

Policultivo piloto integrado arroz-tilapia

Roger Arcos¹, Juan Carlos Güingla¹, Marcos Álvarez¹, Federico Sinche¹ y Renato Recalde¹

¹Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus "Gustavo Galindo V.", Km 30.5, Vía Perimetral, contiguo a la Cdla. Sta. Cecilia, 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

rogerarcos@gmail.com; jcguingla@gmail.com; malvarez@espol.edu.ec; fsinche@espol.edu.ec; rrecalde@espol.edu.ec

Resumen

*El presente trabajo describe un sistema piloto de integración biológica y económica de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y la variedad INIAP-11 de arroz (*Oryza sativa*). En el desarrollo del bioensayo se utilizaron módulos de policultivo (arroz y tilapia) y módulos de arroz (arrozales). Las condiciones de cultivo para las dos especies fueron establecidas de acuerdo a las zonas agrícolas de arrozales. El cultivo de arroz se lo realizó de forma semi-tecnificada sin el uso de plaguicidas y la piscicultura de tilapia utilizó un sistema extensivo de cultivo con el uso de harina de soya como alimento suplementario. Las observaciones del sistema piloto de integración describen una integración biológicamente compatible entre las dos especies. Así, en las producciones finales de los módulos de policultivo se registró un incremento de 20% de la producción en comparación con las producciones de los módulos de arroz. Además, las producciones agrícolas obtenidas demuestran ser económicamente viables de acuerdo a los índices económicos evaluados.*

Palabras claves: agricultura, arroz, piscicultura, policultivo, soya, tilapia.

Abstract

*This study describes a pilot system for economical & biological integration between red hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*) production and rice (*Oryza sativa*), INIAP-11 rice seed variety. During the bioassay development it was used polyculture modules (rice & Tilapia) and rice modules (rice crop). Culture conditions for both species were established according to the agricultural rice zone. Rice culture was accomplished by semi-technified way without plagueicides chemicals and Tilapia fish culture used an extensive culture system using soy powder as supplementary feed. Pilot system of integration observations described a biological integration compatible between two species. Thus, in the final productions of polyculture modules, it was registered a 20% increase on production comparing to productions of rice modules. Likewise, agricultural productions obtained show to be economical viable according to economic index evaluated.*

Key Words: agriculture, rice.

1. Introducción

El cultivo de peces en campo de arroz puede dirigirse de varias formas, para revisión ver [1,13]. Estudios realizados en los sistemas integrados de arroz y peces presentan varias ventajas sobre los cultivos tradicionales, una de ellas es el preservar el medio ambiente, para revisión bibliográfica ver [2,14,15]. El pez tilapia pertenece al grupo de los Teleosteos. Las especies del género *Oreochromis* y de otros géneros relacionados filogenéticamente han provisto de un nuevo potencial para la Acuicultura [3,4,11,16]. La expansión de su distribución en zonas tropicales y subtropicales se debe principalmente a sus características biológicas, para realizar una

revisión ver [4,10,14]. Los hábitos alimenticios de los peces del género *Oreochromis* permiten considerar a los peces de este grupo como candidatos potenciales para la piscicultura rural. En estudios de policultivo, se ha evaluado el cultivo de especies *Oreochromis spp.* con otras especies bioacuáticas [9,15]. Si bien, el comportamiento agresivo de las especies carnívoros cíclicos es conocido, pero existen algunos factores como el sexo, la temperatura y densidad de población tienen relación directa sobre el comportamiento de los peces [3,12].

En este marco, la presente investigación constituye una primera contribución hacia un sistema de integración de actividades agrícolas y piscícolas para las zonas agrícolas del país.

2. Objetivos

2.1 General

Participar en la economía del país con un proyecto piloto de policultivo que integra la producción agrícola y piscícola, realizando una prueba de desafío para demostrar la factibilidad económica empresarial.

2.2 Específicos

Adaptar la tecnología asiática aplicada al diseño, construcción y manejo de la actividad agropecuaria bajo condiciones existentes en nuestro país.

Reducir el uso de plaguicidas y fertilizantes, de tal manera que se fomente el uso de insumos de tipo orgánico y la preservación del medio ambiente.

Determinar la variabilidad económica del proyecto piloto.

