



ALLIANCE™

(<https://www.globalseafood.org>).



Intelligence

Evaluación de la producción comercial intensiva de tilapia del Nilo en IPRS

5 October 2020

By Esau Arana , Ramón Canseco and Jairo Amézquita

Resultados mostraron una producción superior a 48 toneladas por cosecha, con supervivencia, FCR y factor de condición adecuados



Los resultados de este estudio para evaluar la tecnología IPRS para la producción intensiva de tilapia del Nilo en Veracruz, México, mostraron que es posible producir más de 48 toneladas por cosecha con una supervivencia, conversión alimenticia y factor de condición adecuados.

El sistema de raceways en estanques (In-Pond Raceway System, IPRS) es una tecnología para aumentar la producción de pescado con un impacto ambiental reducido. En desarrollo desde principios de la década de 1990, actualmente se está evaluando e implementando en varias regiones del mundo, promovido por el Consejo de EE.UU. de Exportación de Soya (U.S. Soybean Export Council, USSEC), la Universidad de Auburn (Alabama, EE.UU.) y otras organizaciones.

El concepto IPRS es concentrar los peces alimentados en celdas o “canales” dentro de un estanque; estos canales o raceways – provistos de circulación de agua constante para mantener una calidad óptima del agua – mejoran la gestión de la alimentación y otros parámetros de producción. La tecnología puede reducir potencialmente la carga de desechos sólidos en el estanque al concentrarlos y eliminarlos del extremo aguas abajo de las unidades de raceways. La circulación, mezcla y circulación del agua son elementos críticos para este enfoque porque aceleran la asimilación de la carga orgánica del estanque.

Algunos de los desafíos que enfrenta el sistema incluyen el potencial de brotes de enfermedades debido a densidades más altas en algunas especies, y la necesidad de tener energía eléctrica de respaldo. Sin embargo, permite tratamientos profilácticos más efectivos para controlar la salud de los peces y, en última instancia, mayores rendimientos anuales del estanque.

Este artículo presenta los resultados de un ensayo en una granja comercial de tilapia en Veracruz, México, utilizando unidades IPRS. Los objetivos del estudio fueron validar la tecnología IPRS para el cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en condiciones de producción intensiva; producir

pescado con un promedio de 550 gramos para el mercado nacional mexicano, alimentando a la tilapia con una dieta formulada para incluir harina de soja estadounidense.



(<https://link.chtbl.com/aquapod>).



Esta prueba se llevó a cabo en el Complejo Acuícola Tupez, una operación comercial de tilapia en Alvarado, Veracruz, México.

Configuración de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el Complejo Acuícola Tupez, una granja comercial de tilapia que opera en Alvarado, Veracruz, México. Se construyeron diez unidades de IPRS comerciales en un estanque de 3,39 hectáreas con una profundidad promedio de 2,95 metros y un volumen total de aproximadamente 108.265 metros cúbicos de agua. Cada raceway tiene un volumen de 275 metros cúbicos, para un área de producción total de 2.750 metros cúbicos. De estos 10 raceways, cuatro se utilizaron para esta prueba, y también se sembraron otras cinco raceways pero estas no formaron parte de la prueba reportada aquí; una unidad no se sembró y se utilizó para otras pruebas.

La siembra de alevines de tilapia en todas las unidades del IPRS se realizó en días diferentes para cada raceway, por lo que hubo un retraso de 14 días entre la siembra de los raceways 1 y 4. Las fechas de siembra y cosecha variaron levemente. Al igual que con la siembra, la cosecha también tomó su tiempo correspondiente para permitir el crecimiento de la tilapia a un tamaño comercial promedio de 550 gramos. El tiempo de cosecha fue de 127 días en promedio, con un máximo de 134 y un mínimo de 118 días.

Los peces fueron alimentados con alimentos comerciales para tilapia (Vimifos) y siguieron los protocolos establecidos para la granja. Durante el primer mes de la prueba, se utilizó un alimento con 35 por ciento de proteína y 7 por ciento de lípidos antes de cambiar a un alimento con 32 por ciento de proteína y 6 por ciento de lípidos, con niveles de inclusión de soya de 43,4 y 33,4, respectivamente.

