

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León

UNAN-LEÓN

Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias

Departamento de Acuícola

Ingeniería Acuícola



Monografía de tesis para optar al grado de Ingeniero Acuícola.

Comparación del porcentaje de eclosión y sobrevivencia de huevos y larvas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en dos sistemas de incubación bucal vs artificial
Mayo-Junio, 2021.

Integrantes:

Br. Dayana Mercedes Delgado Benavides.

Br. Cristian Javier Juárez Berrios.

Br. Adamarling Yubelka Olivas Saavedra.

“A la libertad por la Universidad”

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León

UNAN-LEÓN

Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias

Departamento de Acuícola

Ingeniería

Acuícola



Monografía de tesis para optar al grado de Ingeniero Acuícola.

Comparación del porcentaje de eclosión y sobrevivencia de huevos y larvas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en dos sistemas de incubación bucal vs artificial

Mayo-Junio, 2021.

Integrantes:

Br. Dayana Mercedes Delgado Benavides.

Br. Cristian Javier Juárez Berrios.

Br. Adamarling Yubelka Olivas Saavedra.

Tutor

Ing. Silvio Javier Lara.

“A la libertad por la Universidad”

I Resumen

El objetivo de esta investigación consistió en comparar los porcentaje de eclosión en dos sistemas de incubación con padrotes de tilapia *Oreochromis niloticus*, el experimento se llevó a cabo en la Unidad Experimental Acuícola, se utilizaron ocho reproductores en la proporción hembra/ macho 3:1, con pesos mayores a los 140 gramos; el primer proceso se basó en la incubación natural de los organismos de tilapia que ocurre en la cavidad bucal de las hembras el cual duró 19 días con un porcentaje de sobrevivencia de 83.33%, el segundo proceso fue la incubación artificial para el cual se llevó a cabo la implementación de una incubadora artificial construida de forma artesanal, los huevos extraídos de las hembras se trasladaron a este dispositivo, el proceso de eclosión duro 6 días y se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia de alevines de 60.07%, los parámetros físicos y químicos en ambos procesos fueron tomados en dos horarios en la mañana 8:00 am y tarde 4:00 pm y no se presentaron valores fuera del rango establecido en temperatura, ni oxígeno pero si en pH, en el proceso de incubación artificial el cual el dato obtenido por debajo del rango establecido fue de 6.95 en el quinto día.

II Carta de autorización del tutor.

Ing. Silvio Javier Lara docente del Departamento de Acuícola de la Escuela de Ciencias agrarias y Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León (UNAN-León).

CERTIFICAN:

Que la presente memoria titulada “Comparación del porcentaje de eclosión y sobrevivencia de huevos y larvas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en dos sistemas de incubación(Bucal vs Artificial), Mayo-Junio 2021”,presentada por los Br .Dayana Mercedes Delgado Benavides, Br. Cristhian Javier Juárez Berrios y Br. Adamarling Yubelka Olivas Saavedra para optar al grado de Ingeniero Acuícola por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, ha sido realizada bajo su dirección y que hallándose concluida Autorizamos su presentación para que pueda ser juzgada por el tribunal correspondiente.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, firmamos el presente en León, a los 05 del mes de noviembre del 2021.

Índice.

I	Resumen	3
II	Carta de autorización del tutor	4
III	Dedicatoria	7
IV	Agradecimiento.....	10
I	INTRODUCCION.....	1
II	OBJETIVOS	4
2.1	Objetivo General	4
2.2	Objetivos específicos	4
III	Literatura revisada.....	5
3.1	Clasificación taxonómica de <i>Oreochromis niloticus</i>	5
3.2	Morfología Externa.....	5
3.3	Ciclo de vida de la tilapia <i>Oreochromis niloticus</i>	6
3.4	Fisiología reproductiva de la <i>Oreochromis niloticus</i>	8
3.4.1	Caracteres sexuales.....	8
3.5	Reproducción de la tilapia <i>Oreochromis niloticus</i>	10
3.5.1	Incubación natural.	10
3.5.2	Ventajas de la incubación natural.	13
3.5.3	Desventajas de la incubación natural.	14
3.6	Incubación Artificial.	14
3.6.1	Ventajas de la incubación artificial.	16
3.6.2	Desventajas de la incubación artificial.	18
3.7	Eclosión de Huevos.	18
3.8	Viabilidad de los huevos.....	19
	Características de huevos en buen estado y de los huevos defectuosos.....	19
3.8.1	Color de los huevos.....	19

3.8.2	Calidad de los huevos.	20
3.9	Parámetros físico-químicos.....	20
3.9.1	Oxígeno disuelto.....	20
3.9.2	Temperatura.....	20
3.9.3	pH.....	21
IV	Diseño metodológico.	22
V	Resultados y discusión.....	27
VI	Conclusion.....	¡Error! Marcador no definido.
VII	Recomendaciones.....	36
VIII	Referencias Bibliográficas.	37
IX	Anexos	43

Índice de figuras.

Figura 1.	Morfología externa de la tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> (Morales, 2003) ...	6
Figura 2.	Ciclo de vida de la tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> (Cantor, 2007)	7
Figura 3.	Papilas genitales de tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> . (Saavedra, 2006).....	9

Índice de gráficos.

Grafica 1.	Comparación del parámetro oxígeno disuelto en procesos de incubación natural vs incubación artificial.	27
Grafica 2.	Comparación del comportamiento de la temperatura en procesos de incubación natural vs artificial	29
Grafica 3.	pH presentados en ambos procesos de incubación durante el experimento.	31
Grafica 4.	Conteo de huevos y alevines en el sistema de incubación natural vs artificial.	32
Grafica 5.	Sobrevivencia del proceso de incubación natural vs artificial.	34

III Dedicatoria.

Primeramente, a Dios por haberme dado vida, salud, sabiduría y por permitirme culminar esta etapa de mi educación y darme la oportunidad de alcanzar una de mis metas.

A mis padres Karla Patricia Benavides Reyes y Carlos Porfirio Delgado Rostran por apoyo incondicional, por motivarme a cumplir mis metas, por la confianza que me han brindado, por sus consejos, regaños, gracias por todo son los mejores padres.

A mis abuelos maternos Anastasio Benavides Ramírez y Amparo Reyes Áreas, por estar conmigo en cada uno de mis momentos más difíciles por alentarme a seguir adelante, los quiero mucho son como mis segundos padres.

A mis amigos, conocidos y demás familiares, en especial a mis compañeros de tesis por compartir esta experiencia conmigo, a mi amiga y compañera Adamarling Olivas por compartir esta experiencia conmigo y su amistad en estos años, a mi amigo Sergio García por su amistad y apoyo incondicional.

Br. Dayana Mercedes Delgado
Benavides.

Dedicatoria

Dedico con gran amor esta tesis a los seres que compartieron conmigo esta nueva experiencia maravillosa y ser parte de mi meta.

A Dios, por ser el forjador de mi camino, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo, por ser quien me dotaba de la sabiduría necesaria para la adquisición de mis conocimientos que me ayudaran en mi vida profesional.

A mi madre, Melania del Rosario Berrios Loáisiga, por ser el pilar fundamental y apoyo en mi formación académica, la que me ha dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño. Por ser la persona que creyó en mí desde el inicio de esta meta, por sus consejos y palabras de motivación.

Br. Cristian Javier Juárez Berrios.

Dedicatoria

A Dios, primeramente, por siempre estar en mi camino, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes y sobre todo felicidad.

A mis padres Alejandra Anastasia Saavedra Mejía y Freddy Marcelino Olivas Duarte por todos sus esfuerzos y sacrificios para llegar a este punto de mi vida, por ser los motores por quienes quiero llegar al final del camino, por apoyarme en cada momento por sus consejos y valores, los cuales me han permitido ser una persona de bien pero más que nada por el gran ejemplo de perseverancia constante que día tras día han inculcado en mí.

Por mis hermanas María Esther Saavedra y Cristhel Saavedra porque se han apropiado de mi futuro, como una meta de ellas con sus apoyos y respaldos siempre constante e incondicional.

A mi compañera y amiga de tesis Dayana Delgado por todas las experiencias y logros que hemos logrado juntas, son muchas las personas especiales a las cuales me gustaría agradecer por su apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida, sin embargo, quiero decirles gracias por ser parte de mi vida y por todas sus bendiciones.

Br. Adamarling Yubelka Olivas
Saavedra.

IV **Agradecimiento**

Al culminar una etapa maravillosa de nuestras vidas queremos extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible esta meta, aquellos que junto a nosotros caminaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza.

Agradecemos primeramente a **Dios** por brindarnos la sabiduría necesaria para comprender cada conocimiento nuevo y culminar con éxitos nuestros estudios universitarios, por ser el ser que día a día nos permitía despertar con bien y luchar por nuestros sueños.

A nuestros **padres** por su apoyo incondicional en esta nueva etapa de nuestras vidas, por los consejos brindados, por los valores inculcados, por ser las personas que nos motivaron a salir adelante y nos proporcionaron los recursos necesarios para el éxito de esta meta.