3. Materiales y métodos

3.1 Material biológico

El policultivo fue desarrollado dentro de las instalaciones del Centro de Enseñanzas Agropecuarias de la ESPOL (CENAE), que forma parte de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP), lugar donde se construyó 6 piscinas para el desarrollo del bioensayo (Fig. 6).

Se realizó un ciclo de policultivo integrado en verano (junio-noviembre), utilizando la variedad INIAP-11 de arroz (*O. sativa*) y el híbrido de tilapia roja (*Oreochromis spp*). Los peces provinieron de un lote común de una granja piscícola de la localidad.

Las tilapias fueron aclimatadas durante 60 días, tratando de reflejar las condiciones a las que serían sometidas una vez iniciado el policultivo. La aclimatación se realizó en un tanque de cemento de forma rectangular tipo “raceway” con recubrimiento de geomembrana de polietileno y un volumen de 20 m³ [11,16].

3.2 Diseño y construcción de piscinas

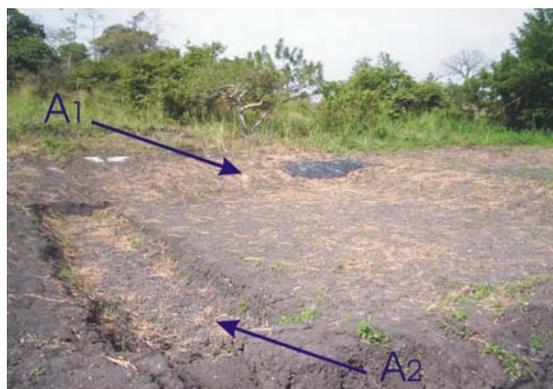
Previo a la construcción de las piscinas se le realizó al suelo análisis químico y físico de textura, este último para medir la permeabilidad del mismo, estos análisis fueron realizados en laboratorios de análisis de la localidad.

Se diseñaron 6 piscinas de 100 m² de superficie cada una, en donde en 4 de estas se realizó el policultivo arroz-tilapia y en 2 se realizó el cultivo sólo arroz, que iban a servir como control o testigo para la posterior confrontación de resultados y para que al final del bioensayo se pudieran notar las diferencias entre los dos cultivos.

Las piscinas constaban con muros perimetrales de forma trapezoidal, con dimensiones de 1.80 m de base mayor y 0.60 m de base menor con una altura de 0.70 m. [8]. Las cuatro piscinas en donde se realizó el policultivo arroz-tilapia, tenían un refugio para los peces con un área de 10 m² y una profundidad 0.4 m, por lo que el área destinada para el cultivo de arroz fue de 90 m².

Las piscinas para el policultivo de arroz-tilapia constaban con un sistema de drenaje, el mismo que consistía en un canal que pasaba por en medio de estas, y evacuaba el agua de los refugios por medio de tubos de PVC de 4 pulg. Este canal era de forma rectangular de 1 m de ancho y de profundidad 0.8 m y con un largo de 113.09 m (Fig. 1).

Figura 1. Diseño de piscinas de policultivo integrado tilapia-arroz. A1: área de arroz, A2: área de peces.



Las piscinas donde se realizó el cultivo “solo arroz” no tenían refugios, por lo que el área para el cultivo de arroz fue de 100 m² y no se conectaban al canal de drenaje, debido a que no justificaba la construcción del mismo, puesto que en agricultura local tradicional de arroz sólo se usa recambio de agua por la aplicación de herbicidas o pesticidas, y en el ensayo no contemplaba el uso de los mismos, por lo cual se requería un abastecimiento post evaporación del agua [17].

3.3 Distribución de semilla vegetal

Para el proceso de siembra del arroz en las 6 piscinas se utilizó el método de siembra directa que utiliza barreta o “espeque” trazando filas de 10 m de largo con una separación de 20 cm entre fila y fila, esto sirvió como guía para hacer los agujeros con el

chuzo, luego se procedió a hacer perforaciones cada 15 cm a lo largo de la fila guía, en cada uno de los agujeros se depositaron de 20-25 semillas y se procedió a tapar a medida que se iba avanzando [7] (Fig. 2).

