

## Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo

**Título:** Proyecto para la evaluación del efecto de biopreparados probióticos en el cultivo intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.).



**Autora:** Magdeleyne Valdés Nuñez

**Tutora:** Dr. C. Ana Julia Rondón Castillo

Matanzas

Curso 2018-2019



UNIVERSIDAD DE MATANZAS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo

**Título:** Proyecto para la evaluación del efecto de biopreparados probióticos en el cultivo intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.).

**Autora:** Magdeleynes Valdés Nuñez

**Tutora:** Dr. C. Ana Julia Rondón Castillo

Matanzas  
Curso 2018-2019

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

\_\_\_\_\_  
Presidente del tribunal

\_\_\_\_\_  
Miembro del tribunal

\_\_\_\_\_  
Miembro del tribunal

Ciudad de Matanzas. Fecha \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

## **DECLARACION DE AUTORIDAD**

Declaro que yo, Magdeleyne Valdés Nuñez, soy la única autora de este Trabajo de Diploma, por lo que autorizo a la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

---

Firma

## OPINIÓN DEL TUTOR

La tilapia es uno de los peces más importantes de la acuicultura en Cuba. Sin embargo su producción intensiva aún no satisface las necesidades de consumo de la población cubana. Entre los principales factores que afectan su producción están la baja supervivencia de estos peces en los primeros estadíos y la incidencia de enfermedades provocadas por bacterias, protozoos y nemátodos. De ahí la necesidad de aplicar algún producto natural como los probióticos, que mejoren los rendimientos productivos y la salud de estos animales. El presente trabajo constituye una propuesta de proyecto que tiene como objetivo: Evaluar el efecto probiótico de los biopreparados PROBIOLACTIL<sup>®</sup>, SUBTILPROBIO<sup>®</sup> y PROBIOLEV<sup>®</sup> en el cultivo intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). En este sentido se realizó la búsqueda de toda la información necesaria para la fundamentación, el diseño de los métodos y procedimientos de cada una de las etapas de la investigación, así como de la relación de los recursos y el presupuesto necesario.

La estudiante Magdeleynes Valdés Nuñez se encuentra trabajando desde hace varios años en la elaboración de este proyecto y durante este tiempo ha demostrado disciplina y total independencia ante cada una de las tareas. Para ello ha tenido que profundizar en conocimientos de zootecnia, nutrición, microbiología, morfofisiología animal, aditivos para la alimentación animal y por supuesto en todo lo relacionado con la acuicultura o cultivo intensivo de peces, tema totalmente nuevo para ella.

Durante este tiempo la estudiante se ha preparado con mucha responsabilidad y ha mostrado gran interés en el trabajo científico. Elaboró el presente proyecto con gran rigor científico y visitó personalmente las áreas donde se realizarán los experimentos, estableciendo vínculos de trabajo con los trabajadores de esta empresa.

Consideramos que la propuesta de este nuevo proyecto tiene grandes posibilidades reales de ser aprobado como Proyecto CITMA territorial en la provincia de Matanzas.

---

Dr. C. Ana Julia Rondón Castillo

Tutora

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mi tía, a quien le debo la mayor parte de mi educación y que desde donde quiera que esté, sé que este fue uno de sus sueños y hoy lo doy por cumplido.

A mi mamá, que siendo mi ejemplo a seguir puso todo su esfuerzo para que me formara como toda una profesional.

A mi padre por siempre estar ahí y por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tía que inculcó en mí el hábito de estudiar y no rendirme ante las dificultades.

A mi madre, que a ella le debo gran parte de mi éxito por su apoyo, dedicación, paciencia y por sobre todas las cosas haber confiado siempre en mí.

A mi padre, pues de no ser por él no hubiese alcanzado esta meta profesional, ya que dio mucho más que yo para que se hiciera posible.

A Miriam por su amor y su apoyo a lo largo de toda mi vida.

A Ana Luisa por su dedicación.

A todos los familiares, sin que me falte ninguno, por estar ahí en todo momento.

A todas mis amistades por su apoyo a todo lo largo de la carrera y darme las fuerzas para continuar.

A mi tutora Dr. C. Ana Julia Rondón Castillo, por creer en mí, aun cuando nadie más lo hizo.

A Dr. C Grethel Milián Florido por cultivar en mí este bonito mundo de la biotecnología, para que al final culminara con este maravilloso trabajo.

A los técnicos y trabajadores de la Empresa acuícola Limonar por brindarme toda la información necesaria para desarrollar este proyecto.

A los profesores que estuvieron presentes siempre que los necesité.

A la Revolución por permitirme estudiar como profesional para contribuir al desarrollo del país.

A todos, gracias.

## RESUMEN

La producción intensiva de tilapias no satisface las necesidades de consumo de la población cubana. Entre los factores que afectan su producción están la baja supervivencia de estos peces en los primeros estadíos y la incidencia de enfermedades provocadas por bacterias, protozoos y nemátodos. En el Centro de Estudios Biotecnológicos de la Universidad de Matanzas se cuenta con la experiencia necesaria para la aplicación de biopreparados probióticos en cerdos, aves y terneros; sin embargo, estos biopreparados aún no se evaluaron en peces, de ahí que el presente trabajo constituye una propuesta de proyecto que tiene como objetivo: Evaluar el efecto probiótico de los biopreparados PROBIOLACTIL<sup>®</sup>, SUBTILPROBIO<sup>®</sup> y PROBIOLEV<sup>®</sup> en el cultivo intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). En este sentido se realizó la búsqueda de toda la información necesaria para la fundamentación, el diseño de los métodos y procedimientos de cada una de las etapas de la investigación, así como de la relación de los recursos y el presupuesto necesario. Los experimentos se realizarán en la presa Cidra, en el cultivo intensivo que desarrolla la Empresa Pesquera de Matanzas para la evaluación del efecto de los biopreparados probióticos en el peso vivo, la talla y la supervivencia de los animales. El presupuesto global del proyecto que se propone será de 39722,00 pesos para su ejecución en cuatro años, lo que contribuirá a reducir el índice de enfermedades en las tilapias, aumentar los rendimientos productivos y disminuir el porcentaje de mortalidad. Se incrementará por este concepto la producción de proteína animal para la población.



## **ABSTRACT**

The intensive production of tilapia does not satisfy the consumption needs of the Cuban population. Among factors that affect its production are the low survival of these fish in the first stages and the incidence of diseases caused by bacteria, protozoa and nematodes. In the Center for Biotechnological Studies of the University of Matanzas, there is experience in the evaluation of probiotic biopreparations in pigs, poultry, calves; however, these biopreparations have not yet been evaluated in fish, hence the present work constitutes a proposal project that aims to: Evaluate the probiotic effect of the PROBIOLACTIL®, SUBTILPROBIO® and PROBIOLEV® biopreparations in the intensive culture of tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). In this sense, the search was made for all the necessary information for the foundation, the design of the methods and procedures of each one of the stages of the investigation, as well as the relationship of the resources and the necessary budget. The experiments will be carried out in the Cidra water reservoir, in the intensive culture developed by the Matanzas Fisheries Company for the evaluation of the effect of the probiotic biopreparations on the live weight, size and survival of the animals. The overall budget of the proposed project will be 39722.00 pesos for its execution in four years, which will help reduce the rate of diseases in tilapia, increase production yields and reduce the percentage of mortality. The production of animal protein for the population will be increased by this concept.

## ÍNDICE

Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>FUNDAMENTACIÓN</b> .....	4
1. Antecedentes históricos de la acuicultura .....	4
2. Generalidades acerca de la tilapia.....	5
3. Descripción biológica de la tilapia.....	6
4. Reproducción y etapas del desarrollo .....	7
5. Proceso productivo.....	9
6. Requerimientos ambientales para su producción .....	9
7. Nutrición en la tilapia .....	10
8. Principales enfermedades que atacan el cultivo de tilapia .....	11
9. El sistema inmunológico de los peces.....	11
10. Microbiota intestinal común en tilapia .....	13
10.1 Colonización y mantenimiento del tracto gastrointestinal para la microbiota .....	14
10.2 Efecto de la microbiota en la digestión, el crecimiento y la salud .....	14
11. Probióticos y sus mecanismos de acción.....	15
11.1 Producción de componentes inhibitorios .....	17
11.2 Competencia por sitios de adhesión .....	17
11.3 Modulación sistema inmune.....	17
12. Probióticos más utilizados en la acuicultura.....	18
12.1 Beneficios del uso de probióticos en la acuicultura .....	18
13. Caracterización de la Unidad .....	21
13.1 Problemas existentes en la Unidad Empresarial Básica (UEB) Acuícola de Limonar, resumidos en el Informe de Balance 2017 ...	22
13.2 Mortalidad en el proceso de cultivo intensivo de tilapia registrada en la entidad .....	23
14. Biopreparados probióticos obtenidos en el Centro de Estudios Biotecnológicos de la Universidad de Matanzas.....	24
<b>OBJETIVOS</b> .....	24

<b>RESULTADOS ESPERADOS.....</b>	<b>25</b>
<b>METODOS Y PROCEDIMIENTOS. CRONOGRAMA .....</b>	<b>26</b>
<b>Etapa 1: Revisión del estado del arte .....</b>	<b>26</b>
<b>Etapa 2. Determinación de las condiciones hidroquímicas e hidrobiológicas del embalse. ....</b>	<b>26</b>
<b>Etapa 3. Comprobación de la calidad microbiológica del biopreparado PROBIOLACTIL® y evaluación de su efecto en indicadores productivos y de salud de tilapias. ....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Elaboración del biopreparado probiótico PROBIOLACTIL® .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2 Análisis microbiológico de los biopreparados .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.1 Conteo de células viables .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.2 Conteo de contaminantes en los biopreparados.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.3 Análisis químico .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3 Evaluación del efecto de PROBIOLACTIL® en indicadores bioproductivos y de salud de tilapias.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.1 Diseño del experimento para la evaluación de PROBIOLACTIL®. ....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.2 Indicadores a evaluar .....</b>	<b>34</b>
<b>Etapa 4. Comprobación de la calidad microbiológica del biopreparado SUBTILPROBIO® y evaluación de su efecto en indicadores productivos y de salud de tilapias. ....</b>	<b>35</b>
<b>4.1. Elaboración del biopreparado probiótico SUBTILPROBIO® .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2 Análisis microbiológico del biopreparado .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.1 Conteo de células viables .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.2 Conteo de contaminantes en el biopreparado.....</b>	<b>36</b>
<b>4.2.3 Análisis químico .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3 Evaluación del efecto de SUBTILPROBIO® en indicadores bioproductivos y de salud de tilapias.....</b>	<b>37</b>
<b>Etapa 5. Comprobación de la calidad microbiológica del biopreparado PROBIOLEV® y evaluación de su efecto en indicadores productivos y de salud de tilapias. ....</b>	<b>37</b>
<b>5.1. Elaboración del biopreparado probiótico PROBIOLEV® .....</b>	<b>37</b>
<b>Etapa 6. Análisis de la factibilidad económica del uso de los biopreparados probióticos en la cría intensiva de tilapia.....</b>	<b>37</b>

<b>RECURSOS NECESARIOS</b> .....	40
<b>PRESUPUESTO</b> .....	43
<b>EVALUACIÓN ECONÓMICO – FINANCIERA</b> .....	49
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	47

# *Introducción*

### **INTRODUCCIÓN**

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2017) define a la acuicultura como la explotación de organismos acuáticos con la intervención humana, que incluye peces, moluscos, crustáceos y plantas, con la finalidad de mejorar la producción de estos recursos.

Dentro de este auge mundial, Cuba realizó grandes esfuerzos en las producciones de este sector. De acuerdo a Prensa Latina (2018) la acuicultura cubana en el año 2015 produjo 27 mil 500 toneladas de pescado, unas mil 400 más que el plan anual y el mayor volumen registrado desde el inicio de esta actividad en el país. El grueso de las capturas corresponde a las especies de carpas plateadas (tencas), con más de 20 mil toneladas, y el resto, a tilapias y clarias. Actualmente se cuenta con 122 000 hectáreas de cultivo extensivo y 1 200 destinadas al alevinaje y al cultivo intensivo y en el año 2018 se produjeron 230 millones de alevines de diferentes especies y se alcanzó como promedio de capturas 24 000 toneladas (Pérez, 2018).

El cultivo de peces de agua dulce no es más que el camino hacia un futuro, que incrementa cada día sus producciones con el concepto de alimentar cada vez a mayores poblaciones. Dentro de estas especies acuíferas sobresale la tilapia, que constituye el segundo producto pesquero más importante en la acuicultura mundial, la cual ocupa el sexto lugar, por debajo de la producción de carpas, con una contribución a la producción de aproximadamente el 20% del volumen total de peces (CONAPESCA, 2012).