A nuestros **maestros**, que a lo largo de estos años de estudios nos transmitieron los conocimientos necesarios para forjarnos como personas capaces de enfrentar cualquier situación que se nos presenta en la vida laboral, por su paciencia y ardua labor en el proceso de su enseñanza. En especial al maestro Ing. Silvio Lara quien fue nuestro mentor durante la realización de nuestro trabajo investigativo.

¡A todos muchas gracias!

I INTRODUCCION.

La tilapia es una especie oriunda de África. Actualmente es el pez más importante en la piscicultura de Centro América y el segundo más importante en Latino América. Existen muchas especies nativas, pero ninguno de los peces locales conocido hasta ahora, reúne e iguala las características y bondades de la tilapia para su cultivo en la región. (Meyer & Treminio, 2007).

Los peces denominados tilapia del género (*Oreochromis niloticus*) exhiben ciertas características biológicas de interés para su cría, tales como rápido crecimiento, resistencia a enfermedades y a condiciones adversas, buena conversión alimenticia, alta fecundidad y maduración gonadal temprana. Adicionalmente, las hembras en cautiverio desovan durante todo el año; actividad que experimenta importantes fluctuaciones; y presentan cuidado parental, lo cual significa que las madres incuban bucalmente los huevos fecundados, e incluso protegen en la boca a las larvas durante los primeros estadios de vida. (Perdomo, 2017)

En las unidades piscícolas, la eficiencia reproductiva es de gran importancia para maximizar la producción de peces comerciales y la rentabilidad de los sistemas de producción. El incremento de la tasa de desove en los reproductores, garantizaría mayor oferta de alevines y ejemplares de talla comercial. Sin embargo, en estas especies existen numerosos factores que afectan su eficiencia reproductiva o causan desoves no sincronizados, lo cual afecta la producción comercial de huevos, causa variaciones en el tamaño de los mismos y canibalismo entre larvas. (Perdomo, 2017)

Es por ello que se han establecidos sistemas de incubación artificial de huevos de tilapia los cuales pueden almacenar, según el estado de desarrollo embrionario, al menos tres tipos de semilla (huevos y larvas) 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 (fase 1). 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 (fase 2); y la tercera, cuando se ha completado la eclosión, ha ocurrido

la absorción parcial o total del saco vitelino y las larvas nadan libremente (fase 3). (Aquatic, 2017)

La fase de larva puede presentar dificultad para su recolección, así como una baja cantidad de ellas sexualmente indiferenciadas, que podría limitar el proceso de reversión sexual al que son sometidas para evitar la proliferación masiva de alevines no deseados, y que aumentaría la competencia por el alimento, el espacio e incrementaría el canibalismo reduciendo la producción de semilla. La práctica de remover los huevos y las larvas, aún con saco vitelino, de la cavidad bucal de las hembras para continuar la incubación artificialmente, resulta en una mejora de la productividad del cultivo. (Aquatic, 2017)

En Nicaragua, la reproducción de tilapias se realiza en estanques al aire libre o en sistemas de tanques de concreto, generalmente con la utilización de una o dos variedades de reproductores. Los reproductores se suelen manejarse bajo diferentes proporciones sexuales, con diferentes criterios estándar en los pesos y períodos de desove. Dándose mayormente la incubación natural en los ciclos productivos, aunque estos conllevan problemas de aumento en la población de semillas de alevines.

Los sistemas de estanques exhiben mayor dificultad al momento de recolectar las semillas en los diferentes estadios de desarrollo, aunque los reproductores experimentan un comportamiento más natural construyendo sus nidos para desovar dentro de estos recintos, condición que puede provocar una proliferación masiva de larvas; particularmente cuando las hembras exhiben una maduración temprana. (FAO, 2009)

En tal sentido, se estableció como objetivo del presente estudio la Comparación del porcentaje de eclosión de huevos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en

dos sistemas de incubación natural vs artificial, en el Área Experimental Acuícola, en el departamento de León Nicaragua.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Comparar los porcentajes de eclosión y sobrevivencia de huevos y larvas de reproductores de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en dos sistemas de incubación bucal vs artificial.

2.2 Objetivos específicos

- Calcular el porcentaje de sobrevivencia en huevos, y larvas en ambos sistemas.
- Determinar la eficiencia de eclosión de huevos y larvas en los sistemas de incubación.
- Monitorear los parámetros físico-químicos (Oxígeno, temperatura, pH) en la incubación natural e incubación artificial.

III Literatura revisada.

3.1 Clasificación taxonómica de *Oreochromis niloticus*.

Phyllum Vertebrata

Subphyllum Craneata

Serie Piscis

Clase Teleostomi

Sub clase Actinopterygii

Orden Peciformes

Sub orden percoide

Género *Oreochromis*

Familia Cichlidae

Especie *O. niloticus*

(Saavedra, 2006)

3.2 Morfología Externa.

Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido y discoidal raramente alargado. La boca es protráctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos, las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. (Saavedra, 2006)

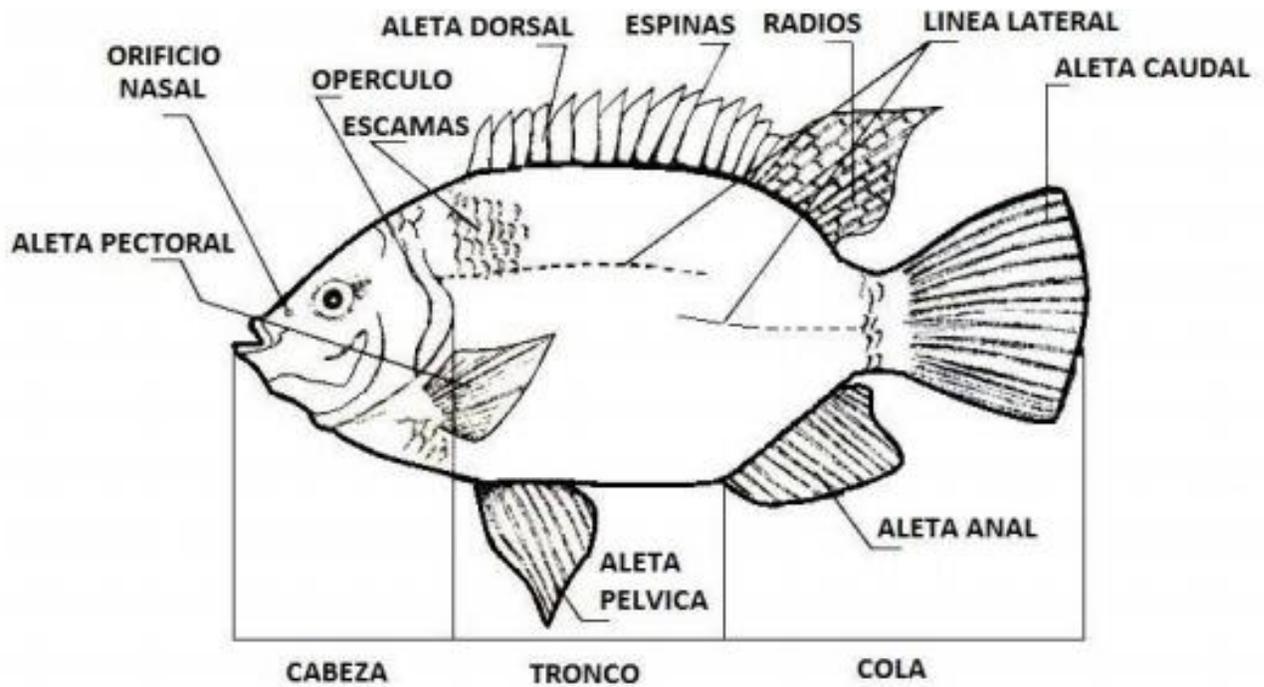


Figura 1. Morfología externa de la tilapia *Oreochromis niloticus* (Morales, 2003)

Para su locomoción poseen aletas pares e impares. Las aletas pares las constituyen las pectorales y las ventrales; las impares están constituidas por las aletas dorsales, la caudal y la anal. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta, consta de varias espinas y la parte terminal de radios suaves, disponiendo sus aletas dorsales en forma de cresta. La aleta caudal es redonda, trunca y raramente cortada, como en todos los peces, esta aleta le sirve para mantener el equilibrio del cuerpo durante la natación y al lanzarse en el agua. (Saavedra, 2006)

3.3 Ciclo de vida de la tilapia *Oreochromis niloticus*.

En estanques cuando las condiciones son adecuadas la tilapia alcanza su madurez sexual a partir de los 3 meses de edad visualizándose 5 etapas básicas que son el desarrollo embrionario. (Manzanares, 2011)

Huevos: generalmente son de color amarillo claro, no translucido, de un diámetro de aproximadamente 2 mm a 3 mm de forma ovoide; normalmente dura de 3 a 5 días dependiendo de la temperatura, hasta la eclosión.

Alevín: etapa el desarrollo subsecuente al embrión y a la eclosión, dura alrededor de 3 a 5 días; en esta fase, el alevín se caracteriza porque presenta un tamaño de 0.5 a 1 cm y posee un saco vitelino en el vientre que es de donde se alimenta los primeros días de nacido. (Manzanares, 2011)

Cría: cuando los peces han absorbido el saco vitelino y comienzan a aceptar alimento balanceado, y han alcanzado una talla de 1 a 5 cm de longitud.