Figura 2. Parcelas de policultivo integrado tilapia-arroz. G: germinación de semillas de arroz.



3.4 Disposición de peces

Previo a la transferencia de las tilapias a las piscinas de policultivo, se realizó el llenado del estanque 2 meses después de la siembra del arroz y que en su gran mayoría, cada planta presentaba una altura promedio de 10 cm. Se transfirieron 25 peces por módulo con un peso promedio inicial de 143 g. Se realizó una distribución homogénea de los peces.

3.5 Cultivo de arroz

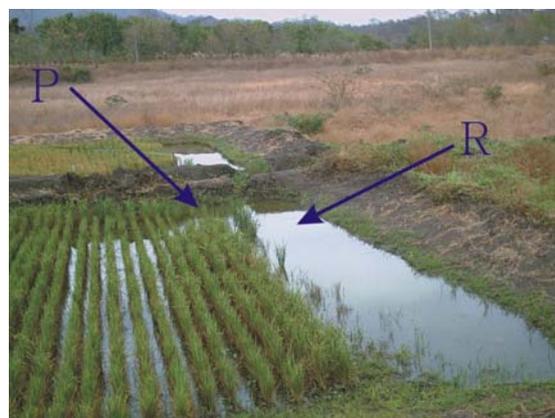
Germinadas las primeras plántulas de arroz, se inició la fertilización foliar de las plantas. La misma que se realizó con la aplicación de un compuesto orgánico (BIOL) preparado previamente. La formulación de BIOL utilizada para el cultivo tuvo función de fertilizante o fitoestimulante. La aplicación del compuesto se realizó por aspersión directa al follaje, siguiendo la concentración recomendada por Restrepo (Com. Pers., 2000). En la cual se diluye 1000 ml de BIOL en 20 litros de agua. La fertilización se la realizaba 1 vez por semana en todas las piscinas. Después de 1 mes de fertilización se decidió suspender la aplicación de BIOL. Este compuesto contenía nitrógeno, no obstante se presume que la asimilación del mismo por parte de las plantas de arroz era muy lenta.

Debido a esta situación se decidió utilizar urea como fertilizante complementario al BIOL. La urea se aplicó en 3 ocasiones en cada piscina durante el

tiempo restante del ciclo de producción de arroz (4 meses). La concentración aplicada fue similar a la utilizada por los agricultores de la zona (0.045 Kg. / m^2) [18].

Una vez aplicada la urea se observó un reverdecimiento significativo (Fig. 3) en las hojas del cultivo. Se realizó una evaluación colorimétrica de absorción de nitrógeno, mediante una carta de colores para hojas de cultivo. La carta colorimétrica presenta una serie de tonalidades de color verde (Fig. 3). Estas tonalidades están relacionadas con la ausencia o presencia de nutrientes especialmente el nitrógeno. Una planta saludable debe tener una tonalidad verde oscura.

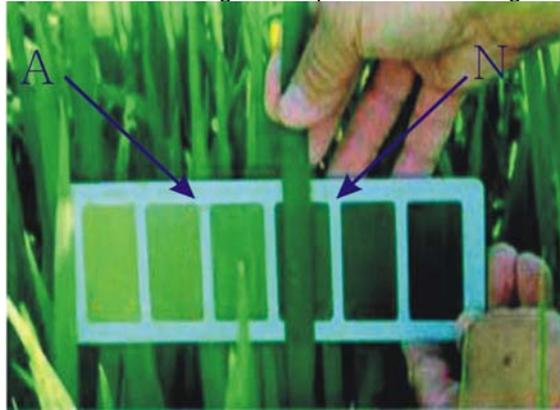
Figura 3. Parcelas de policultivo integrado tilapia-arroz. P: cultivo de arroz; R: refugio de peces.



Es importante mencionar que en las primeras fases de crecimiento de las plantas, el riego se realizó diariamente planta a planta en horas de la tarde con una manguera de 1.5 pulg. Si bien es cierto la mejor hora para realizar el riego es en horas de la mañana, en el presente estudio se optó por adaptarse al horario de riego del CENAE, el cual tenía otros cultivos en marcha y que eran regados por la mañana. Sin embargo, este horario de riego no fue beneficioso para el cultivo, lo que luego se evidenció con una dilatación en el tiempo de cultivo de arroz.