La tilapia posee marcada presencia y demanda en los mercados mundiales, es un pez teleósteo del orden perciforme, perteneciente a la familia Cichlidae, originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo. Además presenta un rápido crecimiento, puesto que en un período de 6 a 8 meses puede alcanzar el tamaño comercial, con un peso de 3 kg en condiciones favorables y su reproducción presenta alta tasa de desove, fertilización y viabilidad. Es una especie que soporta la manipulación genética, tolera ambientes adversos como la disminución del pH y las concentraciones

de oxígeno. También es de fácil manejo y resistente a las enfermedades (FAO, 2012a).

Entre los factores que afectan la producción en esta especie están los problemas relacionados con las fluctuaciones en la temperatura, que traen consigo la infección por *Aeromonas hydrophila*, que provoca alta mortalidad por septicemia hemorrágica en los meses de lluvia (abril a septiembre). También se presentan alteraciones en la calidad del agua y del alimento, así como condiciones inadecuadas de manejo, las cuales suelen afectar a los sistemas de cultivo intensivos y superintensivos (Ahmed *et al.*, 2018).

En el mundo se emplean antibióticos para contrarrestar los procesos infecciosos en los peces, pero se conoce que el uso indiscriminado de estos productos trae como consecuencia la generación de genes de resistencia en las bacterias patógenas. De ahí que muchos investigadores comenzaron a estudiar otras alternativas más naturales para mitigar estas enfermedades, entre las que se encuentran los probióticos (Tuan *et al.*, 2013).

Los probióticos se definen como los microorganismos vivos que al ingerirse en la dieta pueden mejorar las condiciones sanitarias y favorecer las condiciones fisiológicas, activar el sistema inmunológico del hospedero, balancear la microbiota intestinal, disminuir la tasa de mortalidad y funcionar como complemento nutricional (Bravo y Millanao, 2013; Pineda, 2016).

El efecto benéfico de estos aditivos en los peces se atribuye en general a tres mecanismos diferentes como son: 1) el mejoramiento de la calidad del agua, ya sea por metabolización de la materia orgánica o por interacción con algunas algas; 2) exclusión competitiva de bacterias nocivas, debido a la competencia por nutrientes y por los sitios de fijación en el intestino, o al aumento de la respuesta inmunológica del hospedero y 3) aportes benéficos al proceso digestivo mediante las contribuciones de macro y micronutrientes para el hospedero o de enzimas digestivas (Wang *et al.*, 2000, Verschueren *et al.* 2000, Günther *et al.*, 2004).

En la Universidad de Matanzas, específicamente en el Centro de Estudios Biotecnológicos de la facultad de Ciencias Agropecuarias, se realizaron

diversos estudios en la obtención y evaluación de probióticos en pollos, vacas, terneros, cerdos, pero nunca antes se realizó la aplicación de estos aditivos en peces. Durante los últimos años se obtuvieron tres biopreparados probióticos: SUBTILPROBIO® a base de *Bacillus subtilis*, PROBIOLACTIL® con *Lactobacillus salivarius* y PROBIOLEV® a partir de la hidrólisis enzimática de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

### **PROBLEMA**

Los resultados de la cría intensiva de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la Empresa Pesquera de Matanzas se afecta considerablemente por la baja calidad de los concentrados y la presencia de microorganismos patógenos, lo cual provoca la aparición de enfermedades en el período lluvioso con la consecuente disminución de la producción.

### **HIPÓTESIS**

La aplicación de biopreparados probióticos en el alimento de tilapias disminuirá la mortalidad de los peces y mejorará los indicadores productivos y de salud en la cría intensiva de la Unidad acuícola de Limonar, en la Empresa Pesquera de Matanzas.



# *Fundamentación*

## **FUNDAMENTACIÓN**

### **1. Antecedentes históricos de la acuicultura**

La producción de peces en estanques es una práctica antigua. Se cree que se desarrolló por los primeros agricultores como otra herramienta para la producción primaria de alimentos. Las referencias más antiguas sobre esta práctica datan de hace aproximadamente 4000 años, en China, y de 3500 años, en la Mesopotamia. La acuicultura en realidad se relaciona mucho más con la agricultura y la ganadería que con la pesca, ya que implica la cría y el manejo de los recursos acuáticos vivientes en un medio ambiente restringido (Acuña, 2018).

La acuicultura cubana tuvo sus primeros comienzos en la segunda década del siglo XX con la introducción de varias especies: la carpa común (*Cyprinus carpio*), la llamada falsa trucha o trucha americana (*Micropterus salmoides*) y el pez sol (*Lepomis macrochirus*); en esta época también se introdujo la rana toro americana (*Rana catesbeiana*). No obstante la variedad, este trabajo se discontinuó y el verdadero Plan de desarrollo de la acuicultura de agua dulce comenzó a partir del año 1959; ya que en 1960 se construye en el Cotorro, la Habana, la primera Estación de Reproducción y Cría de diferentes especies (FAO, 2011).

En la actualidad la acuicultura de agua dulce cubana desarrolla los tres sistemas de cultivo: el extensivo, semi-intensivo y el intensivo. El cultivo extensivo tiene como objetivo obtener una producción de pescado a bajo costo a partir de la explotación de los embalses en condiciones naturales, es el más simple y se basa en la siembra a bajas densidades con la utilización de poca tecnología. El cultivo semi-intensivo permite obtener rendimientos superiores a las 3 toneladas/ha/año en microembalses y estanques a partir de siembras en policultivo e implica el control de los factores ambientales como oxígeno disuelto, temperatura y calidad del agua. El sistema intensivo desarrolla a escala comercial los sistemas de alta productividad y eficiencia económica, con especies de alto valor mercantil para la venta en frontera y la exportación (Salomón, 2018).

## **2. Generalidades acerca de la tilapia**

Las especies de tilapia con interés económico pertenecen al género *Oreochromis* (Maldonado, 2011). Este género incluye a peces que desovan en nidos ubicados en el fondo de los cuerpos de agua, pero que incuban a los huevecillos en la boca de la madre, poseen dientes finos y se alimentan de algas unicelulares filamentosas (Hurtado, 2018).

De acuerdo a Hurtado (2018) la tilapia presenta ventajas y desventajas para utilizarse en la acuicultura comercial:

Ventajas que posee la especie:

1. Alto porcentaje de crecimiento, supera fácilmente los 500 g.
2. Logran tallas más grandes en la primera reproducción.
3. Hábitos alimenticios variados.
4. Fácil adaptabilidad al impacto del medio ambiente, con líneas resistentes a aguas salobres y saladas.
5. Crece y se reproduce a temperaturas por encima de 19°C.
6. Permite inducciones sexuales hasta de 100% de machos.
7. Por su coloración y comportamiento no son fácilmente susceptibles a la predación por aves.

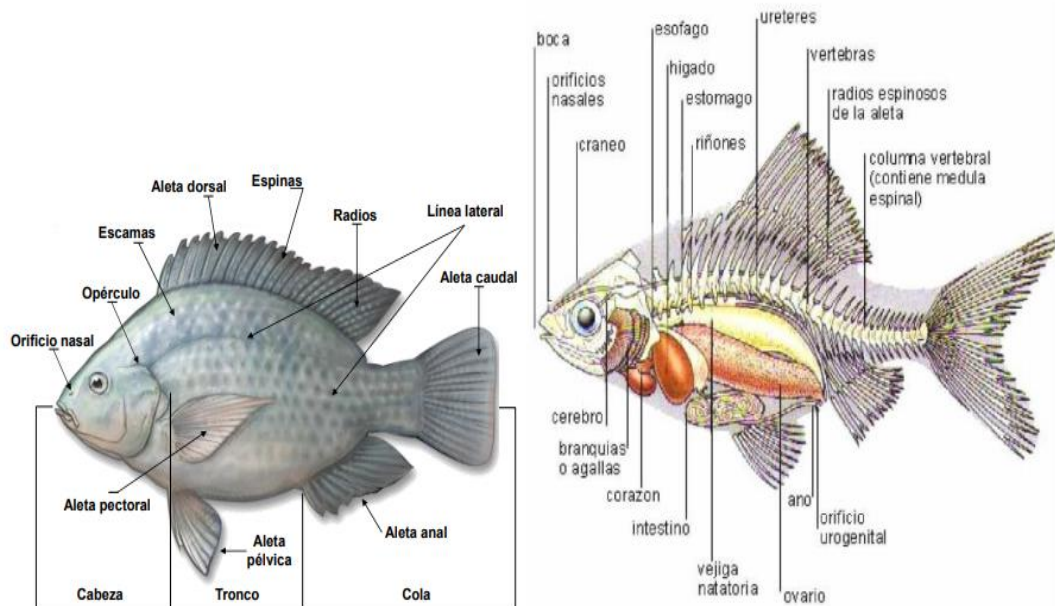
Desventajas que posee la especie:

1. Se debe trabajar con líneas de alta pureza genética, para evitar la enorme disparidad de tallas.
2. Su cosecha no es muy sencilla, requiere bastante labor hora/hombre.
3. Una vez que se reproducen en los sitios de engorde, es muy difícil erradicarla y ocasiona fácilmente sobrepoblamiento.

#### 4. Descripción biológica de la tilapia

##### Morfología externa e interna

En la figura 1 se observan las características morfológicas externas e internas de la tilapia.



Morales et. al., 1988 y Cantor, 2007.

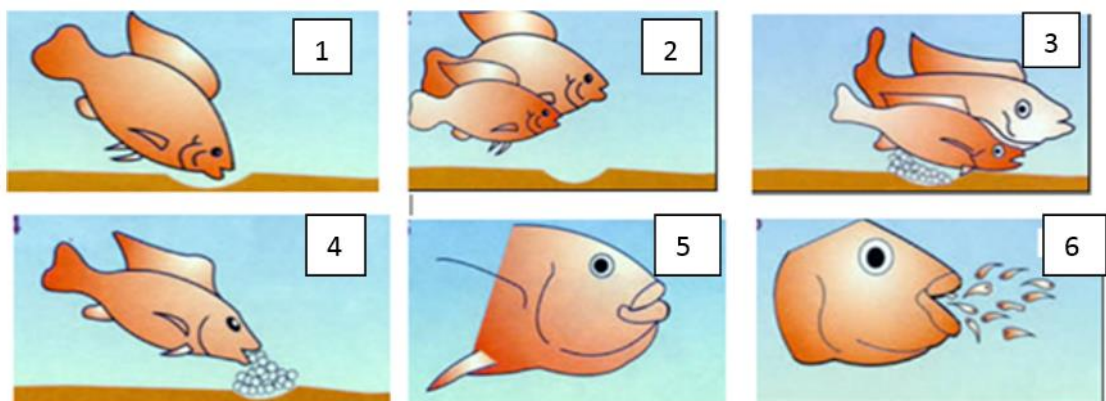
**Figura 1.** Características externas e internas de la tilapia (*Oreochromis niloticus* L.).

La tilapia nilótica presenta un color en general cenizo azulado (gris) y el macho es de un color más claro que la hembra. La especie presenta en la aleta caudal franjas negras delgadas y verticales. El margen superior de la aleta dorsal es negra o gris (oscura). En machos, durante la reproducción, la superficie del cuerpo y las aletas anales, dorsales y pélvicas son negras y la cabeza y el cuerpo tienen manchas negras (tenues). El cuerpo generalmente es comprimido, corto, a menudo discoidal, y en ciertos casos alargados. Las tilapias según sea la especie tienen un número variable de branquiespinas; en el caso de la tilapia nilótica presenta de 20 a 26 y se distingue fácilmente porque su aleta caudal tiene rayas verticales (Hurtado, 2018).

El sistema digestivo de la tilapia se inicia en la boca, que presenta en su interior dientes mandibulares (pueden ser unicúspides, bicúspides y tricúspides según las diferentes especies) y continúa con el esófago y el estómago. El intestino es en forma de tubo que se adelgaza después del píloro, diferenciándose en dos partes: una anterior corta, que corresponde al duodeno, y una posterior más larga aunque de menor diámetro. Esta víscera es siete veces más larga que la longitud total del cuerpo, característica que predomina en las especies herbívoras. Presenta dos glándulas importantes asociadas con el tracto digestivo: el hígado, que es un órgano grande y de estructura alargada y el páncreas, en forma de pequeños fragmentos redondos y difíciles de observar por incluirse en la grasa que rodea a los ciegos pilóricos (Arredondo *et al.*, 1994).

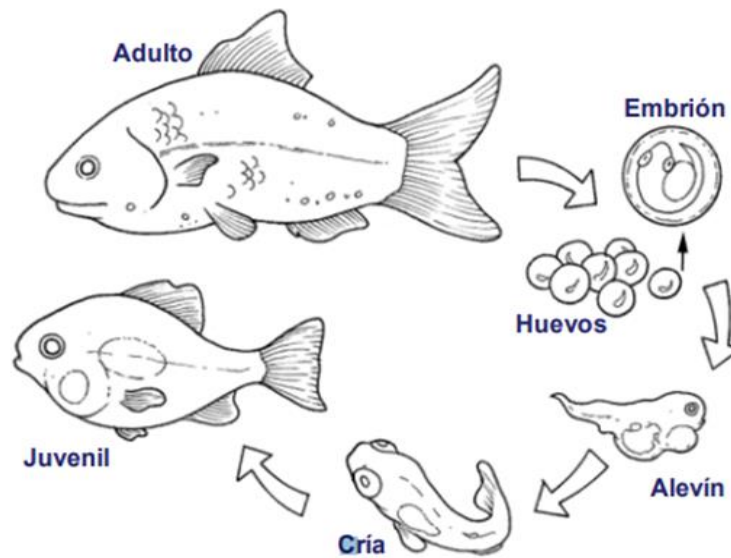
### **5. Reproducción y etapas del desarrollo**

El ciclo biológico tiene su inicio a partir del apareamiento de los reproductores, en donde la hembra deposita los huevos en el nido que el macho construye con su boca, al recoger la arena del centro y la dispersa alrededor; luego el macho fecunda los huevos cuando arroja el esperma por encima de estos, luego de este proceso la hembra toma los huevecillos en su boca, donde quedan adheridos en su mucosa bucal para ser incubados (figura 2). El tamaño de estos huevos varía entre 2 - 4 mm, y su número depende del tamaño de la hembra (peso) (Hurtado, 2018).



**Figura 2.** Proceso reproductivo de la tilapia (Tomado de Hurtado, 2018).

En la figura 3 se presenta el esquema del ciclo de vida de la tilapia, que incluye diferentes fases o estadios como: huevos o embriones, alevines, cría, juvenil y adulto (Cantor, 2007).



Cantor, 2007.

**Figura 3.** Ciclo de vida de *Oreochromis niloticus* L.

En la tabla 1 se aprecia la talla y el peso que puede alcanzar la tilapia en sus diferentes fases de su ciclo de vida.

**Tabla 1.** Talla y peso aproximado que presentan las tilapias al iniciar los diferentes estadios de desarrollo.

Etapas	Talla (cm)	Peso (g)	Tiempo (días )
<b>Huevo</b>	0,2	0,009	3-5
<b>Alevín</b>	0,3-0,5	0,10-15	20-45
<b>Alevín Cría</b>	3-8	5-20	20-30
<b>Juvenil</b>	8-15	20-200	45-60
<b>Adulto</b>	15-25	200-900	70-90

(Poot, 2010).

## 6. Proceso productivo

El proceso productivo de la tilapia en una unidad productiva empieza desde la obtención de crías que pueden ser compradas o reproducidas en la granja. Estas se alimentarán hasta alcanzar un peso adecuado para iniciar la etapa de engorda y posteriormente la de cosecha. En la figura 4 se presenta el proceso de producción previo a la comercialización, el cual se puede agrupar de cuatro a cinco grandes etapas: reproducción, siembra, pre-engorda, engorda y cosecha.



**Figura 4.** Proceso productivo del cultivo de la tilapia (Tomado de COESA, 2011).

## 7. Requerimientos ambientales para su producción (CONAPESCA, 2011; Pérez y Sáenz, 2015).

- **Hábitat:** arroyos, ríos, lagos, lagunas y lagunas costeras, incluso en hábitats marinos.
- **Temperatura (°C):** las tilapias crecen adecuadamente en rangos de temperatura que van desde 26 a 30°C, teniendo una temperatura ideal para su desarrollo de 28°.
- **Oxígeno (O<sub>2</sub>):** tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto
- **pH (potencial de hidrógeno):** El pH óptimo es entre 8 a 8,5. No son recomendables las aguas ácidas o en contacto con suelos ácidos.
- **Alcalinidad y dureza:** El nivel óptimo de alcalinidad es de 20 mg.L<sup>-1</sup> de carbonato de calcio (niveles inferiores a 5 mg.L<sup>-1</sup> inhiben el desarrollo de las plantas).
- **Salinidad:** las tilapias que soportan amplios rangos de concentraciones de sal crecen más rápido a niveles intermedios, ya

que reducen el gasto de energía para el control osmótico de sus fluidos corporales.

- **Turbidez:** puede ocasionarse por partículas sólidas que forman suspensiones coloidales en el agua. La recomendación conveniente al respecto es no permitir niveles críticos de turbidez, lo cual se logra a través de la sedimentación de las partículas del estanque cuando los niveles son superiores a 100 ppm, por medios físicos y químicos.
- **Otras variables:** están los desechos metabólicos excretados por los mismos peces como el amoníaco, sobresaturación de gases (oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico, etc.), toxinas producidas por el fitoplancton o por otras plantas, anoxias causadas por el exceso de fitoplancton (algas azul verdosas), aflatoxinas de hongos contenidas en el alimento (por mal almacenamiento), metales pesados, pesticidas, fertilizantes, detergentes, pinturas, etc.

### 8. Nutrición en la tilapia

En un ambiente natural, las tilapias se alimentan de una amplia variedad de ítems, desde plancton (plantas y animales microscópicos), organismos bentónicos, invertebrados de la columna de agua, larvas de peces, detritus, materia orgánica en descomposición, etc (Palma *et al.*, 2018). Aunque no se dispone de información para ciertas etapas del ciclo de vida de la tilapia nilótica, se conoce que los juveniles tempranos (0,02-10 g) requieren de una dieta más elevada en proteínas, lípidos, vitaminas y minerales e inferior en carbohidratos. Los juveniles (10-25 g) requieren más energía de los lípidos y carbohidratos y una menor proporción de proteínas para su crecimiento y finalmente los peces adultos (>25 g) requieren aún menos proteína dietética y mayores niveles de carbohidratos como fuente de energía. Es decir, a medida que los individuos crecen, requieren un menor nivel proteico para obtener la energía (CTAQUA Centro tecnológico de la Acuicultura, 2015).

El manejo alimentario de alevines de acuerdo a la edad, se muestra en la tabla 2 (CENDEPESCA y Misión Técnica Taiwán, 2013, SAGARPA *et al.*, 2014):



Tabla 2. Manejo alimentario de los alevines.

Días	Peso (g)	% a ofrecer de harina de pescado	Frecuencia	Manejo del alimento
<b>0-7</b>	0,05	30 - 40	5 - 6 veces	Se mezcla agua con la harina y se hace una masa en forma de bola
<b>8-14</b>	0,10	25 - 30	5-6 veces	
<b>15-21</b>	0,20	20 - 25	5-6 veces	Se mezcla agua con la harina y se hace una masa en forma de bola
<b>22-28</b>	0,50	12 - 17	5-6 veces	
<b>29-42</b>	1,20	10-15 (migaja triturada)	4 - 5 veces.	A partir del día 35 se retira el comedero y se aplica el alimento directamente al espejo de agua.

### 9. Principales enfermedades que atacan el cultivo de tilapia

A continuación se denotan algunas de las enfermedades más comunes en el cultivo intensivo de tilapia (tabla 3). En ella se aprecia que estos animales son atacados por bacterias, protozoos y nematodos.

**Tabla3.** Enfermedades más comunes de la tilapia.

Enfermedad	Agente causal	Síntomas	Condiciones de desarrollo	Formas de control
<b>Estreptococosis</b>	<i>Streptococcus agalactiae</i> <i>Streptococcus iniae</i>	Ojos saltones (exoftalmia), abscesos en la piel, infecciones internas	Temperatura elevada de la normal alta densidad poblacional	Disminuir el alimento, reducir peces por área, antibióticos
<b>Columnaris (silla de montar )</b>	<i>Flavobacterium columnare</i>	Aletas rojas o deshilachadas, necrosis en las agallas	Aumento de temperatura al momento del transporte. Presencia de alto contenido de amoníaco	Recambios de agua, antibióticos
<b>Argulosis (piojo de pez)</b>	<i>Argulus</i> sp.	Puntos rojos en la piel, secreción excesiva de mucus en la piel.	Infecciones en las larvas o ingresos de peces infestados a la explotación.	Organosfos forados, inmersión en Malation (base activa)
<b>Dinoflagelados</b>	<i>Amyloodinium</i> spp.	Excesiva secreción mucosa en la piel	Alta salinidad de agua	Aumento de recambios de agua dulce o potable
<b>Protozoarios</b>	<i>Trichodinia</i> sp.	Debilitamiento, opacidad de la piel, mucosidad en las branquias	Estrés en la tilapia, alta densidad poblacional	Disminución de salinidad, inmersión en formol o agua oxigenada.
<b>Trematodes</b>	<i>Clinostomum</i> sp.	Presencia de larvas de color blanco y amarillo	Los vectores son las aves y los caracoles.	Control biológico de caracoles, mallas antipájaros
<b>Cicliados</b>	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Manchas y puntos blancos en la piel, se frota en superficies ásperas	Temperatura 25-26 °C falta de higiene en los estanques	Baños de sal o en verde malaquita disuelta en formol; 4 g por litro de agua.

Adaptado de Alevinos del Valle (2013).

## **11. El sistema inmunológico de los peces**

Los peces cuentan con mecanismos de defensa innatos (no específicos) y mecanismos de defensa adquiridos (específicos o de memoria inmunológica). Los mecanismos de defensa innatos incluyen las barreras mecánicas (mucus, escamas y piel), las células sanguíneas (sintetizadas principalmente en el riñón anterior y el bazo), las enzimas de diversos compuestos que auxilian a la identificación, neutralización y destrucción de los cuerpos extraños o antígenos (por ejemplo, las bacterias invasoras y las células muertas del propio pez). Dentro de estos elementos se encuentran: los mecanismos de defensa adquiridos, el mucus de los peces, la defensa celular y humoral, la barrera asociada al epitelio branquial y a la mucosa intestinal y los complementos (C3, C7, C4, C5 y factor B) (Kubitza, 2013).

## **12. Microbiota intestinal común en tilapia**

Estudios de Pakingking *et al.* (2015) denotan las especies microbianas presentes en la tilapia madura crecida en estanques de tierra. Ellos identificaron las siguientes bacterias aeróbicas heterotróficas en el tracto intestinal de la tilapia: *Aeromonas hydrophila*, *A. sobria*, *Bacillus sp.*, *Citrobacter koseri*, *Edwardsiella tarda*, *Edwardisella hoshinae*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella oxytoca*, *Pasteurella pneumotropica*, *Photobacterium damsela*, *Plesiomonas Shigelloides*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas luteola*, *Pseudomonas putida*, *Shewanella putrefaciens*, *Staphylococcus sp.*, *Vibrio cholerae*, *V. fluvialis*, *V. vulnificus* y otros gramnegativos no identificados.

Baldo *et al.* (2015) caracterizaron también a la microbiota principal del tracto gastrointestinal de los cíclidos salvajes. Para ello utilizaron el segmento 16S RNAr por pirosecuenciación de muestras de ADN microbiano de diez especies de cíclidos y determinaron los taxones bacterianos presentes en al menos el 80% de los individuos. Las especies identificadas representan un grupo diverso de filos que incluyen Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes, Fusobacteria, Planctometos y Verrucomicrobia. El taxón representativo de estos incluyó: *Cetobacterium somerae*, *Clostridium perfringens*,

*Plesiomonasshigelloides*, *Turicibacter* sp., *Clostridium* XI sp., *Aeromonas* sp., *Neisseriaceae*, *Lachnospiraceae*, *Clostridiales*, *Clostridiaceae*, *Gemmataceae*, *Acromobacter* sp., *Bacillus* sp. y *Pirellulaceae* (Baldo *et al.*, 2015).

### **10.1 Colonización y mantenimiento del tracto gastrointestinal para la microbiota**

El tracto gastrointestinal en peces dulceacuícolas se caracteriza por ser un nicho ecológico favorable para el desarrollo de gran cantidad de microorganismos (bacterias, levaduras, Archaea, virus y protistas) comparado con los animales terrestres (Romero *et al.*, 2014).

Diferentes autores determinaron que las bacterias presentes en el tracto digestivo de los alevines de tilapia proceden fundamentalmente de la columna de agua, si se compara con las encontradas en el sedimento. Esto sugiere que la microbiota que coloniza el tracto intestinal se instala en el ciego cuando las condiciones favorables permiten su supervivencia continua. Algunos trabajos también refieren que la composición de la microbiota del TGI cambia rápidamente durante la transición de la etapa de alevines a la de juveniles (Vadstein *et al.*, 2013; Giatsis *et al.*, 2014, Del'Duca *et al.*, 2015).

Giatsis *et al.* (2014) examinaron los efectos de diferentes sistemas de acuicultura en la colonización de la microbiota en el tracto intestinal de alevines de tilapia y determinaron que a través del sistema por recirculación ocurre la mayor variación presente en el TGI de las larvas muestreadas. Esto sugiere que la calidad del agua es el principal indicador de la composición microbiana del huésped, por tanto es fundamental incluir la calidad del agua y los análisis microbianos en la investigación de la microbiota intestinal (Haygood y Jha, 2016).

### **10.2 Efecto de la microbiota en la digestión, el crecimiento y la salud**

En las últimas tres décadas aumentaron las investigaciones sobre la microbiota gastrointestinal de los peces. Entre los principales resultados está la importancia de las interacciones huésped-microbiota en el tracto gastrointestinal para el crecimiento y la salud de los peces. Estos

microorganismos degradan las fibras no digeribles, las cuales no se utilizan por el anfitrión; sin embargo, los productos de la descomposición proporcionan nutrientes para el desarrollo y crecimiento del huésped. También subproductos del metabolismo de los microbios, incluidas las enzimas y vitaminas, pueden absorberse a lo largo del tracto intestinal y utilizarse adicionalmente por el pez (Nayak 2010a; Merrifield y Ringø 2014).

Además del crecimiento y desarrollo del huésped, la microbiota intestinal ayuda a regular el sistema inmune del huésped y salud en general. La microbiota gastrointestinal proporciona un número de beneficios para la salud del huésped, incluidos: desarrollo y mantenimiento de las membranas mucosas del huésped; superan los microorganismos patógenos, ayudan en la angiogénesis y regulan la expresión genética asociada con la proliferación epitelial e inmunidad innata (Nayak, 2010b; Merrifield y Ringø, 2014).

Por lo tanto, es necesario comenzar la incorporación de probióticos, prebióticos o ingredientes de piensos alternativos con funciones similares a los antibióticos como promotores del crecimiento animal desde el inicio de la alimentación en larvas de tilapia para modular eficazmente la microbiota intestinal (Haygood y Jha, 2016).

Los ingredientes de piensos alternativos, junto con los probióticos y los prebióticos, pueden proporcionar un entorno óptimo para el crecimiento de la microbiota intestinal beneficiosa (Merrifield y Ringø, 2014; Poot-López *et al.*, 2014). Esta microbiota influirá en la salud general y el crecimiento de la tilapia, y así lograr mayores rendimientos en la acuicultura (Cruz *et al.*, 2012; Merrifield y Ringø, 2014).

### **13. Probióticos y sus mecanismos de acción**

El término probióticos se modificó en el transcurso de los años. Verschuere *et al.*, (2000b) dan a conocer una definición más amplia de los probióticos como microorganismos vivos, que tienen efectos benéficos en el hospedero mediante la modificación de la microbiota asociada, el incremento del

aprovechamiento del alimento, el mejoramiento de la respuesta a enfermedades y de la calidad del ambiente.

La acción de los microorganismos probióticos provoca numerosos beneficios fisiológicos en los peces. Aunque la colonización del intestino se identifica a menudo como la característica más importante de los probióticos eficaces, la realidad es que las mejoras ocasionadas en el anfitrión probablemente se deban al efecto sinérgico de múltiples efectos biológicos (algunos de los cuales no tienen nada que ver con la colonización de los intestinos) como la producción de compuestos inhibitorios, la competencia por productos químicos o energía disponible, la capacidad de ocupar los sitios de adhesión, la inhibición de la expresión de genes de virulencia, la mejora de la respuesta inmune, fuente de macro y micronutrientes, la contribución a la digestión enzimática, y la estimulación de las respuestas inmunitarias locales y sistémicas (Merrifield *et al.*, 2010; Henríquez, 2013; Blanch, 2015).

En acuicultura el término probiótico se define como “suplemento vivo microbiano que tiene efectos beneficiosos en el hospedador al modificar la microbiota asociada al mismo y al ambiente”. El efecto benéfico de los probióticos para su aplicación en la producción acuícola se atribuye a varias causas como: la mejora de la calidad de agua, la reducción de materia orgánica sedimentada, la inhibición de patógenos por diferentes vías, la mejora del sistema inmunológico, la habilidad de ejercer al menos una propiedad promotora de la salud, y la capacidad de aportar beneficios nutricionales mediante la mejora de la digestibilidad y de la utilización alimenticia. Los microorganismos probióticos deben cumplir criterios que hagan que su uso sea seguro y eficaz. Además, para que pueda aplicarse a escala industrial necesitan tener propiedades organolépticas y tecnológicas deseables y mantener estables las características de interés durante el procesado y almacenamiento (Cruz, 2016).

### 11.1 Producción de componentes inhibitorios

La actividad inhibitoria de los probióticos es ampliamente estudiada, no solamente el efecto de las bacterias gram positivas, sino también, la actividad probiótica que tienen ciertas cepas gram negativas (García *et al.*, 2015).

Los probióticos poseen la capacidad de promover la producción de mucus a nivel de hepatopáncreas y producen también sustancias antibacterianas, entre ellas las bacteriocinas (polimixina-bacitracina), peróxido de hidrógeno y ácidos orgánicos de cadena corta, que inhiben la proliferación de patógenos (Ibarra, 2014).

### 11.2 Competencia por sitios de adhesión

La competencia por espacios para la adhesión y la colonización del intestino es otro mecanismo de acción de los probióticos en contra de los microorganismos patógenos (Ringo *et al.*, 2007; Romero *et al.*, 2015).

Se conoce que *Bacillus subtilis* tiene el poder de colonizar el tracto gastrointestinal luego de dos horas de haber ingresado en el animal. Esto permite disminuir los sitios de fijación a nivel de la mucosa intestinal. Se produce desplazamiento de los microorganismos patógenos a causa de la menor disponibilidad de sitios de fijación a nivel del tracto digestivo. Se establece la competencia por los nutrientes y estos se utilizan primeramente por los microorganismos benéficos y en menor cuantía por los patógenos. Como consecuencia del estrés, hay gasto metabólico a nivel interno, lo que requiere aporte nutricional extra, lo cual se ve significativamente disminuido con el uso de probióticos (Ibarra, 2014).

### 11.3 Modulación sistema inmune

Los probióticos estimulan de forma diferente al sistema inmune de los peces, como es el efecto sobre las células inmunes, producción de anticuerpos, producción de enzimas (fosfatasa ácida, lisozima) y péptidos antimicrobianos (Nayak, 2010).

Se estima que los probióticos provocan la producción de un elevado porcentaje de células inmunitarias a nivel del intestino, íntimamente asociado al sistema linfático, lo cual promueve la resistencia a las enfermedades. También estos microorganismos estimulan la actividad fagocitaria y la producción de inmunoglobulina A (IgA). Estos anticuerpos inhiben la adherencia de patógenos a nivel de mucosa intestinal (Alarcón *et al.*, 2016).

Cuando se aplican probióticos las vellosidades (villi) del hepatopáncreas permanecen más saludables, es decir turgentes, con sus enterocitos más desarrollados. Esto es producto del desarrollo de la “membrana peritrófica”, elemento proteínico que actúa como barrera protectora del epitelio de la hepatopáncreas y del intestino (Ibarra, 2014).

#### **14. Probióticos más utilizados en la acuicultura**

Los probióticos usados en acuicultura son principalmente de los géneros *Vibrio*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, bacterias ácido-lácticas *Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Shewanella*, *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Clostridium*, y *Saccharomyces* (Monroy *et al.*, 2012; Lavin *et al.*, 2013; Ramirez *et al.*, 2016).

*Bacillus subtilis* es un microorganismo muy usado en acuicultura, forma endosporas en condiciones desfavorables y sus cualidades competitivas y de exudación de enzimas frente a las bacterias gram-negativas hacen que impida la expansión de otros géneros cultivados (AUNAP, 2016). Su particularidad de formar esporas le permite adherirse al alimento seco sin dificultad, además, este microorganismo mejora considerablemente las condiciones del medio en el que se desarrolla, por lo que promueve y facilita la descomposición del material biológico y mejora las condiciones y la oxigenación del agua (Parada, 2013).

#### **12.1 Beneficios del uso de probióticos en la acuicultura**

Según Ecuaquímica (2011), la FAO (2015) y Banerjee y Ray (2017) las prácticas encaminadas a la reducción de variables negativas en los procesos



de producción acuícola mediante la implementación de probióticos mejoran diferentes aspectos:

- En peces ayudan a promover los metabolitos que generan incompatibilidad contra los organismos patógenos, activan y favorecen el sistema inmunológico, favorecen y preservan la mucosa del intestino.
- Reducen considerablemente los sólidos del fondo. Los probióticos contienen grupos de bacterias agresivas en digestión y enzimas especializadas que de manera directa logran acelerar la eliminación de los desechos de la especie en explotación, los residuos de plancton y el alimento no consumido.
- Favorecen notablemente la calidad del agua en el proceso de la transformación de la materia orgánica residual en suspensión en la columna de agua y los compuestos nitrogenados tóxicos y otros contaminantes perjudiciales.
- Disminuyen considerablemente la presencia de *Vibrio* spp.

### **10.2 Principales resultados obtenidos con la aplicación de probióticos en cultivo de tilapia**

En la tabla 4 se presentan los principales probióticos utilizados en la acuicultura.

En un estudio realizado en tilapia nilótica (*O. niloticus*) se comparó el efecto de probióticos nativos contra comerciales durante 124 días. Los autores demostraron que el uso del probiótico comercial generó mayor ganancia de peso y mayor rendimiento de la canal en tilapias en fase de engorde (López y Cruz, 2011).

**Tabla4.** Principales probióticos utilizados en acuicultura (Tomado de Wang et al., 2008).

Cepa	Fuente	Usado en	Método de aplicación
<i>Lactobacilos búlgaros</i> y <i>Streptococcaceae</i>	Quesos duros y blandos	Larvas de rodaballo ( <i>Scophthalmus maximus</i> )	Complemento como alimento vivo
<i>Lactobacillus</i> sp. y <i>Carnobacterium</i> sp.	Rotíferos ( <i>Brachionus plicatilis</i> )	Larvas de Turbot ( <i>S. maximus</i> )	Aporte para Enriquecimiento de rotíferos
<i>Vibrio alginolyticus divergens</i>	Granja comercial de camarones	Salmón del Atlántico ( <i>Salmo salar</i> L.)	Baño en suspensión
<i>Carnobacteriaceae. C. divergens</i> y <i>C. maltaromaticum</i>	Intestinos de salmón del atlántico	Alevinos de Cod del Atlántico	Añadido a la dieta
<i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. polymyxa</i> , <i>B. licheniformis</i> se emplean como	Producto comercial	Bagre del canal ( <i>Ictalurus punctatus</i> )	Añadido a la dieta
<i>Vibrio Pelagius</i>	Larvas de rodaballo	Larvas de rodaballo	Añadido al agua
G-Probiótico	Producto comercial	Tilapia nilótica ( <i>O. niloticus</i> )	Añadido a la dieta
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Pez del hielo ( <i>Lates niloticus</i> )	Trucha arco iris ( <i>O. mykiss</i> )	Añadido al agua
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	ATCC 53103 Cultivo de colección	Trucha arco iris ( <i>O. mykiss</i> )	Añadido a la dieta diaria
<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Vibrio fluvialis</i> , <i>Carnobacterium</i> sp., <i>Micrococcus luteus</i>	Tracto digestivo de Trucha arco iris ( <i>O. mykiss</i> )	Trucha arco iris ( <i>O. mykiss</i> )	Añadido a la dieta diaria
<i>Bacillus circulans</i>	Intestinos de <i>carpa rohu</i> ( <i>Labeo rohita</i> )	<i>Carpa rohu</i>	Añadido a la dieta diaria
<i>Streptococcus faecium</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Producto comercial	<i>O. niloticus</i>	Añadido a la dieta diaria
<i>Enterococcus faecium</i>	Producto comercial	<i>O. niloticus</i>	Añadido a la dieta diaria

Del mismo modo, Cruz (2013) demostró que el principal efecto de la ingestión de probióticos observado fue mejorar la respuesta del sistema inmune, como se indica en la tabla 5.

**Tabla 5.** Resultados de la aplicación de probióticos en tilapia.

Probióticos	Hospedador	Efectos observados
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> P13	<i>Epinephelus coioides</i>	Incrementa el desarrollo y crecimiento en el pez, fortalece la inmunidad y aumenta considerablemente la resistencia frente a <i>Streptococcus sp.</i> , <i>E. iridovirus</i>
<i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fortalece la modulación presente en la flora intestinal, estimulación de la respuesta inmunitaria
<i>Lactobacillus sakei</i> BK19	<i>Epinephelus bruneus</i>	Aumenta la resistencia frente a <i>Streptococcus aniae</i> y <i>Streptococcus parauberis</i>
<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Mejora el crecimiento
<i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>L. stylirostris</i>	Mejora la supervivencia frente a vibriosis
<i>Rosebacter strain 27 - 4</i>	<i>S. maximus</i>	Mejora la supervivencia de las larvas

Recuperado: (Cruz, 2013), Aplicación de probióticos en el sector de la acuicultura: desafíos y perspectivas

Ayyat *et al.* (2014) probaron los efectos de *Saccharomyces cerevisiae* en combinación con *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* y *Bifidobacterium bifidum* en alevines de tilapia. Estos autores analizaron diferentes parámetros como son el rendimiento del crecimiento, la eficiencia alimenticia, la tasa de supervivencia, las proteínas sanguíneas, la albúmina, las globulinas y las enzimas plasmáticas, junto con un análisis de la viabilidad de cada uno de los tratamientos durante la prueba por catorce semanas; como resultado se obtuvo que *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* y los grupos probióticos mixtos provocaban mayor supervivencia ante la presencia de *A. hydrophila*.

### 15. Caracterización de la Unidad acuícola

La Empresa Pesquera de Matanzas (PESCAMAT), perteneciente al Ministerio de la Industria Alimentaria de Cuba (MINAL), se creó por Resolución No.347/

2001 emitida por el extinto Ministerio de la Industria Pesquera. La Oficina Central está ubicada en la calle Contreras No. 29210 e/ Zaragoza y Manzaneda, Matanzas.

La presente investigación se centra en la UEB Acuícola de Limonar, la misma forma parte de la Empresa PESCAMAT, perteneciente al Ministerio de la Industria Alimentaria de Cuba (MINAL). La presa Cidra pertenece a la Unidad Empresarial de Base Oeste de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Matanzas, se encuentra ubicada en las cercanías del poblado Triunvirato, perteneciente al municipio Limonar, provincia de Matanzas: La misma fue creada en el año 1973 con el objetivo de embalsar las aguas del río Caminar y para el abasto a la ganadería, riego de pastos y forrajes y para la agricultura. La entrega de agua se realiza por la obra de toma por gravedad hacia una estación de bombeo de la Empresa Genética de Matanzas.

La UEB de Limonar hoy en día se caracteriza por:

- Producir, capturar e industrializar especies de la plataforma y de la agricultura y comercializar estas especies y productos derivados del procesamiento industrial para el consumo interno, de forma minorista a través de las Pescaderías Especiales en moneda nacional y de forma mayorista a otras entidades del sistema de la industria pesquera y a terceros en ambas monedas.
- Producir el hielo para su propio insumo y cuando existan excedentes comercializar este de forma mayorista a terceros en ambas monedas.
- Comercializar de forma mayorista y en moneda nacional los desechos originados en el proceso industrial, a entidades del sistema de la industria pesquera y a terceros.

### **13.1 Problemas existentes en la Unidad Empresarial Básica (UEB) Acuícola de Limonar, resumidos en el Informe de Balance 2017:**

1. Falta de calidad y cantidad de alevines de tilapia que afecta el cumplimiento de los planes (UEB Acuícola Limonar).
2. Baja calidad del concentrado y afectaciones por falta de suministro.

3. Incremento de la mortalidad en la etapa de primavera verano por la incidencia de *A. hydrophila* en el agua.
4. Insuficiente fertilización de las presas y micro presas (UEB Acuícola Limonar).
5. No se realizan los mantenimientos a las fábricas de hielo acorde a un plan o programa (UEB Ac. Limonar).
6. Necesidad de concluir la jaula circular en la UEB Acuícola Limonar que puede afectar el plan en 12 t.
7. Necesidad del transporte obrero en ocasiones por falta de combustible.

### **13.2 Mortalidad en el proceso de cultivo intensivo de tilapia registrada en la entidad**

En la época de lluvia se incrementan las pérdidas de tilapias, lo cual se atribuye al aumento de la temperatura del agua y al desarrollo de la enfermedad en los peces conocida como septicemia hemorrágica provocada por *A. hydrophila*. Esta situación hizo necesario la construcción de un crematorio en la instalación para incinerar a los peces muertos y evitar que se dañara el ecosistema. A continuación se registran las cifras de las muertes a causa de esta enfermedad. En la tabla 6 se presenta el Registro de la mortalidad de los últimos años en la UEB Acuícola de Limonar.

**Tabla 6:** Registro de mortalidad en el período 2015-2017 en al UEB Acuícola de Limonar.

<b>Año</b>	<b>Cantidad de tilapias muertas</b>
<b>2015</b>	35853
<b>2016</b>	22368
<b>2017</b>	24653

**Fuente:** UEB Acuícola de Limonar (2017).

De ahí la necesidad de aplicar aditivos zootécnicos en la alimentación de la tilapia para reducir los niveles de infestación por esta bacteria y mejorar los indicadores productivos y de salud.

## **16. Biopreparados probióticos obtenidos en el Centro de Estudios Biotecnológicos de la Universidad de Matanzas**

Desde el año 1993 en el Centro de estudios Biotecnológicos de la Universidad de Matanzas se trabaja en la obtención de diferentes biopreparados probióticos para su aplicación en animales de interés zootécnico, de los cuales tres tienen marca registrada. Estos bioproductos se evaluaron en aves, cerdos, terneros y conejos; sin embargo, aún no se prueba su efecto en peces. A continuación se presentan las características generales de la composición de estos biopreparados probióticos:

**PROBIOLACTIL®:** Cultivo de *Lactobacillus salivarius* C65, procedente del tracto digestivo de pollos de ceba. Cepa que se caracteriza por poseer una alta capacidad de crecimiento, producir ácidos grasos de cadena corta, sustancias antimicrobianas y ser resistente a la bilis y a pH ácido. Mejora los indicadores productivos y de salud en los animales (Rondón, 2009).

**SUBTILPROBIO®:** Cultivo de *Bacillus subtilis* C44, procedente de jugo de tomate alterado. Cepa que se caracteriza por producir altas concentraciones de sustancias antimicrobianas, posee alta capacidad de crecimiento, mejora en los animales el crecimiento, el peso y los indicadores inmunológicos (Milián, 2014).

**PROBIOLEV®:** Hidrolizado enzimático de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) elaborado a partir del fondaje de cubetas para la producción de alcohol y un crudo enzimático de *Bacillus subtilis*. Se considera un biopreparado simbiótico por la presencia de sustancias prebióticas como los oligosacáridos de glucano y manano y un cultivo probiótico de *Bacillus subtilis*. Provoca efectos beneficiosos en indicadores productivos y de salud en los animales (Pérez, 2000).

# *Objetivos*

## **OBJETIVOS**

### Objetivo general

Evaluar el efecto probiótico de los biopreparados PROBIOLACTIL<sup>®</sup>, SUBTILPROBIO<sup>®</sup> y PROBIOLEV<sup>®</sup> en el cultivo intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.).

### Objetivos específicos

1. Determinar las condiciones hidrobiológicas del acuario.
2. Comprobar la calidad microbiológica de los biopreparados probióticos.
3. Evaluar el efecto de la aplicación de los biopreparados probióticos en los indicadores productivos y de salud de tilapias en el cultivo intensivo.
4. Analizar la factibilidad económica del uso de los biopreparados probióticos en la cría intensiva de tilapia.



*Resultados esperados*

## **RESULTADOS ESPERADOS**

- Mejora de la calidad de los indicadores químicos y microbiológicos del agua.
- Reducción de la mortalidad de las tilapias durante el período lluvioso y por consiguiente se elevará el porcentaje de supervivencia a un 60%.
- Disminución de los índices de infestación por *A. hydrophila*.
- Aumento del peso a más de un 18 % y la talla de los peces en un 12,8%.
- Mejora de los indicadores microbiológicos y fermentativos en el tracto digestivo de los animales.
- Crecimiento de la producción y con ello un incremento de las ganancias para la empresa.
- Los beneficios de la aplicación de estos bioproductos en el cultivo intensivo de tilapia contribuirá a incrementar la producción de alimento proteico para la población.
- Establecimiento de una metodología para la aplicación de estos biopreparados en el cultivo intensivo de tilapia.
- Contribución al desarrollo de trabajos de diplomas para la formación de nuevos ingenieros.
- Los resultados de este proyecto aportarán publicaciones en revistas de alto impacto y la participación en eventos y jornadas científicas nacionales e internacionales.
- Capacitación de los trabajadores involucrados en la aplicación de los bioproductos en las UEB acuícolas de la provincia.

*Métodos y procedimientos.*

*Cronograma*

## **METODOS Y PROCEDIMIENTOS. CRONOGRAMA**

### **Etapa 1: Revisión del estado del arte**

En esta etapa se conformará el equipo que trabajará en el futuro proyecto, con experiencia en la temática. Para su elaboración se tendrán en cuenta los investigadores del CEBIO del grupo de Aditivos para la alimentación animal y los profesores investigadores del Departamento Carrera que están vinculados con las asignaturas de zootecnia y nutrición animal, así como, los estudiantes que pertenecen al Grupo científico estudiantil de Biotecnología.

Acciones a desarrollar en esta etapa.

- Revisión de bibliografía actualizada del tema
- Selección de los principales métodos y técnicas para el desarrollo experimental.
- Comparación de los resultados obtenidos con los de otros autores.

### **Etapa 2. Determinación de las condiciones hidroquímicas e hidrobiológicas del embalse.**

Para desarrollar el cultivo de peces en jaulas se hace necesario realizar una serie de estudios al embalse donde se realizará la actividad. Los estudios hidroquímicos posibilitan determinar los valores de los parámetros químicos del agua en las diferentes estaciones fijadas en los embalses.

#### **Determinaciones hidroquímicas**

Determinación de los valores de los parámetros químicos del agua en las diferentes estaciones fijadas en los embalses.

1. Sobre un mapa del embalse se fijarán las estaciones de muestreo, priorizando el río y el centro de la presa como estación de referencia.
2. Se tomarán en horas de la mañana y días soleados las muestras de agua (una al mes) en las estaciones fijadas para caracterizar cada una de las zonas.
3. Las muestras se colectarán con la botella muestreadora o el cubo a 1 metro de profundidad y se depositarán en el frasco correspondiente a cada estación.

4. Se añadirán a cada litro de muestra 1 mL de ácido sulfúrico para fijarla. Si las muestras se analizaran durante las primeras 24 horas de tomadas no será necesario fijarlas.
5. Si no existieran reactivos para el análisis se preservarán las muestras en refrigeración a 4 °C durante 7 días.
6. Se llevarán los resultados del análisis al expediente de la granja y compararán con los parámetros óptimos para el cultivo de peces.

En la tabla 7 se pueden observar los valores hidroquímicos óptimo, máximo y mínimo para el cultivo de tilapia en jaulas, los cuales servirán de referencia en el desarrollo del experimento. Cada parámetro se registrará como sigue:

Temperatura Se registrará diariamente en los diferentes tratamientos durante dos veces al día (8:00– 12:00- 3:00 pm) con un termómetro por un minuto en el agua.

Oxígeno: Se registrará diariamente el oxígeno en cada tanque, tres veces al día (8:00am, 12:00 pm y 3:00 pm) con un oxigenómetro.

Turbidez: Se medirá con el uso del disco secchi para determinar los niveles de turbidez del agua.

Pruebas químicas: Se determinarán los niveles de:

- Amonio
- Nitrito
- Nitrato

### **Determinaciones hidrobiológicas**

El estudio hidrobiológico del embalse tiene como propósito determinar las características del acuatorio según su nivel trófico: Oligotrófico, Mesotrófico, Eutrófico. Estos indicadores se deben comportar según se muestra en la tabla 8 para la medición de fitoplancton y zooplancton (Palma, 2018).

Se obtendrán muestras de agua y se utilizará el cono IMHOFF con capacidad de 1000 mL para conocer los niveles de sedimentación, para lo cual se dejará reposar la muestra de agua de cada tanque por 1 hora. Para la observación del fitoplancton al microscopio se utilizará la cámara de NEUBAUER y se

**Tabla 7.** Valores hidroquímicos óptimo, máximo y mínimo para el cultivo de tilapia en jaulas.

Parámetros Hidroquímicos										
Categoría	T	O <sub>2</sub>	pH	Alcalinidad y Dureza	CO <sub>2</sub>	Amoniaco NH <sub>3</sub>	Nitrito (NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	Sulfhídrico SH <sub>2</sub>	Fosfato PO <sub>4</sub>
UM	°C	(mg.L <sup>-1</sup> )			(mg.L <sup>-1</sup> )	(mg.L <sup>-1</sup> )	(mg.L <sup>-1</sup> )	(mg.L <sup>-1</sup> )	(mg.L <sup>-1</sup> )	(mg.L <sup>-1</sup> )
<b>Máximo</b>	24	10			30	0.1	0,15	5	0	2
<b>Óptimo</b>	25 - 30	5 - 8	6.5 - 9	20- 300	10	0,01	0,02	1	0	0,5
<b>Mínimo</b>	32	3				0,07		0.5	0	0,2

Fuente: Organización de Procedimientos Operacionales de Trabajo (POT) de cultivo intensivo de tilapia (2006)

**Tabla 8:** Valores para la caracterización trófica del embalse.

Plancton	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico
<b>Fitoplancton</b>	< 1.0 x 10 <sup>6</sup> cel.L <sup>-1</sup>	1- 2.5 x 10 <sup>6</sup> cel.L <sup>-1</sup>	> 2.5 x 10 <sup>6</sup> cel.L <sup>-1</sup>
<b>Zooplancton</b>	Pobre ( 0 )	< 50000 org / m <sup>3</sup>	> 50000 org / m <sup>3</sup>
<b>Bentos</b>	< 600 ej / m <sup>2</sup>	600- 1000 ej / m <sup>2</sup>	> 1000 ej / m <sup>2</sup>

Fuente: Organización de Procedimientos Operacionales de Trabajo (POT) de cultivo intensivo de tilapia (2006).

cel. célula; mL.mililitro; m<sup>2</sup>. metro cuadrado

ej. Ejemplares; L. litro; °C. grados Celsius.

realizará el conteo de microalgas. Para el zooplancton, la muestra se dispondrá en un portaobjeto y se fijará con yodo para su conteo.

Medición de bentos. La determinación de la composición cuantitativa y cualitativa del bentos en los acuatorios de producción se realizará a través de una jaiba del tipo Ekman-Birge. Una vez izado el muestreador, la muestra tomada se verterá en un cernidor con abertura de malla de alrededor de 300  $\mu\text{m}$ , y se lavará bien para eliminar la mayor cantidad de fango posible. Después de lavada se echa en nylon o pomo plástico de 1 litro de boca ancha y se preservará con formol al 40%, donde se exponen los valores para la caracterización trófica del embalse.

Cuando la muestra llega al laboratorio se deberá seguir lavando a través de una columna de tamices metálicos con diferentes aberturas de malla, donde el mayor se pondrá en la parte superior y el de abajo debe tener una abertura de malla igual a la empleada en el cernidor. La cantidad de fango que queda en este último se revisará totalmente bajo el microscopio estereoscópico, y se extraerán los organismos con pinzas adecuadas de pequeñas muestritas, las cuales se colocarán en una placa petri con agua.

### **Etapa 3. Comprobación de la calidad microbiológica del biopreparado PROBIOLACTIL® y evaluación de su efecto en indicadores productivos y de salud de tilapias.**

#### **3.1. Elaboración del biopreparado probiótico PROBIOLACTIL®**

##### **Material biológico y medios de cultivo para la elaboración de PROBIOLACTIL®.**

Cepas de *Lactobacillus salivarius* C-65 procedente del cepario del Centro de Estudios Biotecnológicos de la Universidad de Matanzas.

##### **Medios de cultivo**

Para el inóculo se empleará caldo MRS (De Mann *et al.*, 1960) (CONDO, España) y el cultivo de los microorganismos para la obtención final del biopreparado se desarrollará en el medio de crecimiento de *Lactobacillus*

*salivarius* (MCLs) y elaborado según la metodología de Rondón (2009), el cual se presenta en la tabla 9.

**Tabla 9.** Formulación del medio MCLs para el crecimiento de *Lactobacillus salivarius* (Rondón, 2009).

Composición	Unidades.L <sup>-1</sup>
Miel final de caña (58% ART)	30 g
HELSc (17% NT)	210 mL
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2 g
Citrato de Amonio	5 g
Acetato de Sodio	5 g
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	0,2 g
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	0,02 g

ART, Azúcares reductores Totales; NT, Nitrógeno Total. pH 6,5 y temperatura de incubación 37 °C por 48 h.

### 3.2 Análisis microbiológico de los biopreparados

Después de la obtención del biopreparado, se procederá al análisis microbiológico, para lo cual se tomarán 3 muestras del cultivo y se procederá a realizar el conteo de células viables y los microorganismos contaminantes.

#### 3.2.1 Conteo de células viables

Se efectuará el conteo de células viables de *Lactobacillus salivarius* C-65 al biopreparado como se describe a continuación:

*Lactobacillus salivarius*. Para efectuar el conteo se realizarán diluciones seriadas de las muestras en una relación de inoculación de 1:10 (v/v) en agua de peptona (OXOID), desde 10<sup>-1</sup> hasta 10<sup>-12</sup>. Las tres últimas diluciones se inocularán individualmente (1 mL) a profundidad en placas con agar MRS. Esta operación se replicará tres veces y las placas se incubarán a 37 °C en condiciones de anaerobiosis por 48 h. Posteriormente, el número de unidades formadoras de colonias (UFC) se determinará bajo lupa por conteo visual de colonias.

#### 3.2.2 Conteo de contaminantes en los biopreparados

El conteo se realizará de acuerdo con las normas de Microbiología de los Alimentos para Consumo Humano y Animal NC-ISO (Bennett y Lancette, 2007). Se realizarán diluciones seriadas de las muestras según NC-ISO 6887:2002 (tabla 10).



**Tabla 10.** Determinación de microorganismos contaminantes.

Pruebas microbiológicas	Referencia NC- ISO
Recuento de coliformes fecales y totales	4832: 2002
Recuento de <i>Pseudomonas auruginosa</i>	4833: 2002
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i>	6888: 2003
Recuento de <i>Bacillus cereus</i>	4833: 2002
Conteo de <i>Salmonella</i> en 25 mL	6579: 2004
Conteo de Enterobacterias	4832: 2002

### 3.2.3 Análisis químico

**Determinación del pH:** La medición de los valores de pH a las muestras se realizará en un pHmetro digital (Sartorius Meter PP-25).

Una vez realizados los análisis correspondientes y los resultados sean los adecuados para este biopreparado se procederá a la evaluación del efecto del mismo en el cultivo intensivo de tilapias.

### 3.3 Evaluación del efecto de PROBIOLACTIL® en indicadores bioproductivos y de salud de tilapias.

La evaluación del efecto de los biopreparados se realizará en la Unidad Empresarial Básica (UEB) Acuícola de Limonar. La misma se encuentra ubicada en la presa Cidra. El clima predominante es tropical con temperaturas promedio de 34°C anuales, pero en los meses cálidos es de 25°C y en los fríos de 21°C. Las lluvias alcanzan los 1100 y 1300 mm.

En la figura 5 muestra el mapa batimétrico de la presa Cidra.

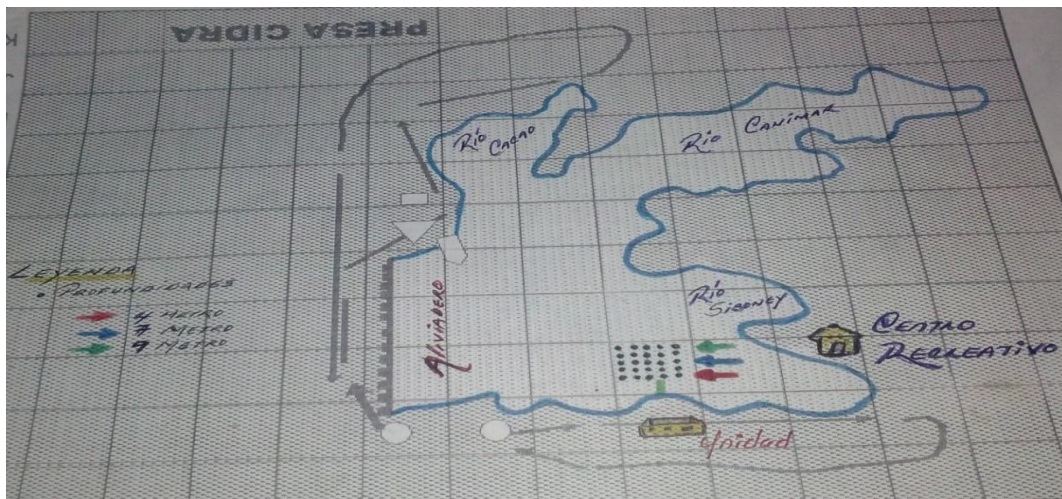


Figura 5. Mapa batimétrico de la presa Cidra.

Los alevines se dispondrán en jaulas flotantes, las cuales se confeccionan en la unidad y las mismas tienen una estructura de cabilla de forma cuadrada de 3 x 3 m. Las jaulas están forradas por bolsas de mallas y con una profundidad de 2 m. Estas se deben tapar con la misma malla que conforma el bolso para garantizar que las aves no alcancen los peces y que les permita tomar oxígeno de la superficie cuando lo necesiten. En la figura 6 y 7 se observan esquemas con la estructura y la disposición de las jaulas semiflotantes en el embalse.

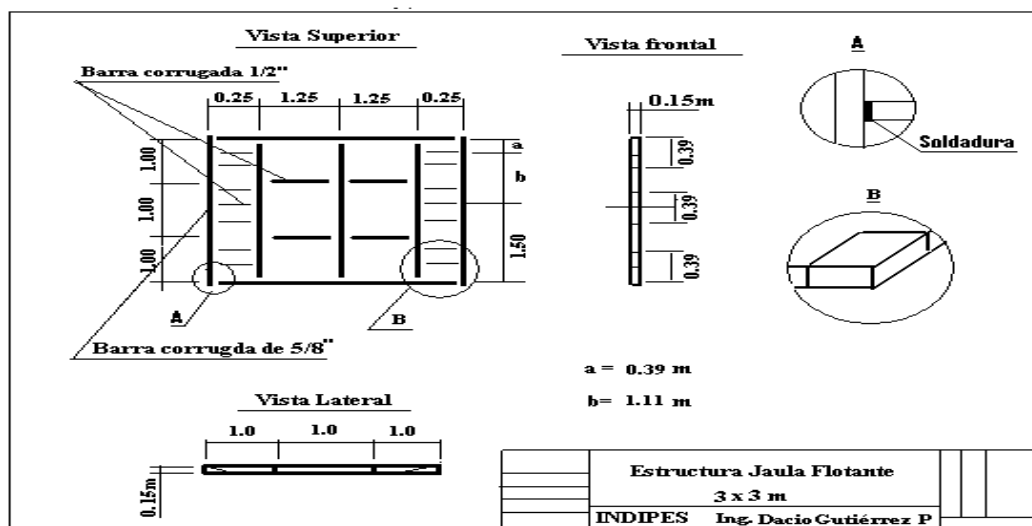
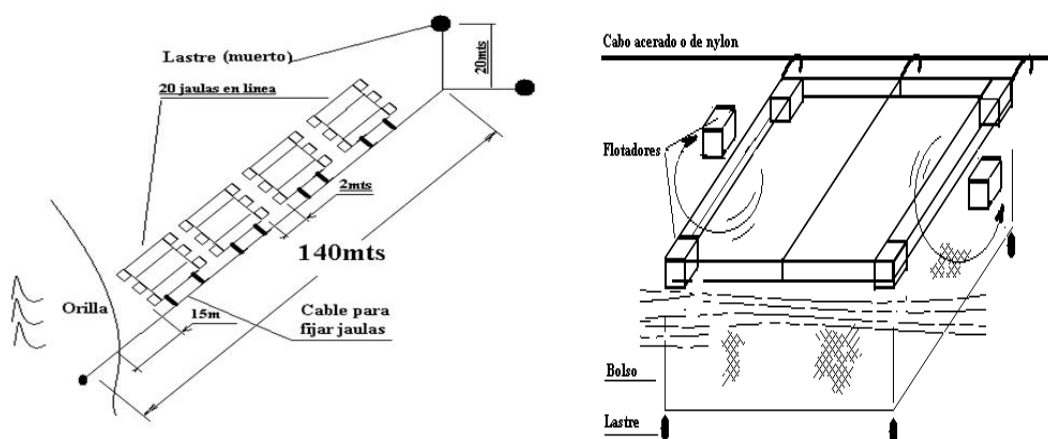


Figura 6. Estructura de las jaulas flotantes.

La entidad tiene una capacidad de 212 jaulas, las cuales se encuentran distribuidas en 5 trenes que contienen 42 jaulas aproximadamente, las cuales se encuentran identificadas en el mapa batimétrico del embalse.



**Figura 7.** Disposición de las jaulas semiflotantes en el embalse.

La alimentación artificial de la tilapia se realizará con concentrado peletizado proveniente de la Fábrica de piensos (UEB ALISUR) situada en la Carretera de Santa Cruz del Sur. Este estará constituido por harina de soya, trigo entero, afrecho de trigo, maíz, harina de pescado, fosfato dicálcico, premezcla de vitaminas y minerales y aceite de soya. En la tabla 11 se muestra el porcentaje de su composición.

**Tabla 11.** Composición del pienso elaborado en Cuba.

Composición	índice	Porcentaje de inclusión
<b>Proteínas</b>	Min	25
<b>Grasa</b>	Min	4
<b>Humedad</b>	Max	12,5
<b>Fibra</b>	Max	5
<b>Cenizas</b>	Max	8

### 3.3.1 Diseño del experimento para la evaluación de PROBIOLACTIL®.

Se realizará un experimento con un diseño completamente aleatorizado en el que se incluirán tres grupos experimentales: G I. Control; G II. Grupo con biopreparado PROBIOLACTIL® en una dosis de 10 mL.kg<sup>-1</sup> y G III. Grupo con biopreparado PROBIOLACTIL® en una dosis de 20 mL.kg<sup>-1</sup> de concentrado. Debido a la disposición de las jaulas se tomará para el experimento uno de los 5 trenes, en este caso el que esté más alejado para que no afecte a los restantes peces. El tren escogido tendrá aproximadamente 42 jaulas (14

jaulas para cada tratamiento) con la siembra de 2500 alevines en cada una, los cuales tendrán un peso inicial de 10 g. Estas jaulas estarán a cargo de un criador que alimentará a los ejemplares cuatro veces al día en el horario de 8.00 am, 10:00 am, 1:00 pm y a las 4 pm, a razón de la ración correspondiente al estadio o fase en que se encuentren los animales, según el Manual de procedimientos (tabla 12).

Para la aplicación del probiótico en el concentrado, por cada kg se asperjarán 10 o 20 mL en dosis de  $1 \times 10^9$  UFC.mL<sup>-1</sup> de PROBIOLACTIL®. El alimento se les suministrará a los animales a través del método de boleo como se establece en la unidad.

**Tabla12.** Parámetros a tener en cuenta para el cultivo de tilapias según el Manual de procedimientos (Anon, 2006)

Cuando el peso inicial de siembra es 10 g					Alimento		
Días de Cultivo	No de animales x jaula	Px	Biomasa	Supervivencia	%	Ración diaria	GMD
días	#	g	kg	%		kg	g/d
0	2500	10	50		5	2,5	
10	2375	30	71	95	5	4.04	1.0
20	2325	43	100	93	5	5.6	1.3
30	2275	56	127	91	5	7	1.3
40	2225	70	156	89	4	7.1	1.4
50	2175	85	185	87	4	8.35	1.5
60	2125	101	214	85	3.5	8.5	1.6
75	2075	125	258	83	3	8.82	1.6
90	2025	149	302	81	2.5	8.85	1.7
120	2000	200	400.5	80	2	8.9	1.7
150	2000	253	505.5	80	1.5	8.2	1.8
180	2000	307	613.5	80	1	6.4	1.8
Biomasa	Kg de peces vivos x jaula						
Supervivencia	Por ciento de animales sobrevivientes x jaula						
Ración diaria	Cantidad de alimento a suministrar x jaula x día						
%	Por ciento del alimento (porcentaje de biomasa)						

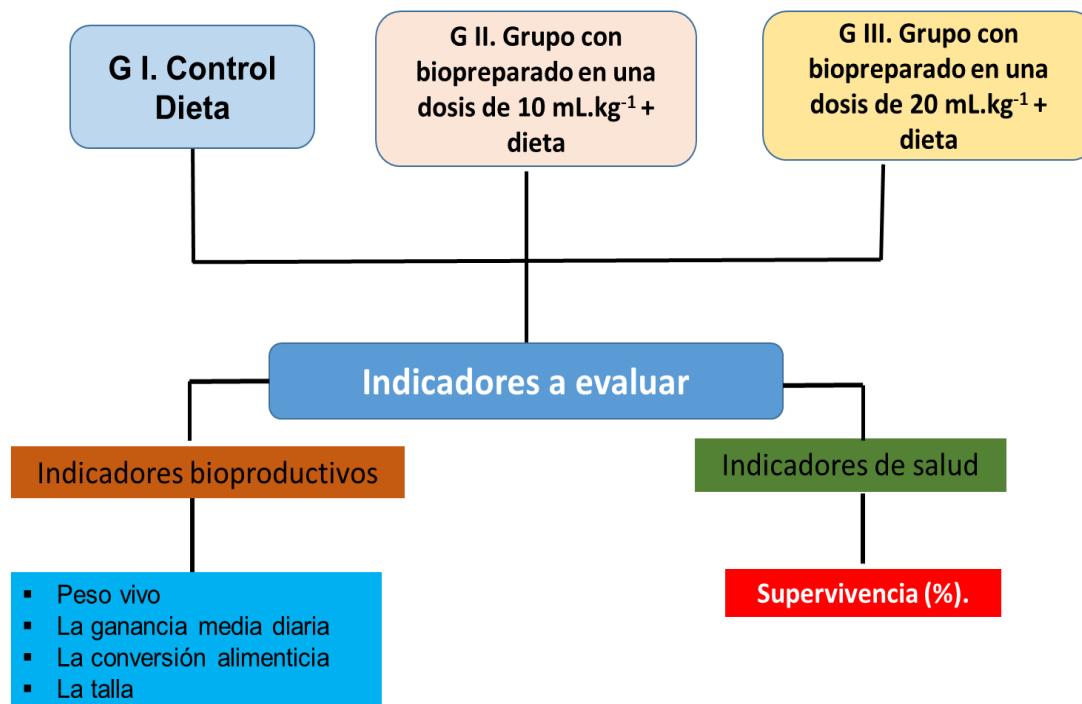
### 3.3.2 Indicadores a evaluar

Indicadores bioproductivos: Se medirá el peso vivo, la ganancia media diaria, la conversión alimenticia, la talla. También se evaluará la biomasa.

Indicadores de salud: Supervivencia (%).

Se realizarán muestreos cada 30 días y al final del experimento.

En la figura 8 se muestra el esquema para el desarrollo del experimento.



**Figura 8.** Diagrama experimental para la evaluación de los biopreparados en tilapias.

#### **Etapa 4. Comprobación de la calidad microbiológica del biopreparado SUBTILPROBIO® y evaluación de su efecto en indicadores productivos y de salud de tilapias.**

##### **4.1. Elaboración del biopreparado probiótico SUBTILPROBIO®**

##### **Material biológico y medios de cultivo para la elaboración de SUBTILPROBIO®.**

Se empleará la cepa *Bacillus subtilis* C-31 procedente del cepario del Centro de Estudios Biotecnológicos de la Universidad de Matanzas.

Para el inóculo se desarrollará un cultivo en caldo nutriente (BIOCEN, Cuba) a 37°C en zaranda a 110 rpm. Como medio de crecimiento de *Bacillus subtilis* (McBs), se empleará el diseñado por Milián (2009) según se aprecia en la tabla 13.

**Tabla 13.** Composición del medio para el crecimiento de *Bacillus subtilis* (Milián, 2009).

Medio para el crecimiento de <i>Bacillus subtilis</i> (McBs)	
Composición	Unidades. L <sup>-1</sup>
Miel final (50% ART)	50 g (25 g ART)
Hidrolizado de levadura (18% NT)	50 mL (0,9 NT)
Peptona bacteriológica	3 g (0,22 NT)
Cloruro de Sodio	5 g
CaCl <sub>2</sub>	0,01 g

ART, Azúcares reductores Totales; NT, Nitrógeno Total.-pH 7,0 y temperatura de incubación 37 °C.

#### **4.2 Análisis microbiológico del biopreparado**

Después de la obtención del biopreparado, se procederá al análisis microbiológico, para lo cual se tomarán 3 muestras del cultivo y se procederá a realizar el conteo de células viables y los microorganismos contaminantes.

##### **4.2.1 Conteo de células viables**

Se efectuará el conteo de células viables de *Bacillus subtilis* C-31 al biopreparado como se describe a continuación:

Para efectuar el conteo se realizarán diluciones seriadas de las muestras en una relación de inoculación de 1:10 (v/v) en solución salina (8 % NaCl), desde 10<sup>-1</sup> hasta 10<sup>-14</sup>. Las tres últimas diluciones se inocularán individualmente (0,1 mL) en placas, en la superficie del medio agar nutriente, con espátula de Drigalski. Esta operación se replicará tres veces y las placas se incubarán a 37 °C en condiciones aerobias por 24 h. Posteriormente, el número de unidades formadoras de colonias (UFC) se determinará bajo lupa por conteo visual de colonias.

##### **4.2.2 Conteo de contaminantes en el biopreparado**

El conteo se realizará de acuerdo con las normas de Microbiología de los Alimentos para Consumo Humano y Animal NC-ISO (Bennett y Lancette, 2007). Se realizarán diluciones seriadas de las muestras según NC-ISO 6887: 2002 tal y como se muestra en el acápite 3.2.2 del presente proyecto.

##### **4.2.3 Análisis químico**

**Determinación del pH:** Se realizará como se describe en el acápite 3.2.3.

Una vez realizados los análisis correspondientes y los resultados sean los adecuados para este biopreparado se procederá a la evaluación del efecto del mismo en el cultivo intensivo de tilapias.

#### **4.3 Evaluación del efecto de SUBTILPROBIO® en indicadores bloproductivos y de salud de tilapias.**

Se realizará el experimento en las mismas condiciones que el descrito en la etapa 3, lo único que cambia es el biopreparado probiótico a evaluar, que en este caso es SUBTILPROBIO®. Se evaluarán los mismos indicadores.

#### **Etapa 5. Comprobación de la calidad microbiológica del biopreparado PROBIOLEV® y evaluación de su efecto en indicadores productivos y de salud de tilapias.**

##### **5.1. Elaboración del biopreparado probiótico PROBIOLEV®**

Para la elaboración de PROBIOLEV® se empleará la metodología de Pérez (2000). Para ello se deberá desarrollar la hidrólisis enzimática de crema de levadura *Saccharomyces cerevisiae* del fondaje de cubetas de destilería, a través de la adición de un crudo enzimático procedente del cultivo de *Bacillus subtilis* E-44.

Una vez elaborado el biopreparado se procederá a realizar los análisis microbiológicos correspondientes para determinar microorganismos contaminantes (según el acápite 3.2.2) y el análisis químico de acuerdo al acápite 3.2.3.

Después de comprobar la calidad microbiológica se procederá al montaje del experimento para la evaluación de su efecto en las tilapias. A diferencia de los anteriores experimentos con los biopreparados PROBIOLACTIL® y SUBTILPROBIO® se emplearán las dosis de 20 y 30 mL.kg<sup>-1</sup> de alimento.

#### **Etapa 6. Análisis de la factibilidad económica del uso de los biopreparados probióticos en la cría intensiva de tilapia.**

Se realizará la búsqueda de la información económica necesaria para comparar los costos beneficios en cada uno de los experimentos.