El monitoreo de la calidad del agua incluyó mediciones de oxígeno disuelto y temperatura del agua tomadas diariamente cada dos horas a partir de las 10 p.m. a las 8 a.m. Se tomaron diariamente mediciones adicionales de pH, oxígeno disuelto y temperatura a las 3 p.m. al mismo tiempo que muestras de agua para análisis de amoníaco total (TAN), para lo cual se calculó posteriormente la parte no ionizada de amonio considerando el pH y la temperatura del agua. Los análisis de alcalinidad y dureza del agua se realizaron una vez al mes.

El muestreo regular de los peces se programó originalmente cada 14 días, pero debido a razones de calidad del agua, a veces el muestreo tuvo que posponerse. Durante cada recolección de muestra, aproximadamente 125 peces se recolectaron y se calcularon los pesos promedios para estimar la biomasa total por raceway, restando cualquier mortalidad. El factor de condición de Fulton, K (una medida de la salud de un pez individual en función de su longitud y peso) se calculó sobre la base de mediciones de 30 peces por muestra.



Vista de los raceways utilizados en este estudio (al fondo) y el banco de blowers o sopladores (primer plano) que generan un fuerte flujo de agua y aireación dentro de las unidades IPRS.

Resultados y discusión

Los resultados del ensayo de producción de *O. niloticus* realizado con cuatro unidades IPRS se presentan en la Tabla 1. Las curvas de crecimiento de los peces (Fig. 1) muestran una disminución en el crecimiento alrededor del día 95, cuando la biomasa en los raceways comienza a alcanzar su capacidad máxima. Aproximadamente en ese momento, la alimentación en los raceways alcanzó un

máximo diario de 800 kg de alimento por hectárea. Otro factor que probablemente influyó en los resultados fue que la prueba se realizó de diciembre a febrero, cuando la temperatura mínima del agua en Veracruz desciende a 23.0 grados-C.

Arana, IPRS, Tabla 1

Parámetro	RW-1	RW-2	RW-3	RW-4	Promedio de RW	Totales
Fecha de siembra	Nov. 14, 2019	Nov. 25, 2019	Nov. 21, 2019	Nov. 28, 2019	–	–
Fecha de cosecha	Mar. 11, 2020	Mar. 30, 2020	Abr. 3, 2020	Abr. 6, 2020	–	–
Días de cultivo	118	126	134	130	127	–
No. peces sembrados	38,000	38,000	38,000	38,000	38,000	–
Promedio de peso inicial (gramos) por pez	45	48	47	41	45.25	–
Biomasa total inicial (kg)	1,699	1,817	1,801	1,547	1,716	–
Promedio de peso final (gramos) por pez	475	533	588	527	531	–
Biomasa total final (kg)	15,541	18,239	16,469	15,920	16,542	66,169
Aumento de biomasa (kg)	13,842	16,422	14,668	14,373	14,826	59,305
Biomasa final por metro cúbico (kg)	57	66	60	58	60.15	–
Aumento de peso diario por pez (gramos)	3.6	3.9	4.0	3.7	3.8	–
Supervivencia final (%)	86	90	74	79	82	–
FCR	1.31	1.15	1.39	1.28	1.28	–
Factor de condición de Fulton	2.28	2.33	2.28	2.35	2.31	–
Producción (kg /ha/año)	–	–	–	–	–	140,048

Tabla 1. Resultados de producción de tilapia en un ensayo con cuatro unidades IPRS (cada canal de 275 metros cúbicos) en un estanque de 3,39 ha en Veracruz, México.

Fig. 1: Crecimiento de *O. niloticus* en los ensayos IPRS en Veracruz, México (2019-2020).

Tres meses después del inicio de la prueba, se observó un aumento en los niveles de amonio y decidimos disminuir la cantidad de alimento, y como resultado hubo una disminución en el crecimiento. Sin embargo, a pesar de la disminución en el alimento aplicado y del consiguiente crecimiento de tilapia en ese momento, la producción general no se vio afectada drásticamente.

