de la diversificación del sistema de cultivo, puede tener una atracción fuerte para muchos granjeros y sus familias. Se puede vender los peces directamente o el cultivo puede disminuir la dependencia de las familias de otras actividades de la ganadería que en su momento puede ser cambiado por dinero. También, puede que no se vendan los peces cultivados pero su producción puede ser utilizada para alimentar a sus familiares y a las personas que ayudan en la cosecha del arroz, lo cual es un beneficio que se podría considerar casi esencial para las familias con una escasez laboral.

Como actualmente se está celebrando el Año Internacional del Arroz 2004 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), éste es el momento de destacar la importancia del cultivo de arroz-peces.¹ La piscicultura en los campos de arroz ha contribuido y sigue contribuyendo a la seguridad alimentaria y al alivio de la pobreza de la población en áreas rurales. Unido a los cambios más importantes que tienen lugar en las áreas de manejo de plagas y la disponibilidad de peces para cultivar, existe un potencial considerable para que el cultivo de arroz-peces se desarrolle aún más a fin de contribuir al mejoramiento del bienestar y de la seguridad alimentaria de las familias rurales en muchos de los países productores de arroz.

M. Halwart

Departamento de Pesca, Organización de las Naciones Unidas
para la Agricultura y la Alimentación

M.V. Gupta

Centro Mundial de Pesca

¹ La Asamblea General de las Naciones Unidas (UNGA por sus siglas en inglés) declaró el año 2004 como el Año Internacional del Arroz (YR) e invitó a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para servir como la agencia principal para la implementación del Año del Arroz, en colaboración con otras asociaciones de agencias nacionales, regionales, e internacionales, organizaciones gubernamentales y el sector privado. El Departamento de Pesca de la FAO, con el apoyo de los Oficiales de Pesca de las Oficinas Regionales y Subregionales, contribuye al Año Internacional del Arroz a través de varias actividades para promover la conciencia relacionada con la importancia de la biodiversidad acuática en ecosistemas basados en arroz. Información está disponible en <http://www.rice2004.com>.

Índice

Preparación de este documento	iii
Resumen	iv
Prólogo	v
1. Introducción	1
2. Historia	3
3. El ecosistema del campo de arroz	5
3.1 Tipos de ecosistemas de campos arroceros	5
3.2 El ecosistema del arrozal húmedo	6
3.2.1 Los factores que afectan a los peces y otros organismos acuáticos	6
3.2.2 Los factores que afectan a las plantas	8
3.2.3 La fauna del campo de arroz	10
3.2.4 El impacto de la fauna acuática en el ecosistema del campo de arroz	10
3.2.5 El campo de arroz como un sistema de cultivo de peces	12
4. La modificación de los campos de arroz para el cultivo de peces	13
4.1 Aumento de la altura de los diques	13
4.2 Provisión de cribas o pantallas	13
4.3 Provisión de desagües	13
4.4 Refugios para los peces	14
4.4.1 Zanjas	14
4.4.2 Hoyos o fosas para los peces	16
4.4.3 Estanques en los campos de arroz	17
4.4.4 Los campos de arroz en los estanques	18
4.4.5 Estanques conectados a los campos de arroz	19
4.4.6 Corrales de peces dentro del campo de arroz	19
5. Sistemas de producción	21
5.1 Cultivo concurrente	21
5.1.1 Arroz y peces	21
5.1.2 Arroz y peces con ganado vacuno	21
5.1.3 Arroz y crustáceos	22
5.1.4 Cultivo concurrente pero compartamentado	24
5.2 Cultivo de rotación	25
5.2.1 Peces como segunda cosecha	25
5.2.2 Crustáceos como segunda cosecha	26
5.3 Sistema de cultivo alternado	26
6. Manejo agronómico y acuícola	27
6.1 Preparación de la pre-siembra	27
6.2 Requerimientos de agua y manejo	27
6.3 Fertilización	27
6.4 Variedades de arroz	28
6.5 La siembra de peces	29
6.5.1 Especies	29
6.5.2 El suministro de crías de alevines	33
6.5.3 Siembra y densidad de peces	33
6.5.4 Nutrición de peces y alimento complementario	34
7. Producción de arroz-peces	37
7.1 Rendimiento de peces	37
7.1.1 Arroz-peces	37
7.1.2 Arroz-peces-azolla	37

7.1.3	Arroz y crustáceos	39
7.1.4	Policultivo	39
7.2	El rendimiento de arroz	40
8.	Manejo de plagas	47
8.1	Manejo de plagas con presencia de pez	47
8.2	Manejo de malezas del arrozal	48
8.3	Manejo de invertebrados	49
8.3.1	Manejo de plagas de insectos	49
8.3.2	Manejo de caracoles	52
8.4	Manejo de enfermedades	55
9.	El impacto del cultivo de arroz-peces	57
9.1	Economía de producción	57
9.1.1.	La «línea de fondo»	58
9.1.2.	Análisis de insumos	58
9.2	Beneficios para las comunidades	58
9.2.1.	Mejora del ingreso de los granjeros	61
9.2.2.	Mejoras en la nutrición	62
9.2.3.	Salud pública	63
9.2.4.	Impacto social	63
9.3	Impacto en el ambiente	63
9.3.1.	Biodiversidad	63
9.3.2.	Recursos de agua	63
9.3.3.	Sustentabilidad	64
9.4	Participación de las mujeres	64
9.5	Impacto macroeconómico	64
10.	Experiencias de varios países	65
10.1	Asia oriental	65
10.2	Sureste de Asia	67
10.3	Sur de Asia	68
10.4	Australia	70
10.5	África, Cercano Oriente y oeste Asiático	70
10.6	Europa	71
10.7	La ex Unión Soviética	72
10.8	América del Sur y el Caribe	72
10.9	Estados Unidos de América	72
11.	Perspectivas y programa para el futuro	75
11.1	Perspectivas	75
11.2	Problemas y restricciones más importantes	75
11.3	Necesidades de investigación y desarrollo	76
11.4	Política institucional y servicios de apoyo	77
11.4.1	Dando la relevancia necesaria a los cultivos de arroz-peces	77
11.4.2	Divulgación del concepto	78
11.4.3	Entrenamiento y educación	78
11.4.4	Suministro de crías	78
11.4.5	Financiamiento	78
12.	Conclusión	81
13.	Referencias	83

1. Introducción

«Hay arroz en los campos, peces en el agua». Esta frase, inscrita en una lápida de piedra del período de Sukhothai –un reino tailandés que floreció hace 700 años– pinta una escena que debe de haber sido entonces tan idílica como continúa siéndolo ahora. El tener arroz en los campos y pesca en el agua es un epítome de abundancia y suficiencia. Ninguna otra combinación parecería ser tan fundamental y nutritivamente completa en el contexto asiático. Y como tal, pocas combinaciones de plantas y animales parecen ser más apropiadas para cultivarse juntos para mejorar la nutrición y aliviar la pobreza. Los cultivos de peces en arrozales proveen los medios para «la producción simultánea de grano y proteína del animal en el mismo pedazo de tierra» (Schuster, 1955), y en esta era tan conciente del medio ambiente, pocos sistemas de producción de alimento parecen tan legítimos y eficaces desde el punto de vista ecológico.

En el sentido más estricto, el término «cultivo arroz-peces» significa la producción² de arroz y peces en el mismo terreno al mismo tiempo. Sin embargo, también se toma como el cultivo de arroz y peces, consecutivamente uno después de otro, dentro del mismo campo o el cultivo de arroz y peces simultáneamente, de lado a lado en compartimientos separados, usando la misma agua. Los animales producidos (generalmente incluidos en la palabra inglesa «fish») no incluyen solo a los peces. También se incluyen los animales acuáticos que viven en los campos de arroz como el langostino de agua dulce, los camarones marinos, los cangrejos, las tortugas, los bivalvos, las ranas e incluso los insectos.

El cultivo de arroz y peces se practica en muchos países en el mundo, particularmente en Asia. Mientras que cada país ha desarrollado sus particulares, y únicos, enfoques y procedimientos, hay también muchas similitudes, prácticas y problemas comunes.

El potencial de los cultivos arroz-peces para ayudar en el combate contra la desnutrición y la pobreza ha sido reconocido globalmente durante mucho tiempo. El Comité del Arroz de la FAO

reconoció la importancia del cultivo de peces en los campos de arroz en 1948 (FAO, 1957). Posteriormente, ha sido el objeto de amplias discusiones en la Comisión de Pesca del Indo-Pacífico (CPIP), la Comisión General de Pesca del Mediterráneo (CGPM), la Reunión del Arroz de la FAO y en la Comisión Internacional del Arroz (CIA). La CPIP y la IRC formularon un programa conjunto para promover las investigaciones para evaluar la utilidad del cultivo de peces en arrozales.

Sin embargo, el interés internacional menguó gradualmente a lo largo de los años, quizás debido al uso de pesticidas y herbicidas en los esfuerzos tempranos por aumentar la productividad de arroz.

No fue sino hasta el final de los años ochenta cuando el interés global en el cultivo conjunto arroz-peces fue renovado. El cultivo arroz-peces se identificó como un proyecto de la Red de Sistemas de Cultivo de Arroz Asiático (ARFSN) del Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI). Este proyecto, llevado al cabo por el Centro internacional para la ordenación de los recursos acuáticos vivos (ICLARM), actualmente el Centro Mundial de Pesca (WorldFish Center), se llevó a cabo como un esfuerzo conjunto que involucraba a muchas instituciones a todo lo largo del continente Asiático. Al mismo tiempo, el Centro internacional de investigación para el desarrollo (CIID) de Canadá copatrocinó el Simposio Nacional de Cultivos Arroz-Peces de China en Wuxi. Los trabajos presentados en el simposio se tradujeron al inglés y fueron publicados por el CIID (MacKay, 1995). Mucha de la información sobre China contenida en esta revisión se obtuvo de ese libro.

Durante los últimos 15 años, la expansión de los cultivos arroz-peces ha sido desigual y se han descontinuado las campañas para promover su práctica. Ha existido una multitud de razones para ello incluyendo inadecuadas campañas de extensionismo, los pesticidas baratos y fácilmente disponibles y la falta de crédito.

Este informe hace una revisión sobre el cultivo arroz-peces como se practica en diferentes países, explora sus similitudes y diferencias e identifica las experiencias que pueden ser útiles para promover el cultivo arroz-peces en otras partes del mundo.

² El cultivo intencional de organismos de origen silvestre o en cautiverio.

Éste no es un manual de técnicas de cultivo sino que intenta describir como se ha llevado a cabo esta técnica en varias partes del mundo.

El informe se estructura en cuatro secciones principales y una conclusión breve. Después de la introducción, la primera sección empieza con la información sobre antecedentes, incluyendo una historia breve del cultivo arroz-peces (Capítulo 2) y una descripción del ecosistema del arrozal (Capítulo 3). La segunda sección continúa con la descripción de las modificaciones de ese sistema requeridas para el cultivo de peces en campos de arroz (Capítulo 4), los diferentes sistemas de la producción (Capítulo 5), las técnicas de cultivo y

administración (Capítulo 6), producción y rendimientos (Capítulo 7), y el manejo de plagas (Capítulo 8). La tercera sección pretende poner en contexto los cultivos arroz-peces, discutiendo su importancia para los productores así como su impacto social y medioambiental (Capítulo 9). La cuarta sección hace una revisión de las experiencias y estatus de los cultivos arroz-peces en el mundo (Capítulo 10) y concluye con las perspectivas y programas para el futuro, así como las lecciones aprendidas, principalmente en Asia, que pueden ser útiles en la promoción de los cultivos de arroz-peces en otras partes del mundo (Capítulos 10-11).

2. Historia

Tanto la evidencia botánica como la lingüística apuntan a que el origen del cultivo del arroz cultivado en un arco a lo largo de Asia continental que se extiende de la India oriental a través de Myanmar, Tailandia, la República Popular Democrática Lao, el norte de Viet Nam y China del sur. Aunque la evidencia más antigua del cultivo del arroz viene de Myanmar y Tailandia, el cultivo húmedo del arroz³, que involucra el encharcado y trasplante de las plantas germinadas de arroz fue desarrollado en China. En contraste con otras áreas, la historia del arroz en los valles fluviales y las áreas bajas en China es más larga que su historia como una cosecha de zonas altas.

Puede asumirse que una vez que el cultivo de arroz progresó más allá de los cultivos en las áreas despejadas de bosque al de campos inundados con agua estancada, los peces pudieran haber sido un producto adicional. Los peces y otros organismos acuáticos habrían entrado junto con el agua de inundación, siendo el campo del arroz su hábitat temporal, para posteriormente crecer y reproducirse durante la duración del ciclo de cultivo del arroz hasta convertirse en un producto adicional del campo de arroz, bienvenido por los granjeros.

Nunca podrá saberse exactamente cuando o donde se inició la práctica de introducir, deliberadamente desde el inicio, a los peces en los campos de arroz. Sin embargo, se reconoce ampliamente que la acuicultura inició desde épocas lejanas en China, donde el cultivo de la carpa común (*Cyprinus carpio*) en estanques empezó al final de la Dinastía Shang (1401-1154 AC) (Li, 1992), se supone que los cultivos de arroz con peces introducidos deliberadamente también empezaron en China. Los archivos arqueológicos y escritos dan evidencia de cultivos de arroz y peces desde hace más de 1,700 años en China y la práctica puede haberse originado cuando criadores de peces soltaban sus sobrantes de crías en los campos de arroz (Li, 1992; Cai y Wang, 1995).

Los modelos hechos en arcilla de campos de arroz con figurillas de carpa común, pez dorado (*Carassius carassius*), carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), y otros animales acuáticos datan de la Dinastía Han tardía (25-220 DC) (Bray, 1986, citado en FAO, 2000). El registro escrito más antiguo data de la Dinastía Wei (220-265 DC) que menciona «un pez pequeño con escamas amarillas y cola roja, criado en los campos de arroz del Condado de Pi al nordeste de Chendu, en la Provincia de Sichuan, que puede usarse para hacer salsa». Se piensa que el pez mencionado es la carpa común.

El cultivo de arroz y peces fue descrito por primera vez por Liu Xun (hacia 889-904 DC) (Cai, Ni y Wang, 1995) quién escribió: «En Xin Long, y otras prefecturas, la tierra de las laderas están erosionadas pero las áreas cercanas a las casas han sido convertidas en campos de cultivo. Cuando vienen las lluvias primaverales, el agua se acumula en los campos alrededor de las casas. Entonces se sueltan las crías de carpa herbívora en los campos inundados. Uno o dos años después, cuando los peces han crecido, ya han devorado las raíces de las hierbas. Este método no sólo fertiliza los campos, sino también produce peces. Entonces, el arroz se puede plantar sin el problema de las malezas. Ésta es la mejor manera de cultivar.»

Es posible que la práctica del cultivo de arroz y peces se desarrolló independientemente en India y otras partes del «arco asiático» del cultivo húmedo de arroz, pero no fue documentado ni difundido. Aparte de ser descrita como «una práctica secular» existen pocos estimados de por cuánto tiempo el cultivo de arroz y peces ha sido realizado fuera de China, aunque algunos autores sugieren que este cultivo fue introducido en el Sudeste de Asia hace 1 500 años desde la India (Tamura, 1961; Coche, 1967; Ali, 1992).

Se piensa que el cultivo integrado de arroz y peces ha sido llevado a cabo desde hace más de 200 años en Tailandia (Fedoruk y Leelapatra, 1992). En Japón e Indonesia, el cultivo de arroz y peces se desarrolló a mediados del siglo XVIII (Kuronoma, 1980; Ardiwinata, 1957). Un análisis del cultivo de arroz y peces mostró que a mediados del siglo XIX éste se realizaba en 28 países de seis continentes: África, Asia, Australia, Europa, América del Norte y América del Sur (FAO, 1957). La carpa común era entonces la especie más popular,

³ El cultivo húmedo del arroz incluye los ecosistemas de los arrozales de tierras bajas alimentados por las lluvias, susceptibles de inundaciones y cultivos irrigados que juntos llegan al 87 por ciento del área de arrozales del mundo y al 96 por ciento de la producción mundial de arroz (IRRI, 2001).

seguida por la tilapia de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*). En Malasia el gurami de piel de serpiente (*Trichogaster pectoralis*) era una especie preferida en los cultivos y la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) fue usada en Egipto. Otras especies mencionadas incluyen el pez búfalo (*Ictiobus cyprinellus*), el pez dorado⁴ (*Carassius auratus*), sabalote (*Chanos chanos*), lisas o mujoles (*Mugil* spp.), gobis (familia Gobiidae), anguilas, el cabeza de sepiente (*Channa* spp.), pez gato (*Clarias batrachus*), gurami (*Trichogaster pectoralis*) así como camarones peneidos (*Penaeus* spp.).

Coche (1967) señala que en la mayoría de los países, los cultivos de arroz y peces no involucraba la introducción deliberada o selectiva de los peces y que las especies cultivadas y su densidad media dependían de lo que entraba junto con las aguas de inundación. Así, las especies normalmente cultivadas reflejaban lo que existía en las aguas que inundaban o irrigaban los campos de arroz. Aparentemente, el cultivo de arroz y peces no se extendió a partir de un punto focal sino que pudo haberse desarrollado independientemente en varios países.

⁴ Nótese que en los informes más antiguos, solo se usa el término «pez dorado» y Ardiwinata (1957) sugiere que éste incluía tanto a *Cyprinus carpio* como a *Carassius auratus*.

3. El ecosistema del campo de arroz

3.1 Tipos de ecosistemas de campos arroceros

El cultivo de arroz se practica en varias zonas agroecológicas (ZAEs) aunque la mayoría del cultivo del arroz ocurre en el subtropico húmedo cálido/templado (ZAE 7), en los trópicos cálidos húmedos (ZAE 3) y en los trópicos cálidos sub-húmedos (ZAE 2). A todo lo largo de las ZAEs, el IRRI (1993) ha categorizado los ecosistemas de arrozales en cuatro tipos: el ecosistema de arroz irrigado, el ecosistema de arroz de tierras bajas alimentado por lluvia, el ecosistema de arroz de tierras altas, y el ecosistema de arroz propenso a inundación (Figura 1). Aparte del sistema de tierras altas, los demás se caracterizan por el cultivo de arroz húmedo. Asia produce más del 90 por ciento de la producción de arroz del mundo y cuenta con casi el 90 por ciento de las áreas de cultivo de arroz. En el ecosistema de campos irrigados de arroz, los arrozales tienen asegurado el suministro de agua para una o más cosechas al año. Las tierras irrigadas cubren aproximadamente la mitad de los campos

de arroz del mundo y producen el 75 por ciento del suministro del arroz del mundo.

El ecosistema de arroz de tierras bajas alimentado por lluvia se caracteriza por su falta de control sobre el agua y por problemas de inundación y de sequía. Aproximadamente un cuarto de las tierras de arroz del mundo es de este tipo.

El ecosistema de arroz de tierras altas varía desde los valles bajos hasta las laderas empinadas y ondulantes con alto escurrimiento y movimientos laterales del agua. Los suelos varían en la textura, capacidad de retención de agua y estado de los nutrientes desde que los muy lixiviados alfisols del Africa Oriental a las fértiles tierras volcánicas en el Sudeste de Asia. Menos del 13 por ciento de las tierras de arroz del mundo pertenecen a este tipo.

Las inundaciones no son el único problema en estas áreas ya que también pueden padecer de sequías así como de suelos ácidos sulfatados y/o salinos.

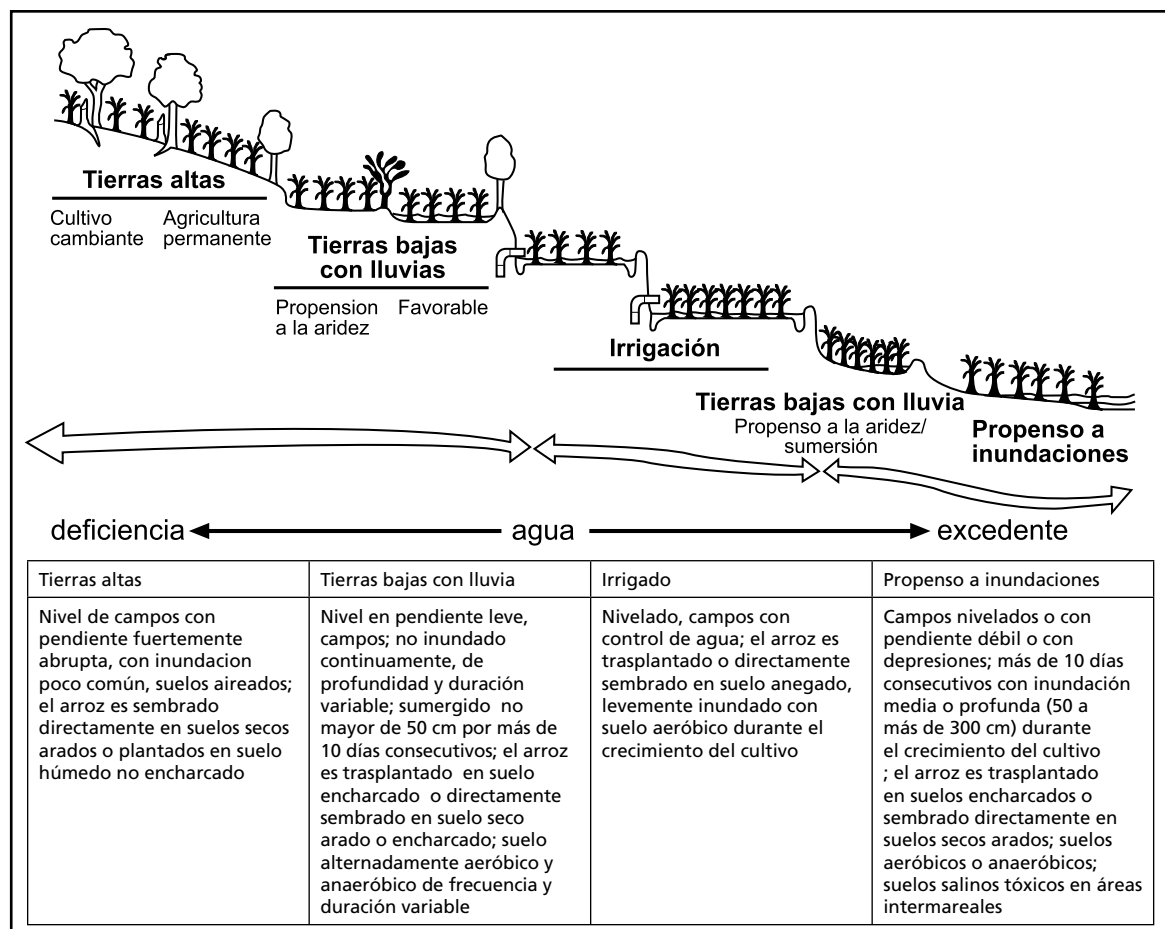


Figura 1. Agro-ecosistemas de arroz (Greenland, 1997 adaptado de IRRI, 1993).

Sin importar el tipo de ecosistema de entre los mencionados, se pueden criar peces dondequiera que se practique el cultivo húmedo del arroz. El principal determinante de la viabilidad de criar peces en arrozales está dado por la disponibilidad de agua y capacidad de retención de agua y de formación de diques. El volumen y estacionalidad del agua determina el enfoque apropiado para el cultivo de arroz y peces en un área dada. Los terrenos donde el suministro de agua es muy estacional o restringido tienen opciones limitadas para el cultivo de arroz y peces, mientras que en los que cuentan con un suministro constante a lo largo del año se tiene un potencial mayor para estos cultivos. Las referencias a los arrozales en el resto de este documento se refieren al cultivo húmedo del arroz.

3.2 El ecosistema del arrozal húmedo

El arrozal húmedo puede describirse como un «ambiente acuático temporal» (Roger, 1996) o «un tipo especial de humedal» que puede ser considerado «un sucesor de pantanos poco profundos o marismas» (Ali, 1998) que es influenciado y mantenido por las actividades de los granjeros. Heckman (1979) sugirió que estos terrenos pueden ser mantenidos en un equilibrio mientras se les cultive año con año.

En general, el ambiente acuático en los campos de arroz se caracteriza por la poca profundidad, la gran variación en la turbiedad así como las amplias fluctuaciones en la temperatura, el pH y oxígeno disuelto. Debido a la naturaleza intermitente de la provisión de agua la flora y fauna acuáticas, que aunque pueden ser ricas, son transitorias por naturaleza y tienen sus orígenes en los canales de irrigación y depósitos de agua adyacentes (Fernando, 1993).

En esta sección no se pretende hacer una revisión exhaustiva sino enfocarse en aspectos pertinentes al cultivo de peces en campos de arroz. Para una discusión más profunda sobre el ecosistema del arrozal, el lector debe remitirse a Heckman (1979) o Roger (1996). El enfoque aquí presentado se centra en los aspectos principales del ecosistema del arrozal que afectan a los animales y plantas que viven en él así como una apreciación global breve de sus habitantes.

3.2.1 Los factores que afectan a los peces y otros organismos acuáticos

Los factores principales que afectan los peces y otros animales en el campo de arroz son el nivel de agua, la temperatura, el oxígeno disuelto (OD), la acidez (medida como el pH) y el amoníaco no ionizado (NH_3). Otros factores también son importantes pero no en la misma magnitud. Para una discusión más detallada en cómo los varios factores afectan a los peces y otros organismos acuáticos, se aconseja al lector consultar a Boyd (1979, 1982).

El nivel de agua en los campos de arroz varía a menudo de 2,5 a 15 cm, dependiendo de la disponibilidad de agua y el tipo de administración del agua, haciéndolo un ambiente poco propicio para organismos que requieren de aguas más profundas. Ésta es la primera y a menudo la mayor restricción para los tipos de organismos que pueden ser encontrados en el ambiente del campo de arroz. Naturalmente, éste no es el caso en las tierras de arroz susceptibles a las inundaciones.

A profundidades tan someras, el agua se ve muy afectada por las condiciones climáticas (la radiación solar, la velocidad del viento, la temperatura del aire y la lluvia). Además, un campo de arroz inundado funciona como un invernadero donde la capa de agua actúa como el vidrio mismo. La radiación de onda corta (la luz) del sol calienta la columna de agua y la tierra subyacente, pero la radiación de onda larga (el calor) ve bloqueado su escape, aumentando así la temperatura. La figura 2 muestra que la cantidad de calor que se acumula depende de muchos factores, pero normalmente el agua y la tierra de capas superiores en un campo de arroz es mayor que la temperatura del aire (Roger, 1996).

La temperatura máxima medida en la interfase tierra/agua puede alcanzar los 36-4 °C a media tarde, a veces excediendo los 40 °C durante el inicio del ciclo de cosecha. Las fluctuaciones diurnas son a menudo de aproximadamente 5 °C y disminuyen al aumentar la densidad del dosel de las plantas de arroz. Se han registrado variaciones diurnas máximas por encima de 16 °C en Australia.

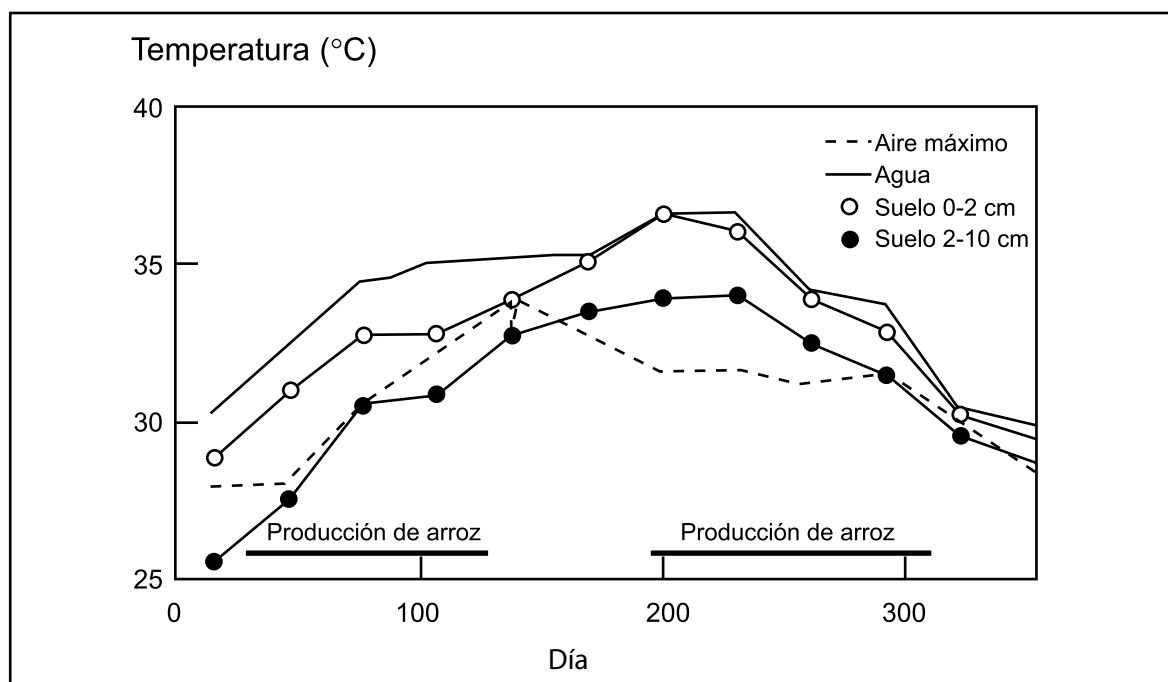


Figura 2. Valores promedio mensuales de temperatura del aire máximo y de temperatura en el agua de inundación en la parte superior (0-2 cm) e inferior del suelo (2-10 cm) en 1 400 ha, Granja IRRI, 1987 (Roger, 1996).

Como todos los animales consumen oxígeno, la cantidad de OD es de gran importancia, aunque algunos organismos son anfibios y otros pueden usar oxígeno atmosférico. La concentración de DO en un campo de arroz es el resultado de procesos mecánicos, biológicos y químicos. Los procesos mecánicos incluyen la acción del viento y la difusión resultante a través de la interfase aire-agua. Una fuente importante de OD en la columna de agua es la actividad fotosintética de la biomasa de plantas acuáticas que puede llevar a la sobre-saturación a mediados de la tarde, aunque por la noche el oxígeno se agota por la respiración de las plantas. Así, la respiración de los animales, y bacterias, junto con procesos oxidativos, resultan en condiciones anóxicas durante la noche y antes del amanecer (Fernando 1996). Esto es más pronunciado en los campos de arroz de aguas profundas que pueden volverse anóxicos durante la segunda mitad de la estación lluviosa (Universidad de Durham, 1987).

La respiración utiliza oxígeno y produce anhídrido carbónico (CO_2) que cuando se disuelve en el agua forma el ácido carbónico (H_2CO_3), que a su vez se disocia en bicarbonatos (HCO_3^-) y carbonatos (CO_3^{2-}). Esto produce la descarga de iones de hidrógeno (H^+) que aumentan la acidez del agua, y causan la caída del pH. El CO_2 atmosférico a través de la difusión natural y la agitación del agua de la superficie, así como la descomposición de la materia orgánica son otras

fuentes importantes de anhídrido carbónico. Por otro lado, el retiro del CO_2 del agua debido a la actividad fotosintética causa el aumento de los iones hidroxilo (OH^-) e incrementos del pH del agua.

El nivel del pH del agua en los campos de arroz se correlaciona positivamente con el OD dado que su concentración es un resultado de la actividad fotosintética que agota el carbono y reduce el CO_2 disuelto (y consecuentemente la concentración de H^+), aumentando los niveles del pH y el OD. Recíprocamente, los niveles de ambos bajan durante los periodos cuando la respiración domina (Figura 3). Dependiendo de la alcalinidad (o capacidad de amortiguamiento) del agua, estas variaciones diurnas pueden ir de un OD de cero a la sobre-saturación y del pH ácido a uno muy básico ($\text{pH} > 9.5$) en aguas en período de florecimiento algal (Roger, 1996).

El amoníaco (NH_3) es una fuente importante de nitrógeno en el campo de arroz. En su forma ionizada, NH_4^+ , el amoníaco es bastante inocua para los peces, mientras que su forma no ionizada, NH_3 , es muy tóxica. La proporción de las diferentes formas es dependiente del pH del agua donde la concentración de NH_3 aumenta en un factor de 10 con el aumento de una unidad de pH entre el pH 7 y el 9 (Roger, 1996). Como tal, la concentración del amoníaco en el agua puede causar la muerte de los peces y otros organismos cuando el pH del

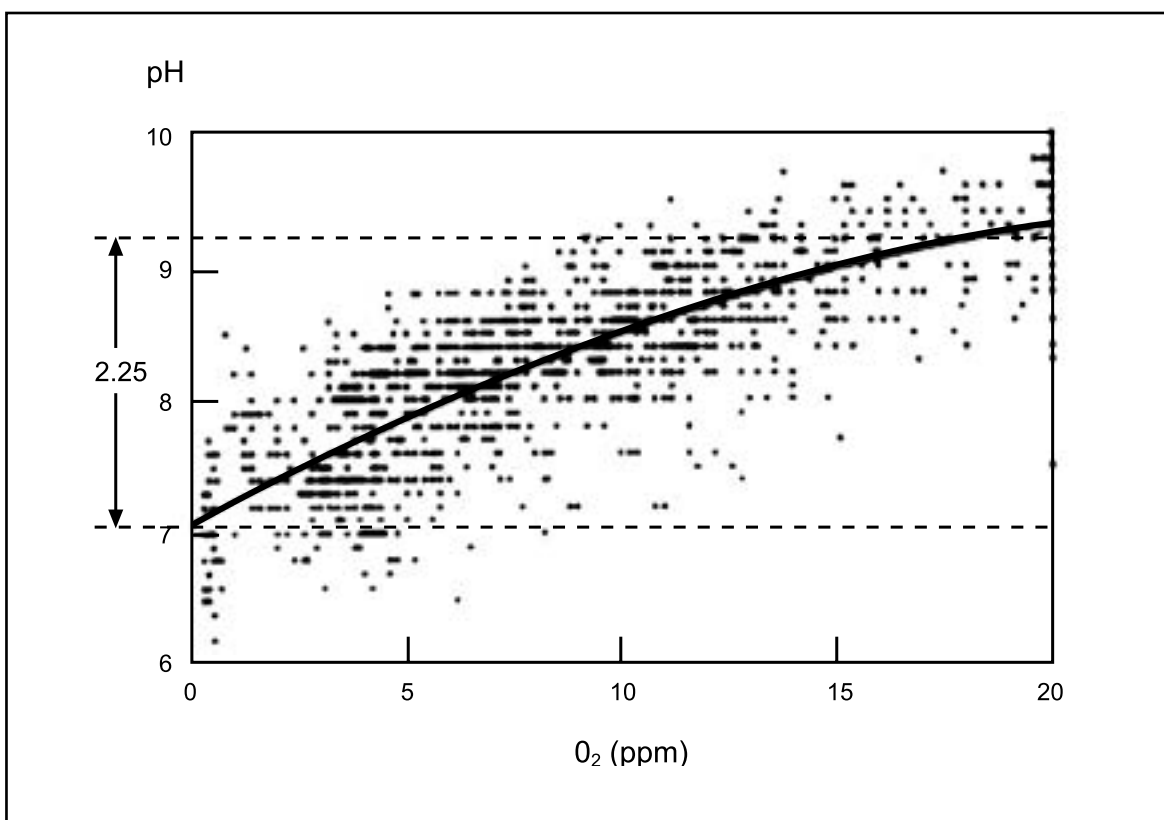


Figura 3. Correlación entre la concentración de oxígeno y el pH del agua de inundación en cinco suelos inundados (P.A. Roger and P.M. Reddy, IRRI, 1996 no publicado, de Roger, 1996).

agua alcanza niveles altos, particularmente después de aplicar fertilizantes ricos en nitrógeno a los campos de arroz.

3.2.2 Los factores que afectan a las plantas

Los factores principales que afectan a las plantas en los campos de arroz son el agua, la luz, la temperatura, los nutrientes de la tierra (el nitrógeno, fósforo, potasio y otros minerales) así como las prácticas de cultivo. La flora del campo del arroz consiste en las plantas de arroz así como muchos tipos de algas y otras macrofitas vasculares. La vegetación aparte de las plantas de arroz es a menudo llamada biomasa fotosintética acuática (BFA). Tan solo las algas en un campo de arroz desarrollan una biomasa de varias toneladas de peso fresco por hectárea (Roger, 1996).

Un nivel de inundación continua de 5,0-7,5 cm de agua es considerado como bueno para un rendimiento óptimo de grano, el suministro de nutrientes y el control de malezas. Cuando las plantas de arroz maduran, necesitan muy poca agua y normalmente los campos de arroz se drenan aproximadamente 10 días antes de la cosecha para hacer el trabajo más fácil. Al secar el

campo de arroz se produce un cambio drástico en la composición de las especies florales ya que solo las algas del suelo y las algas azul-verdes (cianobacterias) formadoras de esporas pueden resistir períodos de resequead. La composición química del agua en los campos de arroz depende inicialmente de su origen (la lluvia, el agua de inundación de un río, de un canal de irrigación o un pozo). Una vez que se vuelve parte del campo de arroz, su composición cambia drásticamente debido a la dilución por la lluvia, la dispersión de las partículas del suelo de la superficie, la actividad biológica y la aplicación de fertilizante.

La cantidad de luz solar en un campo de arroz depende de la estación del año, la latitud, la cubierta nubosa, así como la densidad del dosel de las plantas. El dosel de las plantas de arroz causa una disminución rápida en la cantidad de luz solar que alcanza el agua. Un mes después de trasplantarlas, la cantidad de luz que alcanza la superficie del agua puede caer tanto como 85 por ciento y después de dos meses hasta en un 95 por ciento (Figura 4). El oscurecimiento por las plantas de arroz puede limitar la actividad fotosintética de las algas en un campo de arroz cuando éstas crecen. La turbiedad del agua de inundación, la densidad del plancton, y las macrofitas flotantes reducen aún más la

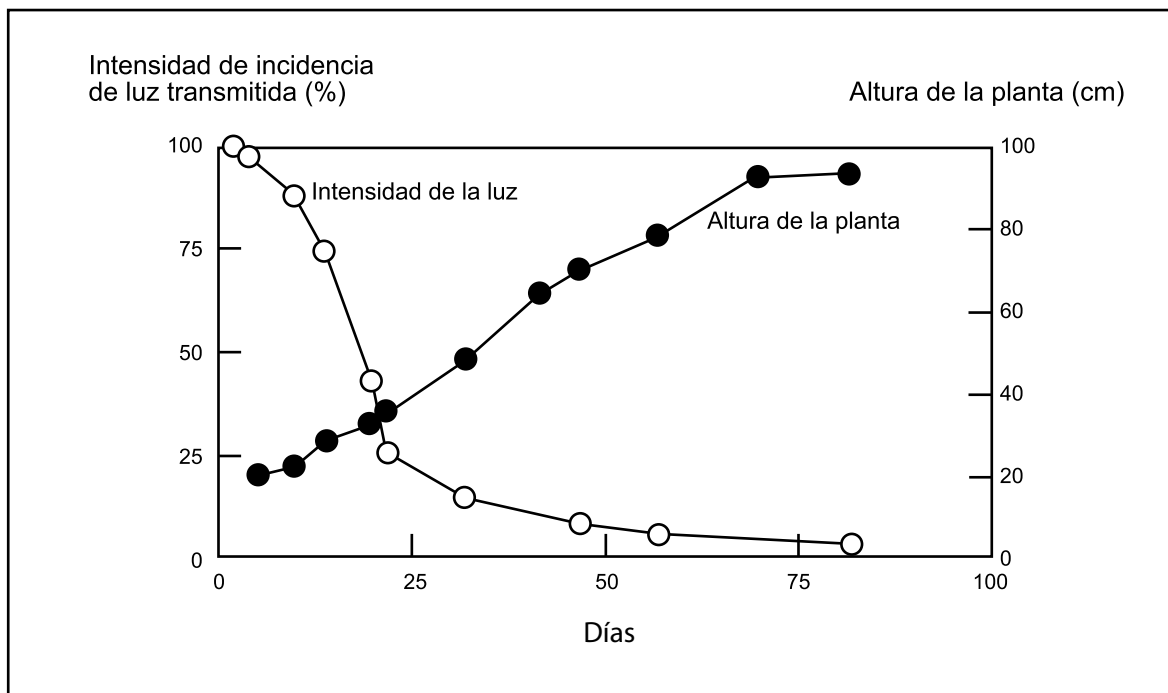


Figura 4 . Relación entre altura de la planta e intensidad de luz transmitida bajo el dosel nuevo (Kurasawa, 1956, de Roger, 1996).

penetración de la luz. La disponibilidad de luz no sólo influye en la cantidad sino también en la composición de las especies de la biomasa acuática fotosintética. Muchas algas verdes están adaptadas a las condiciones de alta intensidad de luz mientras que las algas azul-verdes o cianobacterias se adaptan a intensidades bajas de luz. Sin embargo, se conocen ciertas especies de algas azul-verdes que son resistentes e incluso para ser resistentes a, o incluso ser favorecidas por, intensidades de luz altas (Roger, 1996).

Tanto las temperaturas altas como las bajas pueden deprimir la productividad del fitoplancton y la fotosíntesis. De manera similar a la luz del sol, la temperatura puede tener también un efecto selectivo. Las temperaturas superiores favorecen a las algas azul-verdes mientras las más bajas estimulan a las algas eucarióticas.

Los factores del suelo también determinan la composición de algas, las tierras ácidas favorecen a las clorofitas (las algas verdes) y los suelos alcalinos lo hacen con las cianobacterias fijadoras de nitrógeno. La aplicación de cal agrícola (CaCO_3) en los suelos ácidos aumenta el nitrógeno disponible y promueve el crecimiento de las cianobacterias. Las cantidades altas de fósforo también parecen ser un factor importante para el crecimiento de las algas verde-azules.

Los efectos más profundos en la flora del campo del arroz pueden ser el resultado de la intervención

humana o de las prácticas de cultivo. El cultivo produce la incorporación de algas y macrofitas así como sus esporas en la tierra y la dispersión de partículas de arcilla en el agua. Después de ser mezcladas con el suelo, es probable que las formas móviles de algas como los flagelados tendrán más éxito en la recolonización ya que son capaces de moverse hacia la superficie para exponerse a la luz del sol. La suspensión de partículas de arcilla, por otro lado, hace el agua turbia y, como resultado, reduce la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis. El nitrógeno mineralizado se libera rápidamente en el agua de inundación que sigue a la preparación de la tierra. Se cree que esta es la razón detrás de los florecimientos algales frecuentemente observados inmediatamente después de la inundación de los campos.

El método de plantar también afecta el crecimiento algal. El trasplante favorece el crecimiento algal comparado con sembrar a voleo dado que éste resulta en un dosel continuo más pronto que reduce la luz disponible en comparación con el trasplante.

La fertilización, intencional para la planta de arroz, no puede sino afectar el crecimiento y desarrollo de todos los organismos acuáticos en el agua de inundación. Los efectos dependen del tipo de fertilizantes y los micronutrientes usados y pueden variar de sitio a sitio. Aún más, cada planta y especie algal también reacciona diferentemente a las aplicaciones de N, P, K y CaCO_3 .

De importancia para el cultivo arroz-peces es la aplicación de fertilizante rico en nitrógeno como el sulfato de amonio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ y la urea. Su aplicación produce un aumento de la concentración del amoníaco en el agua, a 40-50 ppm con el sulfato de amonio y menos de la mitad de eso con la urea. La aplicación de fósforo que se hace a menudo en intervalos mensuales estimula el crecimiento algal así como la productividad. Por otra parte, no tiene un efecto notable en los animales del campo de arroz.

La aplicación de NPK en la superficie frecuentemente produce un crecimiento algal profuso de las formas planctónicas seguido por el de las formas filamentosas que persisten por más tiempo. El fertilizante rico en nitrógeno favorece el crecimiento de algas eucarióticas inhibiendo el crecimiento de las verdes azules. En las tierras deficientes en fósforo, el conjunto de los fertilizantes ricos en fósforo o el estiércol mejoran el crecimiento de algas. El calcio raramente es un factor limitante para el crecimiento algal en los campos de arroz, pero el encalado estimula el crecimiento de las algas azul-verdes al elevar el pH. El uso de estiércol orgánico puede reducir el crecimiento algal temporalmente durante la fase de descomposición activa, pero puede favorecer el crecimiento de algas azul-verdes posteriormente.

La composición de las plantas acuáticas en un campo de arroz también puede ser modificada por los organismos en el campo que puedan ser patógenos, antagonistas o herbívoros. Ciertas bacterias, hongos y virus son patógenos e influyen en la sucesión de especies. Algunas algas son antagónicas y liberan sustancias que inhiben el crecimiento de otras. Finalmente, encontramos a los animales herbívoros (organismos que dependen de las plantas acuáticas como alimento, como los cladóceros, los copépodos, los ostracodos, larvas de mosquito, caracoles y otros invertebrados).

En las parcelas experimentales de arroz del IRRI en las Filipinas, se ha medido la productividad primaria que va de 1,0 a 2,0 $\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$, pero en la mayoría de los casos iría de 0,2 a 1,0 $\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$. Estos valores son similares a los valores de productividad reportados en los lagos eutróficos.

3.2.3 La fauna del campo de arroz

El campo de arroz tiene una biodiversidad sorprendentemente grande, quizás la más grande de cualquier sistema tropical alimentado por la

lluvia, donde Heckman (1979) registró un total de 589 especies de organismos en un campo de arroz en Tailandia. De éstos, hasta 233 eran invertebrados (excluyendo los protozoarios) que representan a seis Fila, de las cuales más de la mitad de las especies eran artrópodos. Se encontraron 18 especies de peces y 10 especies de reptiles y anfibios. Un número similar de peces, además de caracoles, cangrejos e insectos grandes se reportan en Camboya (Gregory y Guttman, 1996).

Los campos de arroz también sirven como hábitat para los pájaros y fauna durante parte o en todo su ciclo de vida. Ali (1998) enlista por lo menos 13 especies de pájaros y 6 mamíferos pequeños que pueden encontrarse en los campos de arroz.