En la tabla 14 se presenta el cronograma de ejecución de cada una de las etapas de este proyecto:

**Tabla 14.** Cronograma de las actividades.

<b>RESULTADOS Y PLANIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PRINCIPALES</b>					
<b>Resultados Planificados</b>	<b>Entidad Responsable</b>	<b>Actividades Principales</b>	<b>Inicio</b>	<b>Término</b>	<b>Indicadores verificables</b>
Etapa 1. Revisión del estado del arte	Universidad de Matanzas (UM)	Revisión de bibliografía actualizada del tema	Enero 2020	Marzo 2020	Publicación de monografías sobre el tema
		Selección de los principales métodos y técnicas para el desarrollo experimental.			
		Comparación de los resultados obtenidos con los de otros autores			
Etapa 2. Determinación de las condiciones hidroquímicas e hidrobiológicas del embalse.	Unidad Empresarial Básica (UEB) Acuícola de Matanzas	Determinación de las condiciones hidroquímicas	Abril 2020	Mayo 2020	Relación de datos
		Determinación de las condiciones hidrobiológicas	Abril 2020	Mayo 2020	
Etapa 3. Comprobación de la calidad microbiológica del biopreparado PROBIOLACTIL® y evaluación de su efecto en indicadores productivos y de salud de tilapias.	UM (UEB) Acuícola de Matanzas	Evaluación de la calidad microbiológica del biopreparado PROBIOLACTIL	Julio 2020	Julio 2020	Relación de datos
		Evaluación del efecto del PROBIOLACTIL® en indicadores bioproductivos y de salud de tilapias	Septiembre 2020	Marzo 2021	Relación de datos Publicación de resultados Participación en eventos Información a la empresa de los resultados. Tesis de grado o maestría



*Métodos y procedimientos. Cronograma*

Etapa 4. Comprobación de la calidad microbiológica del biopreparado SUBTILPROBIO® y evaluación de su efecto en indicadores productivos y de salud de tilapias.	UM (UEB) Acuícola de Matanzas	de	Evaluación de la calidad microbiológica del biopreparado SUBTILPROBIO®	Mayo 2021	Junio 2021	Relación de datos Publicación de resultados Participación en eventos Información a la empresa de los resultados. Tesis de grado o maestría
			Evaluación del efecto del SUBTILPROBIO® en indicadores bioproductivos y de salud de tilapias	Septiembre 2021	Marzo 2022	
Etapa 5. Comprobación de la calidad microbiológica del biopreparado PROBIOLEV® y evaluación de su efecto en indicadores productivos y de salud de tilapias	UM (UEB) Acuícola de Matanzas	de	Evaluación de la calidad microbiológica del biopreparado PROBIOLEV®	Mayo 2022	Julio 2022	Relación de datos Publicación de resultados Participación en eventos Información a la empresa de los resultados Actividades de capacitación a los obreros. Tesis de grado o maestría
			Evaluación del efecto del PROBIOLEV® en indicadores bioproductivos y de salud de tilapias	Septiembre 2022	Marzo 2023	
Etapa 6. Análisis de la factibilidad económica de la aplicación de los biopreparados probióticos en tilapias.	UM (UEB) Acuícola de Matanzas	de	Búsqueda de la información económica necesaria para comparar los costos beneficios en cada uno de los experimentos.	Mayo 2023	Diciembre 2023	Estudio de factibilidad económica
Escritura y presentación del informe con los resultados del proyecto	UM (UEB) Acuícola de Matanzas	de	Escritura del informe	Enero 2024	de Julio de 2024	Informe del proyecto

*Recursos necesarios.*

*Presupuesto Global del*

*Proyecto*

**RECURSOS NECESARIOS**



Las evaluaciones del proyecto se realizarán en las instalaciones de la UEB, por lo cual la entidad asume los gastos por concepto de los siguientes recursos que se muestran en la tabla 15. De ellos, hay recursos que ya están instalados, por lo que solo se necesitará de gastos en concentrado y en la compra de los alevines para todo el ciclo productivo

**Tabla 15.** Recursos disponibles en la UEB para la ejecución del proyecto.

Recursos	Unidad de medida	Costo (\$) MN	Costo (\$) CUC	Gastos durante el experimento	
				MN	CUC
Concentrado peletizado	1 tonelada	1 052,00		185004,72	
Malla Multi Filamento 75x70	kg	3,06	9,90		
Soga 6mm	kg	1,05	5,12		
Malla 15x1860	kg	3,27	8,35		
Hilo 210x12	kg	2,62	6,45		
Hilo 210x24	kg	1,88	4,97		
Malla Arte Chino		538,00			
Malla 8x80	kg	3,11	7,99		
Malla 210x24x2cm	kg	2,77	7,65		
Malla 72	kg	2,62	7,41		
Malla 380x24x50	kg	72,89	182,13		
Flotadores	unidad	0,03	0,08		
Alevín de tilapia (Matanzas)	millar	0,03	0,08	9,45	25,2
<b>Total</b>				<b>185014,17</b>	<b>25,2</b>

En la tabla 16 se muestran todos los recursos que aportarán las entidades involucradas en el proyecto.

**Tabla 16.-** Recursos necesarios que aportan las instituciones involucradas

Recursos necesarios	
Aporte institucional	Equipos y materiales
Universidad de Matanzas	Medios de cultivo
	Cristalería y miscelánea
	Agua destilada y corriente
	Balanza digital
	Autoclave
	Refrigerador
	Incubadora
	Flujo laminar
	Zaranda termostatada
	pH digital
	Microscopio óptico
	Erlenmeyer de diferentes capacidades
	Frascos de cristal
	Placas petri
Especialistas de la producción	Garantizar las jaulas, concentrado, peces.
	Participar en la:  capacitación  aplicación de los productos
Conjuntos	Medir el <b>Impacto ambiental</b>

A continuación se presentan los recursos humanos que participarán en la ejecución del proyecto (tabla 17).

**Tabla 17.-** Recursos humanos principales

Nombres y apellidos	J de resultado	Grado Científico	Categoría docente	Entidad	% de participación
Ana Rondón Castillo	X	Dr.C	PT	UM	15
Grethel Milián Florido	X	Dr.C	PT	UM	10
Marlene Martínez Mora		MSc.	PA	UM	10
Yasmari Rubio Fontanils		-	PI	UM	10
Agustín Beruvides Rodríguez	X	Dr.C.	PA	UM	10
Aymara Valdivia Ávila		Dr.C	PT	UM	10
Marlen Rodríguez Oliva		Dr.C	PT	UM	10
Especialista de la producción	X	-	EP	Empresas	10
Jefe de Granja de Ceba					5
Técnico Piscicultor					5
Criadores					5

Los biopreparados que se proponen evaluar en el proyecto presentan la siguiente ficha de costo (tabla 18):

**Tabla 18.** Costo de producción de los biopreparados que se emplearán en las diferentes etapas.

Biopreparados	Unidad de medida	Costo Total MN	Costo (\$) CUC	Gastos durante el experimento	
				MN	CUC
SUBTILPROBIO®	L	2,34	0,53	22,86	5,17
PROBIOLACTIL®	L	2,28	0,13	22,27	1,27
PROBIOLEV®.	L	0,02	0,004	19,54	3,91
<b>Total</b>				<b>46,67</b>	<b>10,35</b>

Para la ejecución de las evaluaciones se necesitan 9,77 L de cada uno de los biopreparados SUBTILPROBIO® y PROBIOLACTIL®, ya que se aplicarán dos

dosis (10 y 20 mL por kg de alimento) en el alimento para 14 jaulas por cada uno. Para el experimento con el PROBIOLEV® se requieren 977 L, ya que se aplicarían 20 y 30 mL por kg de concentrado.

## **PRESUPUESTO**

En la tabla 19 se presenta de forma detallada cómo se calculó el presupuesto global del proyecto.

Para el cálculo del Presupuesto del proyecto en Moneda Total (MT) se incluyeron: Incluye los gastos previstos en moneda nacional y los gastos correspondientes en CUC. Presupuesto en CUC: Incluye sólo los gastos previstos en CUC

Salario (1): Presupuesto de salario del personal vinculado directamente al proyecto, de acuerdo con su por ciento de participación. La cifra anual comprende solamente 11 meses pues el mes de vacaciones está considerado en el 9,09% del salario anual.

Otras retribuciones (2): Presupuesto de otros gastos correspondientes a cualquier otro pago al personal directamente vinculado al proyecto y que no constituye salario, como por ejemplo pago de estimulación, pago por participación en proyectos, entre otros.

Salario complementario (3): Presupuesto correspondiente a las vacaciones del personal directamente vinculado al proyecto. Corresponde al 9,09% de la suma de las cifras que aparecen en (1) y (2).

Subtotal (4): Cifra que incluye la suma de (1), (2) y (3): salario, otras retribuciones y salario complementario.

Seguridad social (5): 14% de la cifra subtotal (4)

Impuesto por la utilización de la fuerza de trabajo (6): según el por ciento aprobado en el año. (4).

**Tabla 19.-** Presupuesto global del proyecto

Concepto	Presupuesto Global del Proyecto (en Miles de Pesos)									
	Año		Año		Año		Año		Total	
	MT	CUC	MT	CUC	MT	CUC	MT	CUC	MT	CUC
Salario(1)	2700		2700		2700		2700		10800	
Otras retribuciones (2)										
Salario complementario (9,09 % del salario total anual) (3)	245,43		245,43		245,43		245,43		981,72	
Subtotal (4)	2945,43		2945,43		2945,43		2945,43		11781,72	
Seg. Social (5)	412,36		412,36		412,36		412,36		1649,44	
Impuestos por la utilización de la fuerza de trabajo (6) según lo aprobado para el año.										
Recursos materiales (7)	1500	600	1500	600	1500		1500		6000	1200
Subcontrataciones (8)			2000		2000				4000	
Otros recursos (9)	2600	600	2600	600	2600	600	2600	600	10400	2400
Subtotal (10)	4512	1200	6512,36	1200	6512,36	600	4512,36	600	22049,44	3600
Total Gastos Corrientes Directos (11)	7457,43	1200	9457,79	1200	9457,79	600	7457,43	600	33831,16	3600
Gastos de Capital (12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos Indirectos (13)	1472,71		1472,71		1472,71		1472,71		5890,84	
Total Gastos (14)	8930,14	1200	10929,71	1200	10929,71	600	8930,14	600	<b>39722,00</b>	<b>3600</b>
Total General del Proyecto										

Total, de gastos corrientes directos (11): Se calcula sumando los subtotales (4) y (10).

Gastos de capital (12): Presupuesto para los gastos correspondientes a inversiones materiales o compra de activos fijos (equipos y otros) necesarios para el proyecto. Deben estar en correspondencia con el plan de inversiones de la entidad y tienen que cumplimentar los aspectos relacionados con la Política del proceso inversionista.

Gastos Indirectos (13): Son aquellos gastos que no son identificables con el proyecto y se relacionan con él de forma indirecta. La característica de estos gastos está dada por la imposibilidad de asociarlos directamente a un proyecto específico, ya que son gastos que se relacionan con la actividad general de la entidad, por lo que se aplican a cada Centro de Costo (Proyecto) por la vía del prorrateo (Coeficiente de Gastos Indirectos), sobre determinadas bases, como por ejemplo los salarios directos. Como ejemplos más comunes de gastos indirectos a la actividad del Proyecto se pueden citar: gastos de reparaciones generales, mantenimiento, gastos de salario de personal relacionado indirectamente con el proyecto, gastos de electricidad, agua, gas, depreciación de instalaciones o equipos, desgastes de útiles y herramientas, servicios de teléfono, comunicaciones e internet, entre otros.



*Evaluación económico  
financiera*

## **EVALUACIÓN ECONÓMICO – FINANCIERA**

El desarrollo del presente trabajo traerá como beneficio el incremento de la producción de tilapia en la UEB Acuícola de Limonar, ya que de forma directa los biopreparados que se evaluarán contribuirán a disminuir la incidencia de enfermedades de los peces, mejorarán la digestibilidad de los alimentos y estimularán el sistema inmune de los animales, lo cual se traduce en beneficios económicos a largo plazo en el cultivo intensivo de tilapia.

La ejecución de este proyecto traerá consigo un impacto desde el punto de vista ambiental, ya que si disminuye la mortalidad por la reducción de los agentes causantes de enfermedades, se eliminará la contaminación o infestación del agua debido a la presencia de peces muertos.

Desde el punto de vista económico no se incurrirá en inversiones para el desarrollo del proyecto, ya que se dispondrá de las instalaciones, equipos, de las instituciones participantes, las cuales tendrán a su cargo toda la fase experimental. Se necesitarán recursos financieros para el pago de salarios, viáticos, cuotas de participación en eventos, pago de servicios, publicaciones etc.

# *Bibliografía*

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Acuña, C. 2018. Biotecnología y acuicultura., Argenbio. pp.6. Disponible en: <http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/Biotecnologia%20y%20acuicultura.pdf>. [Consulta: abril 2018].
- Ahmed, H.A.; Mohamed, E.M.; Rezk, M.M.; Gharieb, R.; Abdel-Maksoud, S.A. 2018. *Aeromonas hydrophila* in fish and humans; prevalence, virulotyping and antimicrobial resistance. *Slovenian Veterinary Research* 55 (20): 113-124.
- Alarcón, P.; González, M.; Castro, E. 2016. The role of gut microbiota in the regulation of the immune response. *Rev. méd. Chile* 144 (7): 910-916.
- Alevