Determinación de rango de edad óptimo para producción de ovas fecundadas en
Oreochromis sp de una granja reproductora en Viterbo-Caldas

Determination of the optimal age range for the production of fertilized eggs in
Oreochromis sp from a breeding farm in Viterbo-Caldas

Alejandro Hernández Ibarra

Universidad Tecnológica de Pereira “UTP”

Facultad de Ciencias de la Salud

Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Semillero de investigación en organismos acuáticos

Resumen

Se entiende por acuicultura el cultivo de especies hidrobiológicas mediante técnicas apropiadas en ambientes naturales o artificiales, generalmente bajo control. Existen alrededor de 1200 especies de tilapia originarias de África, siendo en Colombia la más popular para la producción y reproducción *Oreochromis sp*, ya que es una especie prolífica, que tolera cambios ambientales y que es buena filtradora de algas. En Colombia la acuicultura ha tenido un desarrollo y una acogida importante tanto en el interior del país como en las costas, gracias a la gran variedad territorial y climática con que se cuenta, ecosistemas diversos y recursos variados que han permitido su producción, fundamentando la productividad en alevinos, levante y engorde, procesamiento, transformación y comercialización. A pesar de esto, las empresas acuícolas de Colombia se han enfrentado a grandes desafíos a la hora de producir eficientemente alimentos de origen acuático, como reducir los costos de producción, minimizar el uso de recursos y conservar el medio ambiente, evidenciando la necesidad de poder determinar y mejorar parámetros reproductivos dentro de las fincas. Por lo anterior, se buscara determinar el rango de edad óptimo para la producción de ovas fecundadas de *Oreochromis sp* mediante la recopilación y análisis de datos históricos en los registros productivos de la granja piscícola Genipez, analizando la eficiencia en el desove, sobrevivencias de alevinos y calidad reproductiva en múltiples lotes de reproductores de *Oreochromis sp*, que podrá mejorar los parámetros productivos y reproductivos de la empresa, siendo puntos esenciales para el éxito de la producción acuícola.

Palabras clave

Eficiencia, incubación, mejoramiento, ovas, sobrevivencia

Abstract

Aquaculture is understood as the cultivation of hydro biological species using appropriate techniques in natural or artificial environments, generally under control. There are around 1200 species of tilapia originating in Africa, being in Colombia the most popular for production and reproduction *Oreochromis sp*, since it is a prolific species that tolerates environmental changes and is a good filter of algae. In Colombia, aquaculture has had an important development and reception both in the interior of the country and on the coasts, thanks to the great territorial and climatic variety that it has, diverse ecosystems and varied resources that have allowed its production, basing productivity in fingerlings, raising and fattening, processing, transformation and commercialization. Despite this, aquaculture companies in Colombia have faced great challenges when it comes to efficiently producing food of aquatic origin, such as reducing production costs, minimizing the use of resources and conserving the environment, evidencing the need to be able to determine and improve reproductive parameters within farms. Therefore, it will be sought to determine the optimal age range for the production of fertilized ova of *Oreochromis sp* through the collection and analysis of historical data in the productive records of the Genipez fish farm, analyzing the efficiency in spawning, survival of fingerlings and reproductive quality in multiple batches of *Oreochromis sp* broodstock, which may improve the productive and reproductive parameters of the company, being essential points for the success of aquaculture production.

Introducción

Acuicultura en Colombia

Los peces son el mayor recurso de proteína animal para la población humana; proveen 25% de la proteína animal en países desarrollados y más de 75% en los países en vías de desarrollo, lo que sugiere que la pesca y la acuicultura son decisivas para la seguridad alimentaria (1).

Se entiende por Acuicultura el cultivo de especies hidrobiológicas mediante técnicas apropiadas en ambientes naturales o artificiales y, generalmente bajo control (2).

Los productos obtenidos con la práctica de la acuicultura, tales como crustáceos, peces, moluscos y algas, entre otros, son alimentos de alta calidad, contienen una cantidad importante de materias proteicas, son ricos en vitaminas y minerales y poseen cantidades variables de grasa, calcio, fósforo y otros elementos necesarios para la salud del hombre y su crecimiento (3). Los expertos en materia nutritiva son unánimes en considerar que el pescado acompañado de diversos productos vegetales constituye una alimentación equilibrada (3).

Para propósitos estadísticos se admite que una determinada producción de organismos acuáticos constituye una contribución a la acuicultura, cuando éstos son cosechados por individuos o asociaciones que han sido sus propietarios durante el período de cría. Se dice, por otra parte, que una cosecha es el resultado de la actividad pesquera cuando los organismos acuáticos, en su condición de bien común, pueden ser explotados por cualquiera, con o sin la respectiva licencia (3).

A pesar de que los recursos pesqueros explotados continúan disminuyendo debido a que las poblaciones están siendo sobreexplotadas y su potencial de incremento es muy bajo, la producción mundial acuícola va en aumento, lo que se debe al crecimiento que ha tenido (4).

Colombia cuenta con excelentes condiciones climáticas, topográficas, hidrológicas y edafológicas para desarrollar la acuicultura. Entre ellas se destaca su localización geográfica en la franja ecuatorial y por lo tanto como zona tropical; posee un régimen de temperaturas estable durante el año, existen todos los pisos térmicos (frío, medio y cálido) y altitudes que van desde los 0 hasta los 5800 msnm aproximadamente. El país es considerado en el mundo como una potencia en recursos hídricos y biodiversidad que es necesario proteger, pero también investigar y aprovechar en forma sostenible (3).