El control de maleza se realizó de forma manual, estas fueron un problema recurrente a lo largo del cultivo incluso cuando los módulos fueron inundados. Las especies de malezas que estuvieron presente en el cultivo fueron: *Echinochloa colonum* o "paja de patillo", *Echinochloa crusgalli* o "moco de pavo" y la *Rottboellia exaltata* o "caminadora".

Figura 4. Evaluación colorimétrica de absorción de nitrógeno mediante una carta de colores para hojas. A: ausencia de nitrógeno. N: presencia de nitrógeno.



3.6 Cultivo de peces

La alimentación de las tilapias durante los primeros 30 días, después de la transferencia, consistía principalmente de productividad primaria, pequeños invertebrados y detritus. A partir del día 31 hasta la cosecha, los peces fueron alimentados con harina de soya dos veces por semana con una dosis de ensayo correspondiente al 5% de la biomasa. En esta fase las piscinas contaban con columna de agua de 10 cm.

A pesar de que, los análisis físicos de textura del suelo mostraban características de impermeabilidad del suelo, se presentó una disminución considerable del nivel de agua en las piscinas. Por lo que, fue necesario la adición de agua una vez por semana para mantener la columna de agua.

Los datos de peso promedio de los peces fueron tomados durante los muestreos, los mismos que se realizaban cada 20 días, esto con el fin de reducir la manipulación excesiva en los animales.

Los indicadores abióticos de cultivo tales como Oxígeno Disuelto (OD) y temperatura (°C) fueron registrados a las 6:00 AM y 6:00 PM tres veces por semana en las piscinas de policultivo de arroz-tilapia. El valor promedio del Oxígeno Disuelto se ubico en 3.51 mg/l a las 6:00 AM y 4.21 mg/ a las 6:00 PM. La temperatura promedio fue de 21.98 °C a las 6 A.M. y de 24.52 °C a las 6 P.M. respectivamente.

3.7. Cosecha

La cosecha del arroz y de los peces se realizo al día 147 de haber iniciado el cultivo. El arroz se cosecho de forma manual, utilizando una "hoz", que

es una herramienta semilunar con el borde aserrado y afilado y con un mango de madera, utilizado para cortar los tallos de las plantas de arroz, luego se las apilaba en pequeños grupos o manojos. La cosecha de las tilapias se la realizo, evacuando el agua de los refugios, quedando los peces en el fondo de los refugios donde eran tomados manualmente y pesados para obtener el registro de datos finales.

Figura 5. Parcelas de policultivo integrado tilapia-arroz. C: cosecha de peces (>150 g).



3.8 Aspectos económicos

En función a los resultados obtenidos al finalizar el bioensayo, realizamos una proyección y un análisis económico de implementar el policultivo cultivo integrado arroz-tilapia en una granja arrocera. La granja escogida para nuestro proyecto es una hacienda de la localidad de Daule con las siguientes características: área de producción: 18 Ha; producción promedio: 69 sacas (260 lb.)/Ha; ciclos anuales: 2 ciclos.

El mercado objetivo del proyecto para las especies: vegetal y animal son las piladoras y los pobladores de las zonas aledañas al cultivo. Asimismo, para el presente análisis económico (Tabla 1) se consideraron los siguientes supuestos:

- Precio de venta: arroz \$21,8 (saco de 260 lb). Precio promedio (depende del mercado), tilapia \$0.52/lb (precio en el mercado al 20 de Febrero).
- Todas las compras son pagadas al contado.
- No se asume inventario de bodega.
- Todas las ventas son hechas al contado y pagadas en un 100%.

Tabla 1. Flujo de caja proyectado para un policultivo integrado arroz-tilapia.