Juvenil: peces con una talla que varía entre 5 y 10 cm, la cual alcanzan a los 2 meses de edad y aceptan alimento balanceado para su crecimiento. En cuanto a las exigencias alimenticias estos se asemejan a los del adulto.

Adulto: este estadio se alcanza a partir de los 10 cm a 18 cm de longitud y pesos entre 70 g y 100 g, características que se obtienen a los tres meses y medio de edad. Los ejemplares adultos pueden llegar a alcanzar de 1k a 3 kg de peso vivo. Siendo el peso mínimo de siembra en machos de 150 g y 100g para el caso de las hembras. (Manzanares, 2011)



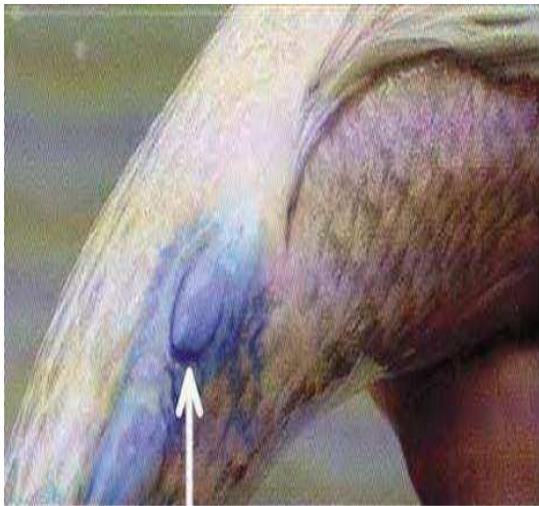
Figura 2. Ciclo de vida de la tilapia *Oreochromis niloticus* (Cantor, 2007)

3.4 Fisiología reproductiva de la *Oreochromis niloticus*.

3.4.1 Caracteres sexuales.

La diferenciación externa de los sexos se basa en que el macho presenta 2 orificios bajo el vientre que son el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra posee 3 que son el ano y poro genital y el orificio urinario. El ano está siempre bien visible; es un agujero redondo. El orificio urogenital del macho es un pequeño punto.

El orificio urinario de la hembra es microscópico, apenas visible a simple vista, mientras que el poro genital se encuentra en una hendidura perpendicular al eje del cuerpo. (Saavedra, 2006)



Macho



Hembra

Figura 3. Papilas genitales de tilapia *Oreochromis niloticus*. (Saavedra, 2006)

3.5 Reproducción de la tilapia *Oreochromis niloticus*.

Cada especie tiende a tener una reproducción diferente, a través de diferentes estrategias y mecanismos reproductivos. Por eso es importante tener en cuenta las funciones fisiológicas de los peces que en ocasiones tienden hacer afectadas negativamente algunas etapas de proceso reproductivo lo que hace necesario dirigirse (a la reproducción artificial que permitan proporcionar un número suficiente de semilla para sustentar un nivel de producción adecuado. (Rodriguez E. , 2012).

Una ventaja que ofrece la *Oreochromis niloticus* en la producción pesquera es la madurez sexual temprana sin embargo también presenta una desventaja sobre la tasa de crecimiento.

De tal manera que la elección de uno u otro método de reproducción depende en si en la biología reproductiva de la especie y las condiciones tanto locales, ambientales y las instalaciones disponibles. En el caso de la reproducción natural se colocan juntos hembras y machos en un área de cría, por ejemplo, un pequeño estanque o zona cerrada, donde se reproducen en forma natural por ejemplo este método se utiliza para producción a bajos costos de la tilapia. (Rodriguez E. , 2012)

En lo que concierne a la reproducción artificial se les administra a las hembras una o más inyecciones de producción de químicos que regulan la maduración final de los huevos latentes en los ovarios. Los huevos se extraen de las hembras tan pronto como maduran normalmente también se inyectan los machos. Los huevos se fertilizan artificialmente utilizando esperma obtenido de los machos y se incuban en condiciones control. (Rodriguez E. , 2012)

3.5.1 Incubación natural.

La reproducción natural de la tilapia ocurre de dos diferentes maneras de acuerdo con la especie. En *Oreochromis niloticus*, el macho fertiliza los huevos depositados por la hembra en el suelo y luego ésta los recoge y los incuba en su boca hasta que eclosionan. (Cantor, 2007).

En el caso de la reproducción natural se colocan juntos machos y hembras en un área de cría, por ejemplo, un pequeño estanque o zona cerrada, donde se reproducen en forma natural. Este método se utiliza, por ejemplo, para la producción a bajo costo de tilapias.

Como es una especie muy prolífera, a edad temprana y tamaño pequeño. Se reproduce entre 20 - 25 °C (trópico). El huevo de mayor tamaño es más eficiente para la eclosión y fecundidad. La madurez sexual se da a los 2 ó 3 meses. En áreas subtropicales la temperatura de reproducción es un poco menor de 20 - 23 °C. La luz también influye en la reproducción, el aumento de la iluminación o disminución de 8 horas dificultan la reproducción. (Cantor, 2007)

Tiene 7 etapas de desarrollo embrionario, después del desove completa 4 etapas. El tamaño del huevo indica cuál será el tamaño a elegir para obtener el mejor tamaño de alevín. A continuación, se describe la secuencia de eventos característicos del comportamiento reproductivo (apareamiento) de *Oreochromis niloticus* en cautiverio:

- Después de 3 a 4 días de sembrados los reproductores se acostumbran a los alrededores.
- En el fondo del estanque el macho delimita y defiende un territorio, limpiando un área circular de 20 a 30 cm de diámetro formando su nido. En estanques con fondos de tierra el nido es excavado con la boca y tiene una profundidad de 5 a 8 cm.
- La hembra es atraída hacia el nido en donde es cortejada por el macho.
- La hembra deposita sus huevos en el nido para que inmediatamente después sean fertilizados por el macho.
- La hembra recoge a los huevos fertilizados con su boca y se aleja del nido. El macho continúa cuidando el nido y atrayendo otras hembras con que aparearse. Para completarse el cortejo y desove requieren de menos de un día.

- Antes de la eclosión los huevos son incubados de 3 a 5 días dentro de la boca de la hembra. Las hembras no se alimentan durante los periodos de incubación y cuidado de las larvas.
- Las larvas jóvenes (con saco vitelino) permanecen con su madre por un periodo adicional de 5 a 7 días, escondiéndose en su boca cuando el peligro acecha.
- La hembra estará lista para aparearse de nuevo aproximadamente una semana después de que ella deja de cuidar a sus hijos. Después de dejar a sus madres los pececillos forman grupos (bancos) que pueden ser fácilmente capturados con redes de pequeña abertura (ojo) de malla. Bancos grandes de pececillos pueden ser vistos de 13 a 18 días después de la siembra de los reproductores. (FAO, s.f)

La incubación natural implica los siguientes aspectos o pasos:

1. La hembra incuba los huevos en su boca.
2. El rango óptimo de temperatura es de 25 a 29 grados centígrados.
3. Puede desovar 3 veces al año produciendo de 750 a 6000 huevos al año.
4. Los huevos eclosionan entre los 3 y 5 días; la hembra cuida las larvas de 8 a 10 días después de la eclosión. (FAO, 2009)

3.5.2 Ventajas de la incubación natural.

La principal ventaja que se tiene al tener los organismos en cautiverio para incentivarlos a la producción de manera natural es, que no se requiere mucho manejo sobre el organismo y la mano de obra es baja, en comparación con la incubación artificial que

se aplica el método del destete, en este sistema es muy diferente ya que se deja a la hembra que siga su ciclo natural de incubarlos en su boca y por lo tanto no se estresara mucho como en la incubación artificial debido a la manipulación exagerada sobre la tilapia.

El sistema de incubación natural es muy efectivo para producir huevos de tilapia a bajo costo ya que no se requiere de instalaciones costosas como en la incubación artificial que se necesita de la compra o realización de una incubadora lo cual necesita de un flujo constante de agua, lo que tiende a gastar mucha energía eléctrica.

3.5.3 Desventajas de la incubación natural.

Una de las principales desventajas de la incubación natural es que no se tiene el suficiente control sobre los huevos al momento de la incubación ni se tiene el control para saber su edad y talla, ya que al estar en la boca de la tilapia y después que ellas dejan a la mama forman cardúmenes en donde se encuentran crías de diferentes edades y tamaño y por ende se hace difícil la realización del proceso de la reversión sexual al no conocer su edad exacta. (Suresh, 2017)

Otro aspecto negativo de este tipo de incubación es que se logra una sobrevivencia muy baja que se estima abajo del 50% lo cual no es recomendable y esto se da debido al canibalismo que sufren las crías al momento de dejar la boca de su madre, que a veces son hasta devorados por su propia madre al no encontrar alimento en el tanque,

por lo que ella en todo el tiempo de incubación no ingiere alimento debido, por mantener sus huevos en su boca. (Suresh, 2017)

3.6 Incubación Artificial.

El sistema de incubación artificial de huevos de tilapia, es muy efectivo para producir una alta calidad de alevinos. En la Incubación Artificial Se capturan las hembras que tienen la boca inflada (por la presencia de huevos), para extraerles los huevos en una tina redonda, con agua limpia, la que se cambia por semana. (Palacio S. , 2017)

Cuando se diseña un sistema de incubación debemos tomar en consideración que se disponga del volumen de agua necesaria para mantener el flujo de las incubadoras. Algo que es de suma importancia es evaluar el comportamiento de la temperatura del agua en cada mes, en veinticuatro horas, obteniéndose la isoterma del mes y así decidir si es posible el proceso de incubación, el agua que se le toma la temperatura

es la que se va a utilizar durante la incubación, ya que en dependencias de la fuente que se utilice pueden cambiar los valores de temperatura.

El agua que se debe utilizar es de pozo por poseer menor carga biológica de organismos patógenos. Para mejorar la calidad de la misma se necesitaría de un filtro de arena o gravilla, y mantener una buena circulación constante de agua, para así lograr una óptima incubación de estos embriones.

Para la construcción de las incubadoras se pueden utilizar un envase el cual debe ser cónico con una entrada de agua y una salida de la misma, permitiendo esto, que los huevos eclosionen; siempre hay que tener en cuenta el flujo de agua, considerando que para que ocurra este proceso de eclosión los huevecillos deben mantenerse en recirculación aproximadamente hasta la mediación del recipiente sin llegar a la salida del agua. El flujo depende de esta condición y del número de huevos incubados. (Palacio S. , 2017)

3.6.1 Ventajas de la incubación artificial.

La principal ventaja de la incubación artificial es el control individual que se tiene sobre los lotes de huevos recolectados de cada hembra. Es decir, cada ovoposición de una hembra puede ser incubada separadamente del resto de los huevos. (Prieto, 2002).

El sistema de incubación artificial de huevos de Tilapia es muy efectivo para producir una alta calidad de alevinos con un mínimo grado de manipulación, control sobre las condiciones físico-químicas del agua de incubación, mejor monitoreo de los reproductores en términos de producción de huevos y alevinos, así como el aprovechamiento del 100% de las larvas sexualmente indiferenciadas para someter a tratamientos hormonales de reversión sexual, con resultados por encima del 99%.

Al poder incubar embriones de la misma edad, o con diferencia de edades muy cercanas, se obtienen poblaciones con diferencias de tamaño mínimas lo que evita problemas de canibalismo, además la técnica de incubación artificial permite un programa de selección eficiente por familias, y así se evita la disminución de la introgresión genética. (Prieto, 2002).

3.6.2 Desventajas de la incubación artificial.

Una de las desventajas del sistema es la demanda de tiempo. También necesita que los reproductores sean manejados periódicamente y esto se traduce en un aumento de mano de obra. Adicionalmente, se requiere de una infraestructura adecuada para el montaje del sistema de incubación y larvicultura que mantenga las condiciones de agua óptimas para obtener mejores resultados, esto aumenta los costos de producción. (Palacio S. , 2017) .

Está muy bien establecido que el destete, la práctica de retirar los huevos y larvas recién eclosionadas de la boca de los reproductores de *Oreochromis spp.*, dan como resultado el aumento de la producción de semilla. Incubadoras de 20 litros de capacidad, pueden ser usadas para incubar hasta 80.000 huevos con gran eficiencia en la utilización de agua.

Los rangos de temperatura aconsejados en la etapa de incubación están entre 24-32°C, con un óptimo de 28-29°C; si se mantienen estas temperaturas constantes se pueden lograr supervivencias cercanas al 80% en aproximadamente 96 horas. (Palacio S. , 2017).

3.7 Eclosión de Huevos.

La hembra deposita sus huevos en el nido para que inmediatamente después sean fertilizados por el macho. La hembra recoge a los huevos fertilizados con su boca y se aleja del nido. El macho continúa cuidando el nido y atrayendo otras hembras con que aparearse. Para completarse el cortejo y desove requieren de menos de un día. (SINAGRO S.A, 2008).

Antes de la eclosión los huevos son incubados de 3 a 5 días dentro de la boca de la hembra. Las hembras no se alimentan durante los períodos de incubación y cuidado de las larvas. Las larvas jóvenes (con saco vitelino) permanecen con su madre por un periodo adicional de 5 a 7 días, escondiéndose en su boca cuando el peligro acecha.

La hembra estará lista para aparearse de nuevo aproximadamente una semana después de que ella deja de cuidar a sus hijos. Después de dejar a sus madres los pececillos forman grupos (bancos) que pueden ser fácilmente capturados con redes de pequeña abertura (ojo) de malla. Bancos grandes de pececillos pueden ser vistos de 13 a 18 días después de la siembra de los reproductores. (SINAGRO S.A, 2008)

3.8 Viabilidad de los huevos.

El proceso de retirar los huevos de la cavidad bucal de la hembra, conlleva a producción de semilla más rápida; las hembras reducen el tiempo de descanso para volver a reproducirse. (Prieto, 2002).

La calidad del agua es importante para obtener buenos resultados durante la incubación, esta debe someterse a un proceso de filtración a través de filtros de gravilla o de arena, o un esterilizador de rayos UV con posterior recirculación del agua, para mantener las condiciones constantes. Después de la eclosión, las larvas emergen a la superficie y van abandonando las incubadoras para caer atrapadas en bandejas de poca profundidad que pueden ser utilizadas para mantenerlas hasta por 20 días, una vez nadan horizontalmente y comen activamente se trasladan a unidades más grandes como estanques o jaulas.

Es importante aprender a distinguir los huevos en mal estado o defectuosos, de los sanos, de ser posible, se deben separar y retirar los huevos muertos, ya que pueden llegar a convertirse en una fuente de infección micótica y bacterial para los huevos vivos. (Rodriguez E. , 2013).

Características de huevos en buen estado y de los huevos defectuosos.

3.8.1 Color de los huevos.

Al momento de la fertilización de los huevos, el macho deposita el esperma sobre los huevos puestos por la hembra, por lo cual no se garantiza un 100% de fertilización, dado esto existen huevecillos que serán fértiles y otros que no. El color característico de los huevos fertilizados es de color naranja y el de los huevos infértiles es de color blanco. (Nassar, 2010).

3.8.2 Calidad de los huevos.

Las hembras que están entre 150 y 300 g desovan aproximadamente de 800- 1600 huevos; cuando son fertilizados, la hembra los recoge en su cavidad bucal y los mantiene durante el desarrollo embrionario, abandonando el nido finalmente. El macho

está en capacidad de iniciar de nuevo el apareamiento con otra hembra; mientras que la hembra estará apta para reproducirse de nuevo 15 o 20 días después de llevar a cabo la incubación bucal. (Rodríguez E. , 2013)

3.9 Parámetros físico-químicos.

3.9.1 Oxígeno disuelto.

Es un gas que proviene de la mezcla del agua con el aire, ocasionada por el viento o en la mayoría de los casos, principalmente del oxígeno que liberan las plantas acuáticas en su proceso de fotosíntesis. La solubilidad del oxígeno como la de cualquier otro gas en el agua depende de la presión atmosférica imperante en cada sitio, de la temperatura medio del cuerpo de agua y de su contenido de sales disueltas (Cantor, 2007)

El valor óptimo para la reproducción de tilapia está por encima de los 4 mg/L. (Lopez & Cruz, 2011)

3.9.2 Temperatura.

La temperatura es una magnitud que refleja el nivel térmico de un cuerpo (su capacidad de ceder energía calorífica) y el calor es la energía que pierde o gana en ciertos procesos (es un flujo de energía entre dos cuerpos que están en diferentes temperaturas) (Herrera, 2012) .

El rango óptimo de temperatura del agua para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28 y 32 ° C, en condiciones controladas, la tasa reproductiva más óptima es entre 27 y 30 °C, siendo fiable a temperaturas levemente inferiores. Por el contrario, a temperaturas debajo de los 20 °C, toda actividad reproductiva queda suspendida. (Hsien-T & quintanilla, 2008)

3.9.3 pH.

Se define como el logaritmo de concentración de iones de hidrogeno (H⁺): $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$. El pH indica cuan acida o básica es el agua. De una manera más práctica, el agua con un pH de 7 no se considera y acida ni básica sino neutra. Cuando el pH es (Lopez & Cruz, 2011) inferior a 7 el agua es acida y cuando el pH es superior a 7 el agua es básica. (López & cruz, 2011).

Para la reproducción se recomienda tener el pH entre 7-8.

IV Diseño metodológico.

Tipo de estudio: La presente investigación es de enfoque cuantitativo experimental.

Localización: La parte experimental de la investigación se realizó en la estación experimental acuícola de la Escuela Ciencias Agrarias y Veterinaria de la UNAN-León, ubicada en la entrada carretera a la Ceiba 1 km ½ al este, León-Nicaragua.

Unidad de análisis.

En este trabajo se definieron dos fases, F1: Elaboración de un sistema de incubación artificial de huevos de tilapia *Oreochromis niloticus* y F2: Comparación del sistema de incubación artificial Vs la incubación bucal.

Tipo de cultivo.

Se realizó el estudio con un cultivo semi-intensivo de *Oreochromis niloticus*, introducidos en una tina con capacidad de 1 tonelada que equivale a 1,200 litros de agua, fueron utilizadas en la incubación bucal e incubación artificial. Se utilizaron 8 organismos (6 hembras y 2 machos) reproductores seleccionados con pesos entre 200-300 gramos.

Análisis y duración del experimento.

En la tina de 1 tonelada de agua se colocaron a los 8 organismo de estudios (6 hembras y 2 machos) después de introducirlas se les estuvo revisando diariamente para ver si las hembras ya estaban incubando los huevos en sus bocas, si este era el caso los machos eran retirados.

Las hembras seleccionadas se les extrajeron de la cavidad bucal los huevos de forma manual y posteriormente fueron desinfectados con sustancia yodada y trasladados a la incubadora artificial. En donde pasaron aproximadamente de 5 a 7 días para su eclosión.

Otras variables dependientes a evaluar.

Se registraron los valores de pH, temperatura y oxígeno disuelto durante todo el proceso de desove, incubación y eclosión de los huevos de tilapia, 2 veces al día siendo estas (8am y 3 pm), durante 4 semanas que es el tiempo establecido para la realización del experimento.

Manejo de los datos

Todos los datos obtenidos y anotaciones de relevancia durante el experimento se registrarán en una bitácora de campo y una hoja de datos de Excel del paquete ofimático Microsoft office 2013.

Fase experimental.

Selección de los reproductores.

Según Toledo (2005), es importante que a la hora de seleccionar los reproductores para la incubación utilicemos la edad, no el tamaño, como criterio de selección de reproductores. Si se utiliza el tamaño como criterio, es probable que se seleccionen inadvertidamente individuos de crecimiento lento como reproductores y eventualmente induzcan una reducción de crecimiento en la población resultante de la semilla obtenida.

Después del acondicionamiento, los reproductores hembra deben ser chequeadas de acuerdo a su preparación para el desove, a través del examen visual de sus características morfológicas. Las hembras se categorizan de acuerdo a sus condiciones de maduración sexual en uno de los siguientes grupos:

- Lista para desove (L.D)
- Abultada (A)
- No lista para desove (NLD)
- Desovada (D).

Traslado de organismo a las unidades experimentales.

Los organismos fueron capturados con una atarraya y trasladados en recipientes plásticos para su posterior sexado y pesaje dentro de la misma estación experimental, hasta las unidades experimentales que se utilizarán en el estudio, y depositados suavemente en la columna de agua.

Siembra de Reproductores.

El sistema de siembra que se utilizó fue semi-intensivo con reproductores de tilapia de la especie *Oreochromis niloticus* con un peso individual aproximado de 200- 300 gr, con un total de 8 organismos, los cuales se distribuyeron en una proporción de 1:3, es decir 1 macho por 3 hembras, siendo un total de 6 hembras y dos machos. Posteriormente todos los peces se aclimataron al momento de la siembra para evitar estrés y mortalidades.

Colecta de huevos.

A partir de los 3 o 5 días de ser sembradas se capturaron y con precaución se separaron a las hembras y se extrajeron los huevos de la boca, para proceder a la incubación en los respectivos sistemas.

El conteo de los huevos se realizó por medio del método de chorro de agua con una jeringa de 10cc, este método consistió en extraer los huevos de la boca de la hembra por medio de un leve chorro de agua aplicado directamente a la boca de la hembra y de esta manera se sacaron los huevos para contarlos manualmente y luego fueron recibidos en tinas de plástico teniendo cuidado que no se expusieran a la luz solar siendo trasladados a la incubadora donde se mantuvieron hasta el momento de su eclosión.

Fase de incubación.

Una vez revisadas las hembras sus huevos fecundados eran retirados de la cavidad bucal, para el caso de la incubación artificial los huevos de las especies de *Oreochromis* se incubaron en recipientes con fondo redondeado o cónico, lo cual permitió la continua rotación de los huevos, por ello se utilizó un balde plástico de 10 lts para la incubación.

Debido a su gran tamaño (1,4 – 2,2 mm), y peso (3,8 – 7,8 mg), tienden a caer rápidamente al fondo del recipiente por lo cual se mantuvo con un flujo de agua constante, simulando el movimiento de rotación que los huevos sufren en la boca de la hembra.

En el caso de la incubación natural se sacaron a los machos para que las hembras continuaran con su periodo de incubación bucal.

Sobrevivencia.

Número total de animales vivos según la fase experimental. Se calculó de acuerdo a la siguiente formula:

$$S = \left(\frac{Nf}{Ni} \right) * 100$$

S: sobrevivencia.

Ni: Número inicial.

Nf: Número final.

Citado por (Armas & Villaruel, 2009)

Número de huevas por hembra.

Es la cantidad de huevas obtenidas durante el procedimiento de extracción dividido por la cantidad de hembras evaluadas.

N° de huevas = $\frac{\text{N° de huevas extraídas}}{\text{N° de hembras}}$

Citado por (Armas & Villaruel, 2009).

Porcentaje de eclosión.

Se contaron manualmente las larvas eclosionadas.

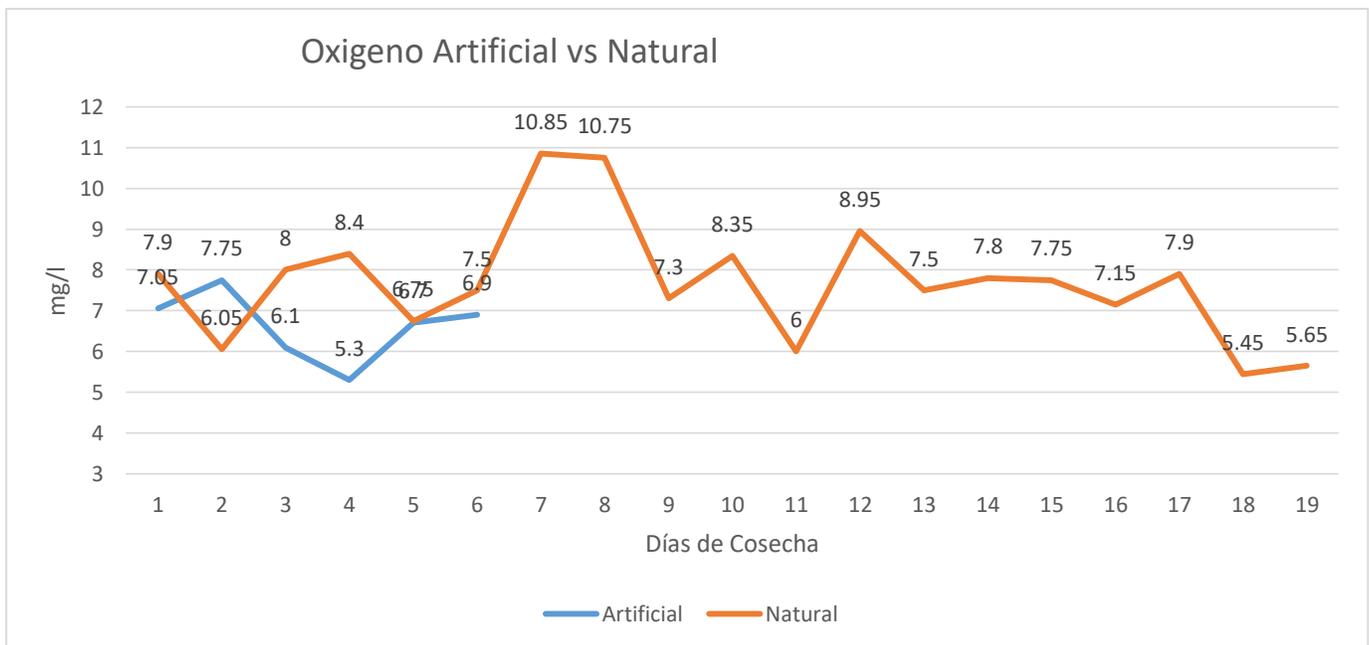
Elaboración de incubadora.

Se realizó la elaboración de una incubadora artesanal la cual estuvo diseñada de un balde plástico de 10 litros, barril de tambor de 200 litros de agua cortado a la mitad, pascón y manguerillas de $\frac{1}{4}$, estas constan de un flujo de agua en constante recirculación para proporcionar el oxígeno necesario a los huevos y para simular el continuo movimiento circular que les dan a los huevos las tilapias hembras dentro de su boca.

V Resultados y discusión.

Oxígeno Disuelto

Es un gas que proviene de la mezcla del agua con el aire, ocasionada por el viento o en la mayoría de los casos, principalmente del oxígeno que liberan las plantas acuáticas en su proceso de fotosíntesis.



Grafica 1. Comparación del parámetro oxígeno disuelto en procesos de incubación natural vs incubación artificial

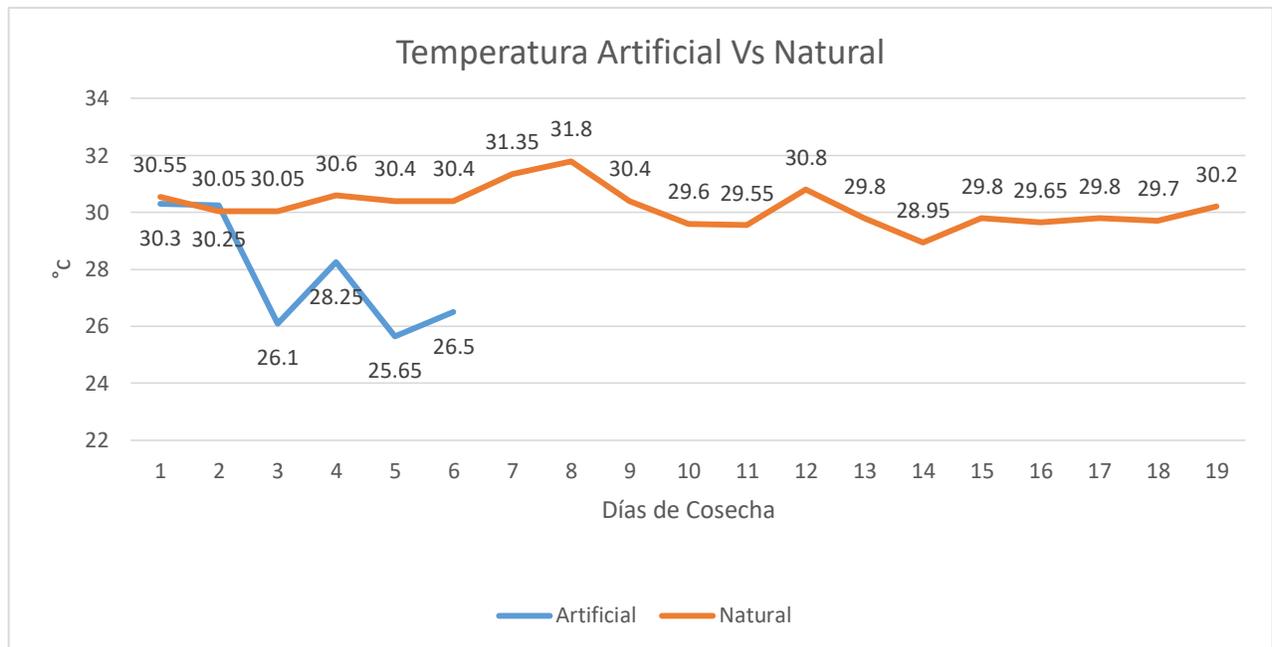
La grafica N°1 reflejan los valores de oxígeno disuelto del proceso de incubación natural obteniendo un valor mínimo de 5.45 mg/l y un valor máximo de 10.85 mg/l, en cambio en el proceso de incubación artificial el dato mínimo fue de 5.3mg/l mientras que el máximo fue de 7.75 mg/l.

Según Mayorga y Navas, (2015) valores mayores de 3.4 mg/l hace que las tilapias puedan desarrollarse adecuadamente en el cultivo y en la reproducción afirma (Hsien-T & quintanilla, 2008)

Por lo tanto, consolidamos que los valores de oxígeno disuelto estuvieron en intervalos aceptables los cuales no afectaron la reproducción debido a que nunca descendieron del valor mínimo.

Temperatura

La temperatura es una dimensión referida a las nociones comunes de calor o frio. Físicamente una magnitud a escala relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico.



Grafica 2. Comparación del comportamiento de la temperatura en procesos de incubación natural vs artificial

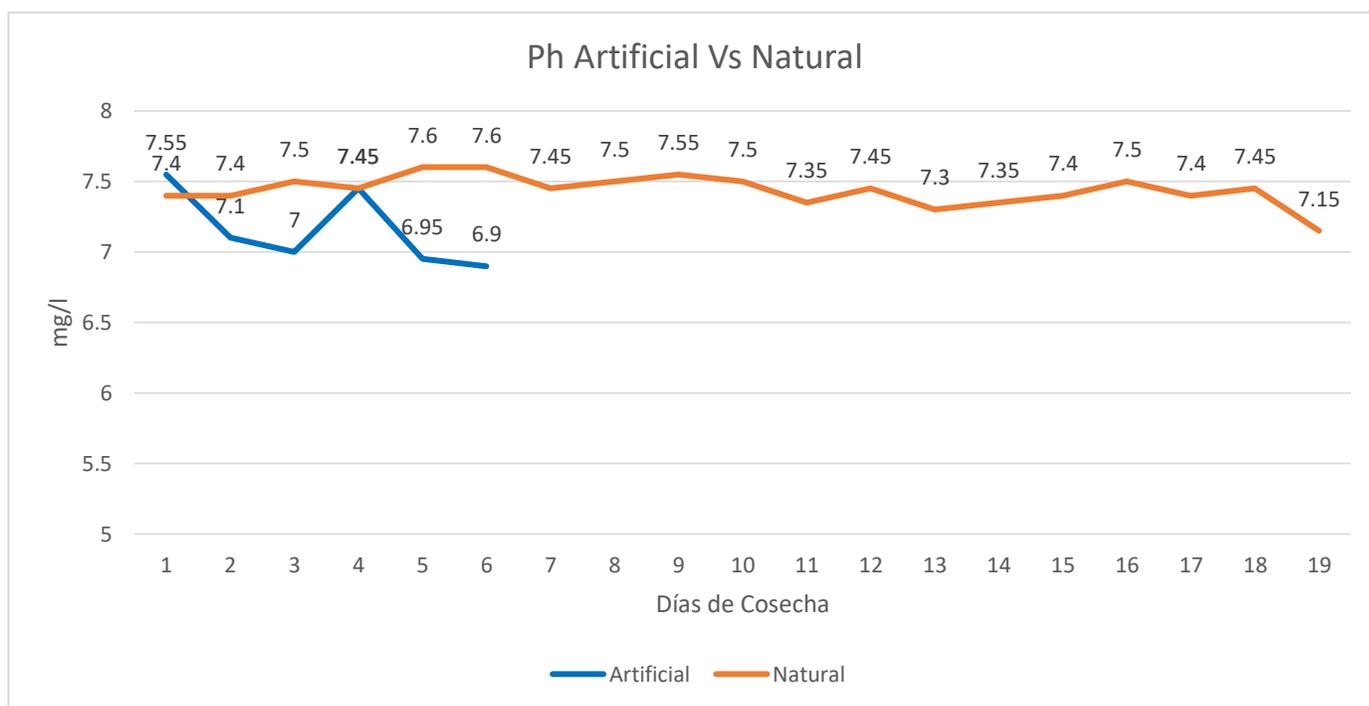
La temperatura mínima encontrada en el proceso de incubación natural fue de 28.95 °C y el valor máximo fue de 31.35 °C, mientras en la incubación artificial su dato mínimo fue 25.65 °C y su máximo de 30.25 °C, ver Grafica N° 2

Según (Hsien-T & quintanilla, 2008), la tasa reproductiva más óptima puede ocurrir si las temperaturas varían entre 27°C y 30°C; siendo el rango de 24 a 32 °C para la eclosión de huevos.

Por lo tanto, los valores de temperatura variaron en ambos procesos, pero poseen similitud, es por ellos que podemos decir que se encontraban en intervalos aceptables para la reproducción y eclosión de huevos.

pH

Es el logaritmo de la concentración de iones de hidrogeno.



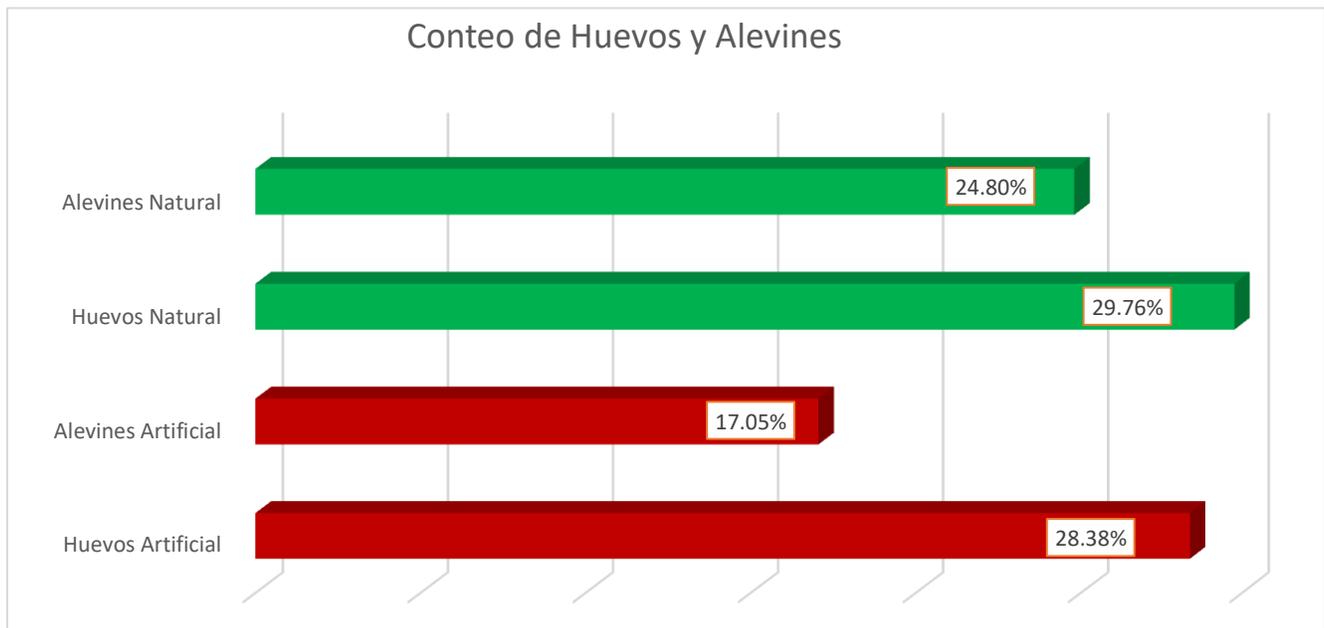
Grafica 3. pH presentados en ambos procesos de incubación durante el experimento.

El pH mínimo encontrado en el proceso de incubación natural fue de 7.3 y el valor máximo fue de 7.55, mientras que en el proceso de incubación artificial se observó que el dato mínimo fue de 6.9 y el máximo fue de 7.55. Ver Grafica 3.

Según (Armas & Villaruel, 2009). El valor óptimo para la reproducción se recomienda entre 7 a 8.

Por lo tanto; los resultados de los datos del pH de la incubación natural se encuentran dentro del rango aceptable ya que las variaciones tienen una similitud adecuada para la reproducción. En cambio, la incubación artificial sus valores establecidos varían y el valor mínimo obtenido está por debajo del rango de aceptación, siendo el pH uno de los parámetros de mayor importancia en el momento de la eclosión.

Comparación del conteo de huevos y alevines.



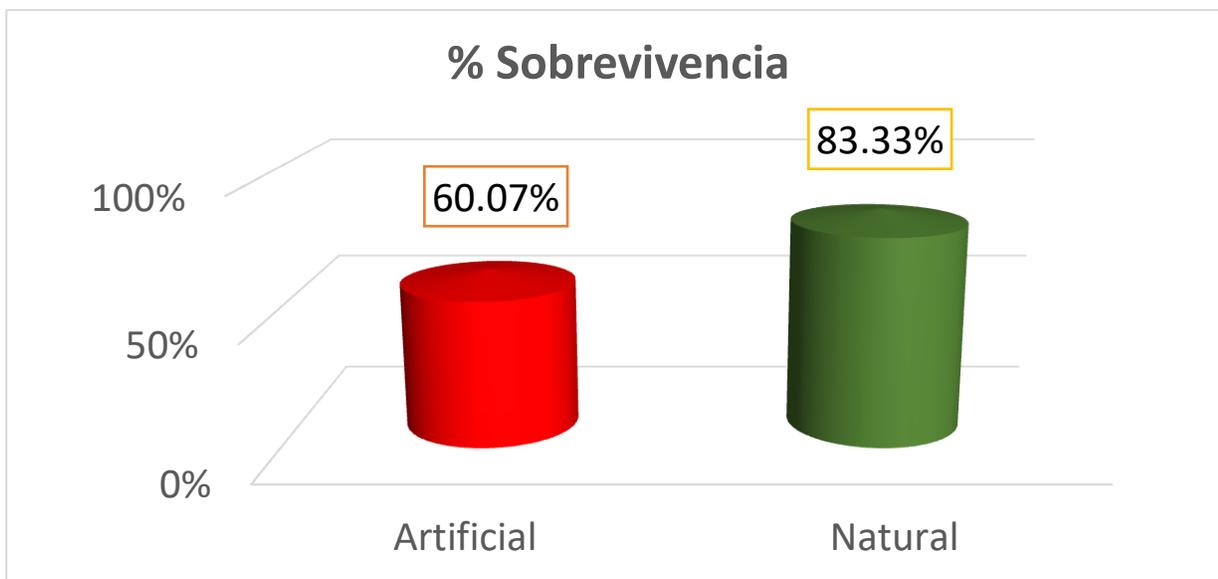
Grafica 4. Conteo de huevos y alevines en el sistema de incubación natural vs artificial.

La grafica N° 4 muestra el conteo de huevos y alevines, en el proceso de incubación natural se refleja el total de huevos que fue de 5106 de los cuales eclosionaron 4255 alevines, en cambio en la incubación artificial se observa que su total de huevo fue de 4869 del cual solo eclosionaron 2925 alevines.

Se realizó el conteo de huevos de manera separada a las hembras de dicho experimento, utilizando la técnica de conteo individual.

Sobrevivencia.

En la gráfica N° 5 se refleja la sobrevivencia de ambos sistemas de incubación en la natural se encuentra una sobrevivencia de 83.3% en cambio en la incubación artificial se observa una sobrevivencia de 60.07%.



Grafica 5. Sobrevivencia del proceso de incubación natural vs artificial.

Según (Acuarionte, 2007) , la incubación de los huevos se hace en incubadoras cónicas de flujo ascendente, entre 24 y 28°C, para eclosiones que pueden variar entre el 50 y el 100% de sobrevivencia.

Por ende, guiándonos por la literatura de Acuarionte podemos decir que la sobrevivencia de nuestro sistema artificial es aceptable.

VI Conclusión

Comparando ambos sistemas de incubación natural y artificial podemos deducir que el método con menos manipulación y cuidado es el primer método (natural) el cual es efectivo si se posee los recursos necesarios para su monitoreo, el segundo proceso requiere de mayor seguimiento y conocimiento en las etapas que se necesitan seguir para completarlo de la forma más correcta, teniendo en cuenta que se pueden implementar dispositivos (incubadoras artesanales).

Se obtuvo una cantidad de huevos eclosionados del 83.33% para el sistema de incubación natural y del 60.07% para el sistema de incubación artificial siendo su principal ventaja que acorta el tiempo que la hembra requiere para prepararse y aparear nuevamente con un macho en una reproducción subsiguiente, sin embargo un factor que limito este proceso a no lograr la productividad esperada fueron las variaciones de temperatura ya que existe una clara relación entre dicha temperatura y los índices de eclosión y calidad de los alevines.

En el monitoreo de los factores físico-químicos (Oxígeno Disuelto, Temperatura y pH), los valores de estos se mantuvieron en los rangos aceptables en ambos sistemas de incubación, el oxígeno disuelto oscilo de 5.3mg/l a 10.85mg/l, la temperatura fue de 25.65°C a 31.35°C y el pH de 6.9 a 7.55, por la tanto podemos decir que, aunque se registraron oscilaciones diferentes de los datos esta temperatura y oxígeno se mantuvieron en condiciones óptimas para la incubación, el pH en la incubación artificial bajo por mínimo del rango establecido en el quinto día.

VII Recomendaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos se generan las siguientes recomendaciones:

- ❖ Verificar las condiciones de incubación, para obtener un manejo y bioseguridad de los peces es fundamental, para disminuir los inconvenientes que conllevan a tener una buena calidad embrionaria de igual manera es de suma importancia trabajar con un equipo que ayude a facilitar la detección de algunos problemas y así poder determinar las medidas correctivas a implementar.
- ❖ Diseñar una propuesta de estudio que evidencie que el sistema de incubación artificial es rentable tanto a nivel económico, como productivo. Además de poderse implementar una base de información que garantice conocer el nivel de rentabilidad como también la eficiencia en la actividad productiva en el desarrollo óptimo de ovas en condiciones adecuadas.
- ❖ Se recomienda a la hora de diseñar la incubadora evitar la exposición de ovas a la iluminación ya que este es un factor que influye en la eclosión.
- ❖ Implementar el sistema de incubación en otras especies para conocer la fecundidad y ver como varia la producción de ovas, ya que se proporcionaría un material de estudio muy práctico que permitiría a la unidad acuícola crear tecnologías nuevas sobre el proceso de incubación que es muy delicado pero altamente rentable.

VIII Referencias Bibliográficas.

- Acuacultura Hoy. (2013). *Parámetros Físico Químicos*. Recuperado el 04 de Junio de 2019, de <http://consideraciones-acuicolas2.webnode.com.co/news/parametros-fisico-quimicos/>
- Acuariente. (13 de Septiembre de 2007). *incubacion artificial y reversion sexual de la tilapia*. Obtenido de <http://www.ensistemas.net/acuioriente/CadenaPiscicola.htm>.16
- Aquatic. (2017). *Ultimos avances en el manejo de reproductores de tilapia*. Puerta La Cruz, Venezuela. Recuperado el 02 de Junio de 2020, de <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art1005/tilapia.htm>
- Armas, J., & Villaruel, L. (2009). Efectividad de dos eclosionadores prototipo en la eclosion de ovas de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) y tilapia negra (*Oreochromis niloticus*). Recuperado el 20 de junio de 2014, de <http://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBoQFjAA&url=http%3A%2F%2Frepositorio.utn.edu>
- Botero e alt... (2011). Inmersión de ovas de tilapia roja (*Oreochromis spp*) en diferentes estadios de fertilización en una solución de 17 ametiltestosterona y la proporción fenotípica del sexo,. *revista colombiana de ciencias pecuarias*, 24(1). Recuperado el 10 de Septiembre de 2021, de <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295022380006.pdf>
- Cantor, F. (2007). Manual de reproducción de tilapia. puebla, Colombia . Recuperado el 09 de Septiembre de 2021, de <https://docplayer.es/35165080-Manual-de-produccion-de-tilapia.html>
- Castillo. (2011). *Tilapia Roja*. Valle - Colombia . Recuperado el 19 de junio de 2020, de <http://es.slideshare.net/ginosmit/tilapia-roja-2011>

- Díaz, M., & Alva, R. (2012). *Cultivo semi-intensivo de tilapia, Oreochromis niloticus, en estanque de concreto en el caserío Palo Blanco (Cascas, La Libertad-Perú)*. Perú. Recuperado el 02 de Junio de 2020, de www.facbio.unitru.edu.pe/index.php?option=com_docman
- Fao. (2005). *Vision general del sector acuicola. Nicaragua*. Recuperado el 19 de Junio de 2020, de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_nicaragua/es&ved=2ahUKEwjZmNGi8pXqAhV1SzABHdqhDQsQFjAAegQIAxAB&usg=AOvVaw3_g9ZU77sSMQORloRpPTY2
- FAO. (2009). *Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) [Cichlidae]*. Recuperado el 05 de Junio de 2020, de http://www.fao.org/tempref/FI/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletilapia.htm
- Fao. (2011). *Manual basico de sanidad piscicola. Paraguay*. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.fao.org/3/a-as830s.pdf&ved=2ahUKEwj6_sPt8ZXqAhW_QjABHdcXCP0QFjAAegQIBB AB&usg=AOvVaw31xodEIQPIgJrea56cv-Oh
- FAO. (s.f.). *La reproduccion de los peces*. Recuperado el 18 de Junio de 2020, de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s09.htm
- FAO. (s.f.). *Visión general del sector acuícola nacional. Nicaragua*. Recuperado el 02 de Julio de 2020, de http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_nicaragua/es

- Harvey, B. (1980). *Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces*. Centro internacional para el desarrollo, Ottawa- Canada. Recuperado el 19 de junio de 2020, de <http://mingaonline.uach.cl/pdf/amv/v40n2/art02.pdf>
- Herrera, C. (2012). *Folleto de calidad de agua*. Leon, Nicaragua. Recuperado el 04 de octubre de 2021
- Hurtado, N. (2008). Tilapia: La alternativa social y económica del tercer milenio. *Aquatic*, 23 y 24. Recuperado el 18 de junio de 2020, de http://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.revistaaquaticcom%2Fdocumentos%2Fdocs%2Fnh_tilapia3milenio.pdf&ei=r4SbU6_VHfTHsATt2YDABQ&usg=AFQjCNFL5c1ql2MKQrPU8xdqyhSb4YBMg&sig2=P0Ly_LLg_jh8pUowed5m.
- IDIAF. (2012). *Evaluacion comparativa de la incubacion artificial de huevos embrionados de tilpia roja (Oreochromis sp.) y nilotica (Oreochromis niloticus), en comparacion con la reproduccion natural*. Republica Dominicana. Recuperado el 21 de Julio de 2020, de <https://www.dicyt.com/noticias/el-idiap-colabora-en-un-estudio-sobre-incubacion-artificial-de-huevos-embrionados-de-tilapia>
- Lopez, B., & Cruz, L. (2011). *Elaboracion de un probioticoa base de microorganismos nativos y su evaluacion de un efecto benefico al proceso digestivo de la tilapia roja*. Santo Domingo. Recuperado el 04 de octubre de 2021, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bistream/.../1/T-ESPE-IASA%2011-002358.pf>
- Manzanares, J. (2011). *Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de la mojarra Tilapia (Oreochromis sp.)*. tesis para optar al título de ingeniero en alimentos, UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN Campus Tuxtepec, Oaxaca México. Recuperado el 17 de junio de 2020, de http://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0CFQQFjAJ&url=http%3A%2F%2Fwww.unpa.edu.mx%2Ftesis_Tux%2Ftesis_digitales%2FTESIS%2520JOS%25C3%2589%2520LUIS%2520LOR

ENZO%2520MANZANAREZ.pdf&ei=X1GiU6SMLcjksATXnYLYBg&usg=AFQjCNG
Nmvxpki

Mayer, E. (2012). *Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la produccion de camarones y peces Acuafeed International*. Recuperado el 18 de junio de 2020, de <http://www.acuafeed.co/monitoreo-de-la-calidad-de-agua-del-estanque-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces/>

Meyer, D., & Treminio, S. (2007). *Reproduccion y cria de alevines de tilapia manual practico*. Tegucigalpa, Honduras : Escuela Agricola Panamericana, Zamorano. Recuperado el 01 de 07 de 2020, de <http://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/4189>

Morales, A. (2003). *Cultivo y Comercializacion de la tilapia*. Mexico D.F. Recuperado el 20 de junio de 2020, de www.cuautitlan.unam.mx/descargas/licenciaturas/mvz/.../piscicultura.pdf

Nassar, J. (2010). *Comparacion de alevines de tilapia roja adquiridos en diferentes centro de produccion en Honduras, . Tegucigalpa-Honduras*. Recuperado el 18 de Junio de 2020, de http://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fbdigital.zamorano.edu%2Fbitstream%2F11036%2F611%2F1%2FT2968.pdf&ei=1ia4U8acJli3yATN1YCgBQ&usg=AFQjCNFF2HstCQompuOK9teVQELul_Ffg&sig2=p_Zn0v0BR27ex1QMrmPnqA&b

Palacio, S. (2017). *Diseño y evaluacion de tres prototipos de incubadoras artesanales para incubacion de huevos embrionados de tilapia roja (Oreochromis sp.)*. Recuperado el 18 de Junio de 2020, de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1824/Dise%C3%B1o%20y%20evaluacion%20de%20incubadoras%20artesanales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Palacio, S. R. (2018). *Diseño y evaluación de tres prototipos de incubadoras artesanales para la incubación de huevos embrionados de tilapia roja (Oreochromis sp.)*. Cundinamarca-Colombia. Recuperado el 21 de Julio de 2020, de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1824/Dise%C3%B1o%20y%20evaluacion%20de%20incubadoras%20artesanales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Perdomo, D. (6 de noviembre de 2017). Recolección semanal de huevos embrionados de tilapias (*Oreochromis spp.*) como estrategia reproductiva en tanques de concreto. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 27. Recuperado el 01 de julio de 2020, de <https://go.gale.com/ps/anonymous%3Fid%3DGALE%257CA529046207>
- Prieto, M. (2002). Incubación artificial de huevos embrionados de tilapia roja *Oreochromis sp.* *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(1), 115-120. Recuperado el 18 de Junio de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295026068013.pdf>
- Rodriguez, E. (2012). Comparación de parámetros reproductivos en hembras de tilapia nilótica de alto y bajo valor energético. Bogotá. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repository.udca.edu.co/handle/11158/222&ved=2ahUKEwiprYas9ZXqAhWHQjABHVi_BQMqFjABegQIBxAK&usg=AOvVaw3_SxsMX_sQxqMe1GJZ_W5p&cshid=1592846153393
- Rodriguez, E. (2013). *Comparación de parámetros reproductivos en hembras de tilapia nilótica (Oreochromis niloticus) de alto y bajo valor energético*. Bogotá-Colombia. Recuperado el 18 de Junio de 2020, de <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/handle/11158/222>

Saavedra, M. (2006). Manejo de cultivo de tilapia. Managua. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf&ved=2ahUKEwiD_M3toZPqAhWGTTABHWdrCtgQFjAAegQIARAB&usg=AOvVaw18bFOxdCZs47plKnIAAuW-&cshid=1592754787169

Saborio, A. (2006). Vision general del sector acuicola y analisis prospectivo del desarrollo futuro. Managua. Recuperado el 21 de Junio de 2020, de http://repositorio.uca.edu.ni/1460/1/2006_visi%C3%B3n_general_del_sector_acu%C3%ADcola_nic.pdf

SINAGRO S.A. (2008). *Manual de produccion de tilapia con especificaciones de calidad e inocuidad*. Veracruz-Mexico. Obtenido de http://www.google.com/ni/url?sasinagro=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fcrianza%2Fbiblioteca%2FTilapia%2FManual%2520de%2520crianza%2520de%2520tilapia.pdf&ei=DJKPU6WRGsjesASR5YLADQ&usg=AFQjCNE57TZqZSUrmdIBu_pAHE_DNCKUg&sig2=

Suresh, V. (2017). *Ultimos avances en el manejo de reproductores de tilapia*. Porta Cruz- Venezuela. Recuperado el 18 de Junio de 202, de <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/html/art1005/tilapia.htm#:~:text=Las%20hembras%20de%20Oreochromis>

Tsang, S., & Martin, Q. (2008). Manual sobre reproduccion y cultivo de la tilapia. Salvador. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.transparencia.gob.sv/institutions/mag/documents/119824/download&ved=2ahUKEwim4sucopPqAhV_RjABHYHyBAMQFjAAegQIBBAB&usg=AOvVaw0BJLJmtLybf7MjSgNrxVr8



Siembra de organismos reproductor macho de tilapia *Oreochromis niloticus*.



Sensibilización de un macho de tilapia *Oreochromis niloticus* a fin de obtener con mayor facilidad esperma para los procesos de incubación de incubación natural y artificial.



Cavidad bucal de una hembra de *Oreochromis niloticus* con huevos en su interior, proceso de incubación natural.



Diseño de incubadora artificial.