Grandes cuencas hídricas de Colombia, fuente IGAC, 2010.

Para el Gobierno Nacional de Colombia, la Pesca y la Acuicultura representan dos importantes elementos para el desarrollo productivo del sector agropecuario, así como para mejorar los índices de pobreza en las zonas rurales. En tal sentido, han sido muchos los apoyos que se le han dado a la actividad, los cuales incluyen asistencia técnica, beneficios crediticios, subsidios a través de convocatorias de fomento y programas de fortalecimiento del subsector.

La producción de la acuicultura nacional en el 2011 fue de 82 733 toneladas, de las cuales más de la mitad correspondió a las tilapias roja y plateada, casi un 20% a las cachamas blanca y negra, cerca de un 7% a trucha, 10% a camarón, un poco más del 0,13% a cobia *Rachycentrum canadum* y el resto a otras especies nativas y exóticas(5).

Evolución histórica de la producción acuícola de Colombia 1986-2011, fuente AUNAP 2012.

La cantidad de acuicultores en el país se calcula en alrededor de 29 400 de los cuales, más del 99% son piscicultores y de ellos, un poco más del 90% son Acuicultores de Recursos Limitados – AREL. La actividad aporta cerca del 0,7% del PIB nacional (5).

A través de la historia en Colombia han sido muy pocas las investigaciones encaminadas a evaluar aspectos reproductivos en las especies de peces marinos y menos aún desde el punto de vista de la reproducción artificial y cultivo. La mayoría de los esfuerzos han sido dirigidos a estudios de taxonomía y distribución (4).

La producción de Tilapia en Colombia ha pasado por las mismas etapas que muchos países productores en el mundo, partiendo de ser una actividad totalmente desconocida y de alta incertidumbre, de la que solo se conocía la muy limitada información proveniente de otros países, esporádicos Congresos, Talleres, Foros o Publicaciones, algunos paquetes tecnológicos aplicados en otros países por profesionales asiáticos o israelitas principalmente (6).

Alrededor de los años 40, se da comienzo a la acuicultura en Colombia, pero la carencia de equipos, desarrollo tecnológico e infraestructura resultaron siendo un problema, generando un avance lento (2). Posteriormente en los años 60, el gobierno nacional con ayuda de organismos internacionales, pretendiendo fomentar la acuicultura en el país, ofrecieron incentivos para capacitar personas, lo que dio resultado en la creación del INDERENA, o Instituto nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, fortaleciendo así la actividad acuícola Colombiana. Dichos esfuerzos se vieron reflejados en los años 80, consolidando la acuicultura y permitiendo la apertura de mercaos (3).

Comenzando los años 90, se da el gran boom de la tilapia roja, propagándose por toda Colombia e iniciando las primeras exportaciones de filete fresco a Estados Unidos, lo que provoco que el INDERENA se transformara en el Ministerio del Medio ambiente, con funciones de vigilancia y fomento a la pesca, pasando las funciones de ente regulador a un instituto especializado, el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA, el cual bajo la ley 13 de 1990 se consolido como la autoridad nacional de pesca y acuicultura (2). Para 1993, el cultivo de la Tilapia se había extendido por todo el país y su producción fue creciente. Se estima que existían cerca de 80 granjas y que la capacidad instalada podría superar las 6.000 toneladas anuales (7). Iniciando los años 2000, gracias al trabajo arduo del INPA, se crea el

programa DRI, Desarrollo Rural Integrado, logrando un crecimiento promedio anual de 7.8%, pasando de 11.084 toneladas a 27.953 toneladas, un logro significativo, ya que la población Colombiana creció a una tasa inferior al 2% anual (3).

En estos últimos diez años también se han acrecentado las amenazas a los peces dulceacuícolas debido principalmente a la contaminación, deforestación y a la sobreexplotación pesquera. Es así como para las cuencas de los ríos Magdalena, Orinoco y Amazonas, se registran signos claros y preocupantes de una fuerte declinación en sus pesquerías; la cuenca Magdalena, registra un descenso cercano al 90% de las capturas en el lapso de los últimos 40 años, pasando de 80.000 toneladas anuales en la década de 1970 a menos de 10.000 a finales del siglo pasado (8).

En Colombia la producción de piscicultura se ha orientado principalmente a los mercados internos con exportaciones relativamente marginales pero con gran potencial, mientras que la producción de camarón de cultivo está plenamente destinada al mercado exterior, aunque recientes comportamientos en las condiciones cambiarias han hecho pensar a los cultivadores que el mercado interno puede ser una alternativa interesante (5).

La tilapia roja

Oreochromis sp, fuente FAO 2009.

El cultivo de *Oreochromis* sp, puede rastrearse en los antiguos tiempos egipcios como lo indican los bajos relieves de una tumba que data de más de 4000 años atrás, que muestra peces en estanques ornamentales (9); las tilapias o mojarraas como se conocen, pertenecen a una gran familia de peces conocida como *Cichlidae* (3), de origen africano, con rango óptimo de temperatura de agua para cultivo de 25 a 30 °C y rango letal desde los 11 °C hasta los 42 °C (9).

Principales países productores de *Oreochromis* sp, Fuente FAO, estadísticas pesqueras, 2006.

La tilapia roja es producto del cruce de cuatro especies (*Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *O. hornorum* y *O. aurea*) (10), son peces rústicos, resistentes a medios adversos como bajas concentraciones de oxígeno, cambios de temperatura y de salinidad, por lo que pueden vivir en aguas dulces, salobres e incluso en el mar (11). Son peces omnívoros, se alimentan de fitoplancton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, desechos y capas bacterianas asociadas a detritus (9).

Las tilapias tienen un ciclo de vida bien definido en las etapas de huevo, alevín, cría, juvenil y adulto (12). En estanques, la madurez sexual la alcanzan a la edad de 5 o 6 meses, iniciando el desove cuando la temperatura alcanza 24 °C (9).

Ciclo de producción, Fuente FAO 2009.

En la producción comercial de tilapia se utilizan poblaciones mono sexo, específicamente machos ya que estos presentan un mayor crecimiento que en las hembras. Para lograr esto los alevines recientemente cosechados son sometidos a un proceso de reversión sexual, el cual se realiza suministrándoles 'hormonas masculinas en un periodo de 28 días, produciendo así, peces que crecen y funcionan reproductivamente como machos (13).

En Sudamérica, se destacan en la producción de tilapia Colombia, Ecuador, Perú, Brasil y Venezuela, teniendo en cada uno cultivos con modelos de producción que van desde extensivo hasta intensivo, pasando por la modalidad de semiintensivo (3).

Aspectos reproductivos

La tilapia es una especie gonocórica indiferenciada, lo que significa que el tejido gonadal de la larva al momento de eclosionar, no está diferenciado (10).

El proceso de reproducción inicia cuando el macho establece un territorio, excava un nido a manera de cráter y vigila su territorio. Esta especie realiza la fertilización de forma externa, desovando la hembra en el nido, y tras la fertilización del macho, recoge los huevos en su boca y se retira, haciendo la incubación de forma bucal, reteniéndolos hasta que absorben por completo el saco vitelino (9).

El huevo recién puesto y fertilizado es elipsoidal, mide aproximadamente 2 mm en su eje mayor y recién puesto es de color crema-amarillento.

Cada huevo contiene una gran cantidad de vitelo como reserva de materia y energía para sostener el desarrollo del embrión y pez-larva durante sus primeros días de vida (14).

La tilapia alcanza la madurez sexual a partir de los 3 meses (15), cuando han alcanzado de 30-40 gramos (16).

Una vez que han madurado, las tilapias pueden realizar la puesta todo el año mientras la temperatura del agua sea superior a los 24°C. Las tilapias hembras desovan en múltiples ocasiones. Normalmente, una hembra realiza 8-12 puestas en un año en condiciones favorables de temperatura. Cada puesta puede contener entre 200 y 2000 huevos (16).

Fisiología general y reproductiva

La boca de *Oreochromis sp* es protráctil, generalmente ancha y a menudo con labios gruesos. Presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Pueden o no presentar freno en el maxilar inferior en la parte media debajo del labio. Las membranas branquiales están unidas por 5 ó 6 radios branquióstegos y se presentan branquiespinas en número variable según la especie. La parte anterior de las aletas dorsal y anal siempre es corta y consta de varias espinas y la parte

terminal posee radios suaves los que en los machos están fuertemente pigmentados. La aleta caudal está redondeada, trunca o raramente escotada. La línea lateral está interrumpida presentándola en dos partes, la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, mientras que en la porción inferior aparecen varias por debajo de donde termina la línea lateral superior y se continúa hasta el final de la aleta caudal. Presentan escamas de tipo cicloideo; el número de vértebras puede ser de 8 a 40 (12).

En *Oreochromis sp*, es posible diferenciar y describir las etapas de desarrollo gonádico como también la espermatogénesis y la ovogénesis (17).

En hembras, la primera etapa o estadio I no es posible distinguir a simple vista entre ovarios y testículos, su apariencia es de sacos muy delgados y traslúcidos, mientras que en el caso de las hembras es posible observar células foliculares al microscopio (17).

En la segunda etapa o estadio II, los ovarios están en maduración y los ovocitos se encuentran entre 300-1000 μm de tamaño con número variable de folículos (18). Se observan folículos en etapa de previtelogénesis, es decir, tuvieron un núcleo prominente, céntrico y citoplasma basófilo, además de folículos en vitelogénesis temprana (17). Ambos tipos de folículos están rodeados por una capa simple de células aplanadas (células de la teca) y otra capa de células cúbicas (células de la granulosa), además se pueden apreciar la zona pelúcida y el citoplasma, que en esta etapa es altamente basófilo; el núcleo (o vesícula germinal) se caracteriza por ser prominente y céntrico con numerosos nucléolos en la periferia (17).

En la etapa 3, estadio III o etapa madura, los folículos se encuentran de 300-3700 μm de tamaño (18). La presencia de folículos tanto en etapa de previtelogénesis como en etapas de vitelogénesis temprana y avanzada es característica de este estadio, ya que el ovario se encuentra en la etapa de maduración; asimismo, se puede apreciar la presencia de folículos atrésicos, los cuales no son exclusivos de este estadio, el fenómeno se puede presentar en cualquiera de las etapas del

desarrollo del folículo (17). También se observa la pared del folículo dividida en tres capas: la externa (células de la teca); la media (membrana basal) y la interna (células de la granulosa) compuesta de epitelio cúbico-ciliado, seguida del tejido conjuntivo que sirve de sostén a los folículos (17). La capacidad del ovocito para ingresar en la maduración está acompañada del incremento de las uniones intracelulares (entre las células de la granulosa) e intercelulares (entre las células de la granulosa y el ovocito) y de la síntesis de la Conexina, proteína constitutiva de estas uniones (17).

La etapa 4 o estadio IV es de máxima maduración o reproducción y en ella fueron registrados únicamente dos tamaños de folículos, de 100 a 1000 μm y de 2001 a 3000 μm (17). Se puede apreciar que los folículos han completado el crecimiento vitelogenético y aumentado considerablemente su tamaño; en ellos se observa que las células foliculares se han transformado en una capa sencilla (17). En esta etapa, la vesícula germinal migra hacia el polo animal del folículo, los cromosomas se condensan y se emite el primer cuerpo polar. Además, es posible observar folículos pequeños en etapa de previtelogénesis (estadio I) (17). El folículo está ocupado casi en su totalidad por gránulos de vitelo y vacuolas lipídicas, el tejido conjuntivo se ha reducido al mínimo y la zona pelúcida se mantiene bien notable. En el estadio V o etapa de recuperación, los ovocitos fueron expulsados del lumen ovárico y estaban listos para ser fertilizados. El ovario muestra paredes flácidas, translúcidas o sanguinolentas. Con respecto a la fecundidad se registró un intervalo de entre cinco y 1313 ovocitos, con un promedio de 335 ovocitos. Durante la maduración de los ovarios se observa que la longitud y el diámetro se incrementan conforme la maduración se lleva a cabo (17).

En machos, el estadio I no es posible diferenciar los testículos de los ovarios a simple vista; sin embargo, las gónadas inmaduras presentan forma de filamentos translúcidos paralelos a la vejiga natatoria. Tienen un revestimiento de tejido conectivo y vasos sanguíneos que se proyectan hacia el interior formando los septos que separan los lóbulos. En el estadio II, los testículos pueden ocupar entre 10% y

20% de la cavidad celómica, es posible observar algunas espermatogonias (forma redondeada, acidófila, son las más abundantes), espermatocitos primarios, secundarios y algunas espermátidas y espermatozoides en los lóbulos. En el estadio III o de maduración es posible observar que los lóbulos se encuentran llenos de células espermátogénicas, además de que los espermatozoides comienzan su migración hacia los conductos eferentes. En el estadio IV o etapa de desove los lóbulos seminíferos se encuentran totalmente llenos de espermatozoides. El tejido conjuntivo es escaso y no se observa la presencia de otra fase de desarrollo de células espermáticas.

Finalmente, en el estadio V, en los testículos, en los que se ha producido la espermiación, se observa que los lóbulos se encuentran vacíos y que existe alguna cantidad residual de espermatozoides en el lumen. Durante la maduración del testículo se observa que la longitud y el diámetro se incrementan conforme la maduración se lleva a cabo y en el estadio de post-desove se registra una disminución por efecto de la salida de los espermatozoides (17).

Diferenciación sexual entre hembra y macho, Fuente Huet, 1998.

Incubación artificial

La incubación artificial de las ovas y larvas con saco vitelino de tilapia roja permite mejorar indicadores de producción como: edad y tamaño uniforme de las postlarvas, mayor viabilidad y supervivencia, efectividad en el proceso de reversión sexual con hormonas y registro de producción en el manejo de reproductores más fidedignos permitiendo producir alevinos de mayor peso y mejor calidad (19).

En los planteles de reproducción se pueden recolectar, según el estado de desarrollo embrionario, al menos tres tipos de semilla con características bien definidas, que permiten su incubación y manejo post-larval. El primer estadio corresponde al de los huevos fertilizados, cuando el embrión aún está dentro del huevo y no ha eclosionado. El segundo, corresponde al estadio cuando la larva está parcialmente fuera del huevo o en proceso de eclosión, y hay presencia visible del saco vitelino. La tercera, cuando se ha completado la eclosión, ha ocurrido la absorción parcial o total del saco vitelino y las larvas nadan libremente (20).

Posterior al apareamiento, las hembras son separadas del estanque de reproducción y los huevos retirados de su cavidad bucal, los huevos se desinfectan y se colocan en las incubadoras a razón de 200 huevos por recipiente (19).

Los huevos de las especies de *Oreochromis sp* se incuban en recipientes con fondo redondeado, lo cual permite la continua rotación de los huevos. Debido a su gran tamaño (1,4 – 2,2 mm), y peso (3,8 – 7,8 mg) (21), tienden a caer rápidamente al fondo del recipiente por lo cual se debe mantener un flujo de agua constante, simulando el movimiento de rotación que los huevos sufren en la boca de la hembra (14).

Los rangos de temperatura aconsejados en la etapa de incubación están entre 24-32°C, con un óptimo de 28-29°C (22); si se mantienen estas temperaturas

constantes se pueden lograr supervivencias cercanas al 80% en aproximadamente 96 horas. Se reporta variaciones entre 6 días a 20° C hasta 2,3 días a 34,5° C (21). Las ovas en fase temprana de *Oreochromis sp.* (2 células, 2-3 horas post-fertilización, blástula, 10-12 horas) (21) son más tolerantes a cambios de temperatura que los cigotos en fase avanzada (gastrulación 14-30 horas post-fertilización, cierre del blastoporo 30–48 horas), siendo el estadio de desarrollo más crítico el momento de la eclosión (90-102 horas post-fertilización) (21). Se describe en la fase de post-gastrulación disminución de la dureza del corion, ocasionada por stress térmico o contaminación con hongos y bacterias, o fracturas en las membranas que recubren el corion debido a stress mecánico (21).

Para lograr tener esto, y para abastecer la demanda necesaria para un cultivo de tilapia, teniendo producción constante de semilla de buena calidad se debe mejorar continuamente el manejo de los reproductores en las fincas, habiendo estudios sobre alimentación, nutrición, deficiencias de vitaminas y minerales, pero no de edades óptimas para la reproducción, creándose intervalos muy largos y generando los problemas antes mencionados. Estas son las razones por las cuales se dará inicio a esta investigación, para determinar el rango de edad óptima de producción de ovas fecundadas en tilapia roja.

Recolección de ovas, Fuente Prieto, 2002.

Incubadora usada para huevos de tilapia, Fuente Prieto, 2002.

Materiales y métodos

Determinación de rango de edad óptimo para producción de ovas fecundadas en *Oreochromis sp* de una granja reproductora en Viterbo-Caldas.

Estructuración organizacional: Determinar los lotes funcionales y productivos de *Oreochromis sp* de la granja piscícola Genipez del municipio de Viterbo, ubicado en el suroeste del departamento de caldas a 988 m.s.n.m y con una temperatura promedio de 28°C, lo cual se realizará a través de visitas presenciales y evaluaciones de registros para establecer los números de lotes, su rotación productiva, sus edades y sus condiciones productivas.

Se evaluarán y analizarán los datos históricos de variables reproductivas de los registros productivos de la granja que contemplaran un lapso de tiempo comprendido entre el 1 de enero del 2019 hasta el 31 de diciembre del 2020, evaluando variables independientes (Sexo de los reproductores), como también variables dependientes (Eficiencia reproductiva, sobrevivencia de larvas, sobrevivencia de alevinaje, rango óptimo de producción de ovas) y las relaciones de las mismas con la edad del animal reproductor.

Se realizaran análisis estadísticos básicos (Media, mediana, rangos) con el programa de análisis estadístico SPSS Statistics entre hembras comprendidas en 4 grupos ordenados por rango de edad, de 6-10 meses, de 11-16 meses, de 17-24 meses y de 25-36 meses, y estudios estadísticos comparativos a través de ANOVA de una vía de datos independientes para determinar diferencias significativas entre las variables estudiadas de los lotes y los diferentes rangos de edad.

Resultados y discusión

Según lo evidenciado en las tablas expuestas a continuación, la piscícola Genipez realizó varias capturas en todos los lotes en diferentes épocas del año, yendo de una hasta cinco pescas por mes, mostrando una variación en los números hembras con ovas, esto relacionado con que algunos peces estaban activos reproductivamente y otros no, ya que se trata de una especie asincrónica por grupos como lo indica Peña-Mendoza (2011).

Tabla 1

Eficiencia reproductiva en la granja Genipez

Lote	Edad en meses	# hembras con huevo promedio	# hembras promedio	80% capturado	Eficiencia promedio	Mediana
A1	6-10	47,3	179,1	143,3	33,0	30,9
A1	11-16	23,7	172,0	137,6	17,2	14,5
A2	6-10	33,3	333,3	266,7	12,5	11,0
A2	11-16	41,0	300,0	240,0	17,1	9,9
A2	17-24	19,4	166,7	133,4	14,5	12,4
A2	25-36	2,0	274,0	219,2	0,9	0,9
X2	6-10	82,2	613,0	490,4	16,8	14,0
X2	11-16	105,6	648,6	518,9	20,4	20,2

Nota. Fuente: Registros de eficiencia de la granja Genipez

En la tabla 1, en el lote A1 se muestra que en el primer intervalo reproductivo, comprendido entre los 6-10 meses, hubo una eficiencia de producción de ovas alta, dada por el asentamiento de gran cantidad de nidos, esta eficiencia se determinó por pescas que se realizaron en dicho periodo de tiempo como lo indica (Morales Díaz, 1974), en el mes 11 existe un decrecimiento marcado posiblemente como

consecuencia de la siembra de 600 alevines para levante, que generaron un estrés por densidad en este lote, como lo indica (Beamish,1996).

En la tabla 1, el lote A2 presento índices similares a los del A1, iniciando con una producción a los 6 meses que iba pareja en las capturas realizadas, pero disminuida en el intervalo de edad comprendido entre los meses 11-16 por el efecto del estrés originado por el traslado de animales hacia otro lote (Pérez M, 2015), manteniéndose estable entre los meses 17-24 y decayendo nuevamente después del mes 25 por nuevos traslados realizados.

En la tabla 1, se evidencia en el lote X2 una eficiencia ascendente en los primeros 3 meses del primer intervalo propuesto, el cual tuvo un decrecimiento hacia el final del periodo de 6-10 meses, a causa del estrés dado por un traslado realizado desde otro lote (Beamish, 1996), a partir del mes 11 se aumenta nuevamente la eficiencia, manteniéndose esta conducta hasta el mes 14 cuando se vació el estanque, etapa en la cual se da un aumento en la producción de ovas.