	FLUJO DE CAJA						ACUMULADO
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	
Arroz: PV \$ 21,8(Saca de 260 lbs)							
Tila pía:PV \$ 0.52 (Libra)							
INGRESOS							
Arroz en cáscara (sacas de 260lbs)		64.981,44	64.981,44	64.981,44	64.981,44	64.981,44	324.907,20
Libras de Tilapia		6486,56	6.810,89	7.151,43	7.509,00	7.884,45	35.842,33
TOTAL DE INGRESOS		\$71.468,00	\$71.792,33	\$72.132,87	\$72.490,44	\$72.865,89	\$360.749,53
INVERSIONES							
Alquiler de terreno	\$21.600,00						
Obra Civil	\$1.099,90						
Maquinarias y Equipos	\$7.959,00						
TOTAL INVERSIONES	\$30.658,90						
EGRESOS							
Gastos Operativos		17685,64	\$18.569,92	\$19.498,42	\$20.473,34	\$21.497,01	97.724,33
Gastos de Administración		9200,00	\$9.660,00	\$10.143,00	\$10.650,15	\$11.182,66	50.835,81
Gastos de Mano de Obra Directa		4791,24	\$5.030,80	\$5.282,34	\$5.546,46	\$5.823,78	26.474,63
Gastos de Mano de Obra Indirecta		15738,64	\$16.525,57	\$17.351,85	\$18.219,44	\$19.130,42	86.965,92
Depreciaciones		1147,28	\$1.147,28	\$1.147,28	\$1.147,28	\$1.147,28	5.736,40
TOTAL EGRESOS		\$46.162,02	\$50.933,58	\$53.422,89	\$56.036,67	\$58.781,14	\$472.247,26
TOTAL INGRESOS		71468,00	71792,33	72132,87	72490,44	72865,89	360.749,53
TOTAL EGRESOS		46162,02	50933,58	53422,89	56036,67	58781,14	265.336,30
UTILIDAD OPERATIVA		\$25.305,98	\$20.858,75	\$18.709,98	\$16.453,77	\$14.084,75	\$81.328,49
IMP. A LA RENTA (25% ANUAL)		\$6.326,50	\$5.214,69	\$4.677,50	\$4.113,44	\$3.521,19	
FLUJO DE CAJA	-\$30.658,90	\$18.979,49	\$15.644,06	\$14.032,49	\$12.340,33	\$10.563,56	\$40.901,03

TASA DE DESCUENTO	12%
VAN	\$33.233,89
TIR	43%

- Se consideró el efecto de la inflación en un 5% por año.
- La tasa de descuento utilizada fue de 12% con inflación.
- Se estimó un costo de oportunidad de 0.12 ó 12%.
- Se analizó el proyecto sin el efecto de financiamiento externo, esto es todo el dinero es aportado por el propietario.
- Se estima que en el último año un ingreso por venta del proyecto en operación igual a una perpetuidad del flujo del año anterior.
- Para la ejecución de este proyecto se decidió determinar un periodo de 5 años.

4. Resultados

Al final del bioensayo se obtuvieron los siguientes resultados:

ARROZ: solo se considero las libras cosechadas por piscinas. Como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Libras cosechadas al final del bioensayo.

Piscinas	Área de cultivo (m ²)	Libras cosechadas
C - 1	100	90
C - 2	100	10
I - 1	90	60
I - 2	90	50
I - 3	90	110
I - 4	90	20

C-1, C-2: piscinas de arroz.

I-1, I-2, I-3, I-4: piscinas de policultivo (arroz-tilapia).

TILAPIA: se consideró el crecimiento en función del peso promedio. La supervivencia, y el factor de conversión alimenticia (FCA) en el desarrollo del bioensayo (Tabla 3).

Tabla 3. Producción alcanzada en los módulos integrados.

Resultados/Piscinas	I-1	I-2	I-3	I-4
Peso promedio inicial (g).	142,99	143	143	143
Peso promedio final (g).	189,28	181	168	191
Peso promedio ganado (g).	46,29	37,7	25,3	48,1
Supervivencia (%).	72	64	96	104
FCA.	2,12	3,47	2,97	2,56

I-1, I-2, I-3, I-4: piscinas de policultivo (arroz-tilapia).

FCA: Factor de conversión alimenticia.