El monitoreo regular de la calidad del agua fue muy valioso, especialmente para los niveles de amonio, que aumentaron lentamente. A medida que aumentaba la tasa de crecimiento de los peces, también aumentaba la ración de alimento, alcanzando un máximo de 300 kg por día por raceway en la prueba. Teniendo en cuenta estas condiciones, decidimos cosechar temprano el raceway No. 1, cuando el pescado tenía un peso promedio de 475 gramos. Al mismo tiempo, se estaba reduciendo o deteniendo la alimentación en los otros raceways, lo que se refleja en las curvas de crecimiento (Fig. 1).

La reducción en la cantidad de alimento proporcionado, o no alimentado en absoluto, se mostró de manera más prominente en el aumento de peso diario de los peces (Fig. 2). Después de cosechar el raceway No. 1 a los 118 días, se esperaba que hubiera una disminución en la concentración de amoníaco total en el agua del estanque. En los otros raceways, la alimentación continuó a un ritmo normal y se observó un aumento de peso sustancialmente fuerte en los peces en los raceways 2 y 4. Sin embargo, los niveles totales de amoníaco continuaron aumentando y la alimentación se suspendió por completo después del día 120, pero se reanudó algunos días después. A partir de ese momento, en estos dos raceways, queda en duda si los muestreos se realizaron según los protocolos, o si el muestreo fue sesgado hacia peces de determinada talla. En ambas fechas, los peces muestran ganancias de más de 12 gramos por día y, en el siguiente muestreo, pérdidas de peso sustanciales. Sin embargo, en el raceway No. 3 el crecimiento fue más consistente.

Fig.2: Aumento de peso diario de *O. niloticus* en los ensayos IPRS en Veracruz, México (2019-2020).

La información disponible sobre el factor de condición de Fulton (FCF) para *O. niloticus* en condiciones de acuicultura es muy limitada, en comparación con la mayoría de las especies de pesca deportiva; por ejemplo, para la lobina negra, *Micropterus salmoides*, existe tal información significativamente. El uso del FCF en la acuicultura no ha sido de gran importancia para muchos productores; sin embargo, cuando el piscicultor comprende mejor el concepto y los principios del FCF, y sus interacciones con la calidad del agua y los regímenes de alimentación de los peces en cautiverio, el productor se da cuenta de que el FCF tiene un alto grado de importancia. Aprender no solo a recopilar datos de campo pertinentes, sino también a analizar y comprender adecuadamente los resultados se convierte en una herramienta muy eficaz para tomar decisiones técnicas adecuadas en las piscifactorías.

En este experimento, el promedio general del FCF observado fue 2,31, con un rango de 2,28 a 2,35 (Fig. 3). Al igual que el aumento de peso diario y la producción general, el FCF también mostró una disminución significativa después de un aumento casi continuo en todas las pistas. En los raceways 1 y 3, el FCF promedio final fue 2,28, mientras que en los raceways 2 y 4 se observó una recuperación del FCF después de que se redujo la alimentación. El efecto observado sobre el crecimiento de los peces, el aumento de peso diario y el factor de condición se debe estrictamente a la disminución en la cantidad de alimento proporcionado, a pesar del aumento en los niveles de amonio, que aparentemente no tuvo efectos observables.

Fig.3: Factor de condición de Fulton registrado para *O. niloticus* en los ensayos IPRS en Veracruz, México (2019-2020).

En otros ensayos comerciales realizados en Honduras, **Arana et al.** (<https://www.was.org/Meeting/Program/PaperDetail/155862>). (2019) reportaron un FCF de 2.22 para tilapia roja (*Oreochromis*) sp. – se sabe que esta especie tiene un crecimiento más lento que *O. niloticus*. A partir de experimentos similares, otros autores informaron un FCF más bajo para esta última especie. En Kenia, **Ngodhe and Owuor** (<https://juniperpublishers.com/ijesnr/IJESNR.MS.ID.556088.php>). (2019) estimaron un FCF de 1,44 para *O. niloticus* de vida libre y un FCF de 1,38 cuando estos peces se cultivaron en jaulas. En Pakistán, **Malik et al.** (https://www.researchgate.net/publication/314950568_Length-weight-Relationship-and-Condition-Factor-of-Red-Tilapia-Hybrid-Reared-in-Cemented-Tanks-of-Sun-bright-Red-Tilapia-and-Ornamental-Hatchery-Karachi-Sindh-Pakistan). (2016) reportaron un FCF de 1,20 para hembras y 1,36 machos para tilapia roja. En Kenia, **Kembenya et al.** ([https://www.journalijar.com/article/1877/the-length-weight-relationship-and-condition-factor-of-nile-tilapia-\(oreochromis-niloticus-l.\)-broodstock-at-kegati-aquaculture-research-station,-kisii,-kenya/](https://www.journalijar.com/article/1877/the-length-weight-relationship-and-condition-factor-of-nile-tilapia-(oreochromis-niloticus-l.)-broodstock-at-kegati-aquaculture-research-station,-kisii,-kenya/)), trabajando con *O. niloticus*, obtuvo un FCF de 1,02 para machos y 1,12 para hembras.