Tabla 2

Eficiencia reproductiva en la granja Genipez

Lote	Edades en meses	# hembras con huevo promedio	# hembras promedio	80% capturado	Eficiencia promedio	Mediana
X1	6-10	90,0	777,8	622,2	14,5	14,4
X1	11-16	93,0	566,7	453,3	20,5	16,8
X1	17-24	122,0	600,0	480,0	25,4	26,4
X1	25-36	141,0	600,0	480,0	29,4	29,4
L1	6-10	53,0	733,3	586,7	9,0	8,7
L1	17-24	86,6	570,0	456,0	19,0	16,7
L1	25-36	137,4	579,0	463,2	29,7	29,9

Nota. Fuente: Registros de eficiencia de la granja Genipez

Analizando la tabla 2, se puede observar en el lote L1 un comportamiento ascendente en la eficiencia reproductiva a través de los intervalos de edad propuestos, lo que se evidencia también en el lote X1 (Véase tabla 2), posiblemente por condiciones ambientales favorables como oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH, nitritos, sulfatos, amonio, la intensidad lumínica, corrientes, entre otras. (Martínez, 2012), que fomentan el pico reproductivo (Peña-Mendoza, 2011).

Tabla 3

Eficiencia reproductiva en la granja Genípez

Lote	Edades en meses	# hembras con huevo promedio	# hembras promedio	80% capturado	Eficiencia promedio	Mediana
L2	6-10	96,7	707,0	565,6	17,1	14,8
L2	11-16	135,2	702,8	562,2	24,0	24,5
L2	17-24	52,0	600,0	480,0	10,8	10,2
D2	6-10	75,8	614,6	491,7	15,4	13,1
D2	11-16	84,3	547,6	438,1	19,2	18,3
D2	17-24	34,8	490,8	392,7	8,9	10,5
E1	6-10	43,1	443,1	354,5	12,2	9,9
E1	11-16	45,3	306,0	244,8	18,5	18,0
E1	17-24	18,3	306,0	244,8	7,5	7,4
Z3	6-10	57,8	672,0	537,6	10,8	9,7
Z3	11-16	84,5	584,0	467,2	18,1	15,7
Z3	17-24	67,9	520,4	416,3	16,3	14,6
N1	6-10	51,3	413,5	330,8	15,5	14,8
N1	11-16	108,3	479,2	383,3	28,3	26,5
N1	17-24	68,1	600,0	480,0	14,2	11,6
N1	25-36	58,5	542,1	433,7	13,5	14,2

Nota. Fuente: Registros de eficiencia de la granja Genípez

En el L2 (Tabla 3), podemos observar un aumento de la eficiencia en el periodo de 11-16 meses de edad, con respecto al primer intervalo, que posteriormente cae en el tercer periodo. De igual manera, se refleja el mismo comportamiento en los lotes D2 (Tabla 3), E1 (Tabla 3), Z3 (Tabla 3), N1 (Tabla 3). Gracias a una disminución reproductiva normal, dada por un nuevo desove ocurrido antes de tiempo, por la separación temprana de la hembra con las ovas o con los alevinos según lo describe (Morales Díaz, 1974) y (Prieto y Olivera, 2002).

Tabla 4

Eficiencia reproductiva en la granja Genipez

Lote	Edades en meses	# hembras con huevo promedio	# hembras promedio	80% capturado	Eficiencia promedio	Mediana
C1	6-10	45,0	390,0	312,0	14,4	10,6
C1	11-16	92,2	498,5	398,8	23,1	19,7
C1	17-24	103,3	600,0	480,0	21,5	20,8
C1	25-36	109,6	594,5	475,6	23,0	15,9
D1	6-10	45,0	390,0	312,0	14,4	10,6
D1	11-16	92,2	498,5	398,8	23,1	19,7
D1	17-24	103,3	600,0	480,0	21,5	20,5
D1	25-36	118,7	605,4	484,3	24,5	17,1

Nota. Fuente: Registros de eficiencia de la granja Genipez

En los lotes C1 (Tabla 4) y D1 (Tabla 4), se aprecia un comportamiento similar en la eficiencia reproductiva, puesto que el ciclo inicio el mismo día y con la misma cantidad de hembras, teniendo así parámetros ambientales similares (Arredondo, 1994)

Tabla 5

Eficiencia reproductiva en la granja Genipez

Lote	Edades en meses	# hembras con huevo promedio	# hembras promedio	80% capturado	Eficiencia promedio	Mediana
M1	6-10	62,8	170,3	136,3	46,1	40,4
M1	11-16	17,0	150,0	120,0	14,2	14,2
M1	17-24	39,8	333,0	266,4	14,9	13,9
M1	25-36	29,3	313,1	250,5	11,7	8,7
Y1	6-10	62,8	170,3	136,3	46,1	40,4
Y1	11-16	17,0	150,0	120,0	14,2	14,2
Y1	17-24	39,8	333,0	266,4	14,9	13,9
Y1	25-36	30,4	300,9	240,7	12,6	10,7

Nota. Fuente: Registros de eficiencia de la granja Genipez

En el lote M1 y Y1 (Tabla 5), como en el caso anterior, iniciaron su ciclo productivo el mismo día, en este caso con un numero de hembras diferentes; observando así unos promedios de eficiencia semejantes.

Tabla 6

Eficiencia reproductiva en la granja Genipez

Lote	Edades en meses	# hembras con huevo promedio	# hembras promedio	80% capturado	Eficiencia promedio	Mediana
B2	6-10	5,3	421,3	337,0	1,6	1,6
Y2	6-10	12,6	348,0	278,4	4,5	3,1

Nota. Fuente: Registros de eficiencia de la granja Genipez

Los lotes B2 y Y2, como se puede observar en la tabla 6, los ciclos productivos iniciaron con bajas eficiencias, por lo que se tomó la decisión de vaciar los estanques y detener el ciclo.

Tabla 7

Eficiencia reproductiva en la granja Genipez

Lote	Edades en meses	# hembras con huevo promedio	# hembras promedio	80% capturado	Eficiencia promedio	Mediana
C2	6-10	52,5	492,3	393,8	13,3	10,4
C2	11-16	34,3	490,0	392,0	8,7	8,5
N2	6-10	24,8	497,6	398,1	6,2	6,9
N2	11-16	28,5	507,0	405,6	7,0	6,3
Z2	6-10	65,4	559,6	447,6	14,6	12,7
Z2	11-16	77,7	379,0	303,2	25,6	20,4

Nota. Fuente: Registros de eficiencia de la granja Genipez

Los lotes C2 y N2, de acuerdo con la tabla 7, comenzaron con eficiencias productivas bajas, por lo que al final del primer intervalo de edad, comprendido de 6-10 meses, se trasladaron a otros lotes. El lote Z2 inicio con una mejor eficiencia reproductiva que los dos lotes anteriores, evidenciando una curva ascendente entre las etapas de 6-10 y 11-16, pero que se vio alterada por una cuarentena, producto de infección con aeromona.

Tabla 8

Eficiencia reproductiva en la granja Genipez

Lote	Edades en meses	# hembras con huevo promedio	# hembras promedio	80% capturado	Eficiencia promedio	Mediana
B1	6-10	37,4	370,0	296,0	12,6	8,5
B1	11-16	57,6	566,7	453,3	12,7	11,1
B1	17-24	52,5	588,0	470,4	11,2	10,0
B1	25-36	43,0	540,8	432,7	9,9	7,9
Z1	6-10	25,3	222,7	178,1	14,2	16,7
Z1	11-16	109,1	500,0	400,0	27,3	25,8
Z1	17-24	113,3	474,3	379,5	29,8	31,1
Z1	25-36	109,1	527,1	421,6	25,9	29,5

Nota. Fuente: Registros de eficiencia de la granja Genipez

El lote B1 (Tabla 8), empezó con una eficiencia baja, la cual siguió disminuyendo a través del tiempo por múltiples traslados hacia otros lotes.

El lote Z1 (Tabla 8), tuvo una curva de crecimiento desde el primer intervalo de edad hasta el tercero, pero que se vio disminuido en el último periodo a raíz de múltiples traslados realizados en un corto periodo de tiempo.

Tabla 9

Subconjuntos homogéneos en lotes mediante prueba HSD Tukey^{a,b} de la granja Genipez

Lote	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
B2	4	1,225					
Y2	6	2,950	2,950				
N2	17	5,141	5,141	5,141			
B1	45	9,100	9,100	9,100	9,100		
C2	17	9,806	9,806	9,806	9,806	9,806	
A2	19	10,868	10,868	10,868	10,868	10,868	10,868
D2	27	11,152	11,152	11,152	11,152	11,152	11,152
Z3	47		12,045	12,045	12,045	12,045	12,045
E1	35		12,346	12,346	12,346	12,346	12,346
L2	20		12,920	12,920	12,920	12,920	12,920
N1	58		13,621	13,621	13,621	13,621	13,621
Z2	12			14,500	14,500	14,500	14,500
X2	14			14,821	14,821	14,821	14,821
Y1	30				16,630	16,630	16,630
M1	30				16,630	16,630	16,630
C1	55				17,169	17,169	17,169
X1	33				17,267	17,267	17,267
D1	46				17,793	17,793	17,793
L1	32				18,822	18,822	18,822
A1	14					19,871	19,871
Z1	43						21,179
Sig.		,114	,054	,142	,137	,100	,078

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 17,783.
- Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Como se observa en la Tabla 9, existen diferencias en la eficiencia entre los lotes de la granja piscícola Genipez, dadas por un aumento o disminución en el rendimiento de los reproductores, como consecuencia de factores ambientales como lo son la época del año, el clima, la alimentación, enfermedades, o factores asociados al estrés por las labores generales de la granja como lo son los traslados, las siembras o las cosechas.

Con lo anterior, el lote Z1 fue el más el de mayor eficiencia con 21% de hembras capturadas con huevo, seguido de los lotes A1 y L1, 19.8% y 18% de hembras capturadas con huevo, siendo eficiencias altas en comparación con los otros lotes. Los lotes B2, Y2 y N2 con 1.2%, 2.9% y 5.1% respectivamente, fueron los menos eficientes, dando resultados muy bajos en relación con el resto de grupos analizados, como muestra la siguiente gráfica.

Tabla 10

*Subconjuntos homogéneos en edades de la granja
Genípez mediante prueba HSD Tukey^{a,b}*

Edad	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
6-10Meses	161	12,643	
17-24Meses	133	14,126	14,126
25-36Meses	161	15,084	15,084
11-16Meses	149		16,111
Sig.		,125	,281

Nota. Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 150,079.
- Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

En la tabla 10, se evidencian promedios diferentes para todos los rangos de edad, pero entre el rango de 17-24 meses y 25 a 36 meses no hay diferencia significativa estadísticamente hablando, existe una diferencia entre las edades de 6-10 meses y 11-16 meses, siendo este último intervalo el más eficiente productivamente hablando como lo muestra la siguiente gráfica.

En conclusión, se recomienda a la granja piscícola Genipez equiparar todos los lotes con los Z1, A1 y L1 para así aumentar la producción, aunque las condiciones ambientales no se pueden controlar, ya que dependen de la época del año, si se pueden disminuir los niveles de estrés regulando el número de las cosechas y las pescas realizadas mensualmente.

Con lo anterior, se recomienda también a la granja hacer uso de reproductores que estén en edades comprendidas entre los meses 11 y 16, ya que es el momento de vida productivo más alto y en el que la eficiencia de la granja se va a ver aumentada y seguir realizando la reproducción de los lotes indicados anteriormente para realizar los reemplazos dentro de la granja.

Bibliografía

1. Grande DZ El. Aspectos pesquero-ambientales de la población de tilapia *Oreochromis niloticus* en la Laguna de Zapotlán El Grande, Jalisco, México. 2015;23(December):59–72. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Humberto_Gutierrez_Pulido/publication/295010108_Aspectos_pesquero-ambientales_de_la_poblacion_de_tilapia_Oreochromis_niloticus_en_la_Laguna_de_Zapotlan_El_Grande_Jalisco_Mexico_Fishery_and_environmental_aspects_of_tila
2. Parrado AY. Historia de la Acuicultura en Colombia Introducción. Rev Aquat. 2012;37:60–77.
3. INPA (Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura). El cultivo de la cachama. Fundam la Acuic Cont. 2001;(I):418.
4. Muñoz NC. Aspectos sobre la reproduccion artificial de peces marinos. Angew Chemie Int Ed 6(11), 951–952. 2009;4.
5. Merino SC, Bonilla SP, Bagues F. Diagnostico del estado de la acuicultura en Colombia [Internet]. AUNAP. 2013. 164 p. Available from: https://www.cepchile.cl/cep/site/artic/20160303/asocfile/20160303183314/rev80_cohen.pdf
6. FEDEACUA. Piscicultura en Colombia. 12 Junio 2015 [Internet]. 2015;(6):1–5. Available from: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/006 - Informes de Coyuntura/006 - Inf. Coyuntura - Portafolio Fedecua.pdf>
7. European Environment Agency (EEA). Produccion acuicola. 2019;53(9):1689–99.
8. Mojica JI, Oviedo JS, Alvarez R, Lasso C. Libro rojo de especies dulceacuicolas de Colombia. Bogota Dc.: Instituto de Investigación de Recursos Bioló_gicos Alexander von Humboldt, Instituto de Ciencias

Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales; 2012. 319 p.

9. FAO: Tilapia del Nilo - Página principal [Internet]. [cited 2021 Dec 6]. Available from: <https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/tilapia-del-nilo-pagina-principal/es/>
10. Carvajal DL. Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis* spp) por inmersión. Rev Colomb Ciencias Pecu. 2007;20:318–26.
11. Hephher B, Pruginin Y. Tilapia Culture in Ponds under Controlled Conditions [Internet]. The biology and culture of tilapias. 1982. 185–203 p. Available from: <http://pubs.iclarm.net/libinfo/Pdf/Pub CP6 7.pdf>
12. Lineas C, Del DET, Oreochromis G. ;r. CARACTERIZACION BIOLOGICA Y PRODUCTIVA DE CINCO LINEAS DE TILAPIA DEL GENERO *Oreochromis* spp (PISCES: CICHLIDAE), QUE SE CULTIVAN EN MEXICO. 2001;
13. Carlos Galindo Pineda Zamorano J. Evaluación de dos sistemas de manejo para la producción masiva de alevines de Tilapia. 2000; Available from: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2858/1/CPA-2000-T021.pdf>
14. Meyer DE, Meyer ST. Reproducción y cría de alevines de tilapia. 2007;48. Available from: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4189/1/01.pdf>
15. Carvajal J. Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en el Municipio de Puerto Triunfo. Corp Univ Lasallista, Repos Digit [Internet]. 2014;1–53. Available from: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1511/1/Parametros_zootecnicos_calidad_agua_sistemas_precria_tilapia_roja.pdf
16. Suresh AV. Ultimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. Aquat Rev Científica Int Acuic en Español. 2000;0(10).
17. Peña-Mendoza B, Gómez-Márquez JL, García-Alberto G. Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes:

Cichlidae). Cienc Pesq. 2011;19(2):23–36.

18. Peña-Mendoza B, Gómez-Márquez J., Salgado-Ugarte I., Ramírez-Noguera D. Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, Mexico. Rev Biol Trop [Internet]. 2005 [cited 2021 Dec 6];53(3–4):515–22. Available from:
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000200019&lng=en&nrm=iso&tlng=en
19. Cortés M. Efecto De La Suplementación Proteasa En Dietas De Pollo De Engorde Con Niveles Crecientes De Inhibidores De Tripsina. Rev Colomb Zootec [Internet]. 2015;1. Available from:
http://www.anzoo.org/magazine/images/revista/CONGRESO_DOCUMENTO_FINAL1.pdf#page=44
20. Perdomo-Carrillo DA, Perea-Ganchou F, Moratinos-López PA, González-Estopiñán M, Reyna-Camacho YM, Corredor-Zambrano ZA. Recolección semanal de huevos embrionados de tilapias (*Oreochromis* spp.) como estrategia productiva en tanques de concreto. Rev Cient la Fac Ciencias Vet la Univ del Zulia. 2017;27(6):393–402.
21. Prieto M. C, Olivera Angel M. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis* sp. Rev Colomb Ciencias Pecu. 2002;15(1):115–20.
22. Piamsomboon P, Mehl NS, Sirivaidyapong S, Wongtavatchai J. Assisted reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Milt preservation, spawning induction and artificial fertilization. Aquaculture [Internet]. 2019;507(April):139–43. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.019>