Relacionando las producciones promedio de arroz al final del bioensayo, entre las piscinas de cultivo, podemos apreciar que la producción promedio en las piscinas de policultivo integrado (arroz-tilapia) (Tabla 2 y 3), fue superior a la de las piscinas de cultivo sólo arroz (control) en un 20%, a pesar de que el área destinada para el cultivo de arroz, era menor en las piscinas de policultivo integrado (90 m²/ piscinas), comparada al área destinada para el cultivo de arroz en las piscinas de cultivo "solo arroz" (100 m²/piscinas). Este resultado se obtuvo bajo las siguientes condiciones:

Se presume que las características del suelo (nutrientes y permeabilidad) están presentes de forma homogénea en todos los módulos de cultivo,

porque no se llevaron a cabo análisis en cada módulo. Los análisis de nutrientes y físicos únicamente se realizaron en el área total de construcción de los módulos de cultivo. Las tablas 4 y 5 resumen los valores registrados.

Tabla 4. Análisis de nutrientes de suelo para la construcción de los módulos de cultivo.

meq/100 g			ppm					
K	Ca	Mg	N	P	Fe	Cu	Mn	Zn
0,26	17,2	4,8	22	7	102	3,2	19	0,8
M	A	A	B	B	A	M	A	B

meq: miliequivalentes.

B: bajo.

M: medio.

A: alto.

Tabla 5. Análisis físico de suelo para la construcción de los módulos de cultivo.

pH	M.O. (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
7,4 LA1	2,6	25	15	60

L A1: ligeramente alcalino.

El tiempo de cultivo fue el mismo para todos los módulos de cultivo, 147 días.

Los módulos de cultivo estuvieron sometidos a las mismas condiciones medioambientales.

No se realizó preparación inicial del suelo debido a la ausencia de recursos logísticos.

No se llevo a cabo fertilización inicial del suelo, por lo que se efectuó una fertilización foliar (BIOL) para equilibrar el desbalance de nutrientes.

El manejo y el protocolo del cultivo aplicado fue el mismo para todos los módulos integrados y de control.

No se utilizó pesticidas de ningún tipo a lo largo del cultivo, puesto que no se observó daño en la morfología externa de las plantas por parte de algún insecto u hongo.

Para el caso de las tilapias, como se puede observar en la Tabla 3, los mejores crecimientos con peso promedio final, se dieron en las piscinas de policultivo I-4, I-1, no existiendo una diferencia significativa entre ambas. Por otro lado en las piscinas de policultivo I-2, I-3 se obtuvieron los menores pesos promedio. En cuanto a la supervivencia no se observó incidencias negativas de factores patológicos o nutricionales sobre el porcentaje final, sino una relación directa con robos ocurridos a lo largo del bioensayo. Por otro lado los mejores factores de conversión alimenticia se obtuvieron en la piscina I-1, seguida de la piscina I-

4; las piscinas I-2, I-3 presentaron los más altos factores de conversión (Tabla 3).

Una vez desglosado los gastos y costos de implementar el policultivo integrado en la granja escogida, los resultados del análisis económico para el proyecto, en base a los supuestos usados, se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Análisis de rentabilidad para el proyecto.

Índices Financieros	Valor estimado
Tasa de descuento	12%
Valor Actual Neto	\$ 33.233,89
Tasa Interna de Retorno	43%
Periodo de recuperación	2 años

5. Conclusiones

El híbrido de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y la variedad INIAP-11 de arroz, resultaron ser especies compatible para un sistema de policultivo integrado. Bajo las condiciones específicas mencionadas anteriormente.

El cultivo de arroz se lo realizó de una manera semitecnificada con siembra directa y la técnica aplicada de "barreta, chuzo o espeque". Esta técnica de cultivo permitió un adecuado manejo en cuanto a la aplicación de fertilizantes, control de maleza, y desplazamiento de los peces en el interior de los módulos de cultivo (mejor distribución en el área de módulos). De esta forma se consiguió evitar el confinamiento de las poblaciones de peces.

Durante el primer mes, en el cultivo se utilizó el compuesto orgánico BIOL como agente foliar. Posteriormente, se suspendió la aplicación del mismo y a partir del segundo mes de cultivo se complementó la acción del BIOL con el uso de un fertilizante inorgánico (urea) en cantidades referenciales (0.045 kg/m²/ciclo) aplicadas en los cultivos tradicionales de arroz de la zona de Daule, parroquia Laurel [18].

En el policultivo no se evidenció presencia de plagas, por lo que se consideró el no-uso de agentes plaguicidas de ninguna etimología terapéutica. A partir de estos antecedentes se pueden ratificar las referencias técnicas de ensayos similares en Filipinas, Indonesia y Japón, donde se indica el rol benéfico de los peces como agentes biológicos para el control de plagas en los cultivos integrados [1]. Observaciones *in situ* de los hábitos alimenticios de las poblaciones de peces demuestran la facultad de las poblaciones ícticas para aprovechar la disponibilidad de larvas de insectos como fuente

natural de alimento primario, desempeñado así el rol de agente de control biológico en el cultivo.

Figura 6. Parcelas de policultivo integrado tilapia-arroz. PA: plantas de arroz.



El resultado de la integración de los peces con el arroz, en las piscinas de policultivo integrado incrementó la producción promedio de arroz en un 20 %, que la de los módulos de control (sólo arroz), lo cual es muy favorable para los productores de arroz [2, 17]. En estudios previos de policultivos [1] se menciona una serie de ventajas del cultivo integrado de peces y arroz, entre las que se destaca el efecto benéfico que los peces tienen al remover los nutrientes del suelo, haciéndolos accesibles para el arroz e incrementando así su producción.

La proyecciones económicas para cinco años, realizadas para este proyecto demuestran que la implantación de un sistema de policultivo integrado arroz-tilapia en una granja modelo de la localidad presenta una viabilidad de carácter económico muy significativa en comparación a otros estudios con peces híbridos rojos de tilapia [6, 11]. Así, los índices financieros evaluados incluyen un Valor Actual Neto (VAN) de US\$ 33.233,89 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 43%, superando a la tasa referencial del mercado (12%) [19].

En el presente estudio se siguió la diferenciación entre especies vegetales y animales registrada en otros estudios [1, 13, 17], es decir el arroz representó el cultivo primario y los peces el secundario.

De acuerdo a las condiciones establecidas y a los resultados obtenidos en el presente estudio, se observa en primera instancia que un sistema de policultivo integrado arroz-tilapia es biológicamente compatible, y en base a las proyecciones económicas presentadas el policultivo integrado es económicamente viable, pudiendo ser implementado por pequeños y medianos productores como alternativa de diversificación agrícola-piscícola.

6. Recomendaciones

Se recomienda realizar este de tipo cultivo en otras condiciones climáticas (época lluviosa), implementando nuevos diseños experimentales, otras especies de peces y otras variedades de arroz. Con el fin de confrontar las diferencias entre los cultivos.

Es de preferencia hacer una buena y completa preparación del suelo, en base a la información de los análisis de suelo.

Se recomienda implementar este tipo de cultivo en sistemas tecnificados de producción de arroz orgánico, donde no se usen agentes pesticidas de origen inorgánico, que puedan afectar la salud de los peces.

Es recomendable usar otro tipo de alimento suplementario, que tenga mayor incidencia en el crecimiento de los peces, manteniendo bajos niveles en los costos de producción, para que los productores no se vean afectados por este rubro.

Es de preferencia en este sistema de cultivo tener en cuenta un manejo integrado de cultivo (MIC) y Buenas Prácticas de Manejo (BPM), mediante la planificación, el uso racional de insumos y el aprovechamiento del agua.

Se recomienda hacer extensionismo de esta clase de sistema de cultivo, con el fin de dar a conocer una nueva alternativa de producción en nuestro país que ayude a mejorar la calidad de vida de pequeños y medianos acuicultores y agricultores, a demás de fomentar la Acuicultura Rural a Pequeña Escala (ARPE) en el país.

7. Bibliografía

- [1] International Center for Aquaculture and Aquatic Environment. 2002. Auburn University. Boletín de introducción al cultivo de peces en arrozales, Alabama, USA.
- [2] Frankic A. and Hershner C. 2003. Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. Aquaculture International. Kluwer Academic Publishers. 11: 517-530.
- [3] Eknath AE., Dey MM., Rye M, Gjerde B., Abella TA., Sevilleja R., Tayamen MM., Reyes RA., Bentsen HB. 1998. Selective breeding of Nile tilapia from Asia. Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Armidale, Australia, January 11-16, 1998. Volume 27: Reproduction; Fish Breeding; Genetics and the Environment; Genetics in

- Agricultural Systems; Disease Resistance; Animal Welfare; Computing and Information Technology; Tree Breeding. World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 89-96. Armidale, Australia.
- [4] Castillo C., L. F. 1994. La historia genética e hibridación de la tilapia roja. Castillo Ed. Imp. IDEAL. Colombia.
- [5] Chaguay, Y. 2004. Evaluación del crecimiento, en etapa de precría de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) utilizando cinco niveles de proteínas en tanques abiertos. Tesis de grado para la obtención del título de Acuicultor. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador.
- [6] Ramírez, C., Rojas, V. 2005. Formulación y evaluación de un proyecto de inversión para la construcción y operación de una granja de tilapias en San Antonio (Playas-Prov. Guayas). Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero en Acuicultura. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador.
- [7] Secretaría de Agricultura y Ganadería-SAG, Dirección de Ciencia y Tecnología agropecuaria-DICTA. 2003. Manual técnico para el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) para extensionistas y productores. Programa de arroz. Tegucigalpa, Honduras.
- [8] Baños, G. C., 1994. Construcción de Estanques para el Cultivo de Especies Bioacuáticas. Universidad de Guayaquil-Facultad de Ciencias Naturales y Universidad Técnica de Machala, Guayaquil, Ecuador. 156 pp.
- [9] Bard, J., De Kimpe, P., Lemasson, J., Lessent, P., texto español revisado por Berger, C., 1975. Manual de piscicultura destinado a la América Tropical. 2da Edición. Ministerio de Asuntos Extranjeros de Francia. Centre Technique Forestier Tropical. 164 pp.
- [10] FAO., 1998. El estudio Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Departamento de Pesca de la FAO. Roma. 112 pp.
- [11] Gonzáles, A., 2003. Estudio de la factibilidad técnico-económica para la producción intensiva de semilla monosexo de tilapia roja en la estanquería de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Tesis Profesional. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador, 160 pp.
- [12] Halver, J. E., editor, 1972. Fish nutrition. Academic Press, New York and London. 713 pp.
- [13] Hopher, B., Pruginin, Y., 1985. Canudas, L., Espinoza, E., Torres M., eds. Cultivo de peces comerciales. Basado en las experiencias de las granjas psíquicas en Israel. Editorial LIMUSA. México, D.F. 309 pp.
- [14] Huet, M., revisión española, Martínez, J., 1983. Tratado de piscicultura. 3era Edición. Ediciones Mundi-Prensa de España. Madrid. 753 pp.
- [15] Pillay, T. V. R., 1997. Acuicultura. Principios y Prácticas. Editorial LIMUSA. NORIEGA (eds.). México, D.F. 699 pp.
- [16] Marcillo, E., Landívar, J. 2000. Tecnología de Producción de Alevines Monosexo de Tilapia. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Guayaquil, Ecuador. 61 pp.
- [17] FAO., 1981. Colección FAO: Desarrollo económico y social N° 3/30. Piscicultura en agua dulce. Series de cultivos: los peces. Roma, Italia. 48 pp.
- [18] GTZ-IICA-NIAP-CIAT. 2001. Manual de Producción de Arroz de CALIDAD EN EL Ecuador. Guayaquil, Ecuador.
- [19] Banco Central del Ecuador, 2004. Estadísticas del Banco Central del Ecuador.

8. Agradecimientos

Los autores agradecen al Decano de la FIMCM, Ing. Eduardo Cervantes por las facilidades prestadas para el desarrollo de este estudio. Los autores también desean agradecer en forma especial al Dr. Marcos Álvarez, Ing. Miguel Fierro e Ing. Jorge Faytong por su oportuna ayuda y apoyo logístico en el desarrollo de la presente investigación.

Los autores desean agradecer particularmente al M.Sc. Jerry Landivar, Econ. Cesar Arcos, Ing. Ecuador Marcillo, Ing. Haydee Torres, Ing. Edwin Jiménez, Ing. José Álvarez y al CICYT.

Este estudio ha sido cofinanciado como proyecto de tesis por los autores, por aportes del Vicerrectorado de Asuntos Estudiantiles y Bienestar, y Vicerrectorado Administrativo Financiero en la fase inicial del proyecto.