La biodiversidad del campo de arroz no sólo está bajo amenaza debido a las prácticas cambiantes de cultivo con extendido uso de la mecanización e insumos químicos, sino también debido a la degradación medioambiental que lleva a la desaparición de hábitat (o refugios) para los organismos en la vecindad de los campos de arroz (Fernando, Furtado y Lim, 1979). Los campos de arroz eran, y permanecen aún, como una fuente rica de organismos comestibles en muchas áreas. Heckman (1979) encontró que una especie de verdura y 16 especies animales eran colectadas en un solo campo de arroz en Tailandia. Se encuentran cifras similares en otras áreas del Sudeste de Asia (Gregory 1996; Gregory y Guttman, 1996). Balzer, Balzer y Pon, 2002 reportaron que aproximadamente 90 especies acuáticas (excluyendo las plantas) eran colectadas por los granjeros camboyanos en los campos de arroz y consumidos diariamente por las comunidades rurales. Tal diversidad de comida en un campo de arroz, aunque es todavía común en muchas áreas, se reporta que está disminuyendo (Halwart, 2003b).

3.2.4 El impacto de la fauna acuática en el ecosistema del campo de arroz

La fauna acuática juega un papel importante en el ciclo de nutrientes. Ya sea como consumidores primarios o secundarios, los animales excretan formas inorgánicas y orgánicas de nitrógeno y fósforo y son un factor importante en el intercambio de nutrientes entre la tierra y el agua. Entre los organismos, los oligoquetos béticos (familia Tubificidae) han recibido una atención especial porque ellos pueden moverse dentro de la capa reducida anóxica del suelo (que yace bajo

la capa oxidada poco profunda) y en el agua de inundación. Junto con los ostrácosos y larvas de dípteros, los oligoquetos responden positivamente a las aplicaciones de fertilizante de nitrógeno cuando se aplica esparciéndolo, pero no cuando se aplica por medio de su colocación en aguas profundas. Las poblaciones de caracoles indígenas son, por otro lado, negativamente afectadas por la aplicación esparcida de fertilizantes de nitrógeno (Simpson, 1994).

Los peces juegan un papel importante en el ciclo de nutrientes del ecosistema del campo de arroz. Cagauan (1995) enlista cuatro maneras de como los peces pueden influir en la composición de nutrientes del agua de inundación y el suelo superficial oxidado así como en el crecimiento de la planta de arroz. Primero, contribuyendo con más nutrientes al campo de arroz a través de la excreción de heces así como a través de la descomposición de peces muertos. Segundo, por la liberación de nutrientes fijados en el suelo cuando el pez nada por encima y dispersa, las partículas del suelo al perturbar la interfase tierra-agua. Tercero, haciendo el suelo más poroso cuando los peces perturban la interfase tierra-agua, aumentando la captación de nutrientes por el arroz. Finalmente, los peces ayudan al reciclado de nutrientes cuando se alimentan de la biomasa fotosintética y otros componentes del ecosistema.

Más específicamente, los peces afectan el ciclo del nitrógeno en un campo de arroz. Cagauan, de la Cruz y Lightfoot (1993) encontró que un campo de arroz con peces tiene una capacidad más alta de producir y capturar nitrógeno que uno sin peces (Cuadro 1). Al mismo tiempo, los peces pueden ayudar a conservar el nitrógeno reduciendo la actividad fotosintética (alimentándose de la biomasa acuática fotosintética y aumentando la turbiedad), manteniendo bajo el pH reduciendo así la volatilización del amoníaco. Esto puede ser

importante, ya que las pérdidas de nitrógeno a través de la volatilización del amoníaco se han estimado del 2 al 60 por ciento del nitrógeno aplicado (Fillery, Simpson y de Datta, 1984).

Los peces también afectan el ciclo del fósforo. El fósforo es a menudo un nutriente limitante para la producción primaria cuando se fija en el suelo y no es disponible para las plantas en el campo de arroz. Los peces, al perturbar el suelo, aumentan su porosidad y promueven la transferencia de fósforo. Por otro lado, al alimentarse de la población de oligoquetos, los peces pueden tener exactamente también el efecto opuesto, ya que los oligoquetos aumentan la porosidad del suelo. Se encontró que las parcelas sin peces tienen la porosidad del suelo más alta debido a la presencia de oligoquetos. Se ha encontrado que los peces son capaces de reducir la población de oligoquetos en un campo de arroz en un 80 por ciento (Cagauan, De la Cruz y Lightfoot, 1993).

3.2.5 El campo de arroz como un sistema de cultivo de peces

En principio, con tal de que exista suficiente agua en un campo de arroz, éste puede servir como sistema de cultivo de peces. Sin embargo, un campo de arroz está pensado para producir arroz y, por consiguiente, las condiciones no siempre son óptimas para los peces. Al nivel más básico se encuentra el hecho de que el arroz no necesariamente requiere un nivel fijo de agua para sobrevivir. El arroz puede crecer con éxito en tierras saturadas, sin agua estancada (Singh, Early y Wickham, 1980), y evidencias recientes sobre los sistemas de intensificación del cultivo de arroz sugieren que la irrigación intermitente pueda aumentar los rendimientos del mismo. Sin embargo, incluso con una columna de agua continuamente presente, un campo de arroz inundado no es necesariamente un lugar ideal para los peces. La temperatura del agua puede alcanzar niveles muy altos. También, el

Cuadro 1. Resumen estadístico de N modelos de campos de irrigación en tierras bajas con y sin peces.

Unidad	Arroz	Arroz-Peces
Producción total (kg N-cosecha ⁻¹)	465,60	476,80
Flujo total a detritus (kg N·ha ⁻¹ ·cosecha ⁻¹)	447,10	456,80
Rendimiento total (kg N·ha ⁻¹ ·cosecha ⁻¹)	1 122,22	1 183,60
Rendimiento reciclado (kg N·ha ⁻¹ ·cosecha ⁻¹) (incluye detritus)	334,40	346,30
Índice de reciclaje (%)	59,60	58,50
Longitud de paso media	11,45	12,11

Fuente: Cagauan, de la Cruz y Lightfoot (1993).

Cuadro 2. Comparación entre requerimientos ambientales de peces y cultivo de arroz.

Parámetro	Intervalo normal	
	Arroz	Peces
1. Profundidad de agua	Mínimo: suelos saturados no inundables. Ideal: Inundación permanente iniciando con 3 cm de profundidad e incrementándose gradualmente a un máximo de 15 cm por 60 días. Drenaje completo de 1-2 semanas antes de la cosecha (Singh, Early y Wickham, 1980)	De 0,4-1,5 m para cría y 0,8-3,0 m para crecimiento o engorda. (Pillay, 1990))
2. Temperatura	Temperatura de agua y suelo de más de 40 °C y fluctuaciones de más de 10 °C en un día sin aparente efecto de deterioro.	De 25°-35 °C para especies tropicales. Preferiblemente temperatura estable. La alimentación puede disminuir a temperaturas por debajo o sobre el rango normal. La tasa metabólica se duplica con cada elevación de 10 °C.
3. pH del agua	Neutro a alcalino.	De 6,5-9,0 (Boyd, 1979).
4. Oxígeno	Importante durante la fase de sembrado para el desarrollo de radículas.	Preferiblemente cerca de la saturación o a nivel de saturación (5,0-7,5 ppm dependiendo de la temperatura).
5. Amoníaco	Son comunes altos niveles de amoníaco inmediatamente después de la fertilización.	Amoníaco no ionizado altamente tóxico, la forma ionizada generalmente es segura.
6. Transparencia y turbiedad	Sin material.	Importante para el crecimiento para alimento natural. Los niveles muy altos de partículas suspendidas pueden impedir la respiración.
7. Período de cultivo	De 90-120 días por variedad de alto rendimiento; más de 160 días para variedades tradicionales.	De 120-240 días dependiendo de la especie y los requerimientos de mercado.

arroz requiere fertilizante que aumenta el nivel de amoníaco total en el agua y puede aumentar así su forma tóxica no ionizada. El arroz no requiere oxígeno en el agua –un elemento esencial para la mayoría de los peces. Finalmente, el cultivo de arroz requiere otras intervenciones humanas que

pueden ser perjudiciales para la supervivencia y/o crecimiento del pez, como los desyerbadores mecánicos o la aplicación de herbicidas. Algunos de los requisitos contrastantes del arroz y los peces se resumen en el Cuadro 2.

4. La modificación de los campos de arroz para el cultivo de peces

A lo largo de los años se han diseñado varias modificaciones físicas para hacer del campo de arroz un sistema más satisfactorio para el cultivo de peces. La mayoría de estos desarrollos es común a muchos países y se pueden haber desarrollado independientemente como resultado de un enfoque de «sentido común» que caracteriza a muchas prácticas tradicionales.

Todas las modificaciones tienen el objetivo básico de mantener algunas áreas de aguas profundas para permitir a los peces crecer sin inundar las zonas ocupadas por las plantas de arroz y de limitar la posibilidad de escape y acceso al campo de arroz. Esto se logra ya sea haciendo porciones del campo más profundas que el nivel del suelo para ser ocupadas por los peces, o recíprocamente, creando áreas de nivel superior al nivel del suelo para el arroz y otras cosechas. Hay cuatro modificaciones físicas que normalmente se hacen para preparar los campos de arroz para el cultivo de los peces. La primera es aumentar la altura de los diques para permitir el tener agua más profunda dentro del campo y/o minimizar el riesgo de que se inunde. El segundo es la provisión de filtros o pantallas para impedir al pez escapar así como impedirles a los peces silvestres entrar con el agua de irrigación. La tercera, que no siempre se practica pero es a menudo recomendada, es la provisión de desagües apropiados y, finalmente, la provisión de áreas más profundas como un refugio para los peces. Los detalles de las variadas modificaciones han sido descritos por varios autores (por ejemplo FAO/ICLARM/IIRR, 2001) y esta sección proporcionará una apreciación global complementaria.

4.1 Aumento de la altura de los diques

Los terraplenes de los campos de arroz son típicamente bajos y angostos pues las diferentes variedades de arroz cultivado no requieren de agua profunda. Para hacer el campo de arroz un ambiente más conveniente para los peces, la altura del terraplén necesita en la mayoría de los casos ser aumentada. Los reportes sobre el cultivo de arroz y peces en varios países muestran que los terraplenes tienen una altura media de 40-50 cm (medidos desde el nivel del suelo hasta el borde

superior). Dado que el nivel de agua apropiado para el arroz normalmente no excede 20 cm, tales terraplenes tendrán un reborde de 20-30 cm. Esto es suficiente para impedir a la mayoría de los peces el saltar sobre ellos. Sin embargo, la altura de los terraplenes no puede aumentarse sin un incremento correspondiente en su anchura. No hay ninguna regla absoluta acerca de la máxima anchura, pero generalmente ésta se encuentra cercana a los 40-50 cm.

4.2 Provisión de cribas o pantallas

Una vez que los peces están dentro del campo de arroz, se hacen esfuerzos para impedirles escapar junto con el agua, sin importar si ésta fluye hacia dentro o fuera de él. Para evitar el escape de los peces, los granjeros instalan pantallas o cribas en el camino del flujo del agua. El tipo de pantallas usadas depende de los materiales disponibles localmente. Un reporte hecho por FAO/ICLARM/IIRR (2001) enlista tres tipos de pantallas: varas de bambú, cestos y porciones de redes de pesca (incluso pedazos perforados de placas de metal).

4.3 Provisión de desagües

En general, los campos de arroz no están provistos con compuertas para la administración de los niveles de agua. La práctica común es abrir temporalmente una brecha en una porción del terraplén para dejar entrar o salir el agua hacia el punto que sea más conveniente. Esto es entendible desde el punto de vista que, típicamente, los diques son en pocos casos más altos que 25-30 centímetros con una anchura semejante. Usando una pala, una azada o las manos desnudas, puede hacerse fluir el agua. Reparar el dique después es igualmente fácil.

El tamaño de los diques más grandes usados para el cultivo de arroz y peces hace el abrir brechas en ellos una labor más difícil y también tomará más esfuerzo el repararlos. Por consiguiente, es aconsejable proporcionar una vía permanente para llevar el agua hacia dentro o hacia fuera de un estanque de crianza, aunque esto pueda resultar en un costo extra. Generalmente los reportes disponibles no contienen el suficiente detalle acerca de los tipos de tomas de agua instalados,

pero entre éstos se encuentran los tubos de bambú, troncos ahuecados y cañerías de metal (FAO/ICLARM/IIRR, 2001; IRR *et al.*, 2001).

4.4 Refugios para los peces

Un refugio para peces es una área más profunda dentro del campo de arroz destinada a los peces. Éste puede tomar la forma de una o varias zanjas, o incluso sólo un sumidero o un hoyo en el fondo de un estanque. El propósito del refugio es mantener un lugar para los peces en el caso de que el nivel del agua en el campo no sea lo suficientemente profundo. También sirve para facilitar la cosecha de los peces al final de la estación de cultivo de arroz, o para contener a los peces para su engorda después de la cosecha del arroz (Halwart, 1998). Además de los refugios, a menudo se proporcionan accesos para que los peces ingresen al campo de arroz para alimentarse.

Hay varias formas de refugios que van desde las depresiones en una parte del campo de arroz, hasta las zanjas adyacentes a los estanques conectadas al campo de arroz por un canal. Se han reportado una multitud de sistemas diferentes, pero todos ellos siguen estos mismos principios. Esta sección proporcionará una breve revisión global de los varios tipos de refugios encontrados en el cultivo de arroz y peces, dividiéndolos en zanjas, estanques y hoyos o sumideros. Debe notarse que no es raro el combinar las zanjas con estanques u hoyos, y que también estas designaciones son bastante imprecisas ya que se puede encontrar un cambio gradual de una zanja a un estanque lateral e igualmente de un hoyo a un estanque y el distinguir cuando una zanja se vuelve un estanque lateral y viceversa es un problema bastante académico, de valor práctico limitado.

4.4.1 Zanjas

Antes de describir los varios tipos de zanja que se han usado en el cultivo de arroz y peces, vale la pena notar que abrirlas puede tener tres funciones: el crear un refugio para los peces cuando baje el nivel del agua, ser un pasaje que proporcione acceso al pez para alimentarse en el campo de arroz y como una cuenca que facilite la captura durante la cosecha (De la Cruz, 1980).

Hay varias maneras en que las zanjas podrían excavar. La manera más simple involucra el

excavar longitudinalmente una zanja central en el campo de arroz. La Figura 5 ilustra las variaciones que se presentan sobre el tema (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992).

Xu (1995a) reporta sobre la práctica de zanja en forma de una cruz o una doble cruz, un par de zanjas paralelas que se cruzan con otro par, en los campos de arroz más grandes (de 700 a 3 000 m²).

Las zanjas simplemente son lo suficientemente largas y anchas como para acomodar todos los peces de manera segura durante las secas y el desyerbado y normalmente requiere sólo la remoción de dos filas de plantas de arroz. De esta manera, las zanjas no afectan significativamente la producción de la cosecha de arroz. Las anchuras reportadas son de aproximadamente 40-50 cm (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992) y una profundidad mínima sugerida es de 5 cm, medidos desde la corona del dique al fondo de la zanja, lo que resulta en que el fondo de la zanja es 25-30 cm más bajo que el nivel del campo (Ardiwinata, 1953). Sevilleja *et al.* (1992) reportaron un diseño con una zanja central de un metro de ancho con el agua fluyendo a través de una entrada protegida por una pantalla hacia una estrecha zanja periférica. Otro diseño experimental en las Filipinas usó una zanja en forma de L alrededor de dos lados del campo de arroz, con una anchura de 3,5 m que ocupaban 30 por ciento del área del campo.

Para la producción de crías, se excavan pequeñas zanjas junto con pequeños estanques de 50-70 cm de profundidad y 1 m² de área cerca de la entrada de agua y tomas de corriente. Las plantas de arroz se plantan a lo largo de ambos lados de cada zanja y de tres lados de cada estanque para servir como un cerco (Wan *et al.*, 1995).

Una variación, reportada en China, es una «zanja ancha»⁵ de 1 m de ancho y 1 m de profundidad, colocada lateralmente a lo largo del lado de entrada del agua del campo de arroz con un borde de 25 centímetros sobre el nivel del campo. Se construye a lo largo del lado del campo frente al terraplén. Permite a los peces el forrajear entre las plantas de arroz, se hacen aperturas de 24 cm a lo largo del borde en intervalos de 3-5 m. Estas zanjas ocupan alrededor del 5-10 por ciento del área del campo de arroz.

El tener un número pequeño de zanjas limita el área para la cría de peces. Para proveer más área para ello, los granjeros excavan a veces zanjas

⁵ Las palabras «zanja» o «fosa» son utilizadas como sinónimos ya que ambas son utilizadas indistintamente en la literatura sobre cultivos de campos de arroz-peces

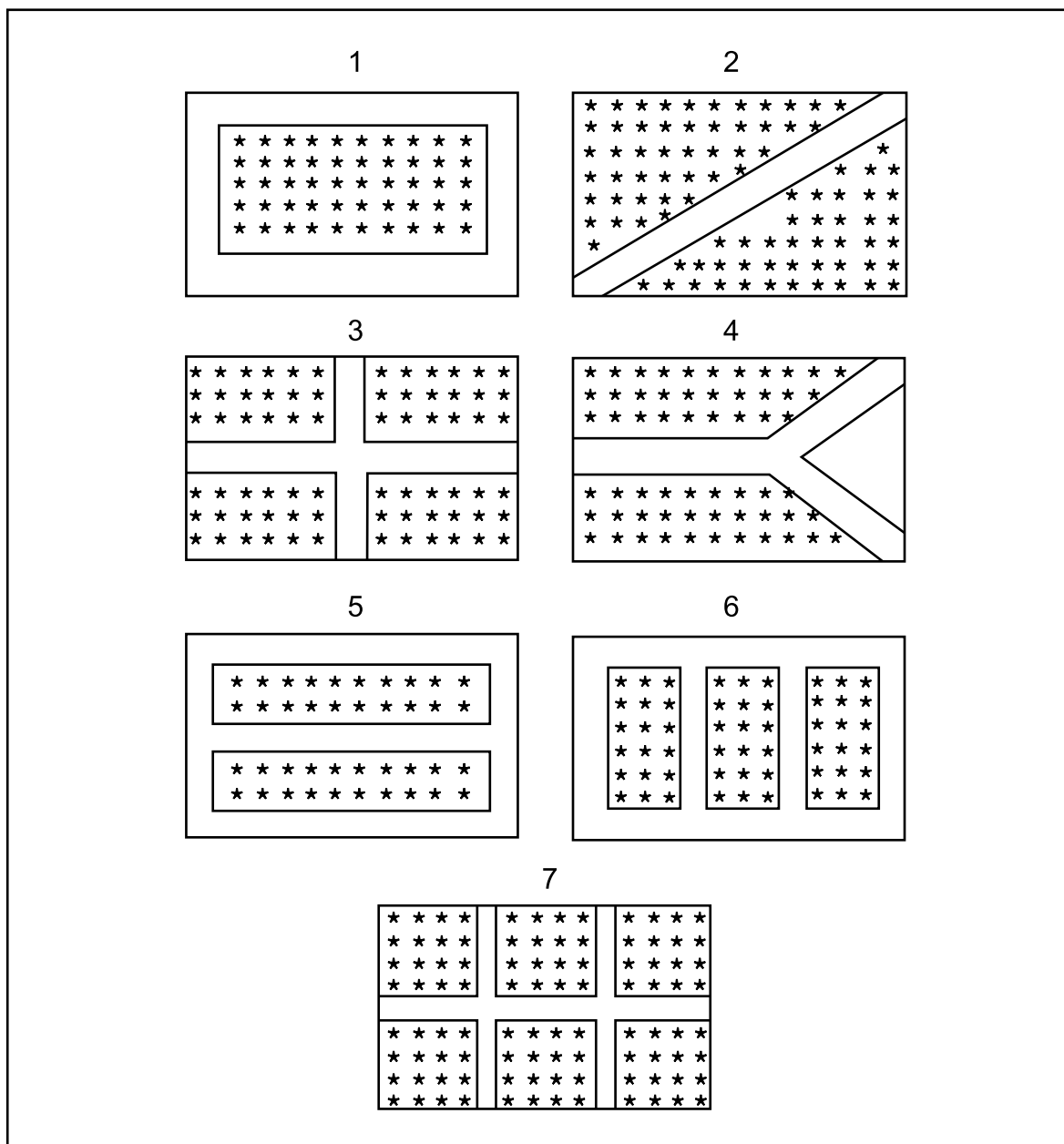


Figura 5. Diseño y construcción de zanjas para peces, en granjas de arroz y peces en Indonesia (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992).
 1– Trinchera periférica; 2 – Trinchera diagonal T; 3 – Trinchera cruzada; 4 – Trinchera en forma de Y; 5 – Trinchera periférica con trinchera longitudinal central; 6 – Trinchera periférica con dos trincheras transversales equidistantes; 7 – Trincheras enrejadas.

poco profundas (también llamadas surcos o regueras) usando la tierra excavada para formar los bordes dónde se trasplanta el arroz. De esta manera se abren zanjas alternando con los bordes a lo largo del campo de arroz (Figura 6; Li, 1992). Las dimensiones de los bordes y zanjas no son fijas, variando de un lugar a otro. El ancho de los bordes varía entre 60 y 110 centímetros, para acomodar de 2 de 5 plantas de arroz en dirección perpendicular al eje del borde (Li, 1992; Ni y Wang, 1995; Xu, 1995a). Las zanjas varían desde los 35 cm de ancho por 30 cm de profundidad hasta los 50 cm de ancho y 67 cm de profundidad (Li, 1992; Xu, 1995a; Xu, 1995b; Ni y Wang,

1995). Puede excavar una o dos zanjas a través de los bordes, conectándolos y mejorando el flujo del agua. Durante el trasplante del arroz, el agua sólo se encuentra en las zanjas. Después, los campos se llenan hasta el borde. Aunque este método puede mejorar el rendimiento en los campos de arroz poco productivos, ya que hace un uso múltiple de los recursos disponibles (Ni y Wang, 1995), Wan y Zhang (1995) discuten la limitada adaptabilidad de este enfoque ya que este método requiere mucho trabajo que debe repetirse cada año. Los esfuerzos de extensionismo en la Provincia de Jiangxi, China, han tenido éxito al establecer este modelo en el

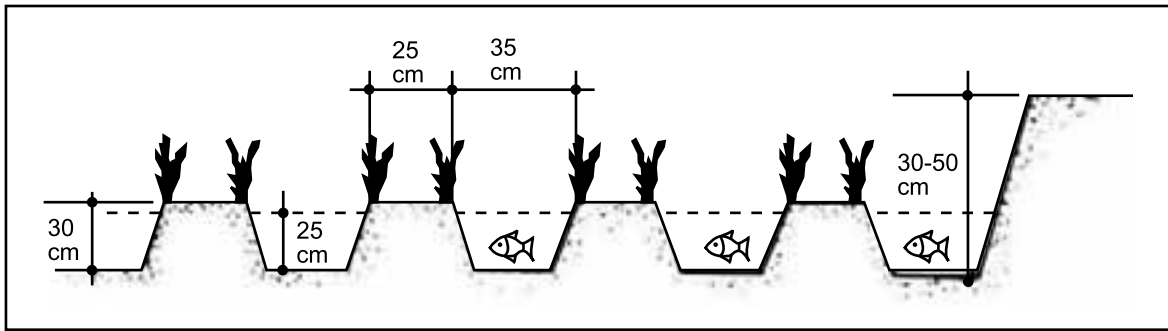


Figura 6. Sistema de cultivo de arroz en bordes y peces en zanjas en China (Li Kangmin, 1992).

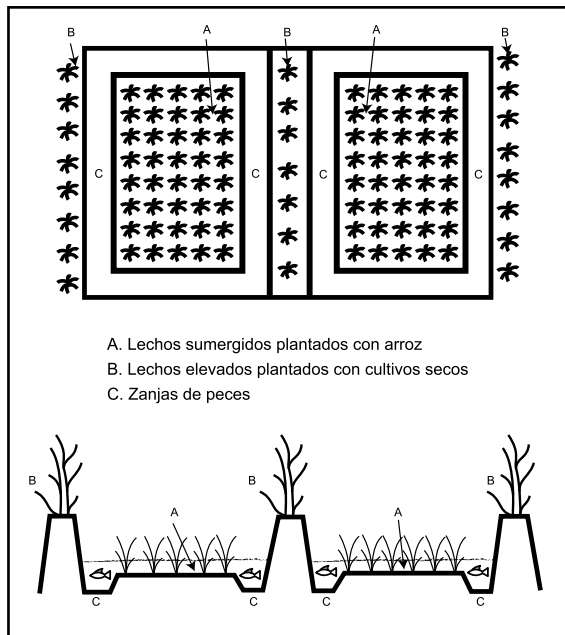


Figura 7. Diseño de una granja de arroz-peces y vegetales de *Surjan* Indonesia (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992).

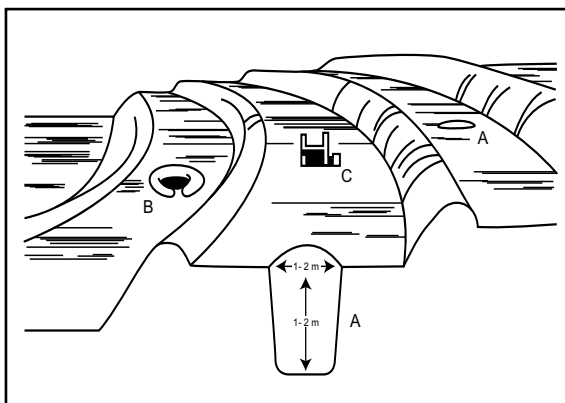


Figura 8. Sección transversal de terrazas de arroz de Ifugao en Filipinas, mostrando cultivos tradicionales de peces en pozos (Ramsey, 1983).

0,5 por ciento de la superficie de cultivo de arroz y peces de esa provincia.

Al utilizar el espacio sobre los diques de los campos de arroz para cultivos de tierra seca, el campo puede describirse como un sistema multinivel. Uno de tales sistemas es el llamado *surjan* (Figura 7) encontrado en las áreas costeras con un desagüe pobre en Java Oriental, Indonesia. Los diques se levantan para funcionar como espacios para los cultivos de tierra seca. Las zanjas, el área húmeda del arroz y los diques forman tres niveles, uno para los peces, otro para el arroz y otro más para los cultivos terrestres (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992).

Xu (1995a) describió uno de tales sistemas de producción de arroz y peces con siete niveles, practicado en la Ciudad de Chongqing, China. Los siete «niveles» eran: la caña de azúcar en los terraplenes, arroz en los campos, arroz salvaje entre las filas de arroz, jacinto de agua en la superficie de agua, carpa plateada en la capa superior de la columna de agua, carpa herbívora en su nivel medio, y carpa común o pez dorado en el fondo. Se han realizado muchos experimentos para utilizar los campos de arroz eficientemente y aumentar los beneficios económicos, ecológicos y sociales en sistemas multinivel como en los cultivos de arroz, cangrejos, camarones y peces en la Provincia de Jiangsu; arroz, peces y hongos en la Provincia de Helongjiang; arroz, crianza de animales, melón, frutas, verduras y peces en la Provincia de Guizhou, y arroz, cangrejos y loto en Beijing (Li Kangmin, com. pers.).

4.4.2 Hoyos o fosas para los peces

En algunos países se proporcionan fosas o sumideros como el único refugio para los peces, sin ninguna zanja, por ejemplo cuando las creencias tradicionales no permiten las modificaciones mayores de los campos de arroz como en las terrazas arroceras de las Filipinas

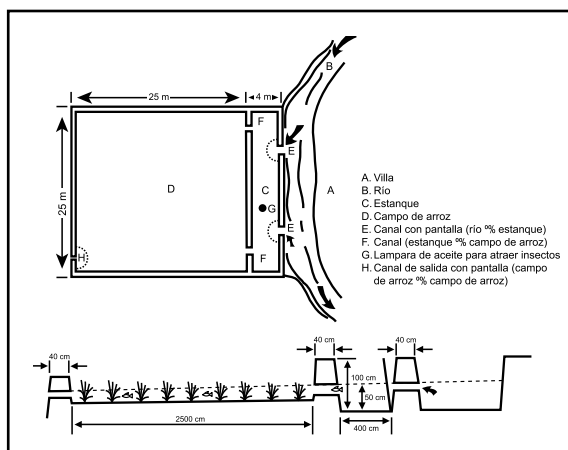


Figura 9. Diseño y construcción de una granja de arroz-peces de Indonesia, con un estanque lateral o payaman (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992).

(Halwart, 1998). Coche (1967) encontró que los granjeros en Madagascar excavaban una fosa por cada 100 m², cada una de ellas de 1 m de diámetro y alrededor de 60 cm de profundidad. Se construía también un estanque especial para contener a las crías de los peces.

Las fosas o sumideros pueden servir como una cuenca para la captura de los peces durante la cosecha además de servir como refugio para los peces. La figura 8 ilustra las fosas o sumideros de 1-2 m de anchura y profundidad excavados en el centro del campo de arroz para este propósito (Ramsey, 1983). Las fosas o sumideros pueden ser excavaciones simples pero existen modificaciones como fosas con sus paredes cubiertas con tablas de madera para evitar su erosión o con un dique secundario, construidos alrededor de ellas (Ramsey, 1983). En Bangladesh, los granjeros excavan un sumidero que ocupa de 1 a 5 por ciento

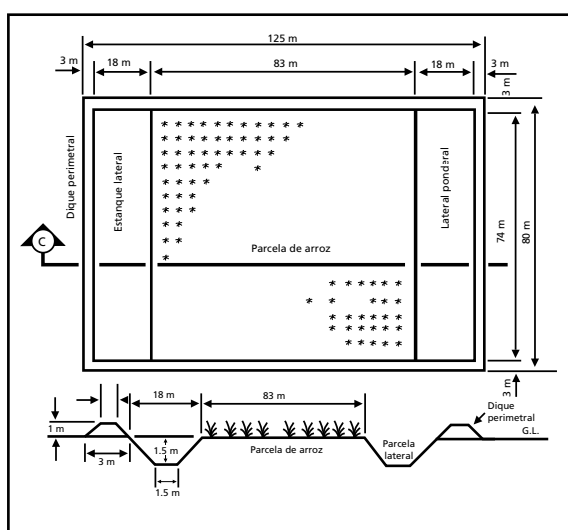


Figura 10. Estanque típico de arroz-peces en el Departamento de Pesquerías de Bengal del Oeste, India (Ghosh, 1992).

del área del campo de arroz con una profundidad de 0,5-0,8 m (Gupta *et al.*, 1998).

4.4.3 Estanques en los campos de arroz

Otro enfoque para mantener un refugio relativamente más profundo para los peces en el campo de arroz es la provisión de un estanque en un lado del campo del arroz. No hay ningún límite bien definido sobre cuando una «zanja» se vuelve bastante extensa para ser considerada como un estanque.

En Indonesia se usa el payaman o estanque lateral en los campos de arroz que se localizan justo al lado de un río (Figura 9). El estanque se construye de manera que el agua del río tenga que atravesar el estanque para entrar en el área del plantío de arroz. Un dique separa el estanque del área del plantío de arroz. Se hacen aberturas a lo largo del dique para permitir que el agua fluya libremente sobre el arroz y permite a los peces el forrajear dentro del campo. Cuando el campo de arroz es drenado, el estanque sirve como un refugio para los peces, haciendo posible también el capturarlos después de la cosecha del arroz. Según Koesoemadinata y Costa-Pierce (1992) esta es una manera de hacer «un buen uso de una parte improductiva del campo de arroz».

Un modelo filipino de cultivo de arroz y peces involucra la provisión de un mínimo de 500 m² cuadrados de estanques por cada hectárea del campo de arroz. En la India, en lugar de sólo construir un estanque en un lado del campo de arroz, el Departamento Estatal de Pesquerías de Bengala Oriental presentó un plan que involucra dos estanques, uno a cada extremo del campo de arroz (Figura 10). Los estanques tienen una anchura máxima de 18 m y una anchura en el fondo de 1,5 m. Estos estanques tienen una profundidad media de 1,5 m medidos a partir del nivel del campo de arroz. Éste tiene una longitud total de 125 m (incluyendo los diques de 3 m). Así, los estanques cubren aproximadamente el 28 por ciento del área del campo de arroz y los diques otro 4,8 por ciento. Incluso con un área tan grande consagrada al cultivo de los peces, según informes recibidos, los granjeros en el área en que usó el sistema de estanques de aguas profundas pudieron obtener una cosecha anual de 5,1-6,4 toneladas de arroz por hectárea (Ghosh, 1992).

El estanque lateral es la modificación más popular en los campos de arroz en la Provincia de Jiangxi, China (Wan *et al.*, 1995). Generalmente se excava

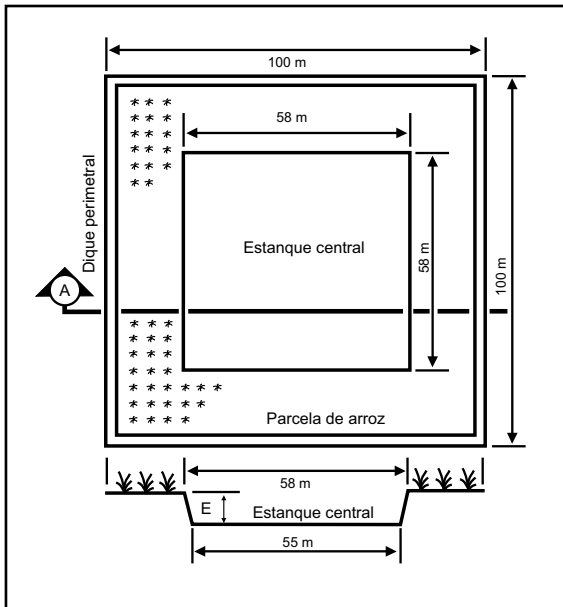


Figura 11. Estanque de peces central con un campo de arroz en la India (Ghosh, 1992).

un estanque pequeño en un extremo del campo, o también pequeños estanques poco profundos entre los campos de arroz. Estos estanques son de un metro de profundidad y ocupan sólo 6-8 por ciento del área total del campo. Los estanques se complementan con zanjas de 30-50 cm de profundidad que cubren un poco más de un tercio del área total del estanque.

Con el estanque lateral, los granjeros tienen la opción de hacer brechas temporales a lo largo del dique de partición que separa el estanque del campo de arroz interconectándolos, permitiendo a los peces alimentarse entre las plantas de arroz. El agua que irriga el campo de arroz tiene que atravesar el estanque. Al drenar el campo de arroz y reparar la brecha en los diques, los peces se congregan en el estanque y su cultivo continúa independientemente del ciclo agronómico del arroz. Así los peces, si todavía se encuentran en una talla pequeña, pueden seguirse engordando durante el ciclo subsiguiente de cultivo de arroz si fuera necesario. Este modelo hace posible aprovechar el mutualismo entre el arroz y los peces, aún si se desincronizan los ciclos de ambos cultivos.

Otra opción es construir un estanque de aguas profundas localizado en el centro del campo de arroz como se reporta en las áreas montañosas del sur de China. En la provincia de Sichuan dónde la producción per cápita de peces es baja y el cultivo conjunto de arroz y peces se percibe

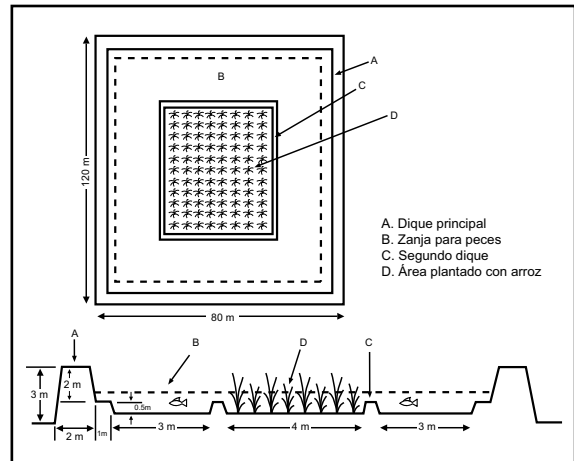


Figura 12. Diseño y construcción de una granja costera de arroz+peces de Indonesia o sawah-tambak (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992).

como una manera prometedora de aumentarla, se construyen estanques redondos hechos de ladrillos y cemento en el centro de los campos de arroz (Halwart, com. pers.). Ghosh (1992) reportó sobre un estanque de un metro y medio de profundidad y 58 x 58 m por lado en el centro de un campo de arroz de una hectárea en la India (Figura 11). Nótese que en la figura puede tenerse la impresión de que el estanque parece más grande que el área del campo de arroz, cuando de hecho ocupa solo un tercio de su área total.

4.4.4 Los campos de arroz en los estanques

El *sawah-tambak*, una combinación de campo de arroz y estanque para peces (Figura 12), en Indonesia es único y específico de las áreas costeras bajas (1-2 m sobre el nivel del mar) de Java Oriental. Estas áreas se inundan durante la estación húmeda pero padecen de escasez de agua durante la estación seca. Los granjeros construyen diques de 1,4-2,0 m de alto con una zanja periférica de 3 m de ancho, paralela a ellos. Un segundo dique se construye alrededor del campo de arroz que es lo bastante bajo para ser inundado (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992).

El sabalote (*Chanos chanos*) y el barbo plateado (*Barbodes gonionotus*) son las especies principales criadas en el sistema de policultivo, aunque la carpa común y el langostino gigante de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*) puede criarse junto con ambas especies. Éstos son muy adaptables a los sistemas coexistentes o rotatorios de cultivo de arroz y peces.

4.4.5 Estanques conectados a los campos de arroz

En el área más importante de cultivo de arroz y peces en la península de Malasia (Perak del noroeste), la práctica usual es excavar un estanque pequeño en la porción más baja del campo separado del campo de arroz pero que se conecta con él a través de la compuerta de entrada/salida (Ali, 1992). El estanque es típicamente de poco más de 6-8 m en longitud y anchura y tienen una profundidad de 2 m. Los peces pueden alimentarse en el campo de arroz y buscar refugio en el estanque cuando el nivel del agua en el campo de arroz es bajo o ésta demasiado caliente. Cuando el arroz se cosecha, el estanque se drena y los peces también se colectan. Los peces pequeños se dejan en el estanque para mantener la población para la próxima estación.

Este tipo de sistema también se ha reportado en China (Ni y Wang, 1995) con un estanque de 1,5 m de profundidad que se usa para la producción de crías. Sólo se concentran los peces en el estanque durante el tiempo de cosecha. Una vez que se planta y se establece la cosecha de arroz subsecuente, se permite a los peces el alimentarse libremente de nuevo en el campo.

Un sistema similar se ha descrito en Camboya (Guttman, 1999), conectando estanques pequeños, excavados por jefes de familia bajo un esquema de «comida por trabajo», con los campos de arroz adyacentes. Los peces se almacenan a menudo en los estanques hasta la celebración del

Año Nuevo Khmer (a mediados de abril), cuando los precios del pescado llegan a su máximo.

4.4.6 Corrales de peces dentro del campo de arroz

Los granjeros en Tailandia colocan corrales dentro de depresiones naturales del campo de arroz para el cultivo de crías de peces hasta que alcanzan 7 cm para su siembra directamente en los campos de arroz. Los corrales son hechos de pantallas plásticas o, frecuentemente, de cercas de bambú. Los peces se siembran en estos corrales después de las primeras lluvias, cuando el agua ha alcanzado los 30-50 cm. Dada la turbiedad del agua durante este período, la productividad del plancton es baja y los peces tienen que ser alimentados. Los granjeros intentan reducir la turbiedad rodeando estas depresiones con un dique bajo. Para dar protección adicional contra depredadores, las varas del corral se clavan en los lados del dique (Chapman, 1992; Fedoruk y Leelapatra, 1992; Thongpan *et al.*, 1992; Tokrishna, 1995; Little, Surintaraseree e Innes-Taylor, 1996).

Un corral puede ser una opción útil en los campos de arroz profundos donde el nivel de inundación por encima de los 50 cm podría persistir durante cuatro meses o más. Esto ha sido probado en Bangladesh, donde se usa un corral de 4 m de alto (Gupta, 1998). Sin embargo, debido a la inversión requerida para construir los corrales, su funcionamiento a menudo es antieconómico e insustentable.

5. Sistemas de producción

En la clasificación de los sistemas de producción, no es posible separar completamente los aspectos de diseño totalmente físicos de las prácticas de cultivo. Esto se debe a que, una práctica particular de cultivo puede requerir algunas modificaciones físicas específicas, aunque lo contrario no necesariamente es cierto. Una modificación particular no necesariamente limita la práctica de cultivo empleada. Los granjeros siempre comercializan sus peces pequeños si lo encuentran financieramente ventajoso, o por el contrario los engordan hasta tamaño tan grande como la talla comercial o «de plato». En muchas áreas, los granjeros rutinariamente cambian entre prácticas de rotación o concurrentes, usando al mismo tiempo cultivos de arroz.

Esta sección describe los dos sistemas de producción, cultivos concurrentes –cultivo de peces junto con arroz en la misma área– y cultivos de rotación –donde el arroz y los peces son cultivados en tiempos diferentes. Se menciona al final, un sistema alternativo diferente que es realmente un tipo de cultivo de rotación, pero lo suficientemente diferente para constituir un tipo separado.

5.1 Cultivo concurrente

El cultivo de peces en forma simultánea con arroz, es la modalidad que viene a la mente a la mayoría de la gente cuando se menciona el cultivo arroz-peces. Esto se referido frecuentemente en forma abreviada como «arroz+peces» (Yunus *et al.*, 1992; Roger, 1996). Como se mencionó anteriormente, se requieren modificaciones físicas para hacer a un campo de arroz «adecuado para el cultivo de peces». El momento adecuado para el abastecimiento de alevines es crucial, ya que si se siembran demasiado rápido después de plantado el arroz, probablemente algunas especies de peces dañaran las plántulas recientemente sembradas (Singh, Early y Wickham, 1980), y si se lleva a cabo demasiado tarde, podría haber una multitud de especies depredadoras en los campos.

Debe mencionarse, que los primeros sistemas practicados ampliamente, y aún los actuales, involucran la entrada no controlada de peces y otros organismos acuáticos en el campo de arroz. Coche (1967) denomina a este método como el «sistema de cultivo de arroz-captura de peces». Este puede ser considerado únicamente como un

sistema de cultivo arroz-peces, si se toman precauciones para que los peces sean mantenidos una vez que han entrado al campo de arroz. En este sistema, los organismos frecuentemente dependen totalmente del alimento que esta disponible naturalmente en el campo, aunque no es poco frecuente para los granjeros proporcionar algún tipo de suplemento.

Este sistema frecuentemente se practica en áreas lluviosas y juegan un papel importante en muchos países productores de arroz. Por ejemplo, en Tailandia donde las áreas lluviosas constituyen el 86 por ciento de las áreas productoras de arroz del país. (Halwart, 1998), así como en la República Democrática Popular Lao (Funge-Smith, 1999) y Camboya (Guttman, 1999; Balzer y Pon, 2002). La transición de un sistema de captura puro y un sistema de cultivo basado en la captura es gradual y ha sido descrito como un continuo. (Halwart, 2003b).

5.1.1 Arroz y peces

La siembra y crecimiento de peces en un campo de arroz es básicamente un sistema acuícola extensivo, que principalmente recae en el alimento natural que existe en el campo. Los recursos de alimento de la granja económicos y accesibles con frecuencia constituyen una provisión complementaria, de alimento particularmente durante la parte inicial del ciclo de crecimiento. Para el manejo de la cosecha de arroz, se hacen acuerdos con respecto a la aplicación de fertilizante la cual es una practica que no es sensato hacer. El uso de pesticidas se minimiza y cuando este se aplica el nivel del agua puede ser disminuido para permitir que los peces se concentren en un refugio.

Una premisa para los sistemas concurrentes es que el período de crecimiento de los peces se limite al del arroz, lo cual es usualmente entre 100 y 150 días. Consecuentemente la cosecha de peces es pequeña, especialmente si se utilizan variedades de arroz de producción temprana. Esto puede remediarse parcialmente al usar alevines más grandes, pero hay un limite para esto ya que los peces grandes pueden ser capaces de remover el arroz sembrado. Otra solución es limitar la producción al tamaño de alevines de mayor tamaño que estén en venta para cultivar peces hasta de tamaño comercial

Este sistema es practicado ampliamente aunque hay muchas variantes del esquema básico. Por ejemplo, en el *minipadi* –literalmente sistema «arroz-peces» de Indonesia el cultivo de peces no es un proceso continuo. Este consiste de tres periodos de cultivo distintos que son sincronizados con el cultivo del arroz. Dos diferentes explicaciones se han establecido para tal procedimiento: no exponer al pez a condiciones de alta turbidez (Ardiwinata, 1957) y no afectar en forma adversa a la producción de arroz (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992). El primer periodo se lleva a cabo de 21 a 28 días entre el trasplante de arroz y la primera siembra; el segundo periodo durante los 40 a 45 días entre la primera y segunda siembra y el tercero, durante los siguientes 50 días entre la segunda siembra y la floración de las plantas de arroz.

El primero y segundo periodo de cultivo puede ser considerado como el periodo de crianza para el crecimiento desde el tamaño de alevines a peces pequeños. El campo de arroz es abastecido a una proporción de 60 000 alevines · ha⁻¹. Durante la primera siembra el primer stock se confina a las zanjas. Antes de la segunda siembra, los peces pequeños se cosecha y se venden. En el tercer periodo de siembra los pequeños peces entre 8-10 cm son sembrados a una proporción de 1 000 a 2 000 peces · ha⁻¹ para la producción de peces comerciales.