Otros ensayos relacionados incluyen **Anani and Nunoo** (<http://www.fisheriesjournal.com/archives/2016/vol4issue5/PartI/4-5-3-523.pdf>). (2016), quienes probaron diferentes tipos de dietas con *O. niloticus* en Ghana e informaron un FCF de 1,39 a 2,01. En Kenia, **Githukia et al.** (<https://ribarstvo.agr.hr/volumes.php?lang=en&search=Article%3A788>). (2015) informó valores de FCF de 1,97 para los machos y 1,73 para ambos sexos combinados. Y en Malasia, **Ighwela et al.** (<https://www.semanticscholar.org/paper/Condition-Factor-as-an-Indicator-of-Growth-and-of-Ighwela-Ahmed/cf3e58d793f8bdfa5a23e1f63201a31ad37701fd>). (2011) probaron dietas con diferentes concentraciones de maltosa y reportaron FCF para *O. niloticus* de 1,64 a 1,79 después de ocho semanas de crianza. El FCF de 2,31 informado en nuestro estudio es significativamente más alto que los mencionados anteriormente para varios ensayos en otros lugares.

La producción promedio de tilapia de los cuatro raceways usados en este ensayo fue de 16.542 kg, con un promedio de 127 días de cultivo y una biomasa promedio final de 60,15 kg por metro cúbico (Tabla 1). En las condiciones del ensayo, con una tasa de supervivencia del 82 por ciento, la producción anual

se puede extrapolar a 140.048 kg por hectárea. Así, este estanque de 3,39 ha podría tener una producción anual de más de 474 toneladas.

En cuanto a la calidad del agua, el estanque donde se encuentran los raceways IPRS utilizados en este ensayo se abastece de agua de pozo. Esta agua tiene bajas concentraciones de nitritos y nitratos, y excelentes condiciones de alcalinidad. Las concentraciones de alcalinidad y dureza durante la prueba estuvieron por encima de 160 mg por litro y ayudaron a mantener valores de pH estables alrededor de 7,5 durante todo el período de prueba.

Desde el inicio de la prueba hasta los primeros días de diciembre de 2019, la temperatura del agua se mantuvo dentro del rango óptimo para el crecimiento de la tilapia. En enero y febrero, la temperatura descendió a 20 grados-C en algunos días, pero en general las temperaturas más bajas registradas se mantuvieron alrededor de los 23 grados-C (Fig. 4). En los días fríos, la diferencia de temperatura entre la mañana y la tarde no fluctuaba más de alrededor de 0,5 grados-C.

Fig. 4: Temperatura del agua durante los ensayos IPRS en Veracruz, México (2019-2020).

El crecimiento de la tilapia durante este estudio fue adecuado, con un promedio de 3,8 gramos por día a pesar de que la temperatura del agua en los raceways descendió levemente durante unos días. Estudios similares han reportado aumentos de peso promedio de 4,0 a 4,5 gramos por día.

Al comienzo del estudio, la alimentación de los peces en cada raceway comenzó con 75 kg por día y fue aumentando progresivamente hasta alcanzar los 300 kg por día (Fig. 5). Considerando los nueve raceways que recibieron alimento (cuatro raceways del ensayo, cinco raceways también en producción pero no incluidos en el ensayo), al final del estudio se estaba aplicando un total de 2.700 kg de alimento por día al estanque de 3,39 ha donde se están los canales, o 797 kg de alimento por hectárea por día.

Después de alcanzar estos niveles de alimentación, la concentración total de amonio en el agua del estanque aumentó a un máximo de 6,1 mg por litro, lo que generó cierta preocupación para el propietario de la granja. Como resultado, se cosechó el raceways No. 1 para mitigar la carga de

excreción de amonio y el suministro de alimento en los raceways restantes se redujo de 300 kg por día a 125, 200 y 250 kg por día.

Fig. 5: Alimento aplicado y amoníaco total registrado por día en los ensayos IPRS en Veracruz, México (2019-2020).

Cabe destacar que esta granja de tilapia es la primera en América Latina que cuenta con un sistema automatizado de extracción de desechos y excretas en sus unidades IPRS. El sistema funcionó perfectamente durante el estudio y las excretas se extrajeron de los canales y se trasladaron a otros lugares. Sin embargo, a pesar del buen funcionamiento del sistema de extracción de excretas, existía una preocupación constante sobre la posibilidad de que los niveles de amoníaco pudieran aumentar a concentraciones indeseables. La toxicidad del amoníaco aumenta en función del aumento de la temperatura y el pH del agua. En este estudio, los análisis diarios de amoníaco y los cálculos de la concentración de la parte no ionizada del amonio mostraron que el componente tóxico del amoníaco solo alcanzó un máximo de 0,14 mg por litro (Fig.6), por debajo de la dosis letal reportada en el literatura.

Fig.6: Nitrógeno amoniacal total y porción no ionizada registrados en los ensayos IPRS en Veracruz, México (2019-2020).

Perspectivas

Este es el primer ensayo de producción de tilapia con tecnología IPRS en Veracruz, México (aunque no el primero en México o América Latina), y con base en los resultados se puede considerar una experiencia de gran éxito. A pesar de que el estudio se realizó durante la época más fría del año, y con densidades de siembra superiores a las habitualmente utilizadas, fue posible producir 66.169 kg de tilapia en los cuatro raceways del ensayo. Extrapolando esta producción a los 10 canales en el estanque de 3,39 ha, podría producir más de 165 toneladas por cultivo, o alrededor de 48.797 kg por ha por cultivo.

Considerando que el promedio de días de cultivo en nuestro ensayo fue de 127 días, podría ser posible producir 2,87 cosechas por año, o aproximadamente 140 toneladas por ha por año. Esto, a pesar de que el aumento de peso promedio de 3,8 gramos por día observado en nuestro ensayo fue relativamente menor que los reportados en otros ensayos. Nuestro FCF de 2,3 también fue ligeramente más bajo en comparación con otros estudios.

Otro factor para considerar es la influencia de la temperatura sobre las bacterias nitrificantes – especialmente *Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp. – que disminuyen su actividad biológica a medida que desciende la temperatura del agua y provocan la acumulación de amoníaco, independientemente de que el sistema de extracción de excretas en las unidades IPRS esté funcionando adecuadamente. Sin embargo, en nuestras condiciones de prueba, creímos que tener altas concentraciones de alcalinidad y dureza ayudó a mantener el pH relativamente constante en alrededor de 7,5 y, por lo tanto, el componente de amonio no ionizado permaneció en niveles no tóxicos para los peces.

Por último, la extracción de excretas en el cultivo de peces puede desempeñar un papel fundamental en la responsabilidad ambiental y la sostenibilidad de la tecnología IPRS. Sin embargo, hasta la fecha, este componente de la tecnología aún debe evaluarse de manera adecuada y coherente.

Este estudio validó el uso de la tecnología IPRS para la producción intensiva de tilapia del Nilo alimentada con una dieta formulada para incluir harina de soya estadounidense y destinada al mercado nacional mexicano.

Authors



ESAU ARANA

Corresponding author
AU School of Fisheries, Aquaculture and Aquatic Sciences,
Auburn University, AL USA

aranaes@auburn.edu (<mailto:aranaes@auburn.edu>)



RAMÓN CANSECO

Complejo Acuícola Tupez
Alvarado, Veracruz, México
Gonzalo Martínez
Complejo Acuícola Tupez
Alvarado, Veracruz, México



JAIRO AMÉZQUITA

Regional Aquaculture Project Manager
U.S. Soybean Export Council (USSEC), Colombia