Para tener más alimento disponible para los peces, los chinos han introducido la plantación de azolla junto con los peces y el arroz. Además de servir como alimento para los peces, la azolla es una buena fuente de nitrógeno para el arroz debido a su capacidad fijadora de nitrógeno (Liu, 1995). Este sistema trabaja adecuadamente tanto en campos con zanjas o con arroz sobre bordos: la azolla sobre la superficie del agua y los peces en la columna de agua (Yang, Xiao y He, 1995). Este sistema debe tener suficiente agua, irrigación y drenaje. La proporción de zanjas y fosas, así como el área total depende de la producción deseada de arroz y peces.

Yang, Xiao y He (1995) encontraron que tanto la producción de peces como de arroz varía de acuerdo a la amplitud de los bordos y de las zanjas. La producción de peces también varía de acuerdo con las especies cultivadas y el estadio en el cual son cosechadas (Wang y Zhang, 1995). Los rendimientos de peces fueron mayores utilizando «peces comestibles» seguida de alevines de carpas, bagres (*Clarias gariepinus*) y la menor producción se obtuvo con carpa herbívora. Chen, Ying y Shui

(1995) reportan un incremento del 70 por ciento en producción de peces con azolla en comparación con cultivos sin ella.⁶

5.1.2 Arroz y peces con ganado vacuno

Aplicando el concepto de integración, la cría de ganado vacuno puede integrarse en los sistemas arroz-peces. Esto se ha probado en muchas áreas pero no es tan común como la integración de ganado con cultivos de estanquería.

La forma más común de integración es probablemente las granjas de arroz-peces y patos. La integración de cien patos en una hectárea de cultivo de arroz-peces da como resultado la producción de 17 031 huevos · año⁻¹ además del arroz y peces (Syamsiah, Suriapermana y Fagi, 1992). Debe señalarse que es bien conocido que los patos se alimentan de caracoles y esta combinación de agentes de control biológico ha sido sugerido para controlar los diferentes estadios de vida de los caracoles de manzana dorada en campos de arroz (Halwart, 1994a; FAO, 1998).

5.1.3 Arroz y crustáceos

Los crustáceos que surgen en los campos de arroz van desde cangrejos y cangrejos de río, hasta camarones y langostinos de agua dulce⁷. Esta es una práctica en muchas zonas costeras dependiendo tanto del reclutamiento natural como de su siembra en campos.

En el sureste de los Estados Unidos de América, los cangrejos de río (*Procambarus clarkii*) son sembrados en su estado adulto para servir como pie de cría a diferencia de la mayoría de los demás sistemas acuícolas donde los juveniles son los que son sembrados. La reproducción se lleva a cabo en los arrozales y esta es la generación que se cosecha. Este pie de cría es liberado en los meses de junio después de que el arroz ha alcanzado 10-25 cm y los campos de arroz están ya inundados. Mientras que el arroz está en crecimiento, los cangrejos de río se reproduce y crece. Es en agosto cuando el arroz está listo para la cosecha. Dos semanas antes de cosechar, los arrozales son drenados para hacer la labor más sencilla. Por

⁶ El sistema utilizó «alimento fino» para alimentar cerdos que producen abono para los campos de arroz y «desperdicio de la producción de cerveza» como alimento complementario.

⁷ El término «langostino o camarón de agua dulce» es usado para las especies de agua dulce y «camarón» para organismos de agua marina o salobre.

este tiempo se espera que todos los cangrejos de río hayan completado sus madrigueras. (NAS, 1976).

El rastreo del arroz que se ha retirado después de la cosecha vuelve a crecer como una cosecha «pequeña» cuando los campos se vuelven a inundar y el crecimiento nuevo es forrajado directamente por los cangrejos de río (Chien, 1978). El desecho de material vegetal se descompone y sirve como alimento para el zooplancton, insectos, gusanos y moluscos, que constituyen gran parte de la dieta de los cangrejos de río. Aunque cualquier tipo de vegetación puede servir como forraje de los cangrejos de río, parece ser que el arroz es utilizado más ampliamente. Cuando los arrozales se vuelven a inundar después de la cosecha de arroz, los cangrejos jóvenes salen abundantemente de sus madrigueras y la cosecha parcial o selectiva puede comenzar desde principios de diciembre y proceder hasta abril/mayo y junio/julio, dependiendo del patrón de cosecha deseado. Los cangrejos de río se cosechan a un peso de 15-60 g usando trampas hechas de pantallas de plástico o alambre con mallas de 3/4 pulgadas cebadas con vísceras de sábalo o carpa. Los caminos entre las parcelas de arroz son hechos para permitir que los botes de cosecha se muevan libremente.

Aunque los cangrejos de río y el cangrejo chino con mitones (*Eriocheir sinensis*). El han sido cultivados junto con arroz en China por menos de 12 años, actualmente hay casi 100 000 ha dedicadas a este cultivo⁸ (Wang y Song, 1999). Los campos de arroz son utilizados de esta manera como áreas de cría para la producción de juveniles de cangrejos pequeños («button-crab») o son engordados para la producción de cangrejos de tamaño comercial (125 g); o bien, se utilizan como áreas de engorda para cultivar cangrejos de tamaño gigante (50-100 g).

Los arrozales son modificados con zanjas periféricas (de 2-4 m de ancho por 1 m de profundidad), a través de zanjas cruzadas (de 0,8-1 m de ancho por 0,5-0,8 m de profundidad) y un foso (de 20-60 m² y 1 m de profundidad) como poza de cría-crecimiento-cosechado. En total se modifica de un 15 por ciento a 20 por ciento del área total. Para prevenir que los cangrejos escapen, se instala una pared de material liso (plástico o lamina corrugada) (Li, 1998).

⁸ Estos incluyen gallineros y conjuntos de jaulas dispuestas en lagos, estanques y campos de arroz.

Mientras que el agua salada es necesaria para la eclosión de huevos y el cultivo de larvas en la estadio inicial, en etapas posteriores las larvas pueden desarrollarse hasta ser cangrejos en un ambiente de agua dulce o muy similar. Li (1998), identifico el escenario de abastecimiento en campos de arroz de zoea, que en cuatro meses alcanzan el «estadio V zoea», en 40 a 200 individuos por kilogramo Wang y Song (1999), encontraron que, para una mejor sobrevivencia cuando se siembran en agua dulce, es necesario el abastecimiento de megalopa⁹ para una aclimatación gradual (de 6-7 días) en condiciones cercanas a agua dulce (por debajo de 3 partes por mil). En este escenario, pueden cultivarse como «cangrejos pequeños» o directamente hasta adultos. Para la producción de cangrejos pequeños, los campos de arroz son abastecidos a una proporción de 4,5 a 7,6 kilogramo · ha⁻¹. Para cultivarlos hasta talla comercial, la proporción de abastecimiento es de 75-150 kg · ha⁻¹. Estos se cosechan al alcanzar un peso de 125 g.

El alimento complementario que es proporcionado se constituye de una mezcla de restos de pescado, caracoles, almejas o vísceras de animales (40 por ciento); vegetales, patatas dulces, calabaza, arroz o salvado de trigo, leguminosas (25 por ciento); y pasto terrestre o semillas para pato (35 por ciento). Los restos de pescado y las demás fuentes de proteína animal ahumadas y maceradas finamente durante la primera etapa de crecimiento. Los materiales vegetales son cocidos y se proporcionan durante la etapa intermedia. En la etapa final los alimentos son proporcionados con el fin de engordar a los cangrejos y desarrollar sus gónadas, lo que hace a los cangrejos más cotizados. El alimento en hojuelas también es usado en algunos lugares.

El manejo adecuado del agua es esencial, y alrededor de 20 cm de agua se recambia cada 3 días o un tercio de agua del total del campo cada 10-15 días. Los niveles de oxígeno disuelto se mantiene a niveles por arriba de 4 ppm en todo el periodo de cultivo. La aplicación de la fertilización con estiércol y el abonado con urea dos o tres veces al año es básico.

El cultivo de arroz se cosecha en «temporada de heladas» mientras que los cangrejos se cosechan por octubre y noviembre cuando las gónadas

⁹ Megalopa es el último estadio larval de los cangrejos antes de que lleven a cabo su metamorfosis completa en cangrejos juveniles. Es probable que esta sea la designación más exacta de la larva de cangrejo cuando es sembrada en los arrozales.

están maduras. La temporada de cosecha puede ser postergada si las temperaturas disminuyen abruptamente, ya que los cangrejos tienen la tendencia a refugiarse en madrigueras cuando la temperatura es baja. Los cangrejos se capturan cuando reptan fuera de las zanjas por la noche usando redes con trampas de fondo o drenando el agua.

Los camarones de agua dulce (*Machrobrachium rosenbergii*) así como otras especies de langostinos (*M. nipponensis*), crecen junto con el arroz en China. Las modificaciones físicas son las mismas que para los cangrejos de río, en el sentido de proporcionar zanjas, fosas y mallas; de esta forma son pre-sembrados preparándolos para la fase de abonado (Li, 1988). Por lo tanto, se siembran plantas acuáticas sumergidas en las zanjas, cubriendo de la mitad a un tercio de la superficie del agua.

Para *M. rosenbergii*, la tasa de abastecimiento es de 3 piezas por m² de juveniles de 1,5 cm de talla¹⁰. Por otra parte, el *M. nipponensis* puede abastecerse con crías de 4-6 cm de talla a una tasa de 3,0-3,8 kg · ha⁻¹ permitiendo su alimentación, o bien de 23-30 piezas por m² de juveniles. La alimentación consiste de leche de soya y papilla de pescado para los primeros estadios (de siete a ocho días, después de sembrar los alevines) y después alimento en hojuela o una dieta mezclada de salvado de trigo o salvado de arroz y alguna fuente de proteína animal.

M. rosenbergii, se cosecha antes de que la temperatura disminuya demasiado. La cosecha de *M. nipponensis* puede comenzar de forma selectiva a fines de noviembre o principios de diciembre. Los animales sobre-dimensionados se dejan crecer hasta la cosecha total en mayo o junio antes de la estación de plantado del arroz.

En campos de arroz costeros con influencia de agua salada, es común que los camarones marinos entren a los arrozales con el flujo de agua y crezcan entre las plantas de arroz. En el delta del Río Mekong en Viet Nam algunos granjeros han tenido éxito cultivando camarón junto con cosechas de arroz tradicionales en ambientes salinos. La alimentación suplementaria origina producciones mayores, al igual que cuando el alimento consiste nada más que de «salvado de

arroz, arroz partido y cadáveres de animales (Mai *et al.*, 1992).

5.1.4 Cultivo concurrente pero compartimentado

Tanto el cultivo de arroz y peces requieren agua y en algunas circunstancias son cultivados lado a lado compartiendo el agua. Una ventaja de esta disposición es que la cría de peces llega a ser independiente del arroz, haciendo posible la optimización de condiciones para ambos. Sin embargo, el efecto de sinergia entre el arroz y los peces no está muy claro. Generalmente hay solo una forma de influencia de los peces al arroz en forma de enriquecimiento de nutrientes al agua.

En la zona de cultivos de Senegal, los cambios ambientales han forzado a los agricultores de arroz a diversificar e integrar el cultivo de peces en sus operaciones de su granja (Diallo, 1998). Después de dos décadas de sequía, las áreas de manglar costero se expandieron resultando en la salinización del agua superficial y subterránea. Para proteger sus arrozales contra la afluencia de agua marina, los agricultores construyen estanquería para peces a lo largo de el área frente a la costa para producir peces. El tamaño de los estanques para peces va de 500 a 5 000 m² (de 30 cm de profundidad y canales periféricos de 1 m de profundidad).

Durante las primeras lluvias, las compuertas de los campos de arroz y los estanques de peces se abren para permitir que el agua de lluvia deslave cualquier cantidad de sal que pudiera acumularse. Posteriormente las compuertas se cierran y el agua de lluvia y la corriente superficial se colecta tanto para las operaciones de plantación de arroz como de crecimiento de peces. Después de que el arroz ha sido plantado, a mediados de agosto y mediados de septiembre, se abren las compuertas que dan hacia el mar durante las mareas altas. Los peces costeros atraídos por el flujo de agua dulce entran en los estanques y son atrapados. No se hace ningún intento de controlar las especies y el número de peces que entran. Los cultivos de arroz y los estanques de peces son fertilizados con estiércol y ceniza de restos de ganado y cerdos. Los peces son alimentados con salvado de arroz, salvado de mijo y algunas veces con termitas.

Los peces son cosechados ya sea cuando el arroz está casi maduro o justo después que el arroz se ha cosechado de diciembre a enero, cuando los peces han crecido de 120 a 150 días. La cosecha se lleva a cabo durante la marea baja drenando el

¹⁰ Esta tasa de aprovisionamiento más baja es debido a el comportamiento agresivo del camarón de agua dulce.

estanque con una canasta denominada en Senegal como etolum, que se coloca en el extremo del tubo de drenaje.

5.2 Cultivo de rotación

5.2.1 Peces como segunda cosecha

En las provincias de Hubei y Fujian, China, se practica la cría de peces durante el periodo de barbecho o como cosecha de invierno, para usar al campo de arroz cuando este no puede ser utilizado de otra manera (Ni y Wang, 1995). El resto de China no parece ser una práctica ampliamente usada como cultivo concurrente. En Indonesia, particularmente en Java del Oeste, el arte de alternar peces con arroz, se ha desarrollado a un amplio grado y puede ser rastreado hasta principios de 1862.

Los Indonesios denominan a la cría de peces como segunda cosecha como *palawija* o «cosecha de estación de barbecho» en lugar de cultivar otra cosecha de arroz, soya o maíz, después de una de arroz, algunos granjeros indonesios crían peces. La única modificación física que se requiere es la construcción de zanjas para mantener el agua. Sin el arroz, todo el arrozal puede funcionar y ser manejado exactamente como un estanque de peces regular, de tres a seis meses al año. Este puede ser usado para cultivar peces a talla comercial o producir peces pequeños. La producción de dos a tres cosechas de peces pequeños en vez de una sola de peces comerciales se lleva a cabo por granjeros de Indonesia para evitar problemas de pesca furtiva o mortalidad de peces por infestación de depredadores como serpientes, aves e insectos acuáticos (Koesomadinata y Costa-Pierce, 1992).

La cría de peces, en este caso carpas comunes como fue descrita con detalle por Ardiniwata (1957). El campo de arroz se inunda con el rastrojo de arroz, ya sea que este apisonado o arado y colocado junto con los restos de paja de arroz, antes después de la primera inundación. Durante los dos o tres días siguientes el agua se pudre por la descomposición de los materiales vegetales y entonces se libera y reemplaza con agua limpia. La profundidad del agua se mantiene entre 30-80 cm.

Las carpas pequeñas son sembradas a una densidad basada en la magnitud de la cosecha de arroz y el tamaño de los peces. La regla del «dedo pulgar» es sembrar de 500 a 700 alevines (de 5-8 cm de largo) por tonelada de *padi* (arroz entero)

cosechado. Algunas veces el tamaño de los alevines (100 g) que es abastecido esta en proporción del 10 por ciento del stock principal. Estos peces más grandes mantienen la superficie de suelo libre para sus actividades. Alternativamente, pueden sembrarse alevines de carpa de 10 días a una proporción de 100 000 alevines · ha⁻¹ para su crecimiento a peces pequeños. Esta práctica frecuentemente resulta en una alta mortalidad, pero aparentemente es el único recurso si no se tiene disponible otra área como zona de crianza.

Los peces de tamaño comercial son cosechados en 40 a 60 días, mientras que los peces pequeños solo en 4 semanas. Se tiene suficiente tiempo para una segunda, tercera o hasta una cuarta cosecha de peces previo a la siguiente estación de siembra de arroz, dependiendo de la disponibilidad de agua. La densidad de abastecimiento se incrementa un 25 por ciento durante el segundo ciclo de cultivo de peces, luego se reduce ya que hay un riesgo de que se desagüe antes de que alcancen el tamaño comercial. En Indonesia, es posible un periodo corto de cultivo ya que las preferencias locales tienden a peces pequeños alrededor de un promedio de 125-200 g (Costa-Pierce, 1992). Los peces de talla comercial se cosechan drenando el campo de arroz, forzando que el pez entre a las Zanjas donde son tomados a mano. Se deja secar el campo por dos días, se hacen reparaciones y los rastrojos de arroz se eliminan y el campo esta nuevamente listo para la siguiente cosecha de peces. Para cosechar a los peces pequeños se instala un tubo de drenaje temporal cubierto con una pantalla de malla fina, y entonces se baja cuidadosamente el nivel del agua hasta que esta cubre solamente las zanjas. Se colectan primero los peces pequeños que quedan en las charcas del fondo de las zanjas, y cuando solo queda un poco de agua, los peces pequeños que se concentran en la malla de salida se sacan con pala y se colocan en recipientes de mantenimiento para su distribución.

Otro sistema de Indonesia se denomina *penyelang* o «cosecha intermedia», en donde los granjeros tienen dos cosechas de arroz con una adecuada provisión de agua durante el año, encuentran posible criar peces entre las dos cosechas de arroz. Ya que las áreas de sembrado ocupan solo una pequeña parte del campo de arroz, los granjeros usan el resto de los arrozales para cultivar peces durante un periodo de 1 1/2 meses, suficiente para producir peces pequeños. Algunos granjeros, dejan a los peces alimentarse del campo de arroz durante este periodo (Koesoemadinata y Costa-Pierce,

1992). El campo de arroz en su totalidad, puede operarse como estanque de peces y con el amplio uso de variedades de alto rendimiento que hacen posible cuatro o cinco cosechas de arroz en dos años, el *penyelang* se reporta como más popular que el *palawija*, descrito anteriormente.

Los campos son abastecidos después de que han sido labrados y dejados listos para la nueva cosecha de arroz y están ya limpios y libres de rastrojos de arroz (Ardiwinata, 1957). Esto los habilita para la cría de alevines de carpa, que posteriormente son muy apreciados por quienes se alimentan de pescado. Se usa la misma densidad de siembra que para *palawija* (100 000 alevines · ha⁻¹). Los peces pequeños se cosechan después de un mes. Si se usan para alcanzar peces de tamaño comercial, la siembra es de 1 000 peces · ha⁻¹ (8-11 cm). En cuanto se proporcionen las zanjas, ya sea que sean periféricas o de cualquier otra forma, los peces pueden ser mantenidos durante los procesos de surcado y grada.

5.2.2 Crustáceos como segunda cosecha

A lo largo de la costa oeste de la India, las tierras bajas costeras se barbechan después de una cosecha de arroz tolerante a la salinidad (Pillay, 1990). Los bordos se levantan después de que el arroz se cosecha (en septiembre) y el agua intermareal permite inundar el campo, llevando con ella a larvas de camarón y alevines. Este proceso de abastecimiento natural continúa por dos o tres meses con cada marea viva. Se instalan lámparas sobre las entradas para atraer a las larvas de camarón y se instalan redes cónicas de bolsa en las esclusas para prevenir que salgan los camarones atrapados. La cosecha selectiva puede comenzar desde diciembre, permitiendo la entrada de los primeros camarones. Las cosechas reducen el stock resultando en un mejor crecimiento de la población restante. Con tal abastecimiento no controlado, se cosechan varias especies, pero principalmente *Penaeus indicus*, *Macrobrachium rude* y *Palaemon styliferus*.

Este sistema de cultivo de camarón es una antigua práctica en la India, pero debido al alto valor del camarón, actualmente los granjeros están dedicando mayor atención al manejo del stock de camarón a través de un mejor manejo del agua y fertilización. Actualmente, muchos granjeros no permiten el abastecimiento al azar, en vez de ello, hacen una siembra de densidad controlada

usando postlarvas producidas en cultivo, particularmente de *P. monodon*.

5.3 Sistema de cultivo alternado

Otra opción es un sistema alternado, ya que el arroz toma de 105 a 125 días para madurar dependiendo de la variedad, pero los peces pueden ser comercializados a una talla pequeña en solo 30-45 días. Por lo tanto, los peces pueden ser una buena cosecha «de tiempo completo». Alternando entre cultivos de arroz-peces y solo peces, los campos de arroz pueden ser productivos a lo largo del año y pueden conseguirse producciones mayores. Un granjero puede practicar dos cosechas de arroz y después una de únicamente peces, o dos cosechas de arroz-peces seguida de una cosecha de únicamente peces, esta última ha llegado a ser la más popular en algunas partes de Indonesia. (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992). Irónicamente, a pesar de que el arroz constituya la cosecha principal, los peces son criados a lo largo del año en los arrozales, más que el propio arroz. En un estudio en el Oeste de Java, los granjeros que practicaron el sistema de dos cosechas de arroz seguida por una de únicamente peces, tuvieron un rendimiento neto inicial de 173 por ciento por año, contra 127 por ciento de los que practicaron un sistema arroz-arroz-peces y 115 por ciento de los que practicaron el sistema de arroz-arroz-barbecho (Yunus *et al.*, 1992).

6. Manejo agronómico y acuícola

Como se mencionó anteriormente el arroz y los peces a veces tienen requerimientos opuestos. La engorda de peces en el campo de arroz requiere algunas modificaciones en el manejo para asegurar que los peces obtengan todos sus requerimientos necesarios y para facilitar la supervivencia de los peces y el crecimiento durante ciertos períodos críticos. Esta sección se enfoca sobre las modificaciones de manejo adicionales necesarias para el cultivo de peces en arroz.

6.1 Preparación de la pre-siembra

Ya sea que la modificación sea en la forma de las zanjas, estanques laterales y amplitud de los diques, nada sugiere que un tipo de modificación puede considerarse mejor a otra. El tipo de modificación usada se basa en una combinación de diversos factores: el terreno, la calidad del suelo, el suministro de agua, las tradiciones, la exposición a otros métodos, las experiencias pasadas, la importancia relativa dada ya sea al arroz o a los peces, si se considera a las crías o los peces para alimento y la disponibilidad de recursos financieros. Aunque generalmente el arroz es la cosecha principal en cualquier actividad de cultivo de arroz-pez, hay excepciones donde se planta arroz o se enraíza con el propósito de mantener forraje el organismo cultivado.

6.2 Requerimientos de agua y manejo

El agua es el factor más importante en cualquier producción agrícola. Sencillamente el abasto adecuado de agua para habilitar un área previamente no irrigada para producir una cosecha en la estación de sequía aumenta más del doble la producción anual total debido a que la producción de arroz es a menudo más alta durante la estación de secas que durante la estación de lluvias. Se estima que el arroz requiere de un mínimo de 1 000 mm de agua por cosecha lo que incluye tanto la evapo-transpiración como la infiltración y coladura (Singh, Early y Wickham, 1980). Esto es igual a 10 000 m³ por hectárea por cosecha.

El cultivo de arroz usa agua ya sea para una sumersión continua o para la irrigación intermitente. Este último tiene ventajas, además de ahorrar en el agua, aunque no sea la mejor opción para el cultivo arroz-peces debido a que requiere concentrar los

peces en los surcos o sumideros cada vez que el campo del arroz se seca. Para el cultivo de arroz-peces es preferible adoptar la sumersión continua donde el campo del arroz se mantiene inundado desde el momento del trasplante hasta cerca de dos semanas antes de la cosecha.

Se recomienda la inundación continua hasta un máximo tolerado para el cultivo de arroz sin afectar su producción. En la mayoría de la literatura ésta es una profundidad de agua de 15 a 20 cm (Singh, Early y Wickham, 1980; Rosario, 1984; Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992). A esa profundidad y con un refugio de peces de cualquier forma o tipo, teniendo una profundidad de 50 cm por debajo del nivel del campo, queda disponible una profundidad de agua efectiva de 65-70 cm para el refugio de los peces. Este es lo suficiente para proporcionar a los peces con un área más fresca cuando el agua poco profunda encima de los arrozales se calienta hasta 40 °C. Este incremento en la profundidad del agua significa más volumen de agua para el cultivo arroz-peces. A pesar del hecho de que la infiltración y la percolación puede aumentar con una columna de agua más profunda, los peces, a diferencia del arroz, no consumen agua. De esa manera, una granja con un sistema de arroz-peces funciona de forma similar a un sistema extensivo de acuicultura.

6.3 Fertilización

La aplicación de fertilizantes, sea orgánicos o inorgánicos, benefician tanto el arroz y los peces. La presencia de nutrientes adecuados aumenta el crecimiento de fitoplancton, lo cual puede ser consumido directamente por los peces o indirectamente a través de sustentar la producción de zooplancton.

Antiguas especulaciones indican que el cultivo de arroz-peces puede utilizar desde un 50 hasta un 100 por ciento más fertilizante que el cultivo de arroz sin peces (Chen, 1954) donde se considera que el fertilizante adicional es necesario para sustentar la producción de fitoplancton como la base de la cadena alimenticia del cultivo de peces. Informes recientes indican que la presencia de peces en el campo de arroz actualmente puede aumentar la fertilidad del arrozal y disminuir la necesidad de fertilizantes.

Experimentos en China indican que el nitrógeno orgánico, el nitrógeno alcalino y el nitrógeno total en el suelo son consistentemente más altos en los campos con peces que en los campos de control que no los tienen (Wu, 1995). Según Wu, este se atribuye al hecho de que los peces en los campos de arroz consumen malezas y pueden asimilar 30% de la biomasa de estas. Lo demás está excretado y ayuda a mantener la fertilidad del suelo debido a que los nutrientes que normalmente se encuentran encerrados en las malezas, están liberados. Otros experimentos demostraron que los terrenos de arroz-peces requieren menos fertilizantes que los terrenos de solo arroz. En promedio los terrenos de control usaron 23% más fertilizantes que los terrenos de arroz-peces (Li, Huaixun y Yontai, 1995b). En resumen, los experimentos chinos mostraron que se requiere menos fertilizante, en el cultivo arroz-peces.

El uso de fertilizantes que se aplican a las granjas de arroz-peces por medio de mezclar el fertilizante de nitrógeno muy bien en el suelo durante la preparación del suelo, resulta en una producción de arroz más alta comparado que cuando se lo dispersa en la superficie (Singh, Early y Wickham, 1980). Se ha encontrado que la fertilización subsiguiente por aplicar urea en forma de bolas de lodo o como briquetas es una técnica que aumenta la eficacia del fertilizante aminorando la liberación del fertilizante. Así se evita el problema de una concentración alta de amoníaco en el agua, la cual puede afectar de manera adversa el crecimiento de los peces. Si se aplica el fertilizante encima de la superficie, se debería drenar el arrozal para exponer el área de plantación y limitar los peces a la zanja o estanque de refugio. Se debe hacer la primera fertilización al mismo nivel que la de la granja de puro arroz debido a que en esta etapa los peces todavía están pequeños y no se espera que vayan a contribuir significativamente a la productividad del suelo. Se calcula que se necesitaría menos fertilizante en las aplicaciones subsiguientes.

No se ha encontrado ninguna diferencia entre aplicar el fertilizante fósforo sobre la superficie o mezclarlo en el suelo. Sin embargo, se cree que la aplicación sobre la superficie es mejor para promover el crecimiento de plancton en el agua. Puede que sean mejor las aplicaciones divididas para una producción sostenida de plancton sin afectar la producción de arroz siempre y cuando se les aplique antes de labrar. Si se aplica después, debe de ser por encima de los requisitos normales para el arroz. A menudo se ha reportado como óptima una tasa de aplicación de 30-50 kg·ha⁻¹

P₂O₅ para el crecimiento de algas (Singh, Early y Wickham, 1980).

Fertilizantes orgánicos benefician tanto al arroz como los peces. Además de nutrientes, las partículas también obran como sustratos para el crecimiento de organismos epífitos de alimento de peces. El abono animal debe considerarse como un insumo para beneficiar a los peces además de fertilizantes inorgánicos que se aplican principalmente para el arroz (Sevilleja *et al.*, 1992). Se debe aplicar el abono unas semanas antes del transplante, manteniendo los campos inundados para una descomposición completa y para evitar cualquier efecto tóxico (Singh, Early y Wickham, 1980).

La fertilización es un tema complejo y varía mucho según el lugar en particular. Si se proporciona en condiciones generales, puede arriesgarse a simplificar el tema demasiado, pero existen pruebas de la utilización de nutrientes más eficazmente en sistemas de arroz-peces comparados con sistemas de solo arroz. Este efecto se aumenta más particularmente donde los suelos son más pobres y sin fertilizar, donde el efecto de los peces puede ser mayor (Halwart, 1998).

6.4 Variedades de arroz

Con el desarrollo de las variedades de alto rendimiento de arroz, han surgido algunos problemas que afectan el cultivo arroz-peces. Entre ellos, hay preocupaciones acerca de lo inadecuado de las variedades de tallo corto debido a la necesidad de agua de pie más profundo en el cultivo de arroz-peces. Puede que esto sea infundado. Rosario (1984) hizo una lista de las variedades que se han usado con éxito para el cultivo de arroz-peces que incluyó una variedad que tiene una altura del retoño de solamente 85 cm y puede ser que esta preocupación solo aplique a las áreas de inundación moderada a profunda (≥50 cm).

El tiempo reducido de crecimiento puede ser de mayor preocupación debido a que muchas variedades nuevas maduran aproximadamente dentro de 100 días o menos. Con un periodo de cultivo tan corto para los peces, es necesario sembrar crías grandes, con sus problemas asociados de desalojar los peces y comer las plantas de arroz, o cosechar los peces temprano para permitir más cosechas de arroz. Como consecuencia, puede que el cultivo de arroz-peces sea una opción menos atractiva en áreas donde se prefieren peces de tamaño grande. Hay que notar

aquí, que en el sudeste de Asia, son muy aceptables los peces de tamaño pequeño, particularmente en las Filipinas e Indonesia.

6.5 La siembra de peces

6.5.1 Especies

Los peces que se van a sembrar en los campos de arroz deben ser capaces de tolerar un ambiente con condiciones severas que se caracteriza por: agua poco profunda, temperaturas altas (hasta 40 °C) y variables (una variación de 10 °C en un día), niveles bajos de oxígeno y turbiedad alta (Hora y Pillay, 1962; Khoo y Tan, 1980). También se menciona como una característica deseable, el crecimiento rápido para que los peces puedan alcanzar tamaño comercial cuando el arroz esta listo para cosechar.

Con condiciones ambientales tan adversas para los peces, parecería que muy pocas especies de valor comercial, serían lo suficiente resistentes para ser consideradas. Sin embargo, no es así. Una revisión de las practicas del cultivo de arroz-peces alrededor del mundo, muestra que casi todas las principales especies de agua dulce que se cultivan actualmente, incluyendo una especie de salmónido y aun algunas especies de agua salobre, han sido cultivados con éxito en un ecosistema de campo de arroz, igual que algunas especies de crustáceos (Cuadro 3).

Las especies cultivadas en los campos de arroz incluyen 37 especies de peces (de 16 familias) y siete crustáceos (de cuatro familias). A menudo se cosechan los moluscos, principalmente caracoles y algunas almejas de los campos de arroz, pero hay poca información si éstos son deliberadamente sembrados.¹¹ Es el mismo caso con las ranas y las tortugas de agua dulce.

Dos grupos de peces sobresalen en cuanto al cultivo del arroz-peces: los ciprínidos y las tilapias.

Los ciprínidos, particularmente la carpa común y los *Carassius* tienen la mayor historia documentada, habiendo sido descritos por los antiguos autores chinos. La carpa común ha destacado desde los tiempos antiguos hasta el presente y se crió en los campos de arroz en más países que las otras especies. La carpa herbívora y la carpa plateada destacan particularmente en China, y el Barbo plateado (*Barbodes gonionotus*) en Bangladesh, Indonesia, y Tailandia, y las carpas mayores indias como la carpa catla (*Catla catla*), carpa de Mrigal (*Cirrosus cirrhinus*) y la carpa rohu (*Labeo rohita*) en Bangladesh e India.

La tilapia de Mozambique (*O. mossambicus*) figuraba de forma prominente en la literatura temprana, pero se reemplaza cada vez más por la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) en muchos lugares. Hoy en día se utiliza la tilapia del Nilo como se ha usado la carpa común en el cultivo de arroz-peces.

Aunque el cultivo arroz-pezu del gouramis, especialmente las especies de *Trichogaster* y la perca trepadora (*Anabas testudineus*) inicialmente dependían de la siembra natural, hoy en día se cultivan en Tailandia, usando crías provenientes de los laboratorios.

El cangrejo (*Procambarus clarkii*) también puede ser considerado una especie principal en la acuicultura del campo de arroz debido a que éstos se están criando en 40 000 a 50 000 ha de campos de arroz al sur de Estados Unidos. La práctica no está muy difundida, ocurre principalmente en los Estados Unidos y en una parte limitada de España (Halwart, 1998).

Entre las muchas especies disponibles para cultivar en los campos de arroz, la opción se basa en la disponibilidad potencial o lo atractivo como comida. En las Filipinas, la tilapia es la especie preferida debido a que la carpa no tiene un mercado grande más allá de algunas regiones pequeñas. En Indonesia, las personas prefieren más la carpa común y el barbo plateado en lugar de tilapia y por consiguiente éstas son las especies preferidas para criar en los campos de arroz. En China, las personas están más familiarizadas con las varias especies de carpa. Con su gran historia de acuicultura, los granjeros chinos son conscientes de las ventajas del policultivo comparado con el monocultivo así que parece que el policultivo de varias especies de carpa es la regla.

¹¹ Se practica el cultivo arroz-almeja (*Hyriopsis cumingii*) en la Provincia de Jiangsu, China. Los granjeros usan los campos de arroz como criaderos para las almejas pequeñas de perla y luego las almejas de agua dulce pequeñas se cuelgan en los estanques, piscinas, depósitos o lagos. Un modelo de arroz-pezu-rana se probó en la Provincia de Jiangxi a principios de 1984. El experimento fue dirigido para controlar las plagas de arroz y enfermedades de las ranas así como los peces. Las ranas cultivadas incluyeron la rana de mancha negra *Rana nigromaculata*, *Rana plancyi*, *Rana tigrina rugulosa*, *Rana limnocharis*, *Microhyla butleri*, y el sapo *Bufo bufo gargarizans* fueron sembrados en proporciones de 4 950-ha⁻¹ y 9 900-ha⁻¹ (Li Kangmin, comentario personal).

Cuadro 3. Lista de especies de peces y crustáceos registrados como cultivables o no cultivables en campos de arroz.

	Nombre científico	Nombre(s) comunes	Países donde es cultivado
A. PECES DE ESCAMA			
Familia Anabantidae	<i>Anabas testudineus</i>	Perca escaladora	Malasia, Tailandia, Indonesia
Familia Cichlidae	<i>Etilopius maculatus</i>	Crómido naranja	India
	<i>Etilopius suratensis</i>	Crómido verde o aperlado	India
	<i>Oreochromis mossambicus</i>		India, China, Taiwan PC ^a , Zimbabwe, Sri Lanka, Malasia, Tailandia, Indonesia, Filipinas
	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia del Nilo	Egipto, Rep. de Corea ^b , Filipinas, China, Bangladesh, Tailandia, Côte d'Ivoire, Gabón, República Unida de Tanzania
	<i>Paratilapia polleni</i>		Madagascar
	<i>S. hornorum x S. niloticus</i>	Tilapia híbrida	Brasil
	<i>Tilapia macrochir</i>		Côte d'Ivoire
	<i>Tilapia melanopleura</i>		Pakistán
	<i>Tilapia rendalli</i>		Malawi
	<i>Tilapia zillii</i>		Egipto, Filipinas
Familia Cyprinidae	<i>Amblypharyngodon mola</i>		India
	<i>Aristichthys nobilis</i>	Carpa cabezona	China, Tailandia, Taiwan PC
	<i>Carassius auratus</i>	Pez dorado	China, Japón, Madagascar, Viet Nam, Indonesia, Italia
	<i>Catla catla</i>	Carpa Catla	India, Bangladesh, Indonesia
	<i>Cirrhina mrigala</i>	Carpa de Mrigal	India, Bangladesh, Indonesia
	<i>Cirrhinus reba</i>	Carpa Reba	Bangladesh
	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Carpa herbívora	China, Bangladesh
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa común	China, India, República de Corea, Filipinas, Indonesia, Estados Unidos de América, Japón, Tailandia, Viet Nam, Madagascar, Brasil, Italia, Bangladesh, RAE de Hong Kong ^c , España, Taiwan PC, Hungría, Pakistán
	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Carpa plateada	China, India, República de Corea, Filipinas, Indonesia, Bangladesh
	<i>Labeo bata</i>		Bangladesh
	<i>Labeo collaris</i>		Viet Nam
	<i>Labeo rohita</i>	Rohu	India, Bangladesh, Indonesia
	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	Carpa negra	China
	<i>Osteochilus hasseltii</i>		Indonesia
	<i>Puntius gonionotus</i>	Minnow/Tawes	Viet Nam, Tailandia, Bangladesh, India
	<i>Puntius javanicus (=Barbodes gonionotus)</i>	Barbo de Java	Indonesia, China
	<i>Puntius pulchelus</i>	Barbo	India
	<i>Puntius sophore</i>	Barbo	India
	<i>Puntius ticto</i>	Barbo Ticto	India
	<i>Rasbora daniconius</i>	Rasbora común	India
	<i>Tinca tinca</i>	Tenca	Italia
Family Osphronemidae	<i>Osphronemus gouramy</i>		
	<i>Trichogaster pectoralis</i>	Gurami piel de serpiente	Malasia, Pakistán, Indonesia
	<i>Trichogaster sp.</i>		Tailandia
	<i>Trichogaster trichopterus</i>		Malasia
Family Helostomatidae	<i>Helostoma temminckii</i>		Indonesia, Malasia

Continuación

Continuación

	Nombre científico	Nombre(s) científicos	Países donde es cultivado
Familia Anguillidae	<i>Anguilla japonica</i>		Japón, Taiwan PC, India
Familia Channidae	<i>Channa striata</i> (= <i>Ophiocephalus striatus</i>)	Cabeza de serpiente carnívora	Malasia, Tailandia, India, Bangladesh
	<i>Channa gachua</i>		India
	<i>Channa punctatus</i>		India
	<i>Chanos chanos</i>		Filipinas, Indonesia, India
	<i>Ophicephalus maculatus</i>		Viet Nam, Taiwan PC
	<i>Ophicephalus striatus</i>	Cabeza de serpiente	India, Malasia, Indonesia, Filipinas, Viet Nam
Familia Cobitidae	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Misgurno	Japón, República de Corea, Filipinas
Familia Centropomidae	<i>Lates calcarifer</i>	Perca gigante	Australia, Tailandia, Singapur, Filipinas, Malasia, Bangladesh, India, Myanmar, Viet Nam, Camboya, Taiwan PC, China
Familia Mugilidae	<i>L. parsia</i>	Sabalote mancha dorada	India
	<i>L. tade</i>	Sabalote Tade	India
	<i>Liza</i> sp.		India
	<i>Mugil cephalus</i>	Sabalote gris	India
	<i>Mugil corsula</i>	Sabalote corsula	Bangladesh, India
	<i>Mugil dussumieri</i>		India
	<i>Mugil parsia</i>		India
	<i>Mugil tarde</i>		India
	<i>Rhinomugil corsula</i>	Corsula	India
Familia Clariidae	<i>Clarias batrachus</i>		India, Tailandia, Indonesia, Malasia
	<i>Clarias gariepinus</i>		China
	<i>Clarias macrocephalus</i>	Bagre Omnívoro	Malasia
Familia Pangasiidae	<i>Pangasius hypophthalmus</i>	Bagre Sutchi	Camboya
Familia Ictaluridae	<i>Ictalurus lacustris</i>	Bagre de canal	Estados Unidos
	<i>Ictalurus punctatus</i>	Bagre de canal	Estados Unidos
Familia Siluridae	<i>Parasilurus asotus</i>	Bagre del Amur	República de Corea, Viet Nam
Familia Atherinidae	<i>Atherina bonariensis</i>	Pejerrey	Argentina
Familia Curimatidae	<i>Prochilodus argentes</i>	Pacu Curimatá	Brasil
	<i>Leporinus elongatus</i>		Brasil
	<i>Prochilodus cearanensis</i>		Brasil
Familia Pimelodidae			
Otras especies:			
Familia Heteropneustidae	<i>Heteropneustes fossilis</i>	Bagre	India, Bangladesh
Familia Pomacentridae	<i>C. dimidiatus</i>	Damisela Chocolate	India
	<i>C. ternatensis</i>	Damisela Ternate	India
	<i>Chromis caeruleus</i>	Damisela verde	India
Familia Mastacemblidae	<i>Macrognathus aculeatus</i>		India
	<i>Mastacembelus armatus</i>	Anguila zig-zag	India
	<i>Mastacembelus panealus</i>	Anguila espina rayada	India
Familia Aplocheilidae	<i>Aplocheilus panchax</i>	Panchax azul	India
Familia Nandidae	<i>Nandus nandus</i>	Pez hoja del Ganges	India
Familia Notopteridae	<i>Notopterus notopterus</i>	Pez navaja común	India

Continuación

Continuación

	Nombre científico	Nombre(s) científicos	Países donde es cultivado
Familia Ambassidae	<i>Ambassis nama</i>	Perca cristal elongada	India
	<i>Ambassis ranga</i>	Pez cristal de la India	India
Familia Gobiidae	<i>Glossogobius giuris</i>	Gobio de agua dulce	India
	<i>Pseudapocryptes lanceolatus</i>		Viet Nam
Familia Catostomidae	<i>Ictiobus cyprinellus</i>	Bufalo de boca grande	Estados Unidos
Familia Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>		Estados Unidos
Familia Atherinidae	<i>Odontesthes bonariensis</i>	Pejerrey marino	Argentina
Familia Polynemidae	<i>Polydactylus sexfilis</i>	Perca de seis dedos	Bangladesh
Familia Bagridae	<i>Mystus gulio</i>	Bagre bigotón del Tengra	India
	<i>Mystus sp.</i>		Bangladesh
Familia Centrarchidae	<i>Lepomis sp.</i>		Estados Unidos
Familia Osphronemidae	<i>Osphronemus goramy</i>	Gurami gigante	Malasia
Familia Plecoglossidae	<i>Plecoglossus altivelis</i>	Pez Ayu	Japón
Otras especies:	<i>Beterotris niloticus</i>		Côte d'Ivoire
B. CRUSTÁCEOS			
Familia Natantia	<i>Macrobrachium dayanum</i>		India
	<i>Macrobrachium lamarrei</i>		India
	<i>Macrobrachium mirabile</i>		India
	<i>Macrobrachium niponensis</i>		China
	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>		Viet Nam, Bangladesh, Brasil, India, Indonesia, China
	<i>Macrobrachium rude</i>		India
Familia Penaeidae	<i>Penaeus indicus</i>		India, Viet Nam
	<i>Penaeus merguensis</i>		India
	<i>Penaeus monodon</i>		India, Bangladesh
	<i>Penaeus semisulcatus</i>		India
	<i>Penaeus stylifera</i>		India
Familia Metapenaeidae	<i>Matepenaeus brevicornis</i>		India
	<i>Metapenaeus ensis</i>		Viet Nam
	<i>Metapenaeus lysianassa</i>		Viet Nam
	<i>Metapenaeus tenuipes</i>		Viet Nam
	<i>Metapenaeus dobsonii</i>		India
	<i>Metapenaeus monoceros</i>		India
Familia Astacura	<i>Procambarus clarkii</i>		Estados Unidos, Japón
	<i>Procambarus zonangulus</i>		Estados Unidos
Familia Brachyura	<i>Eriocheir sinensis</i>	Cangrejo de río	China
Otras especies:	<i>Palaemon styliferus</i>		India
	<i>Parapenaeopsis sculptilis</i>		India
	<i>Acetes sp.</i>		India

Nota: Los nombres científicos se indican tal como fueron originalmente citados.

^aTaiwan Provincia de China.

^bRepública de Corea.

^cRegión Administrativa Especial de Hong Kong.

6.5.2 El suministro de crías de alevines

La disponibilidad de semillas¹² para sembrar en los campos de los arroz es un factor decisivo en muchas áreas para escoger cuales especies para cultivar. También es una parte crítica de cualquier tipo de desarrollo acuícola y está sujeto a los mismos factores como la producción de semilla que se dirige para el cultivo en estanques y jaulas.

La tecnología de laboratorios y criaderos para la mayoría, si no de todas las especies de peces de agua dulce que están siendo actualmente cultivados en los sistemas de arroz-peces esta bien establecida. Sin embargo, todavía en muchos lugares sigue siendo un problema conseguir el número requerido de alevines de las especies deseadas en un tiempo específico. Esto es especialmente crítico en países donde la producción y distribución masiva todavía se centraliza en una agencia gubernamental, en lugar de las manos de productores privados. El problema de contar con una política adecuada para la promoción de semillas de peces para el desarrollo acuícola es muy amplia y no es posible discutirlo en este informe. Basta con decir en general que las pautas generales para el desarrollo de suministro de semillas de peces para la acuicultura también sigue en pie para el cultivo de arroz-peces.

Algunos problemas comunes asociados con la producción de la semilla y distribución son la calidad de la semilla, genética (la calidad del reproductor), manejo y administración del criadero, transporte y siembra. Es mejor involucrar al mayor número de personas que sea posible en la producción descentralizada y distribución de las semillas de peces. La descentralización supera muchos problemas de distribución y extiende los beneficios del desarrollo más uniformemente. Se debe dar consideración especial a la participación de la mujer y grupos en desventaja como las familias sin tierra.

Una red de producción de semillas de peces es un grupo de personas que producen y distribuyen peces de manera informal pero coordinada. Conforme desarrollan la producción y distribución de semilla, las personas involucradas en la red adoptan los papeles más especializados. Estas redes también son importantes para el intercambio de información. La mayoría de los criaderos gubernamentales sufren problemas con la

distribución de la semilla porque operan fuera de estas redes informales. Para aumentar al máximo las oportunidades para los pobres, se recomienda lo siguiente: promover criaderos pequeños en lugar de los criaderos grandes; entrenar a personas con las habilidades requeridas para un rango de actividades de la red como la crianza, transporte de los alevines y fabricación de hapas; y organizar los esquemas del micro-crédito en apoyo a las personas en las redes de producción de semillas de peces.

6.5.3 Siembra y densidad de peces

Como la acuicultura usa estanques, el cultivo de arroz-peces puede involucrar la siembra de crías jóvenes para la producción de alevines (función del criadero) o la engorda de alevines a peces comerciales (función de la engorda). El cultivo de arroz-peces puede ser el cultivo de sólo una especie (monocultivo) o una combinación de dos o más especies de peces y crustáceos (policultivo). Así la densidad de siembra varía dependiendo del tipo del cultivo así como del número de especies usado. Un factor final que determina la siembra es el tipo de modificaciones que se han hecho a los campos de arroz y lo que es considerada el área de cultivo del pez. La variación es tan grande que es difícil de proporcionar las pautas incluso generalizadas, pero el Cuadro 4 proporciona un poco de información de varios países.

La tasa de siembra afecta negativamente la tasa de supervivencia de alevines (por ejemplo, la carpa herbívora) y el peso promedio del cuerpo (PPC). En una densidad de 15 000 alevines · ha⁻¹, la tasa de supervivencia era 3 por ciento superior comparado a la de 30 000 alevines ha⁻¹, mientras que el PPC era de 11,4 g más pesado que aquella con densidad de 22 500 alevines · ha⁻¹ y 20,6 g más pesado que la de 30 000 alevines · ha⁻¹ (Yang Xia y He, 1995).

El policultivo o la siembra de una combinación de especies permiten aprovechar todos los nichos de alimentación disponibles en el ecosistema del campo del arroz, aparte de poder manejar una variedad más amplia de plagas. Por ejemplo, se ha encontrado una eficaz combinación de carpa común y carpa herbívora para controlar insectos, caracoles y malezas debido a los hábitos diferentes de alimentación de las dos especies.

Según la investigación aunque la producción aumenta con densidades de siembra más altas (correlación positiva), se debe comparar esto con el aumento de la mortalidad y el aumento

¹² Este término incluye las crías de peces y alevines así como los equivalentes crustáceos, como postlarvas (PL), zoeas o megalopas.

asociado en los costos de siembra. Se ha encontrado una correlación positiva entre la producción de los peces y la densidad de siembra (Gupta *et al.*, 1998). A un nivel promedio de una densidad de siembra de 3 825 alevines · ha⁻¹ durante la época de sequía y de 2 948 · ha⁻¹ durante la época de lluvias en Bangladesh, el promedio de la producción era respectivamente de 233 kg · ha⁻¹ y 118 kg · ha⁻¹. A densidades de siembra de más de 6 000 kg · ha⁻¹ durante la época de lluvias, la producción media alcanzó 571 kg · ha⁻¹. Por otro lado, se ha encontrado una correlación negativa entre la densidad media y la tasa de recuperación tal que un 1 por ciento de aumento en la densidad media disminuyó la tasa de supervivencia por 0,14 por ciento con una disminución insignificante en el tamaño de cosecha.

6.5.4 Nutrición de peces y alimento complementario

Los peces se alimentan de una amplia gama de organismos de plantas y animales; sus preferencias varían sin embargo entre las especies así como con la fase de desarrollo dentro de las mismas especies. Por ejemplo, entre los ciprínidos la carpa común tiene el rango más amplio de alimentación y puede alimentarse de una variedad de materiales de plantas y animales. Otro factor importante es la presencia y abundancia de organismos comestibles, por ejemplo se ha mostrado que los juveniles de caracoles acuáticos que consumen arroz, *P. canaliculata*, pueden volverse un componente principal de alimento para la carpa común en los campos de arroz (Halwart, Viray y Kaule, 1998). El Cuadro 5 proporciona un

Cuadro 4. Densidades de abastecimiento para cría de peces en campos de arroz (Gupta *et al.*, 1998; Li y Pan, 1992; Sevilleja, 1992; Quyen *et al.*, 1992; Costa-Pierce, 1992).

	Densidades de abastecimiento (peces·ha ⁻¹)	
	Concurrente	Racional
<u>Monocultivo</u>		
<i>Oreochromis niloticus</i>	3 156 a 5 000	10 000
<i>Cyprinus carpio</i>	3 000 a 3 400	
<i>Barbodes gonionotus</i>	3 017	
<u>Policultivo</u>		
<i>O. niloticus</i> + <i>C. carpio</i>	3 000 + 2 000 3 070 total	(6 000 a 10 000) + (4 500 a 5 000)
<i>C. carpio</i> + <i>B. gonionotus</i>	4 667 total	
Multiespecies (carp+barb+ tilapia)	9 323 total	
<i>C. carpio</i> + <i>C. auratus</i> + <i>C. idella</i>	(1 500 a 2 250) + (750 a 1 200) + (300 a 450)	
<i>O. niloticus</i> + <i>C. carpio</i> + <i>C. idella</i>	(6-10 cm: 6 000 a 9 000 or 3 cm: 12 000 a 18 000) + (300 a 600) + (150 a 300)	
<i>B. gonionotus</i> + <i>M. rosenbergii</i>	26 000 + (5 000 a 20 000)	
<u>Producción de alevines</u>		
1-3 cm <i>C. carpio</i> (30 días)		70 000-100 000
3-5 cm <i>C. carpio</i> (50 días)		10 000-15 000
5-8 cm <i>C. carpio</i> (50 días)		6 000-10 000
5-8 cm <i>C. carpio</i> (50-90 días)		1 500-3 000
8-11 cm <i>C. carpio</i> (30 días)		1 000-2 000

Cuadro 5. Dietas reportadas para tilapias adultas en hábitat naturales (Bowen, 1982).

Especies	Dieta	Referencia
<i>T. rendalli</i>	Macrofitas, unidas a perifiton	Caulton (1976, 1977); Denny, Bowker y Bailey (1978)
<i>S. mossambicus</i>	Macrofitas, algas bénticas, fitoplancton, perifiton, zooplancton, larvas de peces, huevos de peces, detritus	Bowen (1979, 1980); Man y Hodgkiss (1977); Munro (1967); Naik (1973); Weatherley y Cogger (1977)
<i>S. aureus</i>	Fitoplancton, zooplancton	Fish (1955); Spataru y Zorn (1976, 1978)
<i>S. niloticus</i>	Fitoplancton	Moriarty y Moriarty (1973)
<i>T. zillii</i>	Macrofitas, invertebrados bénticos	Abdel-Malek (1972); Buddington (1979)

panorama global de las dietas de especies diferentes de tilapias (Bowen, 1982).

También se ha reportado la capacidad de *O. mossambicus* y de *T. zillii* para consumir las malezas incluso en situaciones como las de un estanque o en el campo de arroz (Hauser y Lehman, 1976), con *T. zillii* considerado más superior como una «maleza» natural. Aunque esta listada como fitoplanctonica, los estudios de alimentación indican que las tilapia del Nilo puede preferir ciertas categorías de algas como la cianobacteria filamentosas sobre las diatomeas y las algas verdes (Micha, Descy y Laviolette, 1996). La especie no es considerada macrofítica pero en una situación de cultivo se conoce que la tilapia del Nilo se alimenta de las plantas terrestres como del césped de Napier y las plantas acuáticas incluso la espinaca de agua *Ipomoea aquatica* así como de salvado, yuca o termitas.

El ecosistema del campo del arroz es rico en fitoplancton, zooplancton, macrofiton bentónico, detrito y bacteria. Si los diferentes tipos de organismos de alimento naturales disponibles en el ecosistema del campo de arroz se explotan totalmente sembrando una combinación apropiada de especies de peces, Li y Pan (1992), estimaron que se puede sostener un máximo superior a 500 kg · ha⁻¹ de peces como se muestra en el Cuadro 6. Esta estimación de la capacidad natural sustentable de un campo de arroz como un sistema de acuicultura de ninguna manera es una cifra constante, debido a que variará de lugar a lugar y de estación a estación. Sin embargo, podría ser necesario aplicar alimentos complementarios para producir más de la capacidad natural sustentable o para asegurar que a cada momento estén disponibles los nutrientes adecuados.

Los granjeros usan fertilizantes para aumentar los organismos de alimento natural en el campo de arroz y suplementos para alimentar los peces directamente. El uso de alimentos complementarios es necesario si se desea un cierto nivel de intensificación debido a que el alimento natural en los campos de arroz no es lo suficiente para sostener una biomasa mayor de peces. La alimentación suplementaria funciona en una manera muy parecida en los campos de arroz como en los estanques de cultivo de peces.

Diana, Lin y Yi (1996) encontraron que si se empieza tarde la alimentación suplementaria, esto afecta poco la cosecha final debido a que el cultivo de peces en los campos de arroz a menudo esta limitado en duración por el ciclo de crecimiento de arroz (120 días), este tiene dos implicaciones. Primero, si se usa el campo de arroz como un criadero para la engorda de crías y alevines, puede que la alimentación no sea necesaria mientras el campo este fertilizado debidamente. Segundo, si se utilizan alevines mayores, para cultivar el alimento de los peces se necesita una alimentación desde el principio.

Los alimentos complementarios constan a menudo del alimento natural disponible en el área. Por consiguiente el salvado de arroz es un alimento complementario común en prácticamente todos los países productores de arroz. En Bangladesh, se usa el salvado del trigo y también pastel de aceite (Gupta *et al.*, 1999) y en las Filipinas donde el coco es un producto importante, se emplea harina de copra (Darvin, 1992). En China, el alimento puede consistir de salvado del trigo, harina de trigo, paste de aceite (cacahuets, soya), hierba y forraje verde (Wang y Zhang, 1995; Li, Wu y Zhou, 1995; Chen, Charles y Hu, 1998; He, Sheng y Xu, 1998); y en Malawi,

Cuadro 6. Estimación de producción de peces de alimento natural en campos de arroz (Li y Pan, 1992).

Especie de carpa	Tipo de alimento	Producción potencial de peces (kg·ha ⁻¹)	Tasa de utilización (%)	Factor de conversión de alimento	Producción potencial de peces	
					Promedio	Máxima
Herbívora	Plantas acuáticas	30 000-53 000	65	120	78	195
Plateada	Fitopláncton	9.3	70	40	30	59
Cabezona	Zoopláncton	15	25	10	7,5	16
Común	Bentos		4	25	45	118,2
Total					160,5	388,2
Adición: Detritus y bacterias ^a					48,2	117,2
Gran total					208,7	504,2

^aAproximadamente 30% del la producción total de peces

salvado de maíz y hierba del napier (Chikafumwa, 1996), para nombrar unos ejemplos. Wang y Zhang (1995) mostraron que el uso de alimentación suplementaria resulta en una tasa más alta de supervivencia de 67 por ciento contra 56,1 por ciento sin el alimento complementario y con un aumento correspondiente en el rendimiento por unidad de 337,5 kg · ha⁻¹ y sólo 249 kg · ha⁻¹, respectivamente.

Hoy en día se están utilizando más y más las dietas formuladas en forma de puré, migajas o bolitas debido a su disponibilidad mayor. Aunque son más caras que las que se hacen con derivados de la granja, tienen la ventaja de estar disponibles al volumen requerido si es necesario y son más convenientes para almacenar, manejar y aplicar.

Para más detalles sobre los tipos de alimentación complementaria, se sugiere al lector dirigirse a la literatura más extensa sobre alimento complementario en acuicultura semi-intensiva de estanques. En todos los casos de alimentación complementaria se debe recordar que la mayoría de los alimentos incurren en un costo directo para comprar el alimento o un costo de la oportunidad donde se puede emplear el insumo en otros usos (por ejemplo alimentar al ganado) o vender. Además, al emplear los alimentos complementarios la calidad del agua puede volverse un problema importante debido a que puede deteriorarse bastante rápido si el campo se «sobrealimenta».

7. Producción de arroz-peces

7.1 Rendimiento de peces

En forma similar a la mayoría de las operaciones de acuicultura, la cantidad de peces que puede cosecharse en las granjas de arroz-peces, varía enormemente. La cosecha de animales acuáticos de cualquier campo de arroz está en función de algunos factores como: la profundidad y provisión de agua, la presencia de predadores, las especies, la densidad de abastecimiento, si se practica un monocultivo o policultivo, el tamaño del pescado que es sembrado y el periodo de cosecha. Las diferencias estacionales en la productividad natural y si se aplica o no fertilización y/o provisión de alimento complementario también afecta la producción de peces.

El Cuadro 7 intenta combinar la producción para algunos sistemas en países diferentes, pero estas cifras son solamente indicativas y existen grandes diferencias entre sistemas idénticos, incluso dentro del mismo país. Las estimaciones de producción total son solamente un aspecto del asunto. Los gastos de producción, así como el valor del producto son otros aspectos importantes.

7.1.1 Arroz-peces

La producción de peces varía con la densidad de abastecimiento, el tamaño inicial del stock y si se utilizan alimento complementario. Sin alimentación la producción por cosecha puede variar desde 100 a 750 kg·ha⁻¹·año⁻¹ (Zhang, 1995), con alimentación el resultado podría ser hasta 1 812 kg·ha⁻¹·año⁻¹.

En el sistema de *minapadi* indonesio, la producción varía de 75 a 100 kg·ha⁻¹ y el peso del pescado entre 50 y 70 g. Donde se siembra *O. mossambicus* en lugar de carpas, la primera siembra se hace con 1 000 a 10 000 alevines junto con algunos cientos de adultos por hectárea. Seis semanas después se cosechan los más grandes para su consumo y el resto es reaprovisionado para su mayor crecimiento (Khoo y Tan, 1980).

En Basse Casamance, Senegal, el sistema de arroz-peces se alterna con cultivo de solamente peces resultando en producciones de peces que varían entre 963-1 676 kg·ha⁻¹, en estanques fertilizados con estiércol de animal y provisión de alimento

de granja y 590 kg·ha⁻¹ del campo de arroz. Una cosecha típica podría constituirse de *Sarotherodon melanotheron* (50 por ciento), *O. guineensis* (40 por ciento), *Hemichromis fasciatus* (2 por ciento), Mugil (5 por ciento) y *Penaeus notialis* (3 por ciento). Además, los alevines y peces pequeños también pueden estar presentes y constituir de 5-8 por ciento de la cosecha (Diallo, 1998).

En Tailandia, el aprovisionamiento directo de peces juveniles grandes en los campos de arroz tiene producciones de 146-363 kg·ha⁻¹, mientras que el crecimiento de alevines en un estanque de cría antes de transferirlos a los arrozales van desde 88-263 kg·ha⁻¹. En estudios subsecuentes se ha notado que las producciones de arroz se han incrementado (Deomampo, 1998).

En Irán, la producción promedio de peces es de 1 580 kg·ha⁻¹ con provisión de alimento y 695 kg·ha⁻¹ sin alimento (período de cultivo de 172 días) y una cosecha de arroz de 7014 kg·ha⁻¹ (comunicación personal del Sr. Ibrahim Maygoli, Director del Shilat Aquaculture División, Teherán, Irán, 30 de agosto de 1999).

7.1.2 Arroz-peces-azolla

Las cosechas de peces que utilizan azolla varían ampliamente. Liu (1995) reportó una producción de peces de 1 000 kg·ha⁻¹ utilizando una mezcla de especies consistente en 100 *H. molitrix* y 300 *C. carpio* con 100 *C. idellus* y 7 500 *O. niloticus*. Esto se atribuye a que las diferentes especies se complementan una a otra, de acuerdo con sus hábitos de alimentación y eficiencia. Yang *et al.* (1995) encontró que tanto la producción de peces como de arroz varían con el ancho de los bordos o el ancho de la zanja. Con una zanja de ancho constante la producción de peces varia de 841 kg·ha⁻¹, 736 kg·ha⁻¹ a 676 kg·ha⁻¹ en bordos de 53 cm, 80 cm, y 106, respectivamente, mientras que la producción de arroz variaba de 13-14 toneladas. En bordos de ancho constante de 53 cm, la producción de peces fue de 613 kg, 702 kg y 784 kg, para los anchos de zanja de 40 cm, 46 cm y 106 cm respectivamente, mientras que la producción de arroz variaba de 9.4 a 10.1 y 10.4 toneladas.

Cuadro 7. Unidades de producción de peces en cultivos de arroz, países diversos.

	Rendimiento de peces (kg·ha ⁻¹)						
	Bangladesh	China	India	Indonesia	Filipinas	Tailandia	Viet Nam
Concurrente							
Monocultivo							
Rango alto	188-239 ^a				223-263 ⁿ		
Rango bajo	125-156 ^a	2 000-3 100 ^d		143 ^k	43.7-59.7 ^o		48-79 ^t
Policultivo							
Rango alto	187-605 ^b	750-1 500 ^e	500-2 000 ^h	2 000-3 500 ^l	606-636 ^p	468-1 472 ^r	677 ^u 187 langostino +21 peces ^v
Rango bajo	116 -396 ^b	150-300 ^f	500-700 ^h		78-303 ^o	87,7-363,3 ^s	
Rotacional							
Monocultivo							
Rango				80-367 ^m	406-527 ^q		
Policultivo							
Máximo		>1500 ^f					
Rango		300-450 ^f	815-2 135 ⁱ				
Agua profunda concurrente							
Policultivo							
Rango	1 320-3 211 ^c	300 ^g	3-1 100 ^j				

- a) Gupta *et al.* (1998), zanja o pozo, utilizando *C. carpio*, *B. gonionotus* o *O. niloticus* rango alto – estación *boro* (seca); bajo rango – estación *aman* (húmeda)
- b) Gupta *et al.* (1999), zanja o pozo, utilizando dos (mínima) o más especies (máxima). Rango alto – estación *boro* (seca); bajo rango – estación *aman* (húmeda).
- c) Gupta *et al.* (1999), pozos excavados con un promedio de profundidad de 0.5 m durante la estación seca y un mínimo de retención de 0,9 m para 7,93 meses. Los cálculos mínimos son los adoptados; los máximos son los obtenidos por los agricultores por el crecimiento de peces por 9 meses.
- d) Chen (1995), basado en un sistema de zanjas y surcos con *Clarias leather*, con alimentación.
- e) Xu (1995), basado en un sistema de zanjas y surcos con *C. idella*, *C. carpio* y *H. molitrix*.
- f) Zhang (1995), especies no especificadas sin embargo, puede asumirse como un policultivo de diferentes ciprinidos ya que es una práctica común en China.
- g) Wan *et al.* (1995), basado en una corrida experimental usando *C. carpio* + *C. carassius* + *Oreochromis* sp.
- h) Dehadrai (1992), alto alcance – sistema *Khazan* (agua salobre) en Goa con camarones + percas, bajo alcance – irrigación/régimen de lluvias con murrels + bagres + carpas.
- i) Dehadrai (1992), sistema de agua salobre con *P. monodon* + mugilidos.
- j) Ghosh (1992), el valor inferior representa la producción de stock natural de especies no especificadas y el valor alto sobre policultivos de carpas mayores + carpas chinas + bagres.
- k) Koesomadinata y Costa-Pierce (1992), sistema *minapadi* con *C. carpio*.
- l) Koesomadinata y Costa-Pierce (1992), basado en producción anual de *sawah-tambak* con un abastecimiento de *C. chanos* + *C. carpio* + *P. javanicus* + *M. rosenbergii* o *P. monodon*.
- m) Yunus *et al.* (1992), el valor inferior representa cultivo *penyelang* y el valor superior, *palawija* ambos utilizando *C. carpio*.
- n) Saturno (1994), estación húmeda utilizando estanques de refugio con *O. niloticus* para el valor inferior; Israel *et al.* (1994) estación seca utilizando estanque de refugio con *O. niloticus* para el valor superior.
- o) Fermin *et al.* (1992), cosecha de estación húmeda con zanjas de refugio, utilizando *C. carpio* + *O. niloticus*.
- p) Torres, Macabale y Mercado (1992), cosecha de estación seca con zanjas de refugio utilizando *O. niloticus*.
- q) Sevilleja (1992), basado en un experimento único utilizando un campo de arroz barbechado para cría de *C. carpio* + *O. niloticus*.
- r) Fedoruk y Leelapatra (1992), basado de estimaciones para 1983 del Depto. de Pesquerías de Tailandia.
- s) Thongpan *et al.* (1992), basado de una investigación de una granja experimental de arroz y peces en Ubon, Tailandia del noreste.
- t) Mai *et al.* (1992), *M. rosenbergii* producción en canales de un campo de arroz en el delta de Mekong.
- u) Cantho Univ. College of Agric. (1997), estanques o canales conectados a un campo de arroz utilizando tres especies de ciprinidos.
- v) Mai *et al.* (1992), policultivo de *M. rosenbergii* y *P. gonionotus*.

Wang *et al.* (1995) reporta que las producciones de peces también varían de acuerdo con las especies cultivadas y la fase en que fueron cosechadas. El producto de pescado fue mayor en

el sistema de arroz-azolla –peces adulto en 536 kg·ha⁻¹, seguida por el arroz-azolla-alevines de *C. carpio* en 419 kg y arroz- azolla-alevines de bagre (*C. gariepinus*) en 324 kg. La cosecha más

baja de peces se obtuvo con alevines de *C. gariepinus* en 280 kg·ha⁻¹. Wang también obtuvo la mayor rentabilidad con alevines de bagre africano cultivados en campos de arroz sin azolla en 717 kg·ha⁻¹. La mayor producción de peces fue reportada por Chen et al. (1995) utilizando un policultivo de *H. molitrix*, *C. carpio* y carpa europea con 7 038 kg·ha⁻¹ para arroz-azolla-peces en comparación con solo 4 119 kg·ha⁻¹ para la combinación de arroz-peces. Las producciones más altas fueron obtenidas usando «alimento fino» para alimentar cerdos, los cuales producen estiércol para los campos de arroz y «desperdicios de cerveza» como alimento complementario.

7.1.3 Arroz y crustáceos

La producción de cangrejo de río en campos de arroz varían entre 1 120-2 800 kg·ha⁻¹ dependiendo de la longitud del periodo de cosecha (De la Bretonne y Romaine, 1990). Los cangrejos de río o con mitones producen 227-303 kg·ha⁻¹ de cangrejos pequeños. La producción de cangrejos de tamaño comercial varían de 303-454 kg·ha⁻¹ a una tasa de aprovisionamiento de 75-150 kg·ha⁻¹. La producción de camarones penaeidos en la India fue de 3 kg·ha⁻¹ en parcelas de arroz con nivel de agua profunda basadas en abastecimiento natural de una mezcla de especies a más de 2 135 kg·ha⁻¹ en campos de arroz con agua salobre poco profundas abastecidas con *P. monodon* (Ghosh, 1992).

7.1.4 Policultivo

La siembra o aprovisionamiento de especies múltiples o policultivo, generalmente resulta en producciones mayores que las de monocultivo. Todas las producciones mayores de *sawah-tambak* en Indonesia y de arroz de agua profunda en Bangladesh están basadas en el policultivo: *C. chanos* + *C. carpio* + *B. gonionotus* + *M. rosenbergii* o *P. monodon*, en el caso de Indonesia y seis especies de carpas indias y chinas en el caso de Bangladesh. En Bangladesh, Gupta y Rab (1994) han reportado rendimientos más altos con policultivo de *O. niloticus* y/o *B. gonionotus* con otras carpas, que con monocultivos de cualquiera de estas especies.

Gupta et al. (1998) encontró que cualquier combinación de dos especies entre *C. carpio*, *B. gonionotus*, y *O. niloticus* resultó en producciones más bajas que para una sola de las especies. Cuando los granjeros añadieron diferentes especie de carpas como *H. molitrix*, *L. rohita*, *C. catla*, *C. cirrhosus* y *C. idella*, la producción superaba al monocultivo (Cuadro 8). La diferencia aparente en la producción media para todas las especies no es significativamente diferente. Durante la estación seca 66 por ciento de los granjeros prefirieron *C. carpio*, mientras que durante la temporada lluviosa 54 por ciento prefirieron *B. gonionotus*.

En resumen, es difícil predecir cual será la producción en cualquier área en particular y

Cuadro 8. Producción, tamaño de la cosecha y tasa de recuperación de peces en varias densidades de siembra o aprovisionamiento durante las estaciones de boro (secas) y aman (húmeda) en Bangladesh, 1992-94. Las desviaciones estándar están en paréntesis (Gupta et al. 1998).

Especies	No. de casos	Densidad de abastecimiento por ha	Peso promedio de cosecha (g)	Recuperación (%)	Producción de Peces (kg·ha ⁻¹)
Estaciones Boro (1993 & 1994)					
<i>C. carpio</i>	96	3 400 (1 107)	115 (56)	53,8 (24,5)	204 (133)
<i>B. gonionotus</i>	13	3 017 (319)	95 (72)	65,0 (22,3)	188 (154)
<i>O. niloticus</i>	8	3 156 (442)	108 (25)	69,5 (12,1)	239 (75)
<i>C. carpio</i> + <i>B. gonionotus</i>	13	3 070 (324)	107 (42)	59,3 (15,4)	187 (64)
<i>C. carpio</i> + <i>O. niloticus</i>	1	4 667	86	39,6	158
<i>B. gonionotus</i>	2	3 643 (909)	25 (4)	50,5 (35,4)	47 (37)
Multiespecies	12	9 323 (7 503)	241 (255)	49,1 (24,4)	605 (385)
Total	145	3 825 (2 814)	121 (96)	55,6 (23,4)	233 (197)
Estaciones Aman (1992-1994)					
<i>C. carpio</i>	4	4 090 (2314)	54 (19)	76,8 (13,4)	156 (77)
<i>B. gonionotus</i>	53	3 130 (603)	58 (29)	66,4 (15,6)	125 (90)
<i>C. carpio</i> + <i>B. gonionotus</i>	20	3 771 (1611)	53 (38)	61,7 (22,0)	116 (85)
Multiespecies	21	6 778 (2834)	214 (146)	34,1 (20,7)	396 (256)
Total	98	4 082 (2148)	90 (97)	59,0 (22,3)	184 (179)

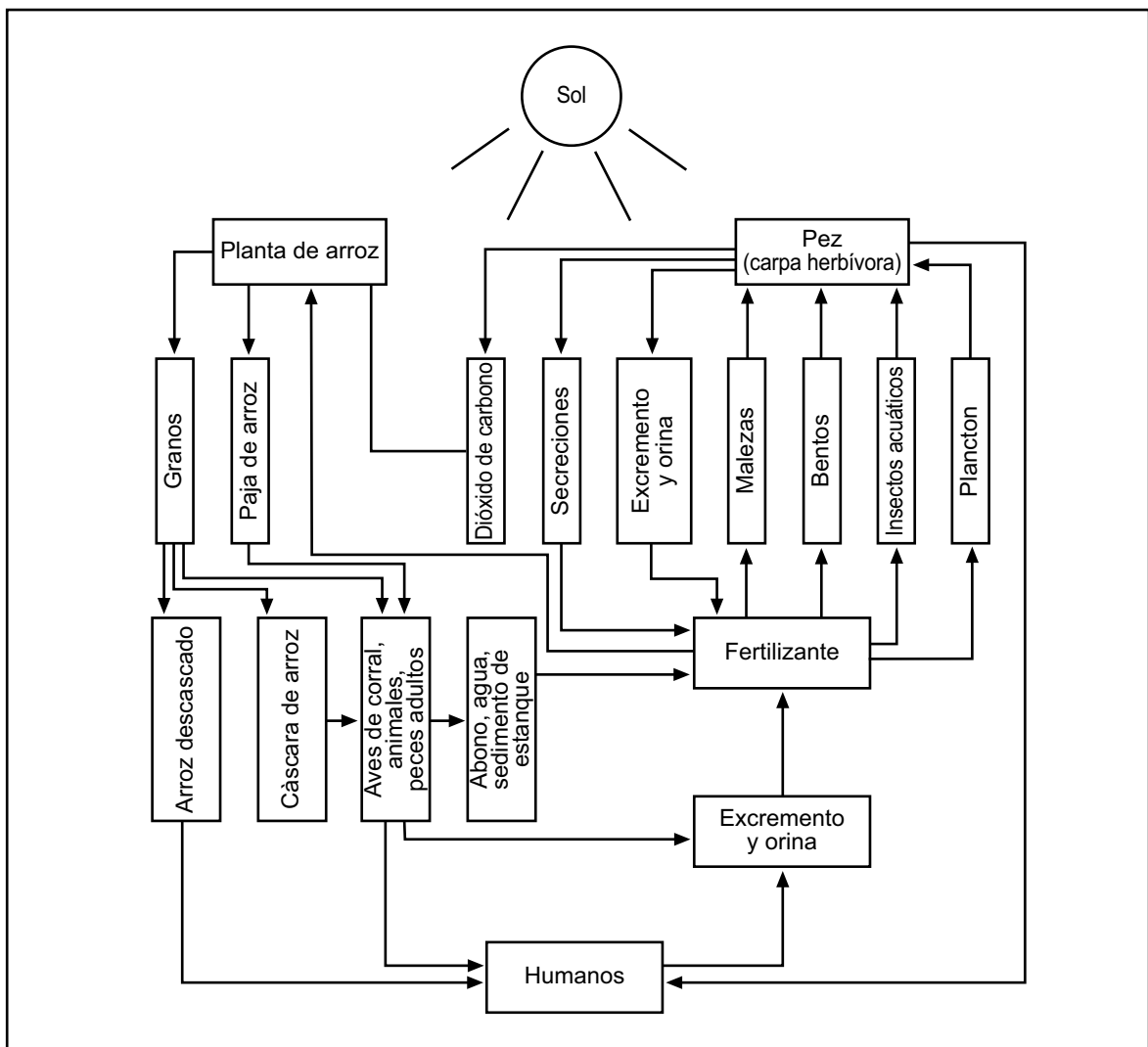


Figura 13. Flujo de energía en un ecosistema de campo de arroz (Ni y Wang, 1995).

recomendar (sin pruebas locales) cual es la mejor práctica de aprovisionamiento. En general, hay indicaciones de que el policultivo proporciona mejores rendimientos, pero no cualquier policultivo. De la misma forma, aunque incrementar la densidad de abastecimiento y proveer alimento complementario incrementa la producción (dentro de ciertos límites), esto ha sido comparado con el aumento asociado en costos. Usualmente, las pruebas de ensayo locales son necesarias para evaluar cuál será la mejor combinación para ser proporcionada al granjero con las mayores ganancias netas y el menor riesgo.

Mientras que la magnitud de producción de peces en sistema concurrente arroz-peces podría ser poco espectacular comparado con la producción en un estanque acuícola intensivo o semi-intensivo, éste no es quizás el punto principal. El arroz es, después de todo, la cosecha principal. Lo

que es más importante es que con algún costo y esfuerzo adicional y sin tener que adquirir más tierra, un agricultor de arroz puede en realidad producir peces y diversificar las alternativas familiares en términos de seguridad alimentaria, así como la generación de ingresos. El hecho de que actualmente la presencia de peces pueda ayudar a incrementar la producción de arroz y pueda reducir, si no eliminar totalmente, la necesidad de usar pesticidas y fertilizantes puede ser vista como una bonificación adicional.

7.2 El rendimiento de arroz

Mucho se ha dicho sobre el mutualismo de peces y el arroz. El mutualismo implica efectos benéficos entre uno y otro. El arroz actúa como un reservorio de nitrógeno y ayuda a reducir el amoníaco que puede ser liberado por el pescado y de esta manera ayuda a mantener el agua más limpia para los peces. La Figura 13 muestra la interrelación entre el

arroz, los peces y el medio ambiente en un ecosistema de campo de arroz (Ni y Wang, 1995). El mutualismo no existe en alto grado. Sin embargo, esto no quiere decir que la presencia del arroz necesariamente hace posible producir más peces. Por el contrario, la presencia del arroz dificulta la producción de peces ya que las necesidades biológicas del arroz y de los peces son muy diferentes. Un ejemplo de esto fue encontrado por Rothuis *et al.* (1998b) en Viet Nam donde la proporción de arroz-producción de semilla afectó negativamente la producción de peces. Las parcelas densas del arroz inhiben el crecimiento de fitoplancton y la disponibilidad de nutrientes, las áreas de sombra se incrementan y se restringe el acceso de los peces en el campo de arroz.

Una manera simple podría parecer obtener una respuesta definitiva de la literatura sobre granjas de arroz-peces, sobre lo que le pasa al campo de arroz cuando los peces son aprovisionados, considerando el lugar de cultivo. Desafortunadamente esto no es tan simple. Mientras que muchos de los trabajos disponibles tienen estimaciones específicas sobre la producción arroz en granjas de arroz-peces, solamente algunos pocos proporcionan información sobre la producción de arroz que pudieron haber obtenido sin los peces bajo las mismas circunstancias o lo que pudieron haber considerado como estimaciones de control. A menudo las aseveraciones son anecdóticas. Como Lightfoot *et al.* (1992) quien señala que, «muchos autores han citado a agricultores (o citado a otros autores quienes citaron a agricultores) hasta elevar al estatus de sabiduría convencional, que la producción de arroz se incrementa cuando es aprovisionado con peces».

De los casi 200 documentos consultados, solamente 18 tenían estimaciones de control basados en datos del manejo de peces que podían servir de una base para tener una idea más clara sobre los efectos de los peces sobre la producción de arroz. Los 18 documentos incluyen dos tesis de grado y un informe anual, además de algunos trabajos científicos presentados en simposios, talleres o conferencias en cinco países. Es importante que la selección de datos pareados tanto de cultivos de arroz-peces como de solamente arroz, sea llevada a cabo por los mismos agricultores con el fin de eliminar el «factor de destreza». Como ha señalado Waibel (1992), es posible que los agricultores que adoptaron el cultivo de arroz-peces sean los mejores agricultores.

Lo anterior es en principio cierto con los Filipinos, quienes tienen los primeros datos comparativos de producción de arroz. En pruebas utilizando *O. niloticus* en toda Filipinas, en promedio el rendimiento de arroz no fue significativamente más bajo que en parcelas de arroz-peces (1980 de NFAC). Estudios más recientes, indican consistentemente producciones más altas de arroz (entre 14 y 48 por ciento) en campos de arroz con peces, que en campos de solo arroz (Cuadro 9a). El mismo patrón de incremento de rendimiento de arroz ha sido reportado en Bangladesh (Gupta *et al.* 1998).

Los estudios en China siguen a las tendencias en los Filipinas y en Bangladesh con algunas excepciones (Cuadro 9b). En todas las provincias, excepto Jiangsu, muestran los rendimientos más altos con peces que sin ellos. En Bengal Occidental, India, pruebas de campo en arroz de agua profunda prueban el efecto de la provisión de alimento complementario en los stocks de peces conllevan en producciones de arroz de 4-11 por ciento más altos en parcelas de arroz-peces tanto con alimentación como sin ella. Sin embargo, rendimientos de arroz ligeramente más bajos (2-5 por ciento) en arroz-peces usando estiércol de vaca como fertilizante (pobre en nitrógeno y fósforo), pero más altos (8-43 por ciento) cuando se usa estiércol de pollo rico en nitrógeno y fósforo (Mukhopadhyay, Das y Roy, 1992). Durante las temporadas secas de 1993 y 1994, en un promedio de 82,4 por ciento de 34 granjas que practicaban el cultivo de arroz-peces, reportaron rendimientos más altos en cultivos con peces. Durante las temporadas de lluvia de 1992 a 1994, 56,2 por ciento de 25 granjas reportaron rendimientos más altos. Las producciones de arroz con peces fueron más altas hasta por 6,4 por ciento durante la temporada seca en 1994 y 19,5 por ciento en 1993, y durante la estación de lluvias, 12,7 por ciento en 1992 y 9,8 por ciento en 1993 (Gupta *et al.*, 1998) como se muestra en el Cuadro 10.

En Indonesia, pruebas consistentemente pareadas indicaron rendimientos de arroz más altos (22-32%) en las parcelas de arroz-peces, comparadas con parcelas de control sin peces (Fagi, Suriapermana y Syamsiah, 1992), sin considerar la temporada y si los terrenos fueron desyerbados o no, o si fueron usados herbicidas. Purba (1998) concluyó en su estudio en Sumatra del Norte que aunque el sistema arroz-peces reduce al área efectiva para el crecimiento de arroz, su impacto sobre la producción total de arroz a nivel nacional es

Cuadro 9a. Efecto de peces en producción de arroz, resultados comparativos de varios lugares, 1977-94.

Sistema/Localidad/Año	Rendimiento de Arroz (kg-ha ⁻¹)			Referencias
	Con peces	Sin peces	Más (Menos)	
BANGLADESH				
S/D ^a , Mymensingh/Jamalpur, estación seca 1993-94	4 980	4 555	425	Gupta <i>et al.</i> , 1998
S/D ^a , Mymensingh/Jamalpur, estación húmeda 1992-94	3 811	3 496	315	-ditto-
INDIA				
Pozo ^b /sin alimento, Chinsura 1987	1 729	1 574	155	Mukhopadhyay, Das y Roy, 1992
Pozo/con alimento, Chinsura 1987	1 741	-ditto-	167	-ditto-
Pozo/sin alimento, Gosaba 1987	2 122 ^b	2 039	83	-ditto-
Pozo/con alimento, Gosaba 1987	2 130 ^b	-ditto	91	-ditto-
Pozo/cd ^d , Sabang 1987	1 602	1 677	(75)	-ditto-
Pozo.cm ^d , Sabang 1987	2 399	-ditto-	722	-ditto-
Pozo/cd, Girirchak 1987	2 850	2 920	(70)	-ditto-
Pozo/cm, Girirchak 1987	3 160	-ditto-	240	-ditto-
INDONESIA				
Za/0-d ^e , Sukamandi, estación húmeda 1988-89	6 620	5 430	1 190	Fagi, Suriapermana y Syamsiah, 1992
Za/1-d ^e , Sukamandi, estación húmeda 1988-89	7 130	6 700	430	-ditto-
Za/2-d ^e , Sukamandi, estación húmeda 1988-89	7 380	7 300	80	-ditto-
Za/d-cide ^e , Sukamandi, estación húmeda 1988-89	7 280	6 970	310	-ditto-
Za/0-d, Sukamandi, estación seca 1989	4 220	3 430	790	-ditto-
Za/1-d, Sukamandi, estación seca 1989	4 690	4 170	520	-ditto-
Za/2-d, Sukamandi, estación seca 1989	5 570	5 280	290	-ditto-
Za/d-cide, Sukamandi, estación seca 1989	4 970	4 560	410	-ditto-
Zanja/SFT ^f , Sukamandi, estación seca 1989	7 994	6 060	1 934	-ditto-
FILIPINAS				
Zanja, 11 regiones ^g 1977-78	5 739	5 939	(200)	NFAC, 1980
Zanja, Cavite 1986-87	7 100 ^h	4 750	2 350	Fermin, 1992
Zanja, 20 x 20 ⁱ , Laguna 1988	2 392	2 348	380	Magulama, 1990
Zanja, 40 x 10 ⁱ , Laguna 1988	2 693	2 199	494	-ditto-
Zanja, 30 x 10 ⁱ , Laguna 1988	3 142	2 381	761	-ditto-
Zanja, 20 x 15 ⁱ , Laguna 1988	2 431	2 431	0	-ditto-
Zanja, Nueva Ecija 1989	6 300	6 200	100	Torres, Macabale y Mercado, 1992
Estanque ^j , Nueva Ecija 1989	6 100	«	(100)	-ditto-
Estanque ^j , Nueva Ecija, estación húmeda 1990 ^k	4 929	4 177	752	Israel <i>et al.</i> , 1994
Estanque ^j , Nueva Ecija, estación seca 1991 ^k	6 098	4 294	1 804	Israel <i>et al.</i> , 1994
TAILANDIA				
ne, Dom Noi, estación húmeda 1985	1 890 ^l	1 790	100	Thongpan <i>et al.</i> , 1992
ne, Khoo Khad, estación húmeda 1985	1 630 ^l	1 510	120	-ditto-
ne, Amnart Charoen 1987	2 537 ^l	2 014	523	-ditto-
ne, Kheuang Nai 1987	2574 ^m	2 372	202	-ditto-
ne, Det Udom 1987	2 651 ^m	2 427	224	-ditto-

Leyenda: SFT-superfosfato triple

- Pozo o zanja, considerando 107 granjas durante 3 estaciones lluviosas (*aman*) en 1992-94 y 149 granjas por 2 estaciones de secas (*boro*) en 1993-93.
- Pozo central proporcionado, utilizando arroz de agua profunda.
- Promedio de 2 parcelas.
- Composta de estiércol de vaca (cd) y abono de pollo (cm) probados como fertilizante.

- e) Zanja, 0-d, 1-d, 2-d (0, 1 & 2 desyerbada respectivamente); d-cida (usado como herbicida).
- f) 7 niveles de SFT contra 1 control, cantidades de rendimiento arroz- c/pez como promedio de 7 niveles.
- g) Prueba a nivel nacional en 13 provincias piloto, las cantidades representan el promedio del resultado de 15 campos evaluados.
- h) Promedio de programas de 1986 y 1987.
- i) Se refiere a los cuatro patrones de plantación de arroz probados.
- j) Estanque refugio sin campos de arroz.
- k) Cosecha promedio de 15 granjas utilizando estanques de refugio.
- l) Cosecha promedio de 12 granjas cooperativas en Khoo Khad y 13 en Amnart Charoen.
- m) Promedio de pruebas utilizando 5 diferentes de variedades en Kehung Nai y 3 en Det Udom.

Cuadro 9b. Efecto de peces en la producción de arroz, resultados de China, 1980-87.

Sistema/ Localidad/ Año	Rendimiento de Arroz (kg-ha ⁻¹)			Referencias
	Con peces	Sin peces	Más (Menos)	
Za, Hunan, principios 1980-83	3 272	2 734	538	Ni, Chen y Wang, 1992
Za, Hunan, mediados 1980-83	5 596	5 138	458	-ditto
Za, Hunan, finales 1980-83	8 595	6 218	2 377	-ditto
ne, Hubei 1983	7 774 ^a	6 375	1 398	Wu, 1995
ne, Hubei 1984	7 569 ^a	6 573	996	-ditto
AAP, ns. 1985-86	7 096	6 493	603	Wang <i>et al.</i> , 1995
ne, ne 1985-86	6 905 ^f	-ditto-	411	-ditto-
Za w/pozo ^b , Jiangsu 1985	8 667	9 054	(387)	Li, Wu y Zhou, 1995
Za w/ pozo Jiangsu 1986	7 884	7 929	(45)	-ditto-
Za w/pozo, Jiangsu 1987	7 998	7 996	(2)	-ditto-
Brd, Anhui 1987	7 125	6 150	975	Yan <i>et al.</i> , 1995
BrdA, Anhui 1987	6 870	-ditto-	720	-ditto-
Lecho, Anhui 1987	6 990	-ditto-	840	-ditto-
Convencional, Anhui 1987	6 795	-ditto-	645	-ditto-
B/Z, Guilin, principios 1987	7 632	6 135	1 497	Cai, Ni y Wang, 1995
B/Z, Guilin, finales 1987	6 750	6 225	525	-ditto-
B/Z, Wuzhou, principios 1987	11 654	11 037	617	-ditto-
B/Z, Wuzhou, finales 1987	6 606	6 206	400	-ditto-
B/Z, Qinzhou 1987	5 537	4 857	680	-ditto-
Za, Yunnan 1986	6 500	5 800	700	Chen, 1995
Za, Yunnan 1987	7 100	6 400	700	-ditto-
Za, Yunnan 1988	7 000	6 500	500	-ditto-
ne, Hubei 1988	8 250	7 650	600	Lin, Zhan y He, 1995

Legenda: Za-zanja; AAP- arroz-azolla-peces; Brd-bordo; BrdA-bordo ancho; B/Z -bordo/zanja; ne – no especificado.

a) Promedio de dos tratamientos.

b) X-zanja de 0,33 m de ancho x 0,4 m de profundidad w/ pozo (2,5x1x1m) en su intersección.

Cuadro 10. Producciones de arroz de parcelas y de arroz-peces, y parcelas de monocultivo de arroz. Los rangos están entre paréntesis (Gupta *et al.*, 1998).

Estación	Año	No. de casos	Rendimiento de arroz (kg-ha ⁻¹)		Casos con valor rendimiento alto de parcelas integradas (%)	Diferencia media de rendimiento con relación al control (%)
			Parcelas de control	Parcelas integradas		
Boro (con irrigación)	1993	10	3 957	4 651	70,0	+ 19 (-13,3 a +57,6)
	1994	24	4 804	5 117	87,5	+6,4 (-30,0 a +19,0)
	Total	34	4 555	4 980	82,4	+10,25 (-13,3 a 57,6)
Aman (con lluvias)	1992	15	3 749	4 108	67,0	+12,7 (-21,3 a +55)
	1993	10	3 121	3 364	40,0	+9,9 (-30,6 a -66,7)
	Total	25	3 498	3 811	56,2	+11,6 (-21,3 a 66,7)

Cuadro 11. Características comparativas de crecimiento de arroz con y sin peces, Filipinas y China (la fuente de datos se indica en la tabla).

	No. de Granos por panoja		% Granos vacíos		Peso de 1000-granos (g)	
	Arroz-peces	Control	Arroz-peces	Control	Arroz-peces	Control
<u>Wu, 1995</u>						
A inicios-1	94,0	87,0	8,4%	13,0%	24,8	24,8
A inicios-2	107,0		7,8%		24,8	
A finales -1	104,0	111,6	19,7%	21,4%	28,5	28,6
A finales- 2	116,8		19,0%		28,7	
<u>Yan et al., 1995</u>						
Bordo	107,9	105,0	18,6%	21,6%	30,2	29,0
Bordo ancho	115,6		19,7%		28,6	
Lecho	112,2		23,2%		30,0	
Convencional	114,0		25,6%		29,1	
<u>Li, Wu y Zhou, 1995</u>						
1985	153,3	152,2	10,9%	8,6%	29,1	29,8
1986	138,3	142,6	12,4%	12,1%	28,6	28,2
1987	152,5	152,7	17,4%	16,4%	28,8	28,9
<u>Cai, Ni y Wang, 1995</u>						
Guilin, a inicios	126,0	117,0	13,6%	17,7%	28,3	27,8
Guilin, a finales	118,0	105,0	17,9%	21,6%	27,0	26,9
Wuzhou, a inicios	124,3	118,4	11,0%	12,5%	25,6	24,8
Wuzhou, a finales	127,7	109,6	19,8%	21,2%	25,3	24,8
Qinzhou	125,4	121,1	17,0%	27,8%	26,6	25,3
	No. de Granos por m²					
<u>Magulama 1990</u>						
20 x 20 ^a	30 535	26 121	26,1%	32,0%	25,4	25,0
40 x 10	37 954	28 352	23,5%	33,4%	25,1	24,5
30 x 10	44 175	31 642	23,2%	33,5%	25,1	24,9
20 x 15	37 107	34 546	24,8%	32,0%	24,8	24,8

a) El tratamiento consiste de patrones de plantación, los números se refieren a plantas.

RESUMEN:

Número total de fila de datos: 20

No. de granos / panoja:

Total de casos mayores de parcelas de arroz+peces: 17

Porcentaje promedio mayor en parcelas arroz+peces: 9,9%

% de Granos vacíos

Total de casos mayores de parcelas de arroz+peces: 15

Porcentaje menor promedio en parcelas de arroz+peces: 13%

1000-Peso de granos

Total de casos mayores de parcelas de arroz+peces: 13

Porcentaje promedio mayor en parcelas arroz+peces: 1,1%

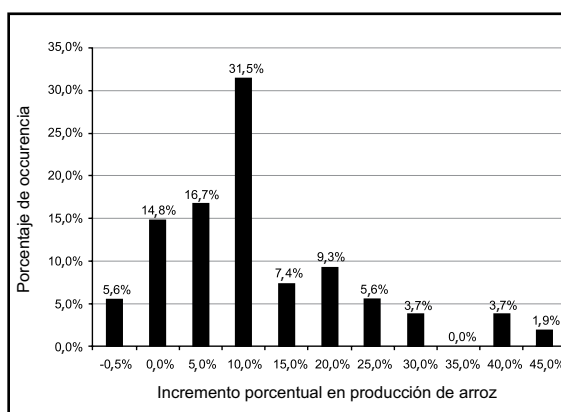


Figura 14. Distribución de frecuencias del incremento porcentual en la producción de arroz, como resultado de la crianza de peces en campos de arroz, basado en datos publicados de China, India, Indonesia, Filipinas y Tailandia, 1977 a 1992 como se resume en los Cuadros 9a y 9b.

menor y puede ser ignorado. En Tailandia, bajo todas condiciones topográficas donde se encuentran los cultivos de arroz, tuvieron por término medio, mayor producción en campos provisionados con peces (Thongpan *et al.*, 1992). En Viet Nam, los rendimientos fueron menores, pero estadísticamente significativos. La producción de arroz fue evaluada en campos de arroz con *B. gonionotus* (Rothuis *et al.*, 1998c), pero no se considera un control sin peces.

Con el fin de obtener una perspectiva completa de la situación, la distribución de frecuencias del incremento de porcentaje en la producción de arroz fue determinada cuando los peces estaban presentes. Se obtuvo el promedio de los datos de las pruebas considerando solamente una variable, con o sin peces. Sin embargo, para las pruebas con tratamientos, por ejemplo el uso de diferentes fertilizantes, el resultado de cada tratamiento fue registrado por separado. Aunque este enfoque puede no ser lo suficientemente riguroso para considerar al resultado como definitivo para algunos puristas, Es posible reunir los resultados de los diferentes investigadores de los cinco países en Asia como un escenario completo de las granjas de arroz-peces sobre el arroz (Figura 14).

El análisis demuestra, que aunque los rendimientos más altos de arroz no siempre fueron obtenidos con la introducción de peces, la mayoría (80 por ciento) resultó en producciones más altas en un 2,5 por ciento o más. Los resultados parecen ser lo suficientemente convincentes: el crecimiento de los peces en campos de arroz resulta en un rendimiento más alto de arroz, en comparación al crecimiento de arroz sin peces.

Estos resultados demuestran que aunque se disminuye el área para el cultivo de arroz en sistemas arroz-peces, el mutualismo con los peces posiblemente incrementa los factores de producción y/o su mejor manejo, lo compensa esta pérdida en el área a través de un rendimiento mayor. El aumento en la producción puede deberse al número de granos por panoja¹³ (Cuadro 11) posiblemente en combinación con una disminución de la incidencia de «puntas blanquecinas»¹⁴ (Magulama, 1990).

¹³ Una panoja está definida como el brote apical que produce los granos de una planta de arroz.

¹⁴ Las «puntas blanquecinas» son las panojas vacías y son denominadas así por la apariencia de las plantas de arroz que la padecen. Esto resulta principalmente del ataque de barrenadores que causan el corte severo de la porción inferior de la planta de arroz. La sequía y la desecación también puede causar puntas blanquecinas.

En resumen, los campos de arroz que son provisionados de peces probablemente tendrán un mayor rendimiento debido a que tendrán menos maleza y menos incidencia de barrenadores. La disminución de malezas que compiten con el arroz por los nutrientes del suelo y la disminución de plagas contribuyen a la producción de más granos, asimismo se reduce la incidencia de granos vacíos. En conclusión, los campos de arroz con peces presentan plantas de arroz más saludables que aquellos campos sin peces.

8. Manejo de plagas

8.1 Manejo de plagas con presencia de pez

El manejo de plagas incluye muchas opciones en cuatro categorías generales: mecánico, químico, relativas al cultivo y biológico. El primero es el usado más ampliamente y el de mayor tradición, junto con el control natural considerado parte del control biológico. La limpieza de maleza es quizás el mejor ejemplo de esto, pero también incluye técnicas de cultivo como el control del nivel de agua. El manejo químico de plagas es relativamente nuevo y es ampliamente utilizado, es particularmente popular por la percepción de su eficacia y por el hecho de que no es una labor intensiva. Desafortunadamente, se ha demostrado que la aplicación de insecticida origina un mayor problema porque desestabiliza el ecosistema y provoca el resurgimiento de las plagas, creando por lo tanto una situación aún más crítica que sin su uso. El control biológico de plagas tiene un amplio ámbito de aplicaciones, desde favorecer que ciertos organismos depreden ciertas plagas al uso de variedades de arroz resistentes a enfermedades. Particularmente, cuando se incluyen pesticidas asociados al deterioro de la salud, los controles naturales son la alternativa más viable para los agricultores (Rola y Pingali, 1993). Un enfoque integrado que utilice varias opciones de manejo se denomina Manejo Integrado de Plagas o MIP, y es la elección preferida para la protección de plantas en el arroz,¹⁵ de hecho éste ha sido adoptado como la Estrategia Nacional para la protección de plantas por los principales países productores de arroz.

El Manejo Integrado de Plagas¹⁶ comprende las cuatro alternativas de manejo descritas anteriormente e intenta optimizar su uso. Las

siguientes secciones analizarán las opciones disponibles y su impacto establecido o potencial en peces en los campos de arroz. Las principales plagas a manejar son malezas, agentes patógenos e invertebrados (principalmente caracoles e insectos); aunque las ratas y cangrejos también pueden causar mucho daño en algunas áreas.

Una razón por la cual los agricultores no pueden abastecer más peces en sus campos de arroz, especialmente si la irrigación proviene del agua de río, es el incremento en el uso de pesticidas. El uso de químicos es citado como una de las restricciones más importantes en las poblaciones cultivadas de arroz-peces (Koesomadinata, 1980; Cagauan y de Arce, 1992). De esta manera, el aprovisionamiento de peces reduce la infestación de plagas y por lo tanto reduce, si no es que elimina, la necesidad de aplicar herbicidas e insecticidas y particularmente molusquicidas, en donde se cultivan peces depredadores de caracoles (Waibel 1992; Cagauan 1995; Halwart 2001a, b, 2004a). Las ventajas prácticas y económicas de usar peces en lugar de químicos son a menudo evidentes.

La efectividad de los peces como agente de control depende de que tan bien estén distribuidos dentro del campo de arroz. Si los peces permanecen principalmente en el estanque de refugio, entonces no pueden ser eficaces para controlar las plagas de arroz. Halwart, Borlinghaus y Kaule (1996) descubrió que en campos de arroz provistos con 10 por ciento de estanque de refugio y aprovisionados ya sea con *C. carpio* u *O. niloticus*, había más presencia de peces entre las plantas de arroz que en el estanque. Ya que la alimentación es el incentivo muy importante para la actividad diurna del pez, el patrón de distribución apoya la hipótesis de que los peces son potencialmente importantes en el control de plagas.

Aunque los agricultores que siembran peces toleran un mayor nivel de infestación de plaga antes de darse cuenta de su justificación económica (Waibel, 1992), siempre hay una posibilidad de un alto nivel de infestación de plaga. En tal situación, debe considerarse el uso de pesticidas así como de otros métodos de control, con base en los costos y pérdidas potenciales, en términos de rendimiento de arroz y cosecha de peces. Las características más importantes a ser consideradas en la selección de cualquier pesticida para su

¹⁵ Excepto en prácticas de cultivo orgánico.

¹⁶ MIP implica «Las consideraciones cuidadosas de todas las técnicas de control de plaga disponibles y la integración subsiguiente de medidas apropiadas que no incentiven el desarrollo de poblaciones de plaga y mantenga a los pesticidas y otras intervenciones a niveles que son justificadas económicamente y reduzcan o minimicen los riesgos a la salud humana y al ambiente. El MIP enfatiza el crecimiento de una cosecha próspera con la menor perturbación posible para los agro-ecosistemas y apoya los mecanismos de control de plaga naturales.» – Código de conducta Internacional de FAO sobre la distribución y el uso de pesticidas.

aplicación en un campo de arroz puede resumirse de la siguiente manera:

- La seguridad relativa del pez – deber ser tolerado por los peces en las dosis efectivas recomendadas contra la especie objetivo de insecto;
- La tasa de bioacumulación – no debe acumularse o permanecer en el arroz y debe ser metabolizado en compuestos no tóxicos y excretado por los peces; y
- La tasa de degradación y persistencia – debe volatilizarse, biodegradarse o degradarse químicamente poco después de su aplicación, preferentemente en pocos días.

Por supuesto hay otros factores que son consideraciones importantes, como la inocuidad para los seres humanos y el ganado y eficacia efectiva, las cuales son aplicables en alguna medida ya sea que los peces sean cultivados o no con el arroz.

Hay cuatro grupos principales de pesticidas usados en campos de arroz: herbicidas, insecticidas, fungicidas y molusquicidas. Los herbicidas son considerados los menos tóxicos para los seres humanos, y en general los insecticidas como los más tóxicos. Los actuales cambios en el cultivo de arroz, que incluyen mayores costos de mano de obra y un aumento de fertilización de nitrógeno, parecen ser el resultado del incremento en el uso de herbicidas y fungicidas, respectivamente. Es bien conocido que varios herbicidas y fungicidas tienen mayor toxicidad no específica por lo que es necesario que sean revisados en forma más crítica.

Los agricultores de arroz-peces evitan el uso de pesticidas, principalmente por el alto riesgo de matar a los peces y más aún cuando se aplican pesticidas de alta toxicidad. Asimismo, el uso de compuestos no tóxicos o con baja toxicidad es observado con cautela, ya que si bien el consumo de peces contaminado probablemente no cause la muerte o enfermedad inmediata, es posible originar residuos o bioacumulación de los llamados pesticidas «seguros».

En resumen, actualmente la mayoría de los países favorecen las prácticas MIP y se ha demostrado particularmente que cuando los peces son abastecidos en campos de arroz, la alternativa de control natural ha sido la elección más viable para los granjeros. En los casos donde el uso de pesticidas puede ser la única alternativa, deben establecerse las medidas preventivas para proteger

a los peces¹⁷ y otros organismos no objetivo, así como para la salud de los consumidores.

8.2 Manejo de malezas del arrozal

Hay varias opciones prácticas para el control de malezas en campos de arroz, preparación de tierras, variación de la profundidad de agua, desyerbado mecánico, uso de herbicidas y aprovisionamiento de peces herbívoros.

A una profundidad de agua de 5 centímetros o más, las especies de malezas como *Echinochloa crusgalli* dejan de crecer y la mayoría de las plantas se secan (Arai, 1963). Manna, Chaudhury y Bedekar (1969) también han reportado cómo la profundidad del agua afectó negativamente la incidencia de malas hierbas de gramíneas y juncias en campos de arroz. El hecho de que un arrozal que sea abastecido con peces requiera cierta profundidad del agua, generalmente hace más fácil el control de las malas hierbas.

Posiblemente el desyerbado mecánico es la forma de control de malezas de uso más frecuente y aunque la agitación del agua y el aumento de la turbidez podría afectar negativamente el crecimiento de los peces, es poco probable que implique un impacto significativo sobre la producción de peces. Sin embargo, es una labor muy intensa para controlar las malas hierbas y a menudo trae un alto costo eventual (particularmente en áreas integradas a una economía de efectivo).

Los herbicidas son usados exhaustivamente, pero no son considerados un problema serio en el cultivo de arroz-peces. Si un herbicida es aplicado, normalmente se hace inmediatamente después del transplante. Los peces son abastecidos de 10 a 14 días después de la aplicación (Torres, Macabale y Mercado, 1992). Más aún, también es posible seleccionar un herbicida que pueda ser tolerado por los peces, incluso a niveles relativamente altos. Cagauan y Arce (1992) junto con Xiao (1992) hicieron una lista de nueve tipos de herbicidas que son usados en el cultivo de arroz en Asia.

¹⁷ Con el fin de garantizar la seguridad de los peces, la mayoría de los autores recomiendan que éstos sean concentrados en las zanjas, los pozos o lagunas antes del rociado, así como construir un terraplén temporal para prevenir que el agua del campo de arroz suba al refugio de los peces. Solamente hasta cuando la toxicidad del pesticida se haya disipado, se permite que los peces regresen al campo de arroz.

Algunas pruebas han demostrado que *C. carpio*, *M. rosenbergii*, y una almeja de agua dulce (*Corbicula manilensis*) tienen límites de tolerancia muy altos para 2,4-D o MCPA (ácidos clorofenoxiacéticos) (Cagauan y Arce 1992; Xiao 1992). La toxicidad de 2,4-D para organismos acuáticos depende de la especie de organismo, la formulación del químico y los parámetros del sistema de agua de superficie, como el pH, la temperatura y la química de agua. El 2,4-D es excretado fácilmente en la orina de animales y no se bioacumula. Sin embargo, algunos investigadores (por ejemplo Beaumont y Yost 1999), sostienen que los herbicidas del tipo 2,4-D han sido relacionados con el cáncer, citando a varios autores para respaldar su argumento de que estas clases de químicos son promotores de tumores. El 2,4-D actualmente está en proceso de volver a obtener su registro con la EPA de los Estados Unidos.

La introducción de peces en los campos de arroz puede reducir la cantidad de malezas en muchos sentidos. Para las especies herbívoras de peces, las malas hierbas son parte de su dieta. Para las especies que se alimentan en el fondo, las malas hierbas sólo están presentes en el medio. En el proceso de búsqueda de alimento se remueve el fondo lodoso del campo de arroz, dando poca oportunidad para que las malas hierbas sumergidas fijen sus raíces en la tierra y de esta manera afectan su crecimiento y proliferación. En los arrozales con aprovisionamiento de *B. gonionotus* y *C. carpio* en Bangladesh, los agricultores han observado que cuando la tierra es removida por el ramoneo de los peces, las malezas son comidas directamente por el peces o son desenraizadas y mueren, originando una disminución en la infestación de malas hierbas (Gupta *et al.*, 1998).

En China, se ha encontrado que los peces son lo más efectivo para el control de malezas, incluso mejor que el desyerbado manual o el uso de herbicidas. *C. idellus* fue la especie más efectiva para este propósito, especialmente para controlar 21 clases diferentes de malas hierbas, como *Echinochloa crusgalli*, *Eleocharis yokoscensis*, *Cyperus difformis*, *Rotala indica*, *Sagittaria pygmaea*, *Monochoria vaginalis*, y *Marsilea quadrifolia*. La introducción de peces disminuyó la cantidad de malezas en un campo de arroz, de 101 kg a solamente 20 kg después de cinco semanas, mientras que en un campo de arroz adyacente que no fue aprovisionado con peces, la biomasa de malezas aumentó de 44 kg a 273 kg durante el mismo período (Wu, 1995).

C. carpio se alimenta de raíces jóvenes, botones y tallos subterráneos de malas hierbas en el campo de arroz, aunque la ingesta podría ser incidental más que deliberada cuando busca alimento de organismos bentónicos. Solamente son forrajeadas las malezas con raíces fijas a la tierra (como Cyperaceas y familias de Poaceas) pero no las malezas que flotan libremente (Satari, 1962).

O. mossambicus y la tilapia de vientre rojo (*T. zillii*) también son usadas para el control de malas hierbas. *T. zillii* es especialmente eficiente (Hauser y Lehman 1976). *O. niloticus* no es considerado como forrajero de malezas y es más eficaz en el consumo de algas verde-azules (Anón. 1971, conforme cita Moody 1992), aunque Magulama (1990) descubrió que también podía contribuir a la reducción de malezas. Otras dos especies que se encontraron como efectivas para el control de las malas hierbas son *B. gonionotus* y *Trichogaster pectoralis* (Khoo y Tan, 1980).

8.3 Manejo de invertebrados

Insectos y otras plagas de invertebrados, principalmente caracoles y en ciertas áreas cangrejos, pueden causar daño a las cosechas del arroz, particularmente durante las etapas de crecimiento. La siguiente sección trata principalmente sobre el manejo de plagas de insectos y caracoles.

La aplicación de pesticidas para reducir insectos y otros invertebrados tiene varias consecuencias que son importantes para el cultivo de arroz-peces, ya que algunos de los pesticidas afectan directamente al pez y en otros casos reduce los organismos con que se alimenta la especie cultivada.

8.3.1 Manejo de plagas de insectos

Las plagas de insectos pueden clasificarse en dos tipos generales: las que afectan la producción del arroz y las que no la afectan pero que son consideradas como plagas debido a razones de salud pública, por ejemplo, los mosquitos. La eficacia de los peces en el control de plagas de insectos está influenciada por factores hidrológicos, biológicos y agrícolas. Se ha demostrado que los peces tienen un papel significativo en la reducción de algunas poblaciones de especies de insectos en los campos de arroz. Su interacción con organismos benéficos no es clara. Debe señalarse que la dinámica de depredación de los insectos usualmente está bien balanceada en un ecosistema de cultivo del arroz y esta no es perturbada por el uso de insecticidas.

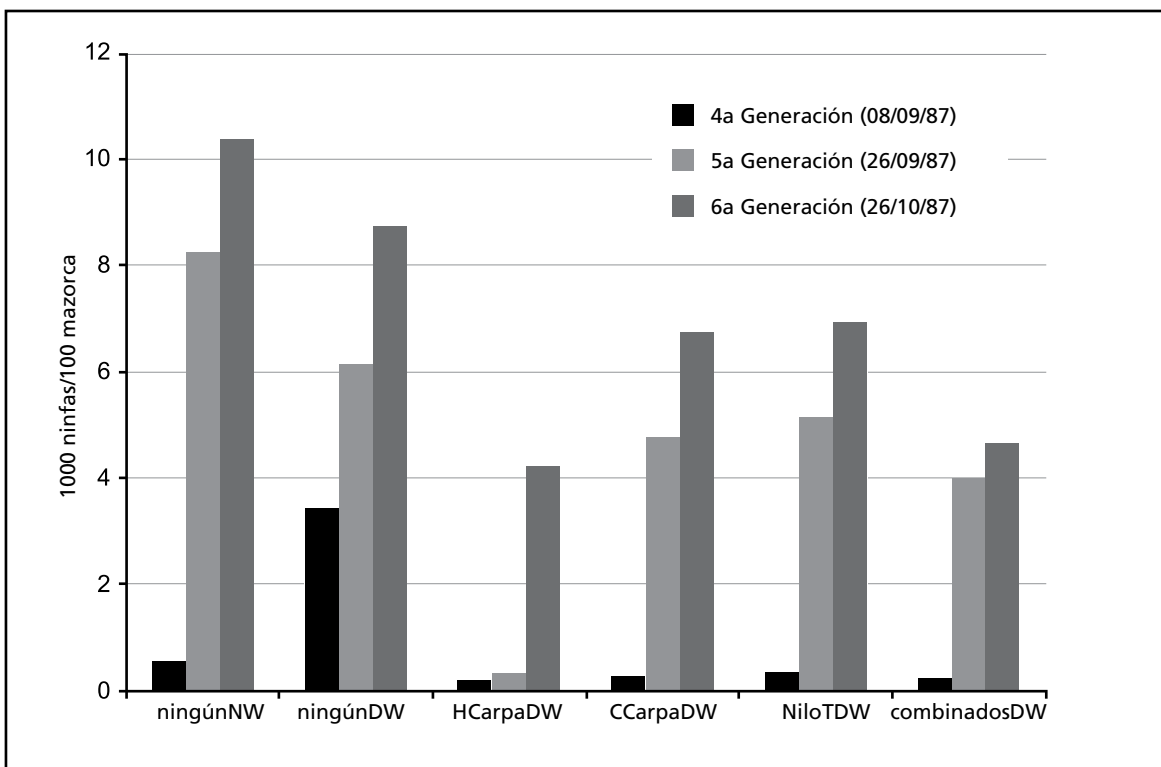


Figura 15. Efecto de diferentes especies de peces sobre ninfas de saltamontes del arroz en granjas de peces+arroz. NW – profundidad de agua normal, DW – agua constante a 10 cm, ningún – sin peces, HCarpa – Carpa herbívora, CCarpa – Carpa común, NiloT – Tilapia del Nilo, Combinados – Todas las 3 especies. Shangyu County, Provincia de Zhejiang, China (fuente de datos: Yu *et al.*, 1995).

Halwart (1994a) concluyó que la presencia de peces en campos de arroz inundados refuerza la estabilidad y el balance de las interacciones de depredador-plaga en el ecosistema.

En Bangladesh, la población de insectos útiles como el escarabajo dama, la araña y la mosca damisela, fue 48 por ciento más alta en granjas de arroz-peces, comparado con las granjas de cultivos de solo arroz, 10-12 semanas después del transplante, pero después, se observó lo contrario. Sin embargo, la infestación de plagas fue de 40-167% más alto en granjas de solo arroz durante todas etapas del crecimiento de arroz (Gupta *et al.*, 1998).

Los mosquitos y jejenes pasan parte de su ciclo en el agua y aún cuando no se consideren dañinos para las plantas de arroz son considerados como una plaga. Algunos trabajos recientes sobre el aprovisionamiento de peces en campos de arroz, fueron dirigidos principalmente al control de mosquitos más que a la producción de peces como alimento, con excepción de China en donde la combinación de *Gambusia* y carpa común, resultó en la reducción de poblaciones de larvas de anofelina y culicina en un 90 y 70 por ciento, respectivamente (WHO, 1980 en Pao, 1981).

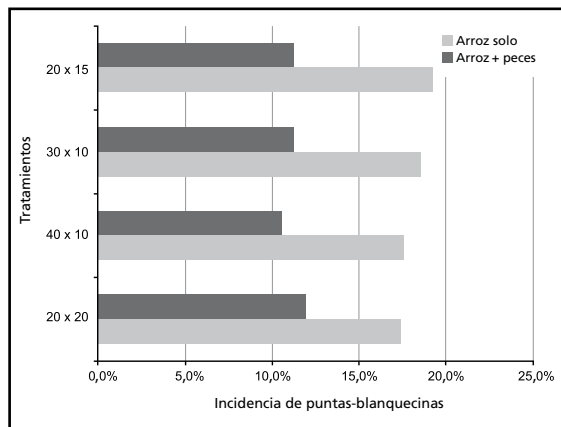


Figura 16. Incidencia de puntas blancuecinas en plantas de arroz, en campos abastecidos con Tilapia del Nilo y en campos de arroz sin peces (fuente de datos: Magulama 1990).

Los saltamontes de plantas y de hojas de arroz generalmente afectan las partes bajas y medias de la planta de arroz, succionan los jugos de la planta durante el día y trepan a la parte superior de la planta de arroz para alimentarse por la noche o muy temprano en la mañana. Se ha observado que *C. carpio* y *C. idellus* de más de 6,6 cm de longitud, fueron efectivos para reducir los saltamontes de plantas y de hojas,

respectivamente (Xiao, 1992). *C. idellus* es el pez más efectivo contra los saltamontes seguido de *C. carpio* y *O. niloticus* (Figura 15). Yu *et al.* (1995) sugieren que *C. idellus* son eficaces debido a que consumen las hojas exteriores de las plantas de arroz donde los saltamontes de plantas ovipositan sus huevos. Además, el pez también consume a los saltamontes de plantas que caen en el agua. Para no depender solamente de la oportunidad, Xiao (1995) recomienda que «una sogá sea jalada sobre las plantas de arroz» con el fin de hacer caer a los saltamontes de plantas a la superficie de agua, donde son asequibles para los peces. En Viet Nam, una granja de arroz-peces registró 3 800 saltamontes · m⁻² contra cientos de miles de saltamontes · m⁻² en áreas infestadas circundantes (Tuan, 1994).

Yu *et al.* (1995) reportan observaciones en China que indican 47-51 por ciento menos barrenadores en campos de arroz-peces comparados con campos de solo arroz. También se encontró una reducción de entre 28-44 por ciento en la tasa de infestación comparado con campos de solo arroz. Magulama (1990) observó que la incidencia de puntas blanquecinas, una señal clara de infestación de barrenadores, en las parcelas experimentales en Filipinas fue de 11 por ciento en campos de arroz-peces y 18 por ciento en parcelas de solo arroz (Figura 16). Halwart (1994a) observó niveles bajos de infestación de barrenador tanto en tratamientos en arroz solo como en arroz-peces en tres estaciones consecutivas. Sin embargo, en la cuarta estación, notó una reducción estadísticamente significativa en la infestación de barrenadores amarillos (*Scirpophaga incertulas*) así como de blanqueo de puntas en campos de arroz con *O. niloticus* y 5 por ciento menor con *C. carpio*, comparado con campos de control sin ningún pez, donde prevaleció una infestación del 18 por ciento. El mecanismo de control es probablemente la depredación por los peces sobre las larvas de barrenadores recién nacidos, las cuales después de salir del cascarón, se suspenden de las hojas de arroz con un hilo de seda para dispersarse a otras partes altas.

Por el contrario, en China el número de saltamontes de hojas, también llamados enrolladores de hojas (*Cnaphalocrocía medinalis*) fueron de hecho mayores en los campos de arroz-peces que en campos de arroz solo. Los campos de arroz-peces tuvieron 90 a 234 enrolladores de hojas por 100 contra 12 a 149 en campos de arroz solo. Los peces aparentemente no se alimentan de larvas de enrolladores pero la presencia de desechos de

los peces y agua profunda pudo haber favorecido la ovoposición, la eclosión y la alimentación de las larvas de insecto. Sin embargo, Hendarsih *et al.* (1994) notaron que el daño al arroz causado por los enrolladores de hojas era 50 por ciento menor en granjas de arroz-peces en Indonesia, aunque se encontró que no era estadísticamente significativo.

En general los insecticidas químicos son más tóxicos que los herbicidas y deben ser aplicados mientras los peces aún están en crecimiento en el campo de arroz. Xiao (1992) asegura que los pesticidas no son incompatibles con el cultivo de arroz-peces y que éstos pueden aplicarse sin peligro siempre que se observen los siguientes puntos:

- sea seleccionado un tipo apropiado;
- se use una dosis apropiada;
- se usen los métodos de aplicación apropiados;
- los períodos de aplicación sean medidos; y
- se tomen los preparativos de pre-aplicación para proteger a los peces.

No se ha llevado a cabo una evaluación sistemática de diferentes insecticidas respecto a su toxicidad a diferentes especies de peces, ni con respecto a su tasa de bioacumulación en peces. Lo que hay disponible son varias pruebas en la mayoría de los insecticidas habituales en diferentes lugares como lo estudió Cagauan y Arce (1992) y Xiao (1992) (Cuadros 12, 13).

Aquí es importante hacer notar que además de la importancia estadística, debe considerarse la importancia económica de los datos, y que con o sin la presencia de peces, «no hay buenos datos

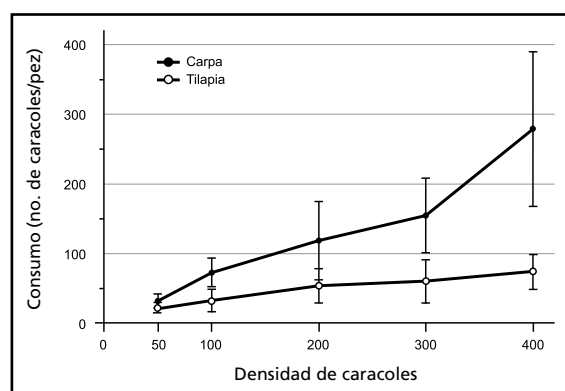


Figura 17. Número de caracoles juveniles de *Pomacea canaliculata* (de menos de 5 días de vida) consumidos cada 24 horas por un pez (*Cyprinus carpio* y *Oreochromis niloticus*) conforme varía la densidad de caracoles (Fuente: Halwart, 1994a).

Cuadro 12. Toxicidad de diferentes insecticidas y herbicidas expresado como LC₅₀ 48 y 96 horas para *O. niloticus*, *O. mossambicus*, y *C. carassius* probados en el Centro de Cultivo de Agua Dulce – Universidad Central del Estado de Luzon, Filipinas (extraído de Cagauan y Arce, 1992).

Grupo pesticida / nombre común	LC ₅₀ 48-horas (ppm ^b de producto formulado) y rango de toxicidad ^a					LC ₅₀ 96-hora (ppm ^b de producto formulado)			
	<i>O. niloticus</i>		<i>O. mossambicus</i>		<i>C. carassius</i>	<i>O. niloticus</i>	<i>O. mossambicus</i>	<i>C. carassius</i>	
INSECTICIDA									
<i>Carbamatos</i>									
BMPC	5,6 – 6,7	at	-	-	28,3	mt	5,4-6,12	-	25,1
Carbaryl	3,10	at	-	-	-	-	2,93	-	-
Carbofuran	2,27	at	2,4	at	-	-	1,97	1,72	-
MTMC	68,0	mt	52,0	mt	-	-	50,0	46,9	-
MTMC + Pentoato	0,56	et	-	-	-	-	0,47	-	-
PMC	6,05 ^c		6,0 ^c	-	34,75 ^c	-	-	-	-
PMP	59,0	mt	-	-	34,8	mt	47,1	-	19,6
<i>Organofosforados</i>									
Azinfos etil	0,028 ^c		0,023 ^c		0,009	et	-	-	0,002
Clorpiritas	2,0	at	1,34		-		1,3	1,19	-
Diazinon	45,0	mt	-		40,7	mt	2,2	-	15,2
Metil paration	25,7	mt	-		13,4	mt	19,0	-	11,0
Monocrotofos	1,2	at	47,6		0,31	et	-	33,10	-
Triazofos	5,6	at	-		-		-	-	-
<i>Organoclorados</i>									
Endosulfan	5,8	at	-		1,3		1,3	-	1,6
<i>Piretroide sintético</i>									
Permetrin	0,75	et	1,3	at	-		0,75	-	-
Cypermeterin	0,63	et	-		-		0,63	-	-
HERBICIDAS									
2-4-D ^d	-		-		-		-	-	-
Agroxona (MCPA) ^d	-		-		-		-	-	-
Rilof (piperophos)	27,5	mt	-		-		-	-	-
Machete (Butachlor)	1,4	at	-		-		1,3	-	-
Modown (bifenox)	149,0	bt	-		128,0	bt	127,0	-	102,0
Treflan (trifuralin)	71,5	mt	-		53,5	mt	54,4	-	49,5
EPTAM D (EPTC)	308	bt	-		190,0	bt	225,0	-	170,0

^a Lista de pesticidas de Koesoemadinata and Djajadiredja (1976) para LC₅₀ 48-horas: < 1 = extremadamente tóxico (et); 1 – 10 = altamente tóxico (at); 10 a 100 = moderadamente tóxico (mt); y >100 = baja toxicidad (bt)

^b ppm= partes por millón

^c LC₅₀ 24-horas

^d The LC₅₀ 48 hours for both Agroxone and 2,4-D were tested on different species: for *C. carpio* (Agroxone: 520 ppm; 2,4-D: 800 ppm), *Macrobrachium* sp. (Agroxone: 1840 ppm; 2,4-D: 920 ppm) and *C. manilensis* (Agroxone: 4600 ppm; 2,4-D: 5300 ppm)

para sustentar ningún uso de insecticidas en el arroz tropical con irrigación» (Settle, com. pers.).

8.3.2 Manejo de caracoles

Una de las plagas más recientes que afectan a los campos de arroz en Asia Sudoriental son los caracoles de manzana de oro, *Pomacea canaliculata*. Este caracol, que es del origen latinoamericano,

ha invadido la mayoría de las áreas de producción de arroz en Asia (Halwart, 1994b). Dos especies fueron importadas de Florida, Estados Unidos, en 1980 como alimento potencial y cosecha de exportación en Filipinas, con un segundo lote importado de Taiwán en 1984 por dos grupos privados distintos (Edra, 1991). Aparentemente inofensivo cuando se introdujeron inicialmente, actualmente se reconocen como capaces de

Cuadro 13. Límites de tolerancia media (LTM) de carpa común (*Cyprinus carpio*) a varios pesticidas (extraído de Xiao 1992).

	Producto formulado	LTM (ppm) 48-hora	Grado de toxicidad
<u>INSECTICIDA</u>	Triclorfon	6,2	media
	Dichlorvós	4,0	media
	Fenitrothion	4,4	media
	Malathion	9,0	media
	Dimetoato	<40,0	baja
	Metil Parathion	5,0	media
	Fosmet	5,3	media
	Fenotato	2,0	media
	Fenthion	2,0	media
	Tsumacida	15,3	baja
	Landrin	38,1	baja
	Bassa	12,6	baja
	Etofolan	4,2	media
	Clordimeform	15,2	baja
	Rotenona	0,032	alta
	Bramaxymil octamoato	0,0	alta
	<u>BACTERICIDA</u>	EBP	5,0
IBP		5,1	media
Edinfensop		1,3	media
Oryzon		6,7	media
Cihexatine		14,6	baja
Metil Tiofanato		11,0	baja
Blasticidina		>40,0	baja
Kasugamycina		100,0	baja
CAMA		10,0	media
Fenazina		>10,0	baja
<u>HERBICIDA</u>	Triram	4,0	media
	2,4-D	>40	baja
	DMNP	14,0	baja
	Propanil	0,4	alta
	Nitrofen	2,1	media
	Bentocarb	3,6	media
	Amino metanearsonatos	3,7	media
	GS 13633	0,86	alta
	Hedazhuang	34,0	baja
	Oradiazon	3,2	media
	Prometrina	23,5	baja
	Glyfosato	119,0	baja
	Pentaclorofenol	0,35	alta
<u>OTROS</u>	Zinc Fósforo	80,0	baja
	Propargit	1,0	media
	Cal	140,0	baja

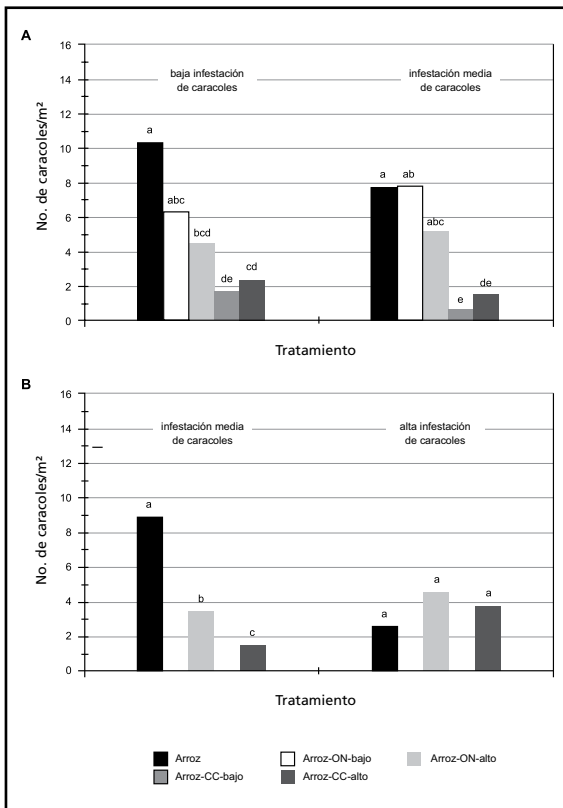


Figura 18. Abundancia de caracoles vivos *Pomacea canaliculata* colectados dos días después la cosecha de arroz en parcelas con estanque de 50 m² durante la estación húmeda (A) y parcelas con estanque de 200m² durante la estación seca (B) a baja (0, 18 caracoles·m⁻²), media (0.48 caracoles·m⁻²) y altos niveles (1,32 caracoles·m⁻²) de infestación inicial. CC = *Cyprinus carpio*, ON = *Oreochromis niloticus*, baja = 5 000 peces·ha⁻¹, alta = 10 000 peces·ha⁻¹. Las barras significan tres replicas. Los promedios con la misma infestación (baja, media, alta) con una letra en común no son significativamente diferentes a niveles de 5% por DMRT (fuente: Halwart, Viray y Kaule, 1998).

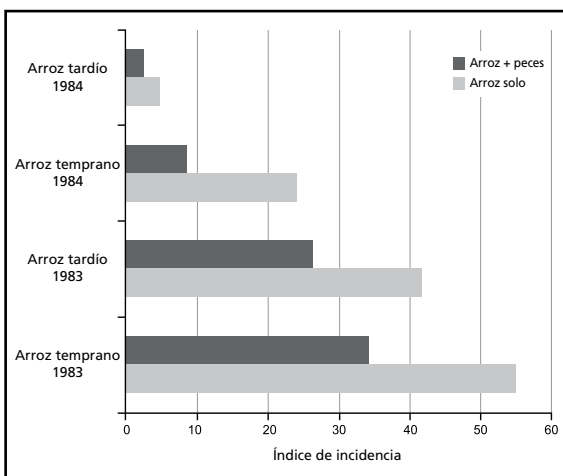


Figura 19. Índice de incidencia de la enfermedad de la roya de cáscara de arroz en cultivo de arroz con y sin peces, Tau Yuan Agricultural Bureau, Tao Yuan, China (fuente de datos: Xiao, 1992).

devastar completamente campos de arroz con plantas de crecimiento reciente.

Por algún tiempo, se ha reconocido el uso de peces como un control biológico para caracoles. La revisión de Coche (1967) registra el trabajo hecho en Uganda, Mozambique y el Congo desde principios de 1952 a 1957. En aquel entonces la preocupación era controlar caracoles que sirvieran de hospederos intermedios de *Schistosoma* spp., un trematodo que causa esquistosomiasis-una enfermedad debilitante a seres humanos que también es conocida como bilharzia.

Para controlar a los caracoles manzana, la mayoría de los agricultores y agencias gubernamentales agrícolas usaron molusquicidas químicos, principalmente compuestos organo-estánicos. El conocimiento creciente de los peligros que conllevan los compuestos organo-estánicos sobre los seres humanos y ganado condujo a su prohibición en algunos países. En Filipinas, las compañías de químicos agrícolas han cambiado a metaldehídos después de haber sido aprobados por las autoridades competentes. Los agricultores no encuentran a los metaldehídos tan eficaces debido a que son aplicados en la forma de carnada y tienen que ser ingeridos por los caracoles objetivo para causar algún daño.

Los peces son la mejor opción de control biológico. En Filipinas, un programa de tres años dio inicio en 1990 como parte de una investigación estratégica en la Red Asiática de Sistemas de Cultivo de Arroz (Asian Rice Farming Systems Network (ARFSN)) para evaluar específicamente el Potencial de *O. niloticus* y *C. carpio*, bajo condiciones de laboratorio y campo (tanto en estaciones como en granja) (Halwart, 1994a). Experimentos sobre la respuesta de alimentación y depredación específica por tallas en un ambiente controlado, sugieren que las carpas comunes son el agente de biocontrol preferido capaz de consumir diariamente proporciones de más de 1 000 caracoles juveniles, alimentándose también de caracoles más grandes (Figura 17, Halwart, Viray y Kaule, 1998). Estos resultados en la combinación con nuevos datos sobre la ecología de población del caracol, resultó en pruebas experimentales de campo de combinaciones de diferentes densidades de caracoles y peces (Figura 18, Halwart, 1994a). Más aún, los resultados fueron probados para su probabilidad a largo plazo y robustez, desarrollando un modelo de dinámica poblacional de caracoles que identifica a los peces en un campo de arroz, como uno de los factores

clave en la mortalidad de caracoles (Heidenreich y Halwart, 1997; Heidenreich *et al.*, 1997). En Indonesia, una revisión preliminar señaló cuatro especies con potencial para control de caracol: *C. carpio*, *O. niloticus*, *B. gonionotus*, y *O. mossambicus* (Hendarsih *et al.*, 1994). Entre éstos, se identificó a *C. carpio* como el mejor candidato, capaz de consumir hasta 40 caracoles jóvenes en un día, las otras tres especies consumen solamente 84-87 por ciento de esa cantidad en cuatro días. Estos descubrimientos se han aplicado en donde se ha identificado MIP por FAO como el enfoque más apropiado para el control de caracol con carpas como la especie de pez preferido para control biológico (FAO, 1998).

8.4 Manejo de enfermedades

El papel de los peces en un campo de arroz no se limita al control de la proliferación de malas hierbas, caracoles, y algunas plagas de insecto. En China, el Departamento de Agricultura de Taoyuan, en la provincia de Hunan ha encontrado que la cría de *C. idellus* en el campo de arroz controló la enfermedad de la vaina de arroz (Xiao, 1992). El índice de incidencia de la enfermedad en las parcelas de arroz + peces varió entre 8,5-34,2 en arroz joven y 2,4-26,4 en arroz maduro, contra 24,1-55,0 y 4,7-41,7 en los controles, respectivamente (Figura 19). Resultados similares

fueron observados en Shangyu Provincia del condado Zhejiang (Yu *et al.*, 1995), donde el índice de enfermedad era más bajo, entre 9,9 y 19,6 por ciento en parcelas de arroz+peces de profundidad normal.

Yu *et al.* (1995) sugieren tres mecanismos que permiten a los peces mitigar los efectos de la infección fúngica. Primero, los peces despojan de las hojas afectadas cerca de la parte inferior de las plantas de arroz disminuyendo por lo tanto las fuentes de re-infección en el arrozal. Segundo, después de que las hojas inferiores de las plantas son eliminadas, mejora la ventilación y la penetración de luz hace un microclima desfavorable para el hongo. Tercera, a largo plazo, las condiciones de profundidad de agua previenen cualquier germinación de esporas y re-infección.

Xiao (1992) reporta que *C. idellus* se alimenta directamente de esclerotia (masa compacta de hifas fúngicas con o sin tejido del hospedero) de la roya de vaina y las digiere después de 24 horas. Las secreciones de los peces también parecen disminuir la velocidad de germinación de hifas y reducen la infección. Sin embargo, los peces son eficaces solamente cuando la infección se presenta en la superficie de agua. Una vez que la infección se extiende hacia arriba, fuera de la superficie de agua, los peces son poco efectivos.

9. El impacto del cultivo de arroz-peces

Es el impacto del cultivo de arroz y peces lo que finalmente debe determinar si el realizarlo representa un esfuerzo que valga la pena para los granjeros de arroz. El impacto del cultivo de arroz y peces puede medirse de muchas maneras, pero esta sección se enfocará en su impacto económico directo, seguido por su efecto en la nutrición de las familias, la salud pública y su papel en el alivio de la pobreza. Los problemas medioambientales se examinan posteriormente.

9.1 Economía de producción

9.1.1 La «línea del fondo»

Para evaluar si la cría de peces en el campo de arroz realmente vale el esfuerzo extra, se examinaron cifras disponibles sobre el costo y las ganancias para los cultivos de arroz y peces y las correspondientes al cultivo únicamente de arroz. Se consideran específicamente sólo aquellos casos donde se obtuvieron ambos tipos de cifras para la misma situación durante el mismo período de tiempo. Muchos de los reportes disponibles contienen cifras sobre el costo y las ganancias para el cultivo de arroz y peces, pero normalmente faltan cifras sobre el cultivo de arroz. Ésos casos no se incluyen en este análisis. Como puede verse en las tablas 14 y 15, el porcentaje de la diferencia entre los ingresos netos varía ampliamente de un país a otro, de un año, e incluso de un lugar a otro dentro del mismo país (Yu *et al.*, 1995). Sin embargo, en la mayoría de los casos, la presencia de peces tenía el efecto de aumentar los ingresos netos.

En Bangladesh los ingresos netos del cultivo de arroz y peces estaban 50 por ciento por encima de los correspondientes al monocultivo de arroz. Los ingresos netos más altos de las granjas integradas se debían probablemente a los costos más bajos de cultivo y los rendimientos de arroz más altos, además de la producción de peces, (Gupta *et al.* 1998).

En China, la diferencia entre ambos tipos de cultivo varió de 45 a 270 por ciento. El cultivo de peces era casi tres veces más rentable que el monocultivo de arroz (Yan *et al.*, 1995). Lin, Zhan y He (1995) relacionaron los beneficios económicos del cultivo de arroz y peces con un aumento en los rendimientos de arroz y con ahorros en la mano de obra y los insumos materiales. Adicionalmente, la producción de peces aumentó el ingreso neto.

Cifras correspondientes a Indonesia muestran que los campos que tenían dos cosechas de arroz y peces, usando el campo de arroz para una cosecha intermedia de peces (llamada *penyelang*) tenían ganancias 116 por ciento más altas que los que tenían dos cosechas de arroz, dejando el campo de arroz en reposo durante dos meses. Purba (1998) concluyó que el sistema de arroz y peces es una tecnología rentable y que es probable que su adopción aumentara el ingreso de los granjeros, la absorción de mano de obra y la rentabilidad.

En las Filipinas, las granjas de arroz y peces rindieron un ingreso neto 27 por ciento más alto comparado con las que producían una sola cosecha de arroz (Sevilleja 1992). Además, se ha demostrado que es posible lograr un aumento de tres veces en la rentabilidad del cultivo de arroz cultivándolo junto con peces (Fermin, 1992; Israel *et al.*, 1994).

En Tailandia, en contraste con los países previamente mencionados, se reportaron ingresos netos más bajos en los campos que cultivaban arroz y peces que en los dedicados al monocultivo de arroz. Las cifras tailandesas indican que la rentabilidad en los campos de arroz y peces era tan sólo el 80 por ciento de la correspondiente al monocultivo de arroz. Thongpan *et al.* (1992) atribuyeron esto a la inversión inicial más alta en el cultivo de arroz y peces.¹⁸

Un estudio de 76 granjas en el Delta del Mekong en Viet Nam (Rothuis *et al.*, 1998a) mostró un rendimiento 16 por ciento más bajo de arroz y una ganancia 20 por ciento más baja en las granjas que asignaron parte de su superficie al cultivo de arroz y peces. Mai *et al.* (1992) informaron que en tres granjas en el Delta del Mekong, los ingresos netos de los campos en los que se cultivaba arroz junto con camarones sin alimentación suplementaria eran 52 por ciento superiores a los de los monocultivos de arroz y 176 por ciento superiores a éstos en los campos de los arroz donde se alimentaron los camarones con salvado de arroz y animales en descomposición.

¹⁸ Thongpan *et al.* (1992), sin embargo, notaron que durante la estación seca de 1985, el cultivo de arroz y peces tenía ingresos más altos que el monocultivo de arroz lo que, desgraciadamente, no se presentaba en detalle en el artículo. Dos granjas mostraron las rentabilidades más altas usando el cultivo de arroz y peces durante la estación lluviosa de 1985.

Cuadro 14. Resumen de los costos y retornos de cultivo de arroz-peces y arroz solo, Bangladesh y China. Todas las cantidades están en dólares americanos-ha⁻¹-cosecha⁻¹ ó dólares americanos-ha⁻¹-año⁻¹ como se indica y están redondeadas a la unidad más cercana. La última columna compara el cultivo de arroz+peces contra arroz solo en términos de insumos de arroz solo, gastos incurridos para el arroz y ganancias netas.

Sistema arroz+peces, periodo, año (fuente)	Arroz+peces		Solo Arroz		% Más o (menos)
	Cantidad	Total	Cantidad	Total	
BANGLADESH					
Zanja/Foso, estación <i>boro</i> (seca) 1994, (Gupta et al. 1998) ^a					
Ganancias de Arroz	749		690		8,5%
Ganancias de Pescado	195				
Costos de Arroz	(302)		(326)		(7,4%)
Costos de Pescado	(72)				
Ganancia neta		570		364	56,6%
Zanja/Foso, estación <i>aman</i> (húmeda) 1993, (Gupta et al., 1998) ^a					
Ganancias de Arroz	464		444		4,5%
Ganancias de Pescado	183				
Costos de Arroz	(121)		(137)		(11,6%)
Costos de Pescado	(31)				
Ganancia netas		495		307	61,2%
CHINA					
BA Engorda 1987, una cosecha (Yan et al., 1995) ^b					
Ganancias de Arroz	559		562		(0,9%)
Ganancias de Pescado	864				
Costos de Arroz	(131)		(158)		(17,1%)
Costos de Pescado	(202)				
Ganancia netas		1 090		404	169,8%
Crecimiento no esp. 1988, una cosecha, (Lin, Zhan y He, 1995)					
Ganancia netas ^b		588		405	45,2%

LEYENDA: BA –Bordo ancho

a) Estimaciones originales en Bangladesh taka (BDT), convertidas a dólares americanos (USD) en 1994 a una tasa de USD 1,00=BDT 39,00. No se proporciona el total bruto de arroz, sin embargo se calculó usando el beneficio neto de arroz y los costos de arroz.

b) Estimaciones originales en yuan chino (CNY), convertidas a dólares americanos (USD) en 1987-88 a una tasa de USD 1,00=CNY 3,72.

* En los cuadros, se utiliza el Código ISO de la moneda del país.

9.1.1 Análisis de insumos

Un análisis de qué insumos se necesitan en los cultivos es de gran importancia al considerar que los altos costos de ciertos insumos excluirían a los sectores más pobres en las áreas rurales. Cifras detalladas sobre costos e ingresos del monocultivo de arroz y del sistema de arroz y peces están disponibles para Bangladesh, Indonesia, las Filipinas y Viet Nam.

Salvo por Indonesia, todos los otros casos mostraron un aumento consistente en los requerimientos globales de mano de obra cuando se crían peces en el campo de arroz, con aumentos que variaban de tan sólo 10 por ciento hasta cifras tan altas 234 por ciento. Esto era principalmente debido a la necesidad de preparar el campo de arroz para la siembra de los peces así como para su cosecha. Sin embargo, en algunas actividades específicas relacionadas con el cultivo de arroz como la aplicación de fertilizante o pesticidas y el desyerbado, la presencia de peces disminuyó la mano de obra requerida. Sin embargo, la cantidad de mano de obra empleada varía de

actividad a actividad y de un área a otra como se muestra en el Cuadro 16.

En lo que se refiere al gasto de fertilizante, Bangladesh, Indonesia y las Filipinas tuvieron costos de 4 por ciento a 14 por ciento más bajos en fertilizante en los campos de arroz con peces, mientras las cifras de Viet Nam indican un 96 por ciento de aumento en esos costos. Los mismos países reportaron una disminución significativa de los costos en pesticidas químicos en las granjas de arroz y peces (44-86 por ciento). Sin embargo, en Viet Nam las aplicaciones de pesticida eran más altas en granjas que practicaban el cultivo de arroz y peces.

9.2 Beneficios para las comunidades

9.2.1 Mejora del ingreso de los granjeros

Los beneficiarios inmediatos de la producción de peces y, a menudo, del aumento del rendimiento de arroz en sus cultivos han sido los granjeros

Cuadro 15. Resumen de costos y retornos de cultivo de arroz+peces y arroz solo, en países seleccionados del sureste asiático. Todas las cantidades están en dólares americanos-ha⁻¹-cosecha⁻¹ ó dólares americanos-ha⁻¹-año⁻¹ como se indica y están redondeadas a la unidad más cercana.

Sistema arroz+peces, año, periodo (fuente)	Arroz+peces		Solo arroz		% Más o (menos)
	Cantidad	Total	Cantidad	Total	
INDONESIA					
<u>Minapadi-Minapadi-peces vs. arroz-arroz-sin cultivar 1988, un año (Yunus et al., 1992)^a</u>					
Ganancias de arroz	1 518		1 663		(8,7%)
Ganancias de pescado	490				
Costos de arroz	(621)		770		(19,4%)
Costos de pescado	(122)				
Ganancia neta		1 244		576	116,0%
FILIPINAS					
<u>Zanja 1986, una cosecha (Sevilleja, 1992)</u>					
Ganancias de arroz	674		700		(3,7%)
Ganancias de pescado	126		-		
Costos Totales	(506)		(469)		7,9%
Ganancia neta		294		231	27,3%
<u>Zanja 1986, una cosecha (Sevilleja, 1992)</u>					
Ganancias de arroz	1 098		757		45,0%
Ganancias de pescado (incl. consumo propio)	607				
Costos de arroz	(322)		(390)		(17,4%)
Costos de pescado	(242)				
Ganancia neta		1141		367	210,9%
<u>Estanque de refugio 1991-92, un año (Israel et al., 1994)^b</u>					
Ganancias de arroz	2 077		1 579		31,5%
Ganancias de pescado (incl. consumo propio)	1 126				
Costos totales	(1 860)		(1 143)		62,7%
Ganancia neta		1343		436	208,0%
TAILANDIA					
<u>No esp. 1984-85, un año (Thongpan et al., 1992)</u>					
Ganancia neta		121		160	(24,4%)
VIET NAM					
<u>AAS/P. 1988, un año (Mai et al., 1992)</u>					
Recuperación neta de monocultivo de arroz			38		
Recuperación neta de arroz y camarón: con alimento		105			176,3%
Recuperación neta de arroz y camarón: sin alimento		58			(34,9%)
<u>Campo de arroz c/granja, estanque y dique (Rothuis et al., 1998)^c</u>					
Ganancias de arroz	888		1 060		(16,2%)
Ganancias de pescado	89		6 ^d		1 383,3%
Ganancias de granja y dique	175		119		47,1%
Costos variables de arroz	(544)		(600)		(9,3%)
Costos variables de pescado	(66)		(3)		2 100,0%
Costos variables granja/dique	(98)		(91)		7,7%
Costos totales fijos por granja	(176)		(157)		12,1%
Ganancia neta		268		334	(19,8)

LEYENDA: AAS/P –Arroz de agua salobre profunda

a) Extrapolado a ha de preso promedio ponderado de 6 granjas de 0,35-1,0 ha para arroz-arroz sin cultivar y 0,5 -1,5 ha para peces minapadi-minapadi.

b) Cantidades originales en peso filipino (PHP), convertidas a dólares americanos (USD) en 1991 a una tasa de USD 1,00= PHP 27,48.

c) Cantidades originales en Viet Nam Dong (VND), convertidas a dólares americanos (USD) en 1991 a una tasa de USD 1,00=VND 11 000 conforme a los autores .

d) Aún los granjeros que no adoptan el cultivo de arroz+peces se mantienen como criadores de peces son contados para los peces.

Cuadro 16. Costo relativo de labor e insumos de materiales en cultivo de arroz+peces y arroz solo.

	Bangladesh 1994 ^a (Gupta et al., 1998)			Indonesia 1988 (Yunus et al., 1992)			Filipinas, 1991-92, (basado en Israel et al., 1994) ^c			Viet Nam 1994-95 ^e (Rothuis et al., 1998)		
	Arroz + peces	Arroz solo	% más (menos)	Arroz + peces	Arroz solo	% más (menos)	Arroz + peces	Arroz solo	% más (menos)	Arroz + peces	Arroz solo	% más (menos)
RECUPERACIÓN BRUTA	943,56	689,77	36,8%	2 087,54	1 663,02	25,5%	3 202,70	1 579,37	102,8%	1 152,55	1 186,00	(2,8%)
Arroz	748,59	689,77	8,5%	1 518,24	1 663,02	(8,7%)	2 077,03	1 579,37	31,5%	888,45	1 60,18	(16,2%)
Peces	194,97 ^b			569,30			1 125,67			89,00	6,45	1,28,9%
Otros										175	119	46,7%
COSTOS	374,4	325,7	15,0%	743,55	770,21	(3,5%)	1 701,17	1 095,20	55,3%			
Labor	158,28	153,34	3,2%	449,11	528,72	(15,1%)	720,93	404,57	94,3%	299,80	261,28	14,7%
Dique, refugio y reparaciones	13,92						43,87	7,79	463,5%			
Preparación de la tierra	35,90	35,44	1,3%	54,18	90,65	(40,2%)	93,28	93,28	0,0%			
Siembra (tracción/manejo)				7,01	9,53	(26,4%)	27,97	27,08	3,3%			
Trasplante	32,13	32,49	(1,1%)	31,92	40,79	(21,8%)	77,98 ^d	54,20 ^d	43,9%			
Fertilización				5,78	11,20	(48,4%)	14,71 ^d	13,64 ^d	7,8%			
Erradicación de plagas				10,31	20,30	(49,2%)	-	-				
Limpieza de hierba	23,00	32,54	(29,3%)	12,88	18,75	(31,3%)	-	-				
Cosechado de arroz	53,33	52,87	0,9%	303,37	337,49	(10,1%)	251,68	208,58	20,7%			
Abastecimiento				1,48			3,74					
Alimentación, otros estanques de peces				16,27			34,45					
Cosechado de peces				5,93			173,24					
Irrigación & manejo de agua	6,85						158,36	48,02	229,8%	63,17	36,00	75,5%
Insumos				218,48	156,89	39,3%	607,76	421,20	44,3%			
Semilla de arroz	17,05	19,23	(11,3%)	18,76	17,57	6,8%	93,19	95,61	(2,5%)	72,97	66,63	9,5%
Fertilizantes	60,31	70,38	(14,3%)	86,53	90,22	(4,1%)	149,32	164,87	(9,4%)	197,02	100,34	96,4%
Químicos	0,97	7,10	(86,3%)	27,19	49,11	(44,6%)	15,11	53,45	(71,7%)	33,09	14,44	129,1%
Alevines	44,08	-		78,47			120,09			45,66	-	
Alimento	7,21	-		7,53			56,73			23,87	-	
Combustible							173,32	107,27	61,6%			
Costos fijos	79,62	75,62	5,3%	75,95	84,60		372,49	269,43				
RECUPERACIÓN NETA	569,21	364,10	56,3%	1 343,99	892,81	50,5%	1 343,16	436,14	208,0%			

a) Cosecha de estación seca (boro). Moneda original en taka de Bangladesh (BDT) convertidas a dólares americanos (USD) a una tasa de USD 1,00 = BDT 39.

b) Producción de peces no incluye peces silvestres.

c) Construido usando datos por granja de Israel et al (1994), moneda original en Peso filipino(PHP) convertidas a Dólares americanos (USD) en 1991 a una tasa de USD 1,00 = PHP 27,48.

d) El transplantado incluye la mano de obra de siembra y la fertilización la mano de obra para la aplicación de pesticidas.

e) Un año de operación de una hectárea de cultivo de arrozal, granja, bordo y estanque basado en una cosecha doble de arroz y una cosecha de peces. Los datos utilizados en esta tabla no están completos y no se suman como para los otros países debido a que la forma de presentación en el documento original no permitió su reformateo. Las cifras originales son en la moneda vietnamita Dong (VND) convertidas a dólares americanos (USD) en 1991 a una tasa de USD 1,00=VND11 000. La diferencia entre las recuperaciones brutas se reportan como no estadísticamente significativas.

que adoptan la tecnología del cultivo de arroz y peces. Aunque esto parecería obvio, Ruddle y Prein (1998) han señalado que «la existencia de tal relación (entre el cultivo de arroz y peces y un aumento de los ingresos) no se ha demostrado absolutamente». Sin embargo, el hecho de que tantos granjeros en diferentes países continúen practicándolo año con año, incluso sin algún programa gubernamental, parecería ser una prueba suficiente de los beneficios derivados de este tipo de cultivo de arroz.

Modelos desarrollados usando las técnicas de la programación lineal en una granja de 2,3 ha en Guimba, Nueva Ecija, Filipinas, muestran que la adopción de la tecnología de cultivo de arroz y peces puede generar un 23 por ciento de ingreso adicional en la granja, criando peces en 0,5 ha. Esto puede aumentar a 91 por ciento si las 2,3 ha enteras de la granja se abastecen de peces, aun cuando la producción de arroz permanezca constante y las necesidades de capital y mano de obra de la granja aumenten en 22 por ciento y 17 por ciento, respectivamente (Ahmed, Bimbao y Sevilleja, 1992).

Una indicación de que el cultivo de peces en los campos de arroz debe ser satisfactorio en la perspectiva de los granjeros (desde el punto de vista económico y otros más) se encuentra en el hecho de que muchos de ellos continúan usándolo y de que siga extendiéndose su adopción después de haber probado la tecnología. Por ejemplo, los granjeros zambianos quisieron continuar con el cultivo de arroz y peces aunque los investigadores lo habían encontrado no rentable (Nilsson y Blariaux, 1994). El área total de los campos de arroz en el noreste de Tailandia sembrada con peces aumentó cada año desde 1985 hasta 1987 a pesar de haber tenido un decepcionante inicio durante su primer año, (Thongpan *et al.*, 1992). Se ha señalado que los beneficios nutricionales y una disminución del riesgo de producción pueden mantener la motivación para que los granjeros se diversifiquen hacia el cultivo de arroz y peces y que éste puede ser «rentable» de muchas maneras, que incluyen los puntos de vista social, medioambiental y ecológico (Halwart, 1999).

9.2.2 Mejoras en la nutrición

Un beneficio que se ha señalado a menudo, pero nunca ha sido apoyado por evidencia sólida, es que los granjeros que cultivan peces en los campos de arroz han mejorado su nutrición. Villadolid y Acosta (1954), Coche (1967) y otros autores postularon que el pescado producido podría prevenir la deficiencia de proteína y

podrían contribuir a mejorar el bienestar socioeconómico de las poblaciones. A pesar de esto, en el caso del cultivo de arroz y peces no hay cifras disponibles acerca de cuánto ha aumentado el aporte calórico y de proteína o el consumo per cápita de pescado de las familias de los granjeros por la disponibilidad de peces criados en sus propios campos de arroz. Por ejemplo, se estima que el autoconsumo de una familia corresponde al 35 por ciento de la producción en el noreste de Tailandia, pero no se ha dado ninguna cifra definitiva (Mackay, 1992). Complica la cuestión el hecho de que el consumo directo de los animales cultivado depende en un buen grado del valor del mercado del producto y la situación económica del granjero.

En las Filipinas, y probablemente en otras partes, los granjeros pudieran estar menos inclinados a tener la «carga adicional» de criar peces si su propósito principal es mejorar su propia nutrición. Los granjeros cultivarán los peces probablemente si ellos creen que pueden ganar dinero extra, adicional al que obtienen por el cultivo de arroz. Horstkotte-Wessler (1999) no encontró ninguna reducción en los gastos en alimentos en las familias que practican el cultivo de arroz y peces ya que los peces de tamaño comercial producidos se vendieron y ninguno de ellos se consumió en casa. El aumento del ingreso era la razón más frecuentemente relacionada con el cultivo de arroz y peces, la comida adicional sólo ocupó el tercer lugar el tercio (Saturno, 1994). En Bangladesh, se ha señalado que el ingreso extra era el beneficio más frecuentemente citado (70 por ciento) seguido por «el aumento de la comida para la familia» (59 por ciento) (Gupta *et al.*, 1998).

Las mejoras de la nutrición de una familia como resultado de cultivar los peces en los campos de arroz pueden ser simplemente incidentales y quizás incluso un efecto indirecto, como el poder comprar carne o como resultado del dinero extra resultado del cultivo de peces. El beneficio principal del cultivo de arroz y peces se ve a menudo como el proporcionar una oportunidad de ganar dinero en efectivo.

La mejora en la nutrición de las comunidades se ha citado como uno de los beneficios del cultivo de arroz y peces. Con una mayor disponibilidad de pescado, la población local de las comunidades que cultivan arroz tendrían un fácil acceso a éste a precios económicos. Sin embargo, en un mercado libre el granjero puede optar por vender los peces a un comerciante a un precio más alto del que sus vecinos pueden permitirse el lujo de pagar. El

comerciante puede optar por llevar los peces al centro urbano más cercano dónde los precios son, a su vez, más altos. Ésta es una situación común en la mayoría de las comunidades de pesca en las Filipinas dónde los peces pueden ser difíciles de encontrar en el mercado local, habiéndoseles llevado a las ciudades.

No obstante, particularmente en las áreas más remotas y donde prevalecen las formas mixtas de captura y cultivo, se estima que los peces y otros organismos acuáticos de los campos de arroz proporcionan un componente muy importante de la dieta diaria, de ahí el término «sociedades de arroz y peces» (Demaine y Halwart, 2001). La contribución nutricional se extiende desde los micronutrientes y proteínas a ácidos grasos esenciales que se necesitan para el desarrollo de la vista y del cerebro. Reconociendo esto, la 20ª Sesión de la Comisión Internacional del Arroz recomendó a sus países miembros prestar atención al valor nutritivo del pescado y otros organismos acuáticos de los campos de arroz (FAO, 2002; Halwart, 2003a). Un estudio reciente de FAO/IUCN en la RDP Lao confirmó la necesidad urgente de una mayor atención sobre este asunto (Meusch *et al.*, 2003).

9.2.3 Salud pública

Hay dos vectores de enfermedades de importancia para la salud pública contra los que los peces han sido empleados: los mosquitos y los caracoles. Los mosquitos son portadores reconocidos de la malaria y de la fiebre del dengue. Ciertas especies de caracoles de agua dulce sirven como vehículos de tremátodos (*Schistosoma* spp.) que causan la esquistosomiasis si entran en el torrente sanguíneo humano. El cultivo de los peces puede reducir el uso de químicos agrícolas que representan un riesgo de salud para los humanos. En algunas áreas dónde hay una falta de letrinas, las infecciones por peces que contienen tremátodos pueden ser un problema cuando los peces de los campos de arroz se comen crudos o en semi-conserva.

Estudios de campo en China indican que la densidad de larvas de mosquito en los campos de arroz con peces era sólo de 12 000 · ha⁻¹ contra 36 000 · ha⁻¹ en los campos de arroz sin peces (Wang y Ni, 1995). En otros estudios, las larvas de mosquito se observaron solo en uno de nueve campos de arroz sembrados con peces, mientras que se encontraban completamente ausentes en los otros ocho, y teniendo en cuenta que en los otros campos de arroz no abastecidos con peces, la densidad de larvas de mosquito fue de 32 000

a 128 000 · ha⁻¹. En Indonesia, se encontró que los peces eran aun más eficaces controlando los mosquitos que el DDT. Después de cinco años de cultivar peces en los campos de arroz, los casos de malaria disminuyeron de 16,5 por ciento a 0,2 por ciento en una área con alta prevalencia de malaria (Nalim, 1994). En un área control donde se utilizó DDT el predominio de la malaria permaneció cercano al 3,4 por ciento durante el mismo período.

El efecto de los peces sobre los caracoles portadores de esquistosoma es menos claro. Como se muestra en una revisión hecha por Coche (1967) se probaron los peces en el pasado con el propósito de controlar los caracoles en muchas partes de Africa dónde el esquistosoma era endémico. A un nivel experimental, se obtuvieron buenos resultados cuando se introdujo el cangrejo rojo de Louisiana en las pequeñas fosas llenadas por la lluvia de una cantera en Kenya para controlar caracoles *Biomphalaria* y *Bulinus*, transmisores de la esquistosomiasis. Después, los trabajos sobre los peces como depredadores de los caracoles se han enfocado más en el caracol de manzana dorado como se discute en la sección sobre las plagas del arroz, propósito para el cual se ha encontrado eficaz (Halwart, 1994a; Halwart, Viray y Kaule, 1998; Hendarsih *et al.*, 1994; FAO, 1998). En los países como China, la carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*) controla los caracoles intermediarios en la transmisión del parásito. En Katanga, la mayoría de los caracoles en los campos de arroz fueron controlados por *Haplochromis mellandi* y *Tilapia melanopleura* sembrados a razón de 200 peces · ha⁻¹ y 300 peces · ha⁻¹, respectivamente. Halwart (2001a,b) concluye que las operaciones acuiculturales bien administradas contribuyen significativamente al control de insectos y caracoles de importancia agrícola y médica, y que deben desarrollarse programas integrados de control para mantener a los vectores y parásitos en niveles dónde no causen problemas significativos.

A menudo se ha pasado por alto el hecho de que los peces en los campos de arroz pueden reducir el uso de pesticidas químicos. A pesar del hecho que algunos pesticidas son considerados seguros para usar en el cultivo de arroz y peces dada su baja toxicidad, su baja tendencia a la bioacumulación, y a su corta vida media, los pesticidas siguen siendo tóxicos y pueden ser carcinogénicos o dañinos de otras maneras. El uso y abuso de estas substancias es un problema serio de salud pública que puede convertirse en más serio que los mosquitos y caracoles. Los peces son potencialmente un herbicida e

insecticida bueno y pueden reducir grandemente, aunque no eliminar completamente, la necesidad de usar los pesticidas químicos. La presencia de peces disuade a los granjeros de aplicar pesticidas (Saturno, 1994). La reducción, o eliminación de la necesidad de aplicar los pesticidas químicos no puede sino resultar en producir un ambiente que sea más seguro y más saludable para las personas.

9.2.4 Impacto social

Parece improbable que el uso de peces en los campos de arroz pudiera tener un impacto significativo en la sociedad en su conjunto, particularmente cuando se trata de casos aislados de adopción de tecnología por unos cuantos granjeros dispersos. Sin embargo, cuando hay una adopción a gran escala que involucra a una comunidad entera, el impacto social puede ser bastante profundo.

El uso de los campos de arroz en reposo para el cultivo de peces por granjeros sin tierras en Indonesia, como ha sido descrito por Ardiwinata (1957) es un caso a considerar. La situación que ha prevalecido en Indonesia en el pasado era que a arrendatarios sin tierras se les permitía usar los campos de arroz para el cultivo de peces durante la estación entre siembras, dando nacimiento al sistema llamado *palawija*. Hoy día, el uso de los campos de arroz para la producción de peces durante la estación de barbecho no se limita a los arrendatarios sin tierras sino involucra a criadores de peces que requieren un área más grande para engordar sus crías (Koesoemadinata y Costa-Pierce, 1992; Fagi, Suriapermana y Syamsiah, 1992). En la jerga del desarrollo inmobiliario tal esquema se llama «tiempo compartido», un uso eficiente de un recurso que da una oportunidad a las personas sin tierra de tener acceso, aunque temporal, a esos terrenos.

Aunque el ejemplo indonesio pudiera ser único, en general la adopción del cultivo de arroz-peces debería producir la creación de empleos. Las modificaciones físicas de los campos de arroz para acomodar y cosechar los peces requieren de mano de obra extra. En las Filipinas las actividades auxiliares conectadas a la producción de crías de tilapia son:

- excavación de diques;
- fabricación de redes llamadas hapa, redes chinchorro para la cosecha y otros accesorios para el cultivo de peces;
- alquiler de bombas de agua, redes de cosecha, tanques de oxígeno, etc.;

- la reparación de bombas y fabricación de aros de acero para redes de cuchara, etc.;
- cosecha, clasificación y empaque de crías; y
- el transporte de crías.

Cada tipo de actividad es hecha por una persona diferente. Esto hace posible operar un criadero del tilapia sin incurrir en costos importantes como tener una gama amplia de equipo o mantener más personal del necesario. Como ninguno de estos aspectos ha sido documentado, no hay información fidedigna disponible sobre la cantidad de empleo generado.

9.3 Impacto en el ambiente

El impacto del cultivo de arroz en el ambiente, incluyendo su contribución al efecto del invernadero, debe ser una cuestión de preocupación para todos. No hay ninguna duda de que el desarrollo de las tierras de arroz ha producido la pérdida de humedales naturales y pantanales, aunque esto representó una diferencia entre el hambre extendida y la autosuficiencia de alimento en muchas partes del mundo. Esta sección, sin embargo, examinará sólo el impacto que la introducción de peces puede tener en el ecosistema existente del campo de arroz.

9.3.1 Biodiversidad

El campo de arroz se conoce por ser el hábitat de un conjunto diverso de especies (Heckman 1979; Balzer y Pon, 2002). La intensificación del cultivo de arroz con un aumento asociado en el uso de pesticidas químicos está reduciendo esta diversidad (Fernando, Furtado y Lim, 1979). Dado que el cultivo de arroz y peces a menudo reduce la necesidad de usar químicos para el control de plagas, esto ayuda a conservar la biota del campo de arroz. El utilizar las especies nativas existentes para el cultivo de arroz y peces contribuye para conservar la biodiversidad.

9.3.2 Recursos de agua

Al mantener peces en el campo de arroz, se requiere el tener una profundidad de agua mayor y eso puede repercutir en un mayor requerimiento de agua, un problema postulado a mediados de siglo por Schuster (1955). Incluso sin los peces, el cultivo de arroz consume volúmenes grandes de agua. Para el cultivo de arroz en general, Singh, Early y Wichham (1980) y Sevilleja *et al.* (1992) estimaron que una cosecha necesita un mínimo de 1 000 a 1 500 mm de agua, respectivamente. Si una hectárea del campo de arroz produce 10 toneladas

de arroz, se requieren de 1 a 1,5 m³ de agua para producir 1 kg de arroz.

Los peces son usuarios del agua que no la consumen aunque pueden degradarla. Si se limpia, la misma agua puede volver a usarse para los peces. El consumo principal del agua es por la percolación, filtración y escape, que aumenta con el cultivo del arroz y peces debido al agua más profunda, un proceso completamente físico que tiene lugar con o sin la presencia de los peces. Sevilleja *et al.*, (1992) estimaron que los requerimientos de agua para el cultivo de arroz era 1 662 mm mientras que el cultivo de arroz y peces requirió de 2 100 mm, o 26 por ciento más que el monocultivo de arroz. Las pérdidas de agua principales son atribuibles a la filtración (67 por ciento), seguido por el escape (21 por ciento). La inundación completa durante la preparación de la tierra, el buen mantenimiento del dique y el sellado apropiado de las entradas y tomas de corriente puede reducir las pérdidas

9.3.3 Sustentabilidad

El cultivo húmedo del arroz ha sido practicado durante por lo menos 4 000 años y su larga historia indica que ese cultivo tradicional de arroz es básicamente sustentable. Lo que es menos seguro es si los aumentos dramáticos de la producción de arroz hechos posibles por la «revolución verde» es sustentable (Greenland, 1997). El calentamiento global, el aumento del nivel del mar, el nivel más alto de radiación ultravioleta y la misma disponibilidad de agua pueden tener un impacto adverso en la producción de arroz. Sin embargo, tales aspectos se encuentran más allá del objetivo y alcance de este informe y en el futuro previsible puede asumirse que el cultivo de arroz continuará. Aún más, probablemente parece que el cultivo de peces en los campos de arroz puede mejorar la sustentabilidad del cultivo de arroz, dado que existen indicaciones de que la presencia de los peces pueden hacer al ecosistema del campo de arroz más equilibrado y estable. Con los peces quitando las malezas y reduciendo la población de plagas de insectos a niveles tolerables, la contaminación del agua y la tierra puede reducirse.

9.4 Participación de las mujeres

En la mayoría de los países productores de arroz en Asia, las mujeres son ya una parte integral de la mano de obra de la granja. La integración del cultivo de los peces en la actividad del cultivo de arroz probablemente extenderá más allá la participación de mujeres. No hay datos socio-

económicos que cuantifiquen el posible papel de las mujeres en las actividades de cultivo de arroz y peces pero, como Dehadrai (1992) ha declarado ampliamente, cualquier «proyección de las nuevas oportunidades para las mujeres en el cultivo de arroz y peces emana grandemente del conocido y bien documentado papel de las mujeres en la producción de arroz en Asia». Un aspecto benéfico puede ser que la presencia de peces en los campos de los arroz pudiera ahorrar tiempo precioso que las mujeres y niños gastan pescando en otras áreas, aunque este efecto se contrapesa un poco por el trabajo extraordinario requerido para el cultivo de arroz y peces.

9.5 Impacto macroeconómico

Hay tres problemas macroeconómicos en que podría impactar la adopción extendida de la tecnología de cultivo de arroz y peces: la seguridad alimentaria, la generación del empleo, y el ingreso nacional. Sin embargo, tales discusiones estarán por ahora en el ámbito de la especulación ya que la mayoría de los países no tiene las estadísticas particulares sobre las áreas del cultivo de arroz y peces ni del monocultivo de arroz ni los rendimientos de peces en tales áreas.

Las especulaciones, sin embargo, indican que el impacto potencial es tremendo. Si se abastecieran 5 por ciento de las tierras de arroz irrigadas en las Filipinas con peces, la producción aumentaría en 29 000 toneladas con un valor de \$35 millones de dólares americanos y proporcionarían 5 900 toneladas de proteína (Ahmed, Bimbao y Sevilleja, 1992). Cai, Ni y Wang (1995a) estimaron que si 10 por ciento de los campos de arroz al sur del Río Huai, China, fueran usados, para cultivos comerciales de peces la producción sería de 346 000 toneladas, a un rendimiento de 300 kg·ha⁻¹, y 5 mil millones de crías. Con tal producción potencial los beneficios ecológicos y económicos serían considerables.

Coche (1967) lo resumió muy bien diciendo que el cultivo de peces en los campos de arroz es técnicamente un método casi ideal de uso de la tierra, al combinar la producción de proteínas vegetales y animales. Su desarrollo extenso es importante, ya que puede contribuir a garantizar el suministro mundial de alimento. La adopción extendida del cultivo de arroz y peces como estrategia, reduciría substancialmente la brecha entre el suministro de proteína y su demanda y es una opción potencial importante para cualquier país productor de arroz. Todo lo que se requiere es la voluntad política para promoverlo.

10. Experiencias de varios países

Hasta donde puede determinarse en la literatura disponible, el cultivo de arroz-peces todavía es muy practicado en pocos países como se muestra en la Figura 20. No hay estadísticas concretas respecto a la extensión total de arroz-peces que son cultivados globalmente, pero hay disponibles estimaciones para la mayoría de los países (Cuadro 17). Las granjas de arroz-peces del mundo se concentran en el Sur de Asia, Asia Oriental y Sudeste de Asia, pero hay también algunos notables desarrollos en África. Este capítulo, proporciona una perspectiva histórica e informes sobre el estado actual en las regiones mayores.

10.1 Asia oriental

China

China, con 27,4 millones de hectáreas de arrozales, sólo es segundo en términos de superficie en hectáreas con respecto a la India, pero ocupa el primer lugar en términos de producción de arroz con aproximadamente 166 millones de toneladas¹⁹. Es el productor acuícola más grande

del mundo con una producción nacional de 28 millones de toneladas²⁰, y el cultivo de arroz-peces siempre ha tenido un fuerte énfasis en China. También tiene la evidencia arqueológica y documental más antigua para el cultivo de arroz-peces.

Sin embargo, no fue hasta después de la fundación de la República Popular China en 1949 cuando el cultivo de arroz-peces se desarrolló rápidamente en todo el país. En 1954 se propuso que el desarrollo del cultivo de arroz-peces debía extenderse por el país (Cai, Ni y Wang, 1995) y por 1959, el área de cultivo de arroz-peces se había extendido a 666 000 ha. Desde principios de los años 60 hasta mediados de los 70, hubo un declive temporal en el cultivo de arroz-peces. Esto se atribuyó a dos acontecimientos: primero, la intensificación de la producción de arroz que se consiguió con la aplicación a gran escala de insumos químicos; y segundo, la Revolución Cultural de diez años (1965-75) durante la cual la cría de peces fue considerada una manera burguesa de ganar dinero y fue oficialmente desalentada.

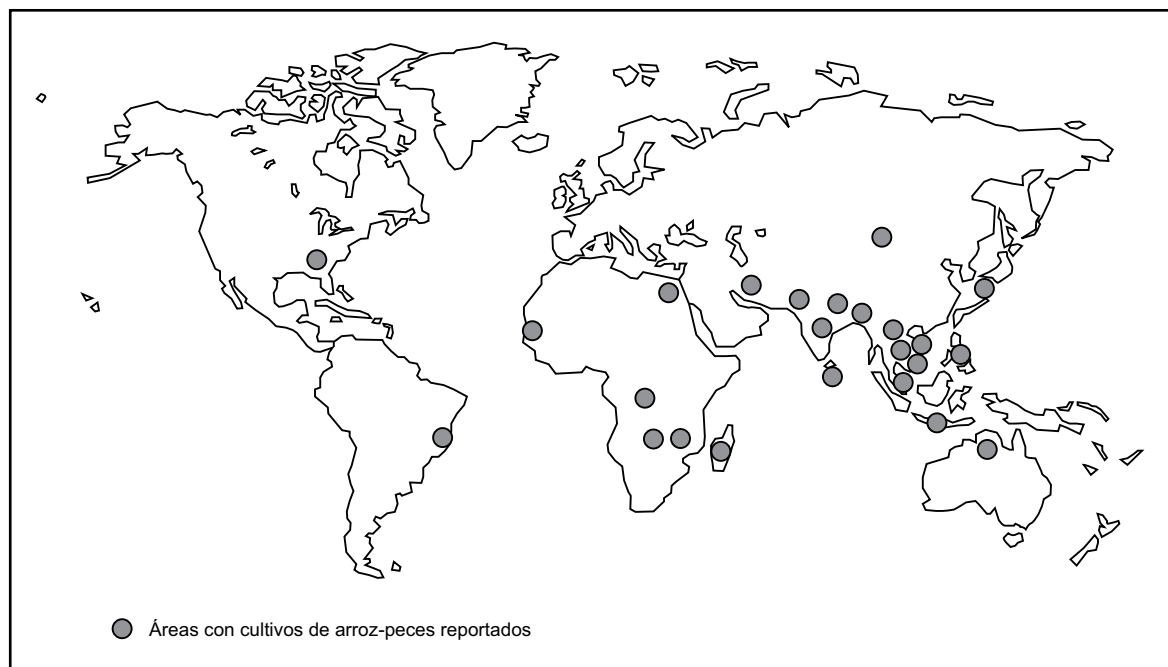


Figura 20. Mapa de las áreas del mundo donde se practica el cultivo de arroz-peces y/o arroz-crustáceos.

¹⁹ Datos de FAOSTAT (2003).

²⁰ Datos de FAO FISHSTAT (2002), excluyendo plantas acuáticas.

Cuadro 17. Distribución del área de arroz y arroz+peces por ambiente (Halwart 1999).

País	Arroz					Arroz-peces
	Total	Irrigado	Tierras bajas con lluvia	Propenso a inundaciones	Mesetas elevadas	
	('000 ha)					('000 ha)
Bangladesh	10 245	22	47	23	8	?
Camboya	1 910	8	48	42	2	?
R. P. China	33 019	93	5	-	2	1 204,9
Egipto	462	100	-	-	-	1 72,8
India	42 308	45	33	7	15	?
Indonesia	10 282	72	7	10	11	1 38,3
Corea, Rep.	1 208	91	8	-	1	0.1
RDP Lao	557	2	61	-	37	?
Madagascar	1 140	10	74	2	14	13,4 (tierras altas)
Malasia	691	66	21	1	12	?
Filipinas	3 425	61	35	2	2	?
Sri Lanka	791	37	53	3	7	?
Tailandia	9 271	7	86	7	1	25,5 (cultivo) 2 966,7 (captura)
Viet Nam	6 303	53	28	11	8	40,0 (delta del Mekong)

Las variedades mejoradas, el uso de químicos menos tóxicos y los cambios políticos (la producción-contratual o el sistema de producción responsabilizada) invirtió las tendencias iniciales de los años sesenta y setenta. El nuevo sistema, permitió a las familias individuales, más que a las comunas, convertirse en las principales unidades de producción. Además, el rápido desarrollo de la acuicultura requirió un gran suministro de alevines y peces de cría. Esta demanda fue cubierta en parte por la producción de alevines en los campos de arroz.

En 1983, el Ministerio de Agricultura, Cría Animal y Pesquerías (actualmente el Ministerio de Agricultura) organizó el Primer Taller Nacional de Cultivo de Arroz-Peces. El taller resultó en el establecimiento de un gran grupo de coordinación para China Oriental para popularizar las técnicas de cultivo de arroz-peces. Asimismo, otras provincias, regiones autónomas y municipalidades emprendieron tales medidas adaptándolas a las condiciones locales. Como resultado, por 1996, China tenía 1,2 millones de ha de granjas de arroz-peces que producían 377 000 toneladas de pescado (Halwart, 1999).

De esta manera, puede verse que en China el cultivo de arroz-peces se promueve activamente como una opción viable para la producción de arroz. No sólo es parte del programa de instituciones pesqueras, sino también de las agencias involucradas en la

producción de arroz. Además, recibe considerable apoyo a nivel ministerial de gobierno.

Japón

El cultivo de arroz-peces parece ser de menor importancia en Japón y no hay mucha literatura al respecto. Después de alcanzar una producción máxima de 3 400 toneladas en 1943 debido a los subsidios para producción de alimentos en tiempos de guerra, la producción de carpa en los campos de arroz disminuyó a sólo 1 000 toneladas durante los años cincuenta. En 1954, sólo el 1 por ciento de las 3 millones de ha de campos de arroz del Japón fueron utilizadas para el cultivo de carpa (Kuronoma, 1980) y esta no es una práctica extendida a escala significativa en absoluto (Pillay, 1990).

República de Corea

En República de Corea, el cultivo de arroz-peces empezó sólo hasta los años cincuenta y nunca se extendió ampliamente debido a que las fuentes de provisión de peces en aguas interiores era suficiente para cubrir la limitada demanda de peces de agua dulce (Kim, Kim y Kim, 1992). La producción interior contó con sólo 1,7 por ciento de las 3,3 millones de toneladas de producción total de peces en 1987. A partir de 1989, sólo se estaban usando 95 ha de campos de arroz para el cultivo de peces, y sólo para el crecimiento de las especies más populares de Misgurno (*Misgurnus anguillicaudatus*).

10.2 Sureste de Asia

Indonesia

Se cree que el cultivo de arroz-peces ha sido practicado en el área de Ciamis en el Oeste de Java, Indonesia, hasta antes de 1860 aunque aparentemente comenzó a ser popular solo hasta los años 1870. Ardiwinata (1957) atribuyó la expansión del cultivo de peces en campos de arroz, a los profundos cambios en el sistema gubernamental durante la regencia de Preanger en el Oeste de Java en 1872, durante la cual, se hizo hereditaria la propiedad de los campos de arroz. La presión sobre la tierra cultivable por el crecimiento poblacional causó que las tasas de renta crecieran. Los arrendadores comenzaron a utilizar sus campos para abastecerlos de peces, generalmente carpas comunes o criando otras carpas. El cultivo de peces fue popular debido a que el capital requerido era mínimo y los propietarios de las tierras no esperaban una participación de los peces. Esta práctica es denominada *palawija* o cosecha de temporada de barbecho.

La propagación de *palawija* fuera de los límites de origen en Java se atribuye a los administradores alemanes quienes promovieron el concepto. Por los años 1950 alrededor de 50 000 ha de arrozales ya estaban produciendo peces. El desarrollo de sistemas de irrigación también contribuyó a la expansión del área usada para cultivo de arroz-peces. El área promedio de cultivos de arroz-peces se incrementó consistentemente después de que Indonesia se independizó en 1947 y las granjas de arroz-peces cubrían 72 650 ha en 1974, pero estas declinaron a menos de 49 000 ha en 1977. La declinación fue atribuida, irónicamente, al programa gubernamental de intensificación de arroz (Koesoemadinata y Costa-Pierrce 1992). Sin embargo, la demanda de alevines de carpa que surgió, por la proliferación de encierros de peces en embalses y reservorios, estimuló nuevamente la expansión. El área utilizada alcanzó un máximo histórico de 138 000 ha en 1982, pero declinó a 94 000 ha en 1985.

Reportes recientes indican que el cultivo de arroz-peces esta mejorando notablemente. Las estimaciones de 1995 de la Dirección General de Pesca, indican una área total de más de 138 000 ha. Este resurgimiento ha sido atribuido a un cambio drástico en las prácticas de producción del arroz en 1986, cuando el Manejo Integrado de Plagas (MIP) fue declarado como la estrategia nacional oficial para el manejo de plagas. Actualmente, el

cultivo de arroz-peces se practica en 17 de las 27 provincias en Indonesia. En resumen, el desarrollo del cultivo de arroz-peces puede atribuirse a los pequeños propietarios de tierras, quienes querían un ingreso extra durante la estación de cosecha del arroz. El programa gubernamental de intensificación de arroz, que promocionaba fuertemente el uso de pesticidas químicos, fue la principal razón para su declinación a principios y mediados de los años 1970. Su crecimiento en el presente se ha atribuido al incremento en la demanda de alevines para el abastecimiento de encierros de peces, los cuales solamente los desarrollan hasta tallas de mercado.

Tailandia

Se cree que el cultivo integrado de arroz-peces ha sido practicado por más de 200 años en Tailandia, particularmente en el noreste dónde éste dependía de la captura de peces silvestres para abastecer los campos de arroz. Esto fue promovido posteriormente por el Departamento de Pesquerías (DP) y se extendió en las Llanuras Centrales. La provisión de simientes de peces y la tecnología ayudó popularizar el concepto. Los rendimientos de arroz en las granjas de arroz-peces en los años cincuenta se incrementó por 25-30 por ciento y los rendimientos de pescado de 137 a 304 kg · ha⁻¹ · cosecha⁻¹ (Pongsuwana, 1962). El DP estableció un Centro para la investigación de Cultivo de arroz-peces en Chainat, en las llanuras centrales, como una medida de la importancia conferida para el cultivo de arroz-peces en 1968. Sin embargo, durante los años setenta, Tailandia, como el resto de Asia, introdujo la variedad de alto rendimiento de arroz y con este el aumento en el uso de pesticidas químicos. Esto resultó en el casi derrumbamiento del cultivo de arroz-peces en las llanuras centrales, ya que los granjeros separaron sus operaciones de arroz y peces o pararon la cría conjunta de peces. En 1974, el Centro de la Investigación en Chainat fue cerrado.

Sin embargo, el cultivo de arroz-peces no desapareció completamente y en años recientes se ha recuperado, particularmente en las Llanuras Centrales, Regiones Norte y Noreste. En 1983, se practicaba las pesquerías en los campos de cultivo de arroz en 2 820 ha, principalmente en las Provincias Centrales, del Norte y Noreste. Este crecimiento a 23 900 ha en 1988 y se extendió aún más a 25 500 ha en 1992. Tal incremento abrupto fue el resultado de una disminución general en la disponibilidad de peces silvestres, que empeoró por la presencia del síndrome de

enfermedad de ulcera en la población de pez silvestre. Fedoruk y Leelapatra (1992) atribuyó su recuperación, entre otros factores, al uso más discriminado de la variedad de alto rendimiento; a la aparición de pesticidas que, cuando eran aplicado apropiadamente no eran tóxico al pez; la percepción creciente de los beneficios económicos del cultivo de arroz-peces, y a su promoción en proyectos especiales que asistían a los granjeros en desventaja.

Little, Suringarasee e Innes-Taylor (1996), concluyeron que era poco probable el desarrollo homogéneo de sistemas de arroz-peces en la Región Noreste. Se piensa que las altas expectativas de las comunidades agrícolas eran una gran restricción para la amplia adopción de los sistemas de arroz-peces, dónde el empleo fuera de las granjas era la norma del principal medio de sustento hasta la crisis económica de mediados de 1997. el incremento en la frecuencia de transmitir directamente las semillas de arroz y el uso de maquinaria para la preparación del campo son señales de la creciente escasez laboral. La escasez pudo favorecer el desarrollo de cultivos de estanque fácilmente manejables, en lugar del sistema de arroz-peces más laborioso. Por otro lado, la adopción de sistemas de arroz-peces en la Región Noreste puede estar predispuestos hacia los que están desahogados económicamente y tienen el acceso al trabajo y otros recursos.

Malasia

En Malasia, dónde se informa que la práctica del cultivo de arroz-peces apareció desde 1928, los campos de arroz siempre han sido una fuente importante de peces de agua dulce. Antes de los años setenta, cuando los granjeros aún practicaban las cosechas simples, los que integraron los cultivos de arroz-peces eran los principales abastecedores de peces de agua dulce, sobre todo de gurami de piel de serpiente (*T. pectoralis*), bagre (*Clarias macrocephalus*), y «piel de serpiente» (*Channa striata*). La producción pesquera de campos de arroz empezó a declinar con la introducción del sistema de doble cosecha y con el uso extensivo de pesticidas y herbicidas (Ali, 1990).

Viet Nam

Viet Nam tiene una fuerte tradición de integración de la acuicultura con la agricultura. El sistema vietnamita involucra la producción de ganado, verduras y peces en una granja familiar y no necesariamente involucra arroz. Mientras tradicionalmente eran colectados peces,

camarones y otros organismos acuáticos en los campos de arroz, se reporta que estos llegaron a escasear desde que empezaron a utilizarse pesticidas químicos (Mai *et al.*, 1992). Le (1999) reporta cinco sistemas comunes de cultivo de arroz-peces que se practicaban en Viet Nam, pero no da ningún gráfico del área involucrada. Los cinco sistemas son: el pez junto con arroz para la crianza y engorda, el pez junto con arroz para solo engorda, camarón junto con arroz, la rotación de peces/arroz y la rotación camarón/arroz.

Filipinas

En las Filipinas, tradicionalmente se permitía la entrada de los peces a los campos de arroz con el agua de irrigación y posteriormente eran cosechados con el arroz. La referencia más antigua del abastecimiento de peces en campos de arroz en Filipinas fue en 1954 (Villadolid y Acosta, 1954), pero no fue hasta 1974 cuando el cultivo de arroz-peces se volvió parte de un programa de investigación de la Universidad Central del Estado de Luzon (CLSU). En vista de los bajos rendimientos de arroz (3,8 por ciento en promedio), en 1979 el gobierno procedió a promover el cultivo de arroz-peces a nivel nacional. La decisión se basó en los resultados del análisis económico, que incluso con una producción reducida de arroz el granjero todavía salía adelante económicamente debido al ingreso adicional del pescado. Después de un máximo en 1982 de 1 397 ha, involucrando 2 284 granjas, el programa se discontinuó en 1986. En ese momento cubría sólo 185 ha (Sevilleja, 1992), a pesar del hecho que la producción media de arroz de las granjas de arroz-peces estaba por encima del promedio nacional.

Sevilleja (1992) no ofreció ninguna explicación por la repentina caída en la participación para 1983; sin embargo los registros muestran que 1983 fue uno de los peores años de El Niño en la historia reciente y la sequía afectó severamente a la agricultura (Ladre, 1998). El año 1983 también marcó el inicio de disturbios políticos, y la estabilidad político-económica no volvió hasta 1990. El fracaso de la promoción del cultivo de arroz-peces en las Filipinas, también debe verse contra el entorno político. En 1999 se lanzó un programa de arroz-peces más modesto.

10.3 Sur de Asia

Se sabe que el cultivo de arroz-peces ha sido practicado en la India, Bangladesh y Sri Lanka, y mucho de su historia, práctica común y potencial

que interfiera con la producción de arroz. De la Cruz *et al.* (1992) ha identificado las posibles áreas y temas para la investigación en varios países. Los temas comunes a varios países donde se practica el cultivo de arroz y peces, o tiene un potencial alto de ser adoptado:

- Estudios ecológicos específicos sobre redes tróficas y ciclos de nutrientes en el ecosistema del campo de arroz;
- la determinación de la capacidad de carga y densidades de siembra óptimas;
- el desarrollo de sistemas para desoves y crianza para sistemas de campos de arroz;
- el desarrollo de modelos específicos de cultivo de arroz y peces para zonas agroclimáticas diferentes;
- la tasa y métodos óptimos de fertilización;
- la evaluación de nuevas especies de peces para el cultivo del campo de arroz;
- la evaluación de diferentes especies de peces en el manejo de plagas y enfermedades del arroz;
- el desarrollo de las técnicas para agregación y cosecha de los peces en los campos de arroz; y
- los modelos óptimos de siembra de arroz para el cultivo de arroz y peces.

Otros temas identificados no son necesariamente específicos para el cultivo de arroz y peces y pueden ser cubiertos por la investigación regular en acuicultura, como la nutrición de los peces y el desarrollo de alimentos, o en la agronomía, por ejemplo la ecología y manejo de las malezas. A largo plazo, la «lista de deseos» de la investigación incluye el desarrollo de variedades nuevas de arroz para los diferentes sistemas de cultivo de arroz y peces.

Fernando y Halwart (2000) argumentan que se requiere un enfoque sistemático sobre el desarrollo de cultivo de peces a nivel del sistema de irrigación que aliviara la mayoría de las restricciones que se tienen al intentar promover el cultivo de peces en los campos de arroz. Una tarea importante es clasificar las áreas productoras de arroz de acuerdo a su conveniencia para el cultivo de arroz y peces, considerando la capacidad de la infraestructura de irrigación, las características generales del suelo, sus requerimientos físicos así como su situación socio-económica. El resultado podría servir como una guía acerca de dónde concentrar los esfuerzos para la promoción del cultivo de arroz y peces. La disponibilidad de material proveniente de China puede ser un campo de pruebas útil para la posible adopción de algunos sistemas en otros países.

Sería útil si se llevan a cabo estudios socio-económicos antes y después de la introducción o la promoción del cultivo de arroz y peces. Los datos básicos sobre el estado del ingreso y la dieta serían importantes para evaluar el impacto de la tecnología del cultivo de arroz y peces. Los sistemas de cultivo de arroz de aguas profundas requieren de más estudios en esas áreas ya que éstas podrían ser lugares naturales para el cultivo de peces. Los bajos rendimientos de tales sistemas podrían ser compensados potencialmente por los rendimientos de peces como lo reportó Dehadrai (1992), acerca de rendimientos de $1\ 100\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cosecha}^{-1}$ en India y de $650\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en cuatro meses en Bangladesh (Ali, Miah y Ahmed, 1993), aunque el sistema no se encontró financieramente viable debido al costo de los cercos de 4 m de alto.

El aumento del nivel del mar puede hacer necesaria la investigación sobre el cultivo de arroz y peces de aguas salobres. Los camarones penéidos pueden ser criados concurrentemente con el arroz en agua salobre como se ha demostrado en Viet Nam (Mai *et al.*, 1992), y en la India se ha reportado que sistemas *pokhali* y *Khazan* con arroz resistente a la sal producen de 885 a $2\ 135\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cosecha de camarones tigre gigantes y lisas y de 500 a $2\ 000\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de cosecha de camarones y percas, respectivamente. El sistema *sawah-tambak* (Indonesia) puede ser apropiado para áreas costeras bajas que padecen la intrusión de agua salada ya que produce de $2\ 000$ a $3\ 500\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de especies de aguas salobres (como camarones penéidos, sabalote y percas). También puede ser posible usar las granjas de camarones abandonadas para el cultivo de arroz y camarones, ya que muchas de tales granjas eran originalmente campos de arroz.

11.4 Política institucional y servicios de apoyo

11.4.1 Dando la relevancia necesaria a los cultivos de arroz-peces

A menudo, las personas involucradas en la producción de arroz consideran el cultivo de arroz y peces como una novedad, y la literatura usual sobre protección de las plantas en la producción de arroz (por ejemplo Heinrichs, 1994; Reissig *et al.*, 1986) no mencionan a los peces o al cultivo de arroz-peces como un posible agente en el control biológico. Para enfrentar esto, el cultivo de arroz y peces debe hacerse parte del plan de estudios de agricultura en las universidades, y ser reconocido como un sistema de cultivo viable.

actividad esta ganando popularidad tanto entre grupos de varones y mujeres. Se ha notado el incremento de ingreso y consumo del pescado entre familias que adoptan el cultivo de arroz-peces en Bangladesh.

10.4 Australia

Un gran cultivador de arroz en Newcastle, Nueva Gales del Sur está abasteciendo la carpa común en los campos de arroz en una prueba de ensayo. La intención es eventualmente abastecer 5 000 hectáreas con carpa común en una base coexistente con arroz. Los peces producidos se usarán como materia prima para alimento para mascotas (comunicación personal, Sr. Jonathan Nacario, Consultor, 12 de octubre de 1999).

10.5 África, Cercano Oriente y Oeste Asiático

Además de Egipto, África tiene 10 países productores de arroz con un área total de arrozales de 6,8 millones de hectáreas. Nigeria tiene el área del arroz más grande con 1,7 millones de hectáreas, seguida por Madagascar y Guinea con 1,2 millones de hectáreas y 1,1 millones de hectáreas, respectivamente. Por lo que se refiere a la producción de arroz, Nigeria es el primero con 3,8 millones de toneladas, seguida por Madagascar con 2,36 millones de toneladas.

Madagascar

El reporte más antiguo del cultivo de arroz-peces en África viene de Madagascar, desde 1928. Legendre (citado en FAO, 1957), informó sobre su práctica en Madagascar sobre el cultivo de *Paratilapia polleni*, *Carassius auratus* y *Cyprinus carpio* en los campos de arroz. Esto fue seguido por otro informe en 1938 sobre pollos y cultivo de peces en los campos de arroz. Con base en el informe de Coche (1967), el nivel de tecnología en Madagascar en ese momento parece haberse aproximado al de Asia, aunque el abastecimiento era menor. Se practicaba tanto los sistemas concurrentes como los de rotación, basados en la entrada del stock natural de peces. En 1952, el gobierno comenzó un programa para promover el cultivo de peces en los viveros y los campos de arroz. En 1972, se desarrolló la capacidad local para la producción en masa de alevines de peces. Sólo en 1979, se hizo suficiente progreso por el gobierno para promover el cultivo de arroz-peces. El suministro de alevines seguía siendo una limitante mayor hasta 1985, cuando el gobierno promovió la participación del sector privado en la producción de alevines de peces. A

finales de los años ochenta se comprendió que sin la ayuda externa continua, el gobierno sería incapaz de sostener la operación (Van el den Berg, 1996). Un rendimiento promedio de 80 kg·ha⁻¹ indica que esas técnicas de cultivo a nivel de granja necesitaban ser mejoradas (Randriamiarana, Rabelahakra y Janssen, 1995).

Un país con casi 900 000 ha de campos de arroz tiene un gran potencial para el cultivo de arroz-peces, cerca de aproximadamente 150 000 ha podrían ser adecuadas para el cultivo de arroz-peces. Se ha proyectado una producción anual potencial de 300 000 t de peces comestibles para estas áreas. El cultivo de arroz-peces en Madagascar fue lo suficientemente significativo para ser mencionado en un estudio rural hecho por la Biblioteca del Congreso Americano (Metz, 1994).

Malawi

Granjeros en Malawi están empezando a cultivar arroz y peces juntos, así como peces y vegetales. Aunque no son mencionados específicamente, los peces involucrados son aparentemente tilapias, donde *O. shiranus* y/o *T. rendalii* son las especies principales involucradas, según informes recibidos.

Zambia

Se han reportado ensayos de cultivos de arroz-peces para Zambia por Coche (1967), pero estos fallaron. En 1992-93, FAO introdujo nuevamente el concepto durante la implementación de la acuicultura por el Programa de acuicultura para el desarrollo de comunidades locales (ALCOM). Aunque el proyecto fue discontinuado cuando el análisis económico mostró que el ingreso del pescado y el arroz adicional cosechado no compensaba el costo adicional de cultivar el pez, muchos granjeros continuaron con la práctica por su cuenta (Nilsson y Blariaux, 1994).

Senegal

En Senegal, granjeros de tierras bajas han acudido a integrar el cultivo de peces con el cultivo de arroz, debido a cambios ambientales que pusieron en peligro las granjas de arroz (Diallo, 1998). El agua de mar que inunda a los campos de arroz costeros con lluvia, les obligó a construir estanques de peces para impedir que las aguas de marea inundaran a los campos de arroz. En el proceso ellos producen también pescado.

Otros países africanos

Congo-Katanga (actualmente conocido como provincia de Shaba de la República de Zaire) y Rodesia (actualmente Zimbabwe), Côte d'Ivoire, Gabón, Liberia y Malí y Benin, reportan haber dirigido ensayos de cultivo de arroz-peces (Coche 1967; Nzamujo 1995; Vincke 1995). Las actividades más recientes para África Oriental han sido documentadas por Moehl *et al.* (2001). Los ensayos de integración de la acuicultura se han limitado a peces con ganado tanto en Camerún (Breine, Teugels y Ollevier, 1995) como en Ruanda (Verheust, Rurangwa y Ollevier, 1995).

Egipto

Egipto, que es el productor de arroz más grande en el Medio Este y del continente africano empezó con un cultivo de arroz-peces de tipo captura, basado totalmente en el stock ocasional de peces que viene con el agua de irrigación. A principios de los años setentas, se dirigieron experimentos limitados usando carpas con resultados alentadores (Essawi e Ishak 1975). El área de cultivo de arroz-peces se extendió considerablemente, utilizando las tierras afectadas por la salinidad y en 1989, se alcanzó un incremento de 225 000 ha. Sin embargo, cuando los precios de arroz aumentaron, se adoptaron variedades de alto rendimiento y las tierras ganadas se usaron para el monocultivo de arroz. Esto produjo una disminución en el área de arroz-peces a 172 800 ha en 1995. No obstante, la producción del pez en 1995 de campos de arroz correspondía al 32% de la producción acuícola total del país (Shehadeh y Feidi 1996). Desde entonces se han agregado 58 000 ha de tierras de labranza, produciendo 7 000 toneladas de *C. carpio* en 1997 (Wassef 2000).

Irán, República Islámica del

Irán comenzó ensayos de cultivo de arroz-peces en 1997 (comunicación personal, Sr. Ibrahim Maygoli, Director de la División de Acuicultura de Shilat, Teherán, Irán, 30 de agosto de 1999). Con buenos resultados obtenidos, 18 granjas con una área total de 12 ha adoptaron la tecnología. Se usan carpas chinas grandes concurrentemente con arroz, a veces con alimento complementario. Se han conseguido producciones por arriba de 1,5 toneladas de pez por hectárea, junto con 7 toneladas de arroz, con una alta proporción de supervivencia (96 por ciento), a pesar de una temperatura promedio del agua de sólo 23°C durante el período de cultivo. Además, 70 granjas han adoptado un sistema de cultivo rotatorio de arroz-peces, donde el campo

del arroz se abastece con trucha durante los meses invernales, cuando la temperatura promedio del agua es 12°C, produciendo 640 kg·ha⁻¹. También se está probando el cultivo concurrente de *M. rosenbergii* con arroz.

10.6 Europa

El arroz no es una cosecha mayor en Europa y sólo es relativamente importante en Italia (216 000 ha de arrozales) produciendo 59 por ciento de la producción de arroz de la Unión Europea (UE). España con 86 000 ha, es el distante segundo, contribuyendo sólo con el 25 por ciento de la producción de la UE. Los otros países europeos productores de arroz son Albania, Bulgaria, Francia, Grecia, Hungría, Macedonia, Rumania, y Yugoslavia.

Italia

El cultivo de arroz-peces fue introducido en Italia a fines del siglo XIX y progresivamente llegó a ser importante durante los 40 años subsecuentes. Las especies principales eran *C. carpio*, *C. auratus* y *Tinca tinca*. Los campos de arroz fueron usados para producir alevines de peces que tenían un mercado estable entre los propietarios de estanques y la sociedad inglesa. La práctica fue rechazada gradualmente y para 1967 no fue considerada ya una actividad importante. La causa de su declive se remontó a los factores económicos, sociales y técnicos. Cuando los granjeros de arroz abandonaron las prácticas tradicionales para aumentar la producción de arroz, la producción de peces se volvió menos compatible con estas nuevas prácticas (Coche, 1967). Hay un interés renovado en la investigación del manejo de las pesquerías en los campos de arroz que incluyen los aspectos ecológicos y económicos con métodos modernos de cultivo en la Universidad de Bolonia.

Hungría

En Hungría, donde la tierra de arroz irrigado alguna vez cubría 45 000 ha, fue cultivada *C. carpio* en los campos inundados por las granjas cooperativas y estatales para reducir los costos de la producción. En ausencia de peces marinos, los peces de agua dulce tomaron un buen precio y de esta manera impulsaron el ingreso de los granjeros. También se reportó que los peces ayudaban a mantener los campos limpios. A partir de 1992, con el volumen de arroz total abatido a sólo 5 000 ha, no hay información publicada respecto a si alguno de los campos de los arroz aún están cultivando peces.

10.7 La ex Unión Soviética

Aunque el trigo es el grano más importante para la mayoría de los países de la ex Unión Soviética, el arroz es cultivado en algunas de las repúblicas asiáticas centrales y muchos han intentado o practicado el cultivo de arroz-peces.

Fernando's et al. (1979) enlista publicaciones relativas a la fauna acuática de los campos del arroz del mundo, con 55 registros de la ex Unión Soviética, de las cuales 12 tratan específicamente con el cultivo de arroz-peces. Éste es un número grande, considerando que la bibliografía tenía un total de 931 entradas de 61 países y territorios diferentes. En comparación, los Estados Unidos tenían un total de 70 artículos enlistados, 89 para India, y 54 para Japón. La revisión histórica con más autoridad para esta región es de Meien (1940).

10.8 América del Sur y el Caribe

Aunque el arroz se produce en nueve países en América del Sur y ocho países en el Caribe, el cultivo de peces en los campos de arroz no está extendido. Ya en los años cuarenta, estaban dirigiéndose experimentos en Argentina sobre el cultivo del pejerrey (*Atherina bonariensis*) en campos de arroz, como peces para alimento y para el control de mosquitos (Macdonagh, 1946 tomado de FAO, 1957). También se hicieron esfuerzos para introducir el concepto en las Indias Orientales Británicas y la Guayana Británica en los inicios de los años 1950's (Chacko y Ganapati, 1952, tomado de FAO, 1957).

Experimentos para integrar el cultivo de peces con la producción de arroz, son o fueron conducidos en Brasil, Haití, Panamá y Perú, pero sólo Brasil parece haber tenido algún grado de éxito comercial. El cultivo extensivo de arroz-peces tuvo sus comienzos en el valle de Río São Francisco (noreste) y en los campos de arroz en el sur. En el noreste, los agricultores se interesaron en el cultivo semi-intensivo de arroz-peces que usa las especies de peces nativos capturados en los lagos a lo largo del río, como el curimatá pacu (*Prochilodus argentes*), piau verdadero (*Leporimur elongatus*), y mandi arnarelo (*Pimelodus clarias*). También se llevaron a cabo experimentos en la cultivo intensiva de arroz-peces en la cuenca del Paraíba que utilizaba a *C. carpio* y la tilapia del Congo (*T. rendalli*) (Guillén, 1990). Se piensa que la perspectiva para el cultivo de arroz-peces es favorable para la región debido a su clima conveniente y las áreas irrigadas. Los recientes

trabajos comunitarios facilitados por la FAO se enfocan a la promoción de acuicultura y otros métodos de la producción integrados en sistemas basados en arroz en Guyana y Surinam.

10.9 Estados Unidos de América

Los cultivos de arroz-peces, usualmente son considerados importantes en los Estados Unidos. Después de que el arroz es cosechado, los arrozales fueron inundados y aprovisionados con *C. carpio*, boquerón búfalo (*Ictiobus cyprinellus*) y bagre de canal (*Ictalurus punctatus*). En 1954, alrededor de 4 000 ha de bosques de Arkansas fueron inundados, represados y abastecidos con peces. En 1956 estas se incrementaron a 30 000 ha y se reportó una producción de 3 200 toneladas de pescado. La demanda de alevines se disparó y nuevos criaderos tuvieron que ponerse en operación.

La creciente importancia de cultivo de arroz-peces y la necesidad de mejorar las prácticas existentes condujo a que el congreso de los Estados Unidos de América decretara el Acta de Rotación de Arroz-Peces en 1958 para que fuera implementada por la Secretaría del Interior (quien tenía la jurisdicción sobre el Servicio de Pesca y Vida Silvestre). su objetivo fue «establecer un programa con la intención de llevar a cabo ciertos experimentos e investigaciones para desarrollar métodos para la producción comercial de peces en acres de arroz inundadas en rotación de cosechas de arroz y para otros propósitos». Para llevar a cabo los estudios sobre la rotación de arroz, se estableció una estación de investigación en Stuttgart, Arkansas, la cual se convirtió en el Centro de Investigación Nacional de Stuttgart (SNARC por sus siglas en inglés).

Alrededor de 1960, un estudio de 53 granjas seleccionadas en los Estados de Arkansas, Louisiana y Mississippi, demostró que el 20,4 por ciento del total de área de aguas superficiales fue utilizada para el cultivo de peces. En ese tiempo, había 1,25 millones de ha de campos de arroz inundados en los Estados Unidos considerándose un gran potencial para el cultivo de peces. Coche (1967), pensaba que la industria tenía brillantes perspectivas, diciendo que «hay poca duda de que una nueva área de desarrollo intensivo pueda ser proyectada para el cultivo de peces en el vasto complejo de campos de arroz de los E.U.A.».

Conforme evolucionó la tecnología y llegó a convertirse en nuevas realidades económicas, el interés en el cultivo de arroz-peces pareció disminuir un poco después de los años sesentas.

Esto puede ser vislumbrado por el cambio en la dirección de investigación del SNARC.

No obstante, el concepto de rotación arroz-peces a escala comercial está lejos de desaparecer en los Estados Unidos. Sin embargo, en lugar de peces de escama, actualmente están siendo alternando cangrejos de río con el arroz. Dos especies de cangrejo de río son los más populares por su vigor

y adaptabilidad, el cangrejo rojo de marismas (*Procambarus clarkii*) y en ciertas extensión el cangrejo blanco de río (*P. zonangulus*). El ciclo de vida del cangrejo de río y sus requerimientos ambientales se acopla bien para ser alternados con arroz y hasta con arroz con soya. La mayoría de los cangrejos de río producidos actualmente en los Estados Unidos provienen de campos de arroz de los estados del sureste (De la Bretonne y Romaine, 1990).

11. Perspectivas y programa para el futuro

11.1 Perspectivas

Ahora es un tiempo oportuno para promover el cultivo de arroz y peces. El cultivo integrado de arroz y peces ha sido practicado ya durante algún tiempo pero no se ha vuelto tan común como para convertirse en una segunda naturaleza para los granjeros de arroz. El interés en el cultivo de arroz y peces durante los últimos años ha menguado entre los políticos, científicos, técnicos de extensionismo y granjeros en los diferentes países. Esto es entendible durante períodos particulares, dadas sus circunstancias. Ahora es un tiempo apropiado para volver a encender el interés entre todos los sectores, dado que los políticos, investigadores, técnicos de extensionismo y granjeros podrían ser más receptivos, debido a la convergencia de cuatro factores.

Primero, las pesquerías de captura en muchas áreas han alcanzado su límite. La producción creciente por acuicultura es una solución obvia para cubrir la demanda cada vez más grande de pescado y los campos de arroz del mundo representan millones de hectáreas de áreas para la cría de peces. En la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996 se acordó «promover el desarrollo de la acuicultura ambientalmente amigable y bien integrada en el desarrollo sustentable rural, agrícola y costero».

Segundo, hay un reconocimiento creciente de la necesidad de "trabajar con" en lugar de «contra» la naturaleza. Se está promoviendo el manejo integrado de plagas (MIP) en lugar del uso extensivo de pesticidas, y se ha encontrado que los peces son un agente de control de plagas eficaz. Los pesticidas químicos son una espada de doble filo que puede ser tan dañina para la salud humana y el ambiente como para las plagas que ataca.

Tercero, el agua dulce es un recurso limitado y la integración de los peces con el arroz es una manera de usar el agua más eficientemente, produciendo animales acuáticos y arroz. Además, la cantidad de tierra propicia para la acuicultura es limitada y el cultivo de peces junto con el arroz es una manera eficaz de utilizar los recursos escasos de la tierra.

Cuarto, el arroz no es un artículo exclusivamente económico; en muchos países es también un asunto político. El precio de granja establecido para el arroz no solo está basado en el proporcionar una ganancia económica justa para los granjeros, sino también a menudo tiene implicaciones políticas como la seguridad alimentaria nacional y su potencial de exportación. El mercado, sin embargo, normalmente determina el precio del pescado. Aunque su cultivo en un campo de arroz trae consigo costos adicionales mínimos, también es una manera de aumentar el ingreso de los granjeros.

Estas circunstancias sirven como un impulso para promover el cultivo de arroz y peces. Juntas, estas tendencias cubren las varias preocupaciones de todos los sectores involucradas en el cultivo de arroz.

11.2 Problemas y restricciones más importantes

Varias preocupaciones sobre el cultivo de arroz y peces han sido identificadas (en un reporte de trabajo preparado para la 16 Sesión de la Comisión Internacional del Arroz, en 1985).

- La profundidad del agua requerida en el cultivo de arroz y peces, mayor que en el cultivo de arroz tradicional, puede ser un factor limitativo si el suministro de agua es inadecuado. Como se ha discutido previamente, el aumento en fugas y filtraciones debidas al mantenimiento del nivel del agua más profunda en el cultivo de arroz y peces puede aumentar significativamente los requerimientos de agua.
- Los peces causan daño a las plantas de arroz cuando las desenraizan y las comen. La destructividad de los peces en el cultivo de arroz se ha observado, particularmente cuando se siembran *C. carpio* demasiado tempranamente, cuando las plantas del arroz trasplantadas no han desarrollado un sistema de raíz lo suficientemente fuerte o cuando se siembran peces herbívoros como *C. idellus* en tallas grandes, capaces de consumir plantas enteras. Estos problemas pueden evitarse fácilmente mediante buenas prácticas de

manejo que incluyan la selección de la especie, tallas al sembrar y al momento de la siembra.

- Se requieren más fertilizantes para aumentar la productividad primaria del agua y alimentar a los peces. La fertilización aumentada es requerida dado que tanto, el arroz como el fitoplancton requieren nutrientes. El aumento de la fertilización fue estimada por Chen (1954) de 50 a 100 por ciento. Sin embargo, la experiencia ha mostrado que, en la mayoría de los casos, los requerimientos de fertilizante han disminuido con la introducción de peces (Gupta *et al.*, 1998; Israel *et al.*, 1994; Yunus *et al.*, 1992). Cagauan (1995) encontró que un campo de arroz con peces tiene una capacidad más alta de producir y capturar nitrógeno (N) que uno sin ellos.
- Un porcentaje pequeño del área cultivable se pierde a través de la construcción de desagües y agujeros de refugio que producen una reducción del rendimiento del arrozal. De nuevo, la experiencia ha mostrado que el rendimiento de arroz aumenta a menudo en el cultivo de arroz y peces y así la excavación de una parte pequeña del campo de arroz (normalmente no más del 10 por ciento) a menudo no resulta en ninguna pérdida sino en una ganancia neta en la producción de arroz.
- El uso de las variedades de arroz de tallo corto, de rendimientos más altos está limitado por la mayor profundidad del agua requerida para el cultivo de arroz y peces. Incluso la variedad IR36 que tiene una altura del tallo de 85 centímetros ha sido usado con éxito en el cultivo de arroz y peces. Costa-Pierce y De la Cruz (1992) encontraron que el uso extendido de la variedad de alto rendimiento no es considerado como una restricción mayor en el cultivo de arroz y peces en la mayoría de los países²¹, como tampoco lo era el uso de pesticidas. De hecho, como fuera señalado en la Décimanona Sesión de la Comisión Internacional del Arroz, el caso de la República Popular China, con 1,2 millones de hectáreas de cultivo de arroz y peces en un área donde se siembran casi exclusivamente variedades modernas, el uso de estas variedades no parece ser una restricción para el cultivo de arroz y peces (Halwart, 1999, Cuadro 17).
- El uso de pesticidas se limitará. Se ha defendido aquí que la reducción en el uso de pesticidas es, en general, una ventaja para los granjeros, las comunidades y el ambiente. Estudios

emprendidos en Bangladesh han revelado que los granjeros que cultivan arroz y peces usan 50 por ciento menos de pesticidas que los usados en el monocultivo de arroz (Gupta *et al.*, 1998). Saturno (1994) observó que los granjeros eran menos proclives a usar pesticidas cuando se sembraban peces en los campos de arroz y obtenían aún así rendimientos altos. Kenmore y Halwart (1998) ha señalado que la eliminación de casi todos los pesticidas en los campos de arroz de granjeros que han utilizado el MIP ha resultado en una biodiversidad más alta de ranas, caracoles, insectos acuáticos y otros que frecuentemente es usada por los granjeros de una manera sustentable.

- Los granjeros tienen que hacer una mayor inversión inicial en las instalaciones en el campo de arroz (diques más altos, desagües, agujeros de refugio). La inversión inicial es un factor que retarda una adopción extendida del cultivo de arroz y peces. Esta es una desventaja derivada del aumento de los riesgos financieros de los granjeros, pero los ingresos potenciales pueden ser un buen incentivo y los riesgos son a menudo bajos.
- La práctica de múltiples cosechas (varias rotaciones anuales) se verá limitada porque los campos son inundados por un período de cuatro meses más corto en comparación con periodos de seis a ocho meses, en el caso de la cosecha anual. Por el contrario, una inundación continua de seis a ocho meses es ventajoso para el cultivo de arroz y peces ya que hace posible el crecimiento de los peces hasta un tamaño más grande.

Muchas restricciones que no son inherentes al cultivo de arroz y peces, pero que se aplican a la acuicultura y la agricultura en general han sido identificados, como la falta de semillas y las facilidades para la obtención de créditos (Costa-Pierce y De la Cruz, 1992). Algunos son específicas de ciertos lugares, por ejemplo el ciclo de inundación natural (Bangladesh, Camboya y Viet Nam) y los suelos pobres (Indonesia y Tailandia). Sin embargo, se ha argumentado que la mayor restricción para su adopción por más granjeros es el hecho que el cultivo de arroz y peces no forma parte de la corriente principal de la práctica agronómica.

11.3 Necesidades de investigación y desarrollo

Hay una necesidad de refinar el cultivo de arroz y peces en los casos donde se da más énfasis en el mejoramiento de la producción de peces sin

²¹ Excepto en Filipinas.

que interfiera con la producción de arroz. De la Cruz *et al.* (1992) ha identificado las posibles áreas y temas para la investigación en varios países. Los temas comunes a varios países donde se practica el cultivo de arroz y peces, o tiene un potencial alto de ser adoptado:

- Estudios ecológicos específicos sobre redes tróficas y ciclos de nutrientes en el ecosistema del campo de arroz;
- la determinación de la capacidad de carga y densidades de siembra óptimas;
- el desarrollo de sistemas para desoves y crianza para sistemas de campos de arroz;
- el desarrollo de modelos específicos de cultivo de arroz y peces para zonas agroclimáticas diferentes;
- la tasa y métodos óptimos de fertilización;
- la evaluación de nuevas especies de peces para el cultivo del campo de arroz;
- la evaluación de diferentes especies de peces en el manejo de plagas y enfermedades del arroz;
- el desarrollo de las técnicas para agregación y cosecha de los peces en los campos de arroz; y
- los modelos óptimos de siembra de arroz para el cultivo de arroz y peces.

Otros temas identificados no son necesariamente específicos para el cultivo de arroz y peces y pueden ser cubiertos por la investigación regular en acuicultura, como la nutrición de los peces y el desarrollo de alimentos, o en la agronomía, por ejemplo la ecología y manejo de las malezas. A largo plazo, la «lista de deseos» de la investigación incluye el desarrollo de variedades nuevas de arroz para los diferentes sistemas de cultivo de arroz y peces.

Fernando y Halwart (2000) argumentan que se requiere un enfoque sistemático sobre el desarrollo de cultivo de peces a nivel del sistema de irrigación que aliviara la mayoría de las restricciones que se tienen al intentar promover el cultivo de peces en los campos de arroz. Una tarea importante es clasificar las áreas productoras de arroz de acuerdo a su conveniencia para el cultivo de arroz y peces, considerando la capacidad de la infraestructura de irrigación, las características generales del suelo, sus requerimientos físicos así como su situación socio-económica. El resultado podría servir como una guía acerca de dónde concentrar los esfuerzos para la promoción del cultivo de arroz y peces. La disponibilidad de material proveniente de China puede ser un campo de pruebas útil para la posible adopción de algunos sistemas en otros países.

Sería útil si se llevan a cabo estudios socio-económicos antes y después de la introducción o la promoción del cultivo de arroz y peces. Los datos básicos sobre el estado del ingreso y la dieta serían importantes para evaluar el impacto de la tecnología del cultivo de arroz y peces. Los sistemas de cultivo de arroz de aguas profundas requieren de más estudios en esas áreas ya que éstas podrían ser lugares naturales para el cultivo de peces. Los bajos rendimientos de tales sistemas podrían ser compensados potencialmente por los rendimientos de peces como lo reportó Dehadrai (1992), acerca de rendimientos de $1\ 100\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cosecha}^{-1}$ en India y de $650\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ en cuatro meses en Bangladesh (Ali, Miah y Ahmed, 1993), aunque el sistema no se encontró financieramente viable debido al costo de los cercos de 4 m de alto.

El aumento del nivel del mar puede hacer necesaria la investigación sobre el cultivo de arroz y peces de aguas salobres. Los camarones penéidos pueden ser criados concurrentemente con el arroz en agua salobre como se ha demostrado en Viet Nam (Mai *et al.*, 1992), y en la India se ha reportado que sistemas *pokhali* y *Khazan* con arroz resistente a la sal producen de 885 a $2\ 135\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de cosecha de camarones tigre gigantes y lisas y de 500 a $2\ 000\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de cosecha de camarones y percas, respectivamente. El sistema *sawah-tambak* (Indonesia) puede ser apropiado para áreas costeras bajas que padecen la intrusión de agua salada ya que produce de 2 000 a $3\ 500\ \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ de especies de aguas salobres (como camarones penéidos, sabalote y percas). También puede ser posible usar las granjas de camarones abandonadas para el cultivo de arroz y camarones, ya que muchas de tales granjas eran originalmente campos de arroz.

11.4 Política institucional y servicios de apoyo

11.4.1 Dando la relevancia necesaria a los cultivos de arroz-peces

A menudo, las personas involucradas en la producción de arroz consideran el cultivo de arroz y peces como una novedad, y la literatura usual sobre protección de las plantas en la producción de arroz (por ejemplo Heinrichs, 1994; Reissig *et al.*, 1986) no mencionan a los peces o al cultivo de arroz-peces como un posible agente en el control biológico. Para enfrentar esto, el cultivo de arroz y peces debe hacerse parte del plan de estudios de agricultura en las universidades, y ser reconocido como un sistema de cultivo viable.

Si fuera posible, el ministerio de agricultura, o su equivalente en los países productores de arroz debe hacer los cultivos integrados de arroz y peces parte de la práctica agronómica normal para que se vuelva una opción lógica y viable para los granjeros.

Dado que el MIP es ahora un enfoque aceptado de manejo de plagas éste es un punto de partida lógico para la crianza de peces en los campos de arroz. Sin embargo, los planes de estudio adecuados para las escuelas de agronomía todavía necesitan ser desarrollados.

11.4.2 Divulgación del concepto

Muchos granjeros son conscientes que pueden cultivarse peces junto con el arroz, pero pocos comprenden las ventajas. Es probable que una preocupación mayor sea el cómo tratar con las plagas de insectos cuando también se cultivan peces en los campos. Dado que los gobiernos están promoviendo a menudo el MIP para el cultivo de arroz, el cultivo de peces debe ser considerado como parte de los métodos de MIP ya que éste puede ser eficaz al fortalecer otras estrategias de MIP que no involucren el uso de pesticidas y hagan una buena utilización de los recursos (Kamp y Gregory, 1994). El aumento del ingreso y una cosecha saludable refuerza en los granjeros la aceptación de métodos MIP sin pesticidas y su rechazo hacia éstos últimos (Kenmore y Halwart, 1998).

El cultivo de arroz y peces debe volverse parte del conocimiento público para que se integre al cultivo de arroz como la aplicación de fertilizante. De hecho no hace demasiado tiempo, antes de la promoción de pesticidas químicos, era natural el tener peces y otros organismos acuáticos en los campos de arroz. Esto continúa siendo así en, por ejemplo, partes de Camboya, RDP Lao y otras partes del Sudeste de Asia dónde el uso de pesticidas no es apreciado.

11.4.3 Entrenamiento y educación

La generación de la conciencia pública por si sola no es, sin embargo, suficiente. Esto podría originar cierta frustración si no puede acompañarse de las tecnologías apropiadas. Los granjeros deben saber a dónde acudir para obtener ayuda. Para hacer esto es necesario entrenar y re-orientar las técnicas de extensión agrícola. Los agricultores más que los funcionarios de pesquerías, deben ser

el objetivo de tal entrenamiento ya que ellos son las personas que están más a menudo en contacto con los granjeros de arroz.

Más allá del entrenamiento a corto plazo para los técnicos en extensión agrícola, los planes de estudios escolares agrícolas deben incluir el cultivo de arroz y peces como un sistema de cultivo viable y también debe enseñarse el papel de los peces en el manejo de plagas. Los libros de texto sobre el cultivo de arroz deben incluir secciones sobre el cultivo de arroz y peces. Todos aquellos involucrados en la producción de arroz deben hacerse conscientes que las ventajas del cultivar arroz y peces van más allá de la producción de peces en si misma.

11.4.4 Suministro de crías

Un insumo fundamental en el cultivo de arroz y peces es el abastecimiento de crías. En los países dónde la acuicultura no es una industria importante, las crías son escasas y caras. Hay muchos problemas respecto al cómo promover la producción de crías con éxito, pero esto es común para la acuicultura en general y no es específico para el cultivo de arroz y peces. Cualquier esfuerzo para promover una adopción más amplia del el cultivo de arroz y peces necesita ser acompañado del desarrollo de la capacidad local para la producción de crías. Esto podría hacerse a través de los granjeros de arroz, como se ha hecho con éxito en Madagascar, donde una red de productores privados de crías se ha establecido gradualmente. Cuando los productores privados iniciaron operaciones, la distribución de crías por el gobierno fue discontinuada en ese área. En la siguiente etapa, los servicios de extensionismo para los granjeros de arroz y peces en el área fueron incluidos en la estrategia de mercadeo de los productores de crías, al hacer demostraciones de sus propias instalaciones de cultivo de arroz y peces y organizar las reuniones. Para lograr esto, se entrenó a los productores de cría en métodos de comercialización, habilidades de instrucción y métodos de extensionismo. Las actividades se apoyaron en un pequeño pero calificado grupo de agentes gubernamentales de extensionismo (Van den Berg, 1996).

11.4.5 Financiamiento

El financiamiento puede ser necesario ya que la construcción de diques, la excavación de estanques, zanjas o refugios puede resultar en

gastos extra más allá de lo que normalmente se requiere para el cultivo de arroz. A menudo las cantidades involucradas (500 dólares EE.UU. o menos) son lo suficientemente pequeñas para ser consideradas como microcréditos. Aun cuando se requiera el financiamiento de cientos de granjeros la cantidad total involucrada

estará ciertamente dentro de la capacidad de las instituciones bancarias rurales. El problema más crítico es a menudo conseguir que las instituciones financieras acepten a esta práctica de cultivo como una empresa viable, ya que la acuicultura ha tenido dificultades para ser vista como una opción de cultivo de bajo riesgo.

12. Conclusión

El cultivo de arroz y peces ofrece tremendo potencial para fortalecer la seguridad alimentaria y aliviar la pobreza en las áreas rurales. Es una manera eficiente de usar el mismo recurso de tierra para producir carbohidratos y proteína animal concurrente o consecutivamente. Se usa el agua para producir los dos componentes alimenticios básicos simultáneamente.

Los peces en el campo de arroz han demostrado ser capaces de erradicar las malezas comiéndolas o desarraigándolas. También devoran algunas insectos plaga del arroz incluyendo los que perforan sus tallos. La experiencia ha mostrado que la necesidad de pesticidas químicos se ve muy reducida y en muchos casos es eliminada. Los peces también contribuyen a la fertilidad del campo de arroz y pueden reducir las necesidades de fertilizante. La acuicultura integrada con la agricultura produce un eficiente uso de nutrientes a través del reciclado de muchos de los derivados agrícolas que subsecuentemente pueden servir como fertilizante o insumos de alimento para la acuicultura (Willmann, Halwart y Barg, 1998). Esto conlleva a su vez más pescado disponible para las familias y puede poner más dinero en su bolsillo. Un efecto lateral importante es un ambiente rural más limpio y saludable.

Pueden esperarse también otros impactos económicos. Las modificaciones del campo de arroz pueden necesitar mano de obra extra más allá de lo que está disponible dentro de la familia, lo que conlleva empleo rural. La demanda de crías puede estimular el crecimiento de criaderos y el negocio de producción de crías y todas las otras actividades auxiliares, como la fabricación de redes, la fabricación de herramientas de mano, la instalación y reparación de bombas, entre otros. Los peces necesitan ser comercializados y quizás incluso procesados antes de comercializarse. Hay, así, un potencial para generar empleo adicional.

Sin embargo, la realidad es, que la proporción de adopción del cultivo de arroz y peces es muy baja. China, con 1,2 millones de hectáreas usadas en el cultivo de arroz y peces es claramente el líder mundial, pero esta cifra representa sólo 3,92 por ciento de su área irrigada. Sorprendentemente, fuera de Asia se encuentran las granjas más extensas de arroz y peces, en relación a la superficie total de los campos de arroz irrigados. En Egipto, los cultivos

de arroz y peces representan el 37,4 por ciento del área irrigada y en Madagascar el 11,75 por ciento. En el sudeste de Asia, se reporta que Tailandia cuenta con 2 966 millones de hectáreas consagradas al cultivo de arroz y peces y otras 25 500 hectáreas relacionadas con el abastecimiento y manejo de las pesquerías. En el resto de Asia, la proporción de adopción es un poco más del 1 por ciento, o no hay ninguna estadística disponible sobre la magnitud del cultivo de arroz y peces. Si la tasa de adopción se incrementara a un promedio de 10 por ciento de los campos de arroz irrigados (68,07 millones de ha), incluso con un rendimiento anual de sólo 150 kg·ha⁻¹ significaría anualmente más de 1 millón de toneladas de peces. Esta cifra no incluye las áreas irrigadas por lluvias que también tienen un potencial para la producción de peces.

Para percibir su potencial, es necesario un cambio fundamental en la actitud hacia el cultivo de arroz y peces en todos los sectores involucrados en la producción de arroz, desde los políticos a los técnicos de extensionismo y los granjeros. En la actualidad el cultivo de arroz-peces es, cuando más, considerado como una novedad y en el peor de los casos como una actividad marginal que no merece la consideración seria en la formulación de las estrategias nacionales de producción de arroz, y se relega a menudo a un conjunto limitado de proyectos. Aun más, los tecnólogos y científicos pesqueros no son las personas más apropiadas para dirigirse a los granjeros de arroz, o a quien los granjeros de arroz escucharían. El mensaje debe ser llevado por las personas involucradas directamente con el cultivo de arroz.

Para integrar las pesquerías y la agricultura, Willman, Halwart y Barg (1998) recomiendan la integración multi-sectorial entre varias agencias gubernamentales involucradas en el desarrollo de las cuencas fluviales y el costero y de varias agencias gubernamentales que pueden estar involucradas en las pesquerías y la agricultura. Sin embargo, los autores también han reconocido las dificultades involucradas en tal integración. Aunque fuera lo ideal, el promover la necesidad de adopción más extendida de este cultivo no debe involucrar demasiadas agencias, de hecho debe involucrar sólo aquellas relacionadas con la agricultura.

Los diversos sub-sectores de la agricultura deben reconocer el cultivo de arroz y peces como un

sistema de cultivo distinto y viable al que los granjeros pueden escoger adoptar dondequiera que las condiciones físicas sean apropiadas. Si el cultivo de arroz y peces se ve como una práctica agronómica viable, muchos de los gastos que entran en criar peces en los campos de arroz serán parte de los gastos reconocidos dentro de la administración de créditos. Las agencias gubernamentales de pesquerías tienen un papel importante, para observar que alevines de buena calidad estén disponibles en el momento requerido por los granjeros.

Deben desarrollarse también los lineamientos para evitar que el componente del cultivo de peces no reciba demasiada atención, en detrimento de la producción de arroz. Con una buena producción de peces y precios altos, los granjeros han tendido a agrandar las áreas de refugio para los peces en Viet Nam (Halwart, 1998). Purba (1998) concluyó que en Indonesia un aumento en la demanda de peces y una reducción de su precio disminuiría la producción de arroz, al crecer la proporción de áreas de refugio respecto a la del cultivo de arroz se vuelve demasiado alta. Debe estar claro que el objetivo de criar peces junto con el arroz es aumentar la producción de peces sin amenazar los rendimientos de arroz.

Con un cambio en ese sentido a altos niveles se puede entrenar técnicos de extensionismo agrícola para promover adecuadamente y demostrar

la «nueva» tecnología. De esta manera, la promoción del cultivo integrado de arroz y peces no se limitará a unos cuantos granjeros bajo un proyecto especial, aunque pueda comenzarse de tal manera. La introducción extendida del cultivo de arroz y peces a las comunidades, acoplada con demostraciones en los propios campos de los granjeros, ligadas al manejo integrado de plagas en las escuelas rurales (Kenmore y Halwart, 1998) es probable que produzca su adopción sostenida. Los granjeros mismos son los agentes más eficaces de cambio. Para mejorar el contacto con las personas que adopten esta tecnología, el establecer los canales de persona a persona es el mejor mecanismo para obtener información sobre las nuevas tecnologías. Estos cauces incluyen el contacto directo con otros granjeros, técnicos de extensionismo y especialistas técnicos. En la India, aproximadamente 85 por ciento de los granjeros mencionaron a otros granjeros como sus fuentes de información (Librero, 1992).

En resumen, para popularizar el cultivo de arroz y peces, el concepto debe volverse parte del sistema agrícola en lugar del sistema de pesquerías. Las agencias de pesquerías necesitarán hacer esfuerzos extensos para el establecimiento de un sistema nacional viable de producción y sistema de la distribución de crías de peces operado por el sector privado para que las crías de las especies deseadas estén prontamente disponibles para los granjeros. Sólo entonces se podrán encontrar más peces en los campos de arroz.

13. Referencias

- Abdel-Malek, S.A.** 1972. Food and feeding habits of some Egyptian fishes in Lake Qurun. I. *Tilapia zillii* (Gerv.) B. according to different length groups. Bull. Inst. Oceanogr. Fish. Cairo. 2:204-123.
- Ahmed, M., Bimbao, M.A.P. y Sevilleja, R.C.** 1992. The economics of rice-fish in Asian mixed farming system—a case study of the Philippines, p.207-216. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Ali, A.B.** 1990. Rice-fish farming in Malaysia: a resource optimization. *Ambio* 19(8):404-408.
- Ali, A.B.** 1992. Rice-fish farming in Malaysia: past, present and future, p.69-76. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Ali, A.B.** 1998. Rice agroecosystem and the maintenance of biodiversity, p. 25-36. *In* B.M. Nashriyak, N.K. Ho, B.S. Ismael, A.B. Ali and K.Y. Lun (eds.) Rice agroecosystem of the Muda Irrigation Scheme, Malaysia. Mintmada Malaysia, 250 p.
- Ali, M.H., Miah, N.I. y Ahmed, N.U.** 1993. Experiences in deepwater rice-fish culture. Rice Farming Systems Division, Bangladesh Rice Research Institute, Gazipur, Bangladesh. Mimeo, 28 p.
- Anonymous.** 1971. Algicide for direct-seeded rice. *IRRI Reporter* 2/71:2-3.
- Arai, M.** 1963. Theory of rice crop protection. I. Weed control, p. 228-251. *In* M. Matsubayashi, R. Ito, T. Nomoto, T. Takase and N. Yamada (eds.) Theory and practice of growing rice. Fuji Publs. Co., Ltd., Tokyo, Japan.
- Ardiwinata, R.O.** 1953. Common carp culture in rice fields. Vorhink Van Hoeve Vol. V. Bandung's Gravenhage (in Indonesian with English summary).
- Ardiwinata, R.O.** 1957. Fish culture in the rice fields in Indonesia. *Proc. Indo-Pacif. Fish. Coun.* 7:119-154.
- Balzer, T., Balzer, P. y Pon, S.** 2002. Traditional use and availability of aquatic biodiversity in rice-based ecosystems – I. Kampong Thom Province, Kingdom of Cambodia. *In* M. Halwart and D. Bartley (eds.) FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service. CD ROM, ISBN 92-5-104820-7. FAO, Rome. Available at <ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/AwarnessAgrBiodiv/default.htm>.
- Beaumont, J.J. y Yost, K.J.** 1999. Phenoxy herbicides and cancer. *In* Agricultural chemicals and cancer website. Univ. of Calif. Center for Occup. and Env. Health, revised 2 March 1999.
- Bowen, S.H.** 1979. A nutritional constraint in detritivory by fishes: the stunted population of *Sarotherodon mossambicus* in Lake Sibaya, South Africa. *Ecol. Monogr.* 49(1):17-31.
- Bowen, S.H.** 1982. Feeding, digestion and growth-qualitative considerations, p. 141-156. *In* R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. Proc. Int. Conf. on the Biol. and Cult. of Tilapias, ICLARM Conf. Proc. 7, 432 p.
- Bowen, S.H.** 1980. Detrital nonprotein amino acids are the key to rapid growth of tilapia in Lake Valencia, Venezuela. *Science.* 207:1 216-1 218.
- Boyd, C.E.** 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier, Amsterdam, 318 p.
- Boyd, C.E.** 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University Agricultural Experiment Station, 359 p.
- Breine, J.J., Teugels, G.G. y Ollevier, F.** 1995. Preliminary results of integrated fish farming at the fish breeding research station, Fouban, Cameroon, p. 381-386. *In* J.J. Symoens and J.C. Micha (eds.) Proceedings of the Seminar on «The Management of Integrated Agro-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas», 16-19 May 1994, Brussels. Tech. Centre for Agric. and Rural Co-op. (CTA) Royal Academy of Overseas Sciences, Brussels, 587 p.
- Buddington, R.K.** 1979. Digestion of an aquatic macrophyte by *Tilapia zillii*. *J. Fish. Biol.* 15(3):449-456.
- Cagauan, A.G.** 1995. Overview of the potential roles of pisciculture on pest and disease control and nutrient management in rice fields, p. 203-244. *In* J.J. Symoens and J.C. Micha (eds.) Proceedings of the Seminar on «The Management of Integrated Agro-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas», 16-19 May 1994, Brussels. Tech. Centre for Agric. and Rural Co-op. (CTA) Royal Academy of Overseas Sciences, Brussels, 587 p.
- Cagauan, A.G. y Arce, R.G.** 1992. Overview of pesticide use in rice-fish farming in Southeast Asia, p. 217-234. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Cagauan, A.G., De la Cruz, C.R. y Lightfoot, C.** 1993. Nitrogen models of lowland irrigated ecosystems with and without fish using ECOPATH. Paper presented during the 3rd Asian Regional Workshop on Integrated Rice-Fish Research and Development, 6-11 June 1993, Sukamandi Research Institute for Food Crops, West Java, Indonesia.
- Cai, R., Ni, D. y Wang, J.** 1995. Rice-Fish culture in China: the past, present and future, p.3-14. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID) Ottawa, Canada, 276 p.
- Caulton, M.S.** 1976. The importance of pre-digestive food preparation to *Tilapia rendalli* Boulenger when feed on aquatic macrophytes. *Trans. Rhod. Sci. Assoc.* 57:22-28.

- Caulton, M.S.** 1977. A quantitative assessment of the daily ingestion of *Panicum repens* L. by *Tilapia rendalli* Boulenger (Cichlidae) in Lake Kariba. *Trans. Rhod. Sci. Assoc.* 58(6):38-42.
- Chacko, P.I. y Ganapati, S.V.** 1952. Fish culture in paddy fields. *Ind. Comm. J. Madras* No. 8:3.
- Chapman, G.** 1992. Fry nursery techniques in the rice-fish systems of Northeast Thailand, p. 130-144. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Chen, D., Ying, H. y Shui, M.** 1995. Rice-azolla-fish in rice fields, p. 169-176. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID) Ottawa, Canada, 276 p.
- Chen, H.L., Charles, A. T. y Hu, B.T.** 1998. Chinese integrated fish farming, p. 97-109. *In* J.A. Mathias, A.T. Charles and B.T. Hu (eds.) Integrated Fish Farming. Proc. Workshop on Integrated Fish Farming, 11-15 Oct. 1994, Wuxi, Jiangsu Prov., P.R. China. CRC Press, 420 p.
- Chen, T.P.** 1954. The culture of tilapia in rice paddies in Taiwan. *Jt. Comm. Rural Reconstr. China Fish. Ser.* 2. 29 p.
- Chien, Y.H.** 1978. Double cropping rice *Oryza sativa* and crawfish *Procambarus clarkii* (Girard). Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Baton Rouge LA, USA. 85 p. M.S. thesis.
- Chikafumbwa, F.J.K.** 1996. Use of terrestrial plants in aquaculture in Malawi, p. 175-182. *In* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias and D. Pauly (eds.) The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conf. Proc. 41, 575 p.
- Coche, A.G.** 1967. Fish culture in rice fields. A worldwide synthesis. *Hydrobiologia* 30:11-44.
- Costa-Pierce, B. y De la Cruz, C.R.** 1992. Working group reports on on-station research methodology, p. 415-424. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Costa-Pierce, B.A.** 1992. Rice-Fish systems as intensive nurseries, p. 117-130. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Darvin, L.C.** 1992. Status of rice fields as hatcheries/nurseries for tilapia in the Philippines, p. 145-150. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Dehadrai, P.V.** 1992. Opportunities for women in rice-fish culture. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 367 p.
- De la Bretonne, L.W. Jr. y Romaine, R.P.** 1990. Crawfish culture: selection, pond construction and water quality. SRAC Publication No. 240, January 1990. Southern Regional Aquaculture Center, Stoneville, MS, USA.
- De la Cruz, C.R.** 1980. Integrated agriculture-aquaculture systems in the Philippines with two cases on simultaneous and rotational rice-fish culture, p. 209-223. *In* R.S.V. Pullin and Z.H. Shehadeh (eds.) Proc. of the ICLARM-SEARCA Conf. on Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems, 6-9 August 1979, Manila, Philippines.
- De la Cruz, C.R., C. Lightfoot, C., Costa-Pierce, B.A., Carangal, V.R. y Bimbao, M.P.** (eds.) 1992. Rice-fish research and development in Asia. ICLARM, Manila, Philippines, 457 p.
- De la Cruz, C.R.** 1979. Integrated agriculture-aquaculture farming systems in the Philippines. ICLARM/SEARCA Conf. on Integration of Agriculture-Aquaculture Farming Systems, 6-9 August 1979, Manila, Philippines, 29 p.
- Demaine, H. y Halwart, M.** 2001. An overview of rice-based small-scale aquaculture, p. 189-197. *In* IIRR, CIID, FAO, NACA and ICLARM. Utilizing different aquatic resources for livelihoods in Asia: a resource book. International Institute of Rural Reconstruction, International Development Research Centre, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific, and International Center for Living Aquatic Resources Management, 416 p.
- Denny, P., Bowker, D.W. y Bailey, R.G.** 1978. The importance of littoral epiphyton as food for commercial fish in the recent African man-made lake, Nyumba ya Mungu reservoir, Tanzania. *Biol. J. Linn. Soc.* 10(1):139-150.
- Deomampo, N.R.** 1998. Farming systems, marketing and trade for sustainable aquaculture, p. 201-217. Annex IV-5 of ADB/NACA, 1998. Aquaculture sustainability and the environment. Report on a regional study and workshop on aquaculture sustainability and the environment. Bangkok, Thailand. Asian Development Bank and Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific, 492 p.
- Dewan, S.** 1992. Rice-fish farming in Bangladesh: past, present and future, p. 11-16. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Diallo, A.** 1998. Integrated farming: a new approach in Basse Casamance, Senegal, p. 257-264. *In* J.A. Mathias, A.T. Charles and B. T. Hu (eds.) 1998. Integrated Fish Farming. Proc. Workshop on Integrated Fish Farming, 11-15 Oct. 1994, Wuxi, Jiangsu Prov., P.R. China. CRC Press, 420 p.
- Diana, J.S., Lin, C.K. e Yi, Y.** 1996. Timing of supplemental feeding for tilapia production. *Journal of the World Aquaculture Society* 27 (4):410-419.
- Edra, R.** 1991. Introduction of the golden snail and escalation of its infestation in Philippine ricelands (Abstract), p. 11. *In* B.O. Acosta and R.S.V. Pullin (eds.) 1991. Environmental impact of the golden snail (*Pomacea* sp.) on rice farming systems in the Philippines. ICLARM Conf. Proc. 28, 34 p.

- Essawi, A.K. y Ishak M.M.** 1975. A preliminary study on raising carp in rice fields of Sakha Research Station, Arab Republic of Egypt. CIFA/75/SE1. Paper presented at the FAO/CIFA Symposium on Aquaculture in Africa, 30 Sept.-6 Oct. 1975, Accra, Ghana.
- Fagi, A.M., Suriapermana, S. y Syamsiah, I.** 1992. Rice-fish farming research in lowland areas: The West Java case, p. 273-286. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- FAO.** 1957. Fish culture in rice fields, p. 193-206. *In* A preliminary review and annotated bibliography from Section II and III of Proc. Indo-Pacif. Fish. Coun. 7. FAO, Rome.
- FAO.** 1998. Fish-farming in Vietnamese rice fields fights golden apple snail pest. News & Highlights, FAO Web Page <http://www.fao.org/NEWS/1998/980410-e.htm>
- FAO.** 2000. Los pequeños estanques: grandes integradores de la producción agropecuaria y la cría de peces. FAO, Rome, 30 p.
- FAO.** 2002. Report of the International Rice Commission, Twentieth Session. Bangkok, Thailand, 23-26 July 2002. FAO, Rome, 46 p.
- FAO/ICLARM/IIRR.** 2001. Agro-acuicultura integrada: manual básico FAO Documento Técnico de Pesca No. 407. Roma. FAO. 159 p.
- Fedoruk, K. y Leelapatra, W.** 1992. Rice field fisheries in Thailand, p. 91-104. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Fermin, F.V.** 1992. The adaptation of rice-fish farming technology: the case of Mang Isko in Cavite, Philippines, p. 333-338. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Fernando, C.H.** 1993. Rice field ecology and fish culture – an overview. *Hydrobiologia* 259:91-113.
- Fernando, C.H., Furtado, J.I. y Lim, R.P.** 1979. The aquatic fauna of the world's rice fields: a general introduction and bibliography of references to the aquatic fauna of rice fields with an introduction to the ecology of the rice field fauna. *Wallacean Suppl.* 2 March, 105 p.
- Fernando, C.H. y Halwart, M.** 2000. Possibilities for the integration of fish farming into irrigation systems. *Fisheries Management and Ecology* 7:45-54.
- Fernando, C.H. y Halwart, M.** 2001. Fish farming in irrigation systems: Sri Lanka and global view. *Sri Lanka J. Aquat. Sci.* 6:1-74.
- Fillery, I.R.P., Simpson, J.R. y de Datta, S.K.** 1984. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from a flooded soil. *Soil Science Soc. Am. J.* 48(4):914-920.
- Fish, G.R.** 1955. The food of tilapia in East Africa. *Uganda J.* 19:85-89.
- Funge-Smith, S.J.** 1999. Small-scale rural aquaculture in the Lao PDR. *FAO Aquaculture Newsletter*, Nos. 22 and 23.
- Ghosh, A.** 1992. Rice-fish farming development in India: past, present and future, p. 27-43. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Greenland, D.J.** 1997. The sustainability of rice farming. CAB International, UK, 273 p.
- Gregory, R.** 1996. Rice field fisheries handbook. Cambodia-IRRI-Australia Project. Phnom Penh, 37 p.
- Gregory R. y H. Guttman, H.** 1996. Capture or culture? *ILEIA Newsl.* 12 (2):20-21, July 1996.
- Guillén, F.A.** 1990. Current status of integrated rice-fish culture in Latin America and the Caribbean. *Int. Rice. Comm. Newsl.* 39:196-207.
- Gupta, M.V.** 1998. Social and policy issues involved in adoption of integrated agriculture-aquaculture-livestock production systems in Bangladesh, p. 229-244. *In* J.A. Mathias, A.T. Charles and H. Baotong (eds.) Integrated fish farming. CRC Press, Boca Raton, New York.
- Gupta, M.V. y Rab, M.A.** 1994. Adoption and economics of silver barb (*Puntius gonionotus*) culture in seasonal waters in Bangladesh. *ICLARM Tech. Rep.* 41, 39 p.
- Gupta, M.V., Sollows, J.D., Abdul Mazid, M., Rahman, A. Hussain, M.G. y Dey, M.M.** 1998. Integrating aquaculture with rice farming in Bangladesh: feasibility and economic viability, its adoption and impact. *ICLARM Tech. Rep.* 55, 90 p.
- Gupta, M.V., Abdul Mazid, M., Islam, M. Md., Rahman, S. y M.G. Hussain, M.G.** 1999. Integration of aquaculture into the farming systems of the flood-prone ecosystems of Bangladesh: an evaluation of adoption and impact. *ICLARM Tech. Rep.* 56, 32 p.
- Guttman, H.** 1999. Rice field fisheries – a resource for Cambodia. *NAGA, The ICLARM Q.* 22(2):11-15.
- Halwart, M.** 1994a. Fish as biocontrol agents in rice. Margraf Verlag, Weikersheim, Germany, 169 p.
- Halwart, M.** 1994b. The golden apple snail *Pomacea canaliculata* in Asian rice-farming systems: present impact and future threat. *International Journal of Pest Management* 40(2):199-206.
- Halwart, M.** 1998. Trends in rice-fish farming. *FAN, the FAO Aquaculture Newsletter*, April 1998. No. 18.
- Halwart, M.** 1999. Fish in rice-based farming systems – trends and prospects, p. 130-141. *In* Dat van Tran (ed.) International Rice Commission-assessment and orientation towards the 21st century. Proceedings of the 19th Session of the International Rice Commission, 7-9 September 1998, Cairo, Egypt, 260 p.
- Halwart, M.** 2001a. El pez como componente del control integrado de plagas en la producción de arroz. p. 121-124. *En* FAO/ICLARM/IIRR Agro-acuicultura integrada: manual básico. FAO Documento Técnico de Pesca No. 407. Roma. FAO. 159 p.

- Halwart, M.** 2001b. Fish as biocontrol agents of vectors and pests of medical and agricultural importance, p. 70-75. *In* IIRR, CIID, FAO, NACA and ICLARM. Utilizing different aquatic resources for livelihoods in Asia: a resource book. International Institute of Rural Construction, International Development Research Center, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific and International Center for Living Aquatic Resources Management, 416 p.
- Halwart, M.** 2003a. Recent initiatives on the availability and use of aquatic organisms in rice-based farming, p. 195-206. *In* Proceedings of the 20th Session of the International Rice Commission. Bangkok, Thailand, 23-26 July 2002. FAO, Rome.
- Halwart, M.** 2003b. Ricefield fisheries and rice-based aquaculture – underestimated and undervalued resources, p. 36-47. *In* FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service. Review of the State of World Fishery Resources: Inland Fisheries. FAO Fisheries Circular No. 942, Rev. 1. Rome, FAO, 60 p.
- Halwart, M., Borlinghaus, M. y Kaule, G.** 1996. Activity pattern of fish in rice fields. *Aquaculture* 145:159-170.
- Halwart, M., Viray, M.C. y Kaule, G.** 1998. *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* as biological control agents of the Golden Apple Snail *Pomacea canaliculata* – effects of predator size, prey size and prey density. *Asian Fisheries Science* 11:31-42.
- Halwart, M., Funge-Smith, S. y Moehl, J.** 2002. The role of aquaculture in rural development, p. 71-83. *In* FAO Inland Water Resources and Aquaculture Service. Review of the state of world aquaculture. FAO Fisheries Circular No. 886 (Rev 2). FAO, Rome, Italy.
- Haroon, A.K.Y., Dewan, S. y Karim, S.M.R.** 1992. Rice-fish production systems in Bangladesh. p. 165-171. *In* C.R. dela Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Hauser, W.J. y Lehman W.F.** 1976. Raising fish for weed control subject of study. *The Rice Journal* 79(5):10-11, 22, 24.
- He, Q.H., Sheng, H.Q. y Xu, G.H.** 1998. The use of supplementary feeds for semi-intensive fish culture practices in reservoirs in China, p. 307-324. *In* J.A. Mathias, A.T. Charles and B.T. Hu (eds.) Integrated Fish Farming. Proc. Workshop on Integrated Fish Farming, 11-15 Oct. 1994, Wuxi, Jiangsu Prov., P.R. China, CRC Press, 420 p.
- Heckman, C.W.** 1979. Rice field ecology in Northeastern Thailand. *Monographs Biologicae* 34:1-228. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.
- Heidenreich, A. y Halwart, M.** 1997. Fish farming and other Integrated Pest Management strategies against *Pomacea* snails in rice fields: a computer simulation, p. 287-290. *In* Y.Q. Zhou, H.Q. Zhou, C.Q. Yao, Y. Lu, F.Y. Hu, H. Cui and F.H. Din (eds.) The Fourth Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
- Heidenreich, A., Poethke, H.J., Halwart, M. y Seitz, A.** 1997. Simulation der Populationsdynamik von *Pomacea canaliculata* (Prosobranchia) zur Bewertung von Managementmassnahmen. *In* J. Pfadenhauer (ed.) Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie. Proceedings of the Meeting of the German Society for Ecology 27:441-446.
- Heinrichs, E.A.** (ed.) 1994. Biology and management of rice insects. IRRI/Wiley Eastern Limited, New Delhi, India, 779 p.
- Hendarsih, S., Suriapermana, S., Fagi, A. y Manwan, I.** 1994. Potential of fish in rice-fish culture as a biological control agent of rice pests (Abstract), p. 32. *In* C.R. De la Cruz (ed.) Role of fish in enhancing rice field ecology and in integrated pest management. Summary report of the 3rd Asian Regional Rice-Fish Farming Research and Development Workshop, 6-11 June 1993, Sukamandi Research Institute for Food Crops, West Java, Indonesia. ICLARM Conf. Proc. 43, 50 p.
- Horskotte-Wesseler, G.** 1999. Socio-economics of rice-aquaculture and IPM in the Philippines: synergies, potentials and problems. ICLARM Tech. Rep. 57, 225 p.
- IIRR, CIID, FAO, NACA y ICLARM.** 2001. Utilizing different aquatic resources for livelihoods in Asia: a resource book. IIRR, Cavite, Philippines. International Development Research Center, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific and International Center for Living Aquatic Resources Management, 416 p.
- IRRI.** 1993. Rice research in a time of change. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines.
- Israel, D.C., Sevilleja, R.C., Circa, A.V. y Cocio, R.D.** 1994. Rice-fish culture: an output risk programming analysis. Freshwater Aquaculture Center, Central Luzon State University, Muñoz, Nueva Ecija, Philippines.
- Kamp, K. y Gregory, R.** 1994. Fish cultivation as a means to increase profitability from rice fields: implications for integrated pest management, p. 29. *In* C.R. De la Cruz (ed.) Role of fish in enhancing rice field ecology and in integrated pest management. Summary report of the Third Asian Regional Rice-Fish Farming Research and Development Workshop, 6-11 June 1993, Sukamandi Research Institute for Food Crops, West Java, Indonesia, 50 p.
- Kenmore, P. y Halwart, M.** 1998. Functional agrobiodiversity, Integrated Pest Management, and aquatic life management in rice. *In* Proceedings of the FAO/CBD International Workshop on Opportunities, Incentives, and Approaches for the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity in Agricultural Ecosystems and Production Systems. FAO, Rome, Italy.
- Khoo, K.H. y Tan, E.S.P.** 1980. Review of rice-fish culture in Southeast Asia, p. 1-14. *In* R.S.V. Pullin and Z.H. Shehadeh (eds.) Proc. of the ICLARM-SEARCA Conf. on Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems, 6-9 August 1979, Manila, Philippines, 258 p.

- Kim, B.H., Kim, H.D. y Kim, Y.H.** 1992. Rice-fish farming systems and future prospects in Korea, p. 63-68. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Koesoemadinata, S.** 1980. Pesticides as a major constraint to integrated agriculture-aquaculture farming systems, p. 45-51. *In* R.S.V. Pullin and Z.H. Shehadeh (eds.) Proc. of the ICLARM-SEARCA Conf. on Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems, 6-9 August 1979, Manila, Philippines, 258 p.
- Koesoemadinata, S. y Costa-Pierce, B.A.** 1992. Development of rice-fish farming in Indonesia: past, present and future, p. 45-62. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Koesoemadinata, S. y Djajadiredja.** 1976. Some aspects on the regulation of agricultural use of pesticides in Indonesia with reference to their effects on inland fisheries. *Inland Fisheries Research Institute Cont.* 3, 14 p.
- Kuronoma, K.** 1980. Carp culture in Japanese rice fields. (Edited and condensed by R.S.V. Pullin from the author's original work published in 1954), p. 167-174. *In* R.S.V. Pullin and Z.H. Shehadeh (eds.) 1980. Proc. of the ICLARM-SEARCA Conf. on Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems, Manila, Philippines, 6-9 August 1979, 258 p.
- Le, T.L.** 1999. Small-scale aquaculture in the context of rural livelihood development in Viet Nam. FAO/NACA Expert Consultation on «Sustainable Aquaculture for Rural Development», 25-31 March 1999, Chiang Mai, Thailand.
- Li, D., Wu, N. y Zhou, T.** 1995. Effect of fish on growth and development of rice, p. 209-212. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Li, K.** 1988. Rice-fish culture in China: A review. *Aquaculture* 71:173-186.
- Li, K.** 1992. Rice-fish farming in China: past, present and future, p. 17-26. *In* C.R. de la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Li, K.** 1998. Rice aquaculture systems in China: a case of rice-fish farming from protein crops to cash crops. *In* E.L. Foo and T. Della Senta (eds.) Integrated bio-systems in zero-emissions applications. Proc. of the Internet Conf. on Integr. Biosystems. Microbial Resources Center (MIRCEN), Unesco. <http://www.ias.unu.edu/proceedings/icibs>. 14 p.
- Li, K. y Pan, Y.** 1992. Ricefields as fish nurseries and growout systems in China, p. 151-164. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Li, X., Huaixun, W. e Yontai, Z.** 1995. Economic and ecological benefits of rice-fish culture, p. 129-138. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Librero, A.R.** 1992. Technology transfer in rice, corn and wheat in Asia and the Pacific, p. 19-67 *In* Technology transfer for small farmers in Asia. Report of the APO Study Meeting on Transfer of Technology to Small Farmers held in India, 10-19 Dec. 1990. Asian Productivity Organization, Tokyo, Japan, 307 p.
- Lightfoot, C., Pingali, P. y Harrington, L.** 1993. Beyond romance and rhetoric: sustainable agriculture and farming systems research, *NAGA, ICLARM Q.* 16(1):17-18.
- Lightfoot, C., van Dam, A.A. y Costa-Pierce, B.A.** 1992. What's happening to the rice yields in rice-fish systems?, p. 177-184. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Lin, X., Zhan, L. y He, G.** 1995. Economic analysis of rice-fish culture, p. 247-252. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Little, D.C., Surintaraseree, P. e Innes-Taylor, N.** 1996. Fish culture in rainfed rice fields of northeast Thailand. *Aquaculture* 140 (1996):295-321.
- Liu, C.C.** 1995. Rice-azolla-fish cropping system, p. 210-208. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID) Ottawa, Canada, 276 p.
- Macdonagh, E.J.** 1946. Piscicultura del Pejerrey en el arrozal de la Facultad de Agronomía de la Plata. *Rev. Fac. Agron. La Plata* 26:33-50.
- MacKay, K.T.** 1992. Why do rice-fish research on farms?, p. 393-397. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- MacKay, K.T.** (ed.) 1995. Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Magulama, E.E.** 1990. Effect of planting pattern in rice-fish production system. University of the Philippines at Los Baños. 94 p. M.S. thesis.
- Mai, T.D., Le, T.D., Dang, K.S., Pham, N.M. y Nguyen, N.D.** 1992. Rice field aquaculture systems in the Mekong Delta, Viet Nam: potential and reality. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Man, H.S.H. y Hodgkiss, I.J.** 1977. Studies on the ichthyofauna in Plover Cove Reservoir, Hong Kong: feeding and food relations. *J. Fish. Biol.* 11:1-13.

- Manna, G. B., Chaudhury, M.S. y Bedekar A.R.** 1969. Control of weeds in rice fields. *Oryza* 6(2):90-94.
- Meien, V.A.** 1940. Fish farming in rice fields. (Russian). Food Ind. Leningrad and Moscow, 96 p.
- Metz, H.C.** (ed.) 1994. Country Study-Madagascar. Federal Research Division. Library of Congress, Washington, DC, USA. (<http://lcweb2.loc.gov/frd/cs/mgtoc.html>)
- Meusch, E., Yhiong-Aree, J., Friend, R. y Funge-Smith, S.** 2003. The role and nutritional value of aquatic resources in the livelihoods of rural people – a participatory assessment in Attapeu Province, Lao PDR. FAO and IUCN, Bangkok, Thailand, 34 p.
- Micha, J.C., Descy, J.P. y Laviolette, F.** 1996. Consumption of phytoplankton by *Oreochromis niloticus* in Lake Muhazi (Rwanda). (Abstract), p. 346 *In* R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias and D. Pauly (eds.) The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conf. Proc. 41, 575 p.
- Moehl, J.F., Beernaerts, I., Coche, A.G., Halwart, M. y 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. Rome, FAO, 75 p.
- Moody, K.** 1992. Fish-crustacean-weed interactions, p. 185-192. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Moriarty, C.M. y Moriarty, D.J.W.** 1973. Quantitative estimation of the daily ingestion of phytoplankton by *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis* in Lake George, Uganda. *J. Zool.* 171:15-24.
- Mukhopadhyay, P.K., Das, D.N. y Roy, B.** 1992. On-farm research in deepwater rice-fish culture in West Bengal, India, p. 255-272. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Munro, J.L.** 1967. The food of a community of East African freshwater fishes. *J. Zool.* 151(3):389-415.
- Naik, I.U.** 1973. Studies on *Tilapia mossambica* Peters in Pakistan. *Agric. Pak.* 24(1):47-76.
- Nalim, S.** 1994. The impact of fish in enhancing rice field ecosystem. *In* C.R. De la Cruz (ed.) Role of fish in enhancing rice field ecology and in integrated pest management. Summary report of the 3rd Asian Regional Rice-Fish Farming Research and Development Workshop, 6-11 June 1993, Sukamandi Research Institute for Food Crops, West Java, Indonesia. ICLARM Conf. Proc. 43, 50 p.
- Nandeesha, M.C. y Chapman, G.** 1999. Aquaculture development in Bangladesh through capacity building: experiences of CARE. Paper presented at the Joint FAO/NACA Consultation for the Development of a Regional Collaborative Programme on Sustainable Aquaculture for Rural Development, 29-31 March 1999, Chiang Rai, Thailand, 11 p.
- NAS.** 1976. Making aquatic weeds useful: some perspectives for developing countries. Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory Committee on Technology Innovation, Board of Science and Technology for International Development, Commission on International Relations. National Academy of Sciences, Washington D.C., 175 p.
- NFAC.** 1980. 1979 Annual Report. National Food and Agriculture Council. Quezon City, Philippines.
- Ni, D., Chen, Y. y Wang, J.** 1992. Mutualism of rice and fish in ricefields. p. 173-176. *In* C.R. de la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Ni, D. y Wang, J.** 1995. Material cycles and economic returns in a rice-fish ecosystem, p. 177-182. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Nilsson, H. y Blariaux, D.** 1994. Rice-cum-fish trials in Luapula Province, Zambia. ALCOM Field Document No. 25. Aquaculture for Local Community Development Programme, GCP/INT/555/SWE; GCP/RAF/277/BEL. FAO. Harare, Zimbabwe, Jan. 1994, 23 p.
- Nzamujo, F.** 1995. Aquaculture in Benin, p. 413-421. *In* J.J. Symoens and J.C. Micha (eds.) Proceedings of the Seminar on «The Management of Integrated Agro-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas», 16-19 May 1994, Brussels. Tech. Centre for Agric. and Rural Co-op. (CTA) Royal Academy of Overseas Sciences, Brussels, 587 p.
- Pillay, T.V.R.** 1990. Aquaculture principles and practices. Fishing News Books, Oxford, England U.K., 575 p.
- Pao, L.L.** 1981. The present status of biocontrol of mosquitoes in China, p. 54-77. *In* M. Laird (ed.) Biocontrol of medical and veterinary pests. Praeger Inc.
- Pongsuwana, V.** 1962. Progress of rice field fish culture in Thailand. p. 157-163. Proceedings of the 10th Indo-Pacific Fisheries Council (CPIP) Session II:157-163.
- Purba, S.** 1998. The economics of rice fish production systems in North Sumatra, Indonesia: an empirical and model analysis. Farming Systems and Resource Economics in the Tropics, Vol. 31. Wissenschaftsverlag Vauk Kiel KG.
- Quyen, M.V., Duong, L.T., Son, D.K., Minh, P.N. y Nghia, N.D.** 1992. Rice field aquaculture systems in the Mekong Delta, Viet Nam: potential and reality, p. 105-115. *In* C.R. de la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Ramsey, P.** 1983. Rice-fish practices in Ifugao Province, Philippines. ICLARM Newsl. 6(3):8.

- Randriamiarana, H., Rabelahatra, A. y Janssen, J.** 1995. Rice/fish farming in Madagascar: the present situation and future prospects and constraints, p. 353-371. *In* J.J. Symoens and J.C. Micha (eds.) Proceedings of the Seminar on «The Management of Integrated Agro-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas», 16-19 May 1994, Brussels. Tech. Centre for Agric. and Rural Co-op. (CTA) Royal Academy of Overseas Sciences, Brussels, 587 p.
- Reissig, W.H., Heinrichs, E.A., Litsinger, J., Moody, K., Fiedler, L., Mew, T.W. y Barrion, A.T.** 1986. Illustrated guide to integrated pest management in rice in tropical Asia. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Roger, P.A.** 1996. Biology and management of the floodwater ecosystem in rice fields. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines, 250 p.
- Rola, A.C y Pingali, P.L.** 1993. Pesticides, rice productivity and farmers health: an economic assessment. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines, 100 p.
- Rosario, W.R.** 1984. Rice-fish culture, p. 189- 206. *In* Philippines (BFAR) Freshwater Aquaculture Extension Training Manual, Vol. III Technology. USAID-Bureau of Fisheries and Aquatic Resources, Quezon City, Philippines, 248 p.
- Rothuis, A.J., Nhan, D.K., Richter, C.J.J. y Ollevier, F.** 1998a. Rice with fish culture in the semi-deep waters of the Mekong Delta, Viet Nam: a socio-economical survey. *Aquaculture Research* 29:47-57.
- Rothuis, A.J., Nhan, D.K., Richter, C.J.J. y Ollevier, F.** 1998b. Rice with fish culture in the semi-deep waters of the Mekong Delta, Viet Nam: Interaction of rice and fish husbandry management on fish production. *Aquaculture Research* 29:59-66.
- Rothuis, A.J., Duong, L.T., Richter, C.J.J. y Ollevier, F.** 1998c. Polyculture of silver barb, *Puntius gonionotus*, Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), and common carp, *Cyprinus carpio*, in Vietnamese rice fields: feeding ecology and impact on rice and rice field environment. *Aquaculture Research* 29:649-660.
- Ruddle, K. y Prein, M.** 1998. Assessing potential nutritional and household economic benefits of developing integrated farming systems. *In* J.A. Mathias, A.T. Charles and H. Baotong (eds.) Integrated fish farming. CRC Press, Boca Raton, New York.
- Satari, G.** 1962. Wet rice cultivation with fish culture. A study on some agronomical aspects. Univ. Indonesia, Bogor, Indonesia. 126 p. Ph.D. thesis (in Indonesian, English summary).
- Saturno, J.O.** 1994. Comparative analysis of rice-fish farming and rice monoculture in Nueva Ecija. 117 p. Master's thesis.
- Schuster, W.H.** 1955. Fish culture in conjunction with rice cultivation. *World Crops* 7:11-14; 67-70.
- Sevilleja, R.C.** 1992. Rice-fish farming in the Philippines: past, present and future, p. 77-90. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Sevilleja, R.C., Cagauan, A.G., Lopez, E.A., de la Cruz, C.R. y van Dam, A.A.** 1992. Component technology research in rice-fish systems in the Philippines, p. 373-384. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Shehadeh, Z.H. y Pedini, M.** 1997. Aquaculture development research priorities in Africa and West Asia, p. 43-46. *In* J.H. Annala (ed.) Fisheries and aquaculture research planning needs for Africa and West Asia, ICLARM Conf. Proc. 50, 80 p.
- Singh, V.P., Early, A.C. y Wickham, T.H.** 1980. Rice agronomy in relation to fish culture, p. 15-34. *In* R.S.V. Pullin and Z.H. Shehadeh (eds.) Proc. of the ICLARM-SEARCA Conf. on Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems, 6-9 August 1979, Manila, Philippines, 258 p.
- Spataru, P. y Zorn, M.** 1976. Some aspects of natural feed and feeding habits of *Tilapia galilaea* (Arteidi) and *Tilapia aurea* (Steindachner) in Lake Kinneret. *Bamidgeh* 28:12-17.
- Spataru, P. y Zorn, M.** 1978. Food and feeding habits of *Tilapia aurea* (Steindachner) (Cichlidae) in Lake Kinneret (Israel). *Aquaculture* 13(1):67-79.
- Syamsiah, I., Suriapermana, S. y Fagi, A.M.** 1992. Research on rice-fish culture: past experiences and future research program, p. 287-293. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Tamura.** 1961. Carp cultivation in Japan, p. 103-120. *In* G. Borgstrom (ed.) Fish as Food. Vol. 1. Academic Press, New York.
- Thongpan, N., Singreuang, M., Thaila, C., Mankheng, S., Kaeowsawat, S. y Sollows, J.D.** 1992. On-farm rice-fish farming research in Ubon Province, Northeast Thailand, p. 301-314. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Tokrishna, R.** 1995. Integration of agriculture, livestock and fish farming in Thailand, p. 245-263. *In* J.J. Symoens and J.C. Micha (eds.) Proceedings of the Seminar on «The Management of Integrated Agro-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas», 16-19 May 1994, Brussels. Tech. Centre for Agric. and Rural Co-op. (CTA) Royal Academy of Overseas Sciences, Brussels, 587 p.

- Torres, J., Macabale, N.A. y Mercado, J.R.** 1992. On-farm rice-fish farming systems research in Guimba, Nueva Ecija, Philippines, p. 295-300. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Tuan, N.A.** 1994. Culturing fish in rice fields as a means of preventing insect infestations: preliminary observations (Abstract), p. 31. *In* C.R. De la Cruz (ed.) Role of fish in enhancing rice field ecology and in integrated pest management. Summary report of the 3rd Asian Regional Rice-Fish Farming Research and Development Workshop, 6-11 June 1993, Sukamandi Research Institute for Food Crops, West Java, Indonesia. ICLARM Conf. Proc. 43, 50 p.
- Tuong T.P., Kam, S.P., Wade, L., Pandey, S., Bouman, B. y Hardy, B.** (eds.) 2001. Characterising and understanding rainfed environments. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- University of Durham.** 1987. Hydrology of deepwater rice fields in Bangladesh and Thailand: general report on contracts for U.S. Overseas Dev. Adm. and Comm. of the European Community, Univ. of Durham Dept. of Botany, Durham, England, 57 p.
- Van den Berg, F.** 1996. Lessons from Madagascar. FAO Aquaculture Newsletter 12 (4):14-16.
- Verheust L., Rurangwa, E. y Ollevier, F.** 1995. Tilapia-*Clarias* polyculture in Rwanda with special emphasis on the integration of pisciculture-agriculture animal husbandry, p. 401-412. *In* J.J. Symoens and J.C. Micha (eds.) Proceedings of the Seminar on «The Management of Integrated Agro-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas», 16-19 May 1994, Brussels. Tech. Centre for Agric. and Rural Co-op. (CTA) Royal Academy of Overseas Sciences, Brussels, 587 p.
- Villadolid, D.V. y Acosta, P.A.** 1954. Raising tilapia for food and profit. Pamphlet Department of Agriculture and Natural Resources, Bureau of Fisheries, Manila, Philippines, 7 p.
- Vincke, M.M.J.** 1995. The present state of development in continental aquaculture in Africa, p. 27-61. *In* J.J. Symoens and J.-C. Micha (eds.) Proceedings of the Seminar on «The Management of Integrated Agro-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas», 16-19 May 1994. Tech. Center for Agric. and Rural Co-op. (CTA) Royal Academy of Overseas Sciences, Brussels, 587 p.
- Waibel, H.** 1992. Comparative economics of pesticide use in rice and rice-fish farming, p. 245-254. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Wan, B. y Zhang, Q.** 1995. New techniques for raising fish in flooded rice fields, p. 85-90. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Wan, Q., Li, K., Li, P., Gu, H. y Zhou, X.** 1995. Developing rice-fish culture in shallow waters in lakes, p. 67-76. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Wang, J. y Ni, D.** 1995. A comparative study of the ability of fish to catch mosquito larva, p. 217-222. *In* K.T. MacKay (ed.), 1995. Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID) Ottawa, Canada, 276 p.
- Wang, B. y Zhang, Q.** 1995. Cultivating different breeds of fish in rice fields, p. 139-146. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Wang, G. y Song, Q.** 1999. Culture of Chinese mitten-handed crab. *Aquaculture Asia* 6(2):18-21.
- Wassef, E.A.** 2000. Status of aquaculture in Egypt. *World Aquaculture* 31 (1):29-32, 60-61.
- Weatherley, A.H. y Cogger, B.M.G.** 1977. Fish culture: problems and prospects. *Science* 197(4302):427-430.
- Willmann, R., Halwart, M. y Barg, U.** 1998. Integrating fisheries and agriculture to enhance fish production and food security. *FAO Aquaculture Newsletter*, Dec. 1998, No. 20:3-8.
- Wu, L.** 1995. Methods of rice-fish culture and their ecological efficiency, p. 91-96. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Xiao, P.** 1995. Fish culture in rice fields: rice-fish symbiosis, p. 183-188. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Xiao, Q.Y.** 1992. Role of fish in pest control in rice farming, p. 235-244. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Xu, S.** 1995b. The development of rice-fish farming in Chongqing City, p. 43-48. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Yan, D., Ping, J., Wenliang, Z., Chuanlu, Z. y Yingduo, W.** 1995. Ridge-cultured rice integrated with fish farming in trenches, Anhui Province, p. 97-102. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Yang, G., Xiao, Q. y He, T.** 1995. Techniques adopted in rice-azolla-fish system with ridge culture, p. 107-116. *In* K.T. MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Yap, W.G.** 1998. Who's afraid of El Niño? *Aquaculture Asia* 3(1) 45-49.

- Yu, S.Y., Wu, W.S., Wei, H.F., Ke, D.A., Xu, J.R. y Wu, Q.Z.** 1995. Ability of fish to control rice diseases, pests, and weeds, p.223-228. *In* K.T.MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Yunus, M., Hardjamulia, A., Syamsiah, I. y Suriapermana, S.** 1992. Evaluation of rice-fish production systems in Indonesia, p. 131-138. *In* C.R. De la Cruz, C. Lightfoot, B.A. Costa-Pierce, V.R. Carangal and M.P. Bimbao (eds.) Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p.
- Zhang, R.** 1995. Scientific and technological development of rice-fish culture in China, p.23-30. *In* K.T.MacKay (ed.) Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (CIID), Ottawa, Canada, 276 p.
- Gupta, M.V., Sollows, J.D., Abdul Mazid, M., Rahman, A., Hussain, M.G. y Dey, M.M.** 1998. Integrating aquaculture with rice farming in Bangladesh: Feasibility and economic viability, its adoption and impact. ICLARM Tech. Rep. 55, 90 p. Halwart, M. 1994. Fish as biocontrol agents in rice. Margraf Verlag, Weikersheim, Germany, 169 p. Horskotte-Wesseler, G. 1999. Socio-Economics of rice-aquaculture and IPM in the Philippines: Synergies, potentials and problems. ICLARM Tech. Rep. 57, 225 p. IIRR, IDRC, FAO, NACA y ICLARM. 2001. Utilizing different aquatic resources for livelihoods in Asia: A resource book. International Institute of Rural Reconstruction, International Development Research Center, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific and International Center for Living Aquatic Resources Management, 416 p.
- MacKay, K.T.** (ed.). 1995. Rice-fish culture in China. International Development Research Centre (IDRC) Ottawa, Canada, 276 p.
- Mathias, J.A., Charles, A.T. y Hu, B.T.** (eds.). 1998. Integrated fish farming. Proc. Workshop on Integrated Fish Farming, 11-15 October 1994, Wuxi, Jiangsu Prov., P.R. China. CRC Press, 420 p.
- Symoens, J.J. y Micha, J.C.** (eds.). 1995. Proceedings of the Seminar on "The Management of Integrated Agro-Piscicultural Ecosystems in Tropical Areas", 16-19 May 1994, Brussels. Tech. Centre for Agric. and Rural Co-op. (CTA) Royal Academy of Overseas Sciences, Brussels, 587 p.

Otros títulos de interés relacionados

- Balzer, T., Balzer, P. y Pon, S.** 2002. Traditional use and availability of aquatic biodiversity in rice-based ecosystems. I. Kampong Thom Province, Kingdom of Cambodia. Edited by M. Halwart & D. Bartley (FAO) and H. Guttman (Guest editor, MRC). CD ROM. FAO, Rome
- De la Cruz, C.R., Lightfoot, C., Costa Pierce, B.A., Carangal, V.R. y Bimbao, M.P.** (eds.). 1992. Rice-fish research and development in Asia. ICLARM Conf. Proc. 24, 457 p. FAO/ICLARM/IIRR. 2003. Agro-acuicultura integrada: manual básico. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 407. Roma, FAO. 159 p.



En la actualidad se produce arroz en 113 países. El cultivo de arroz ofrece también un ambiente adecuado para el cultivo de peces y otros organismos acuáticos. Esta publicación resume la información disponible sobre el papel que la acuicultura puede jugar en los sistemas de cultivo basados en el arroz hacia la seguridad alimentaria y el alivio de la pobreza.

La revisión describe la historia que hay detrás de la acuicultura integrada con diferentes ecosistemas de arroz, los diversos sistemas de producción en operación como el concurrente, rotatorio y alterno, las modificaciones necesarias en los campos de arroz con el objeto de integrar los peces con el cultivo de arroz y el manejo agronómico y acuícola necesario. También se describen los beneficios de la integración de las comunidades –económica y ambiental– con la revisión de las experiencias de varios países.

Los impactos reales del cultivo de peces en arroz y su potencial futuro en términos de mejorar el ingreso y la nutrición son significativos pero generalmente subestimados y subvaluados. Se han registrado cambios notables en el manejo de plagas en el cultivo de arroz y en la producción y disponibilidad de semilla de peces siendo esto un momento particularmente relevante para enfatizar la importancia del cultivo de peces en los campos de arroz. Existe un potencial considerable para que el cultivo de peces en campos de arroz se expanda más en muchos países y para contribuir substancialmente hacia la seguridad alimentaria y nutricional global.

ISBN 978-92-5-305605-7



9 789253 056057

TC/M/A08235/1/12.06/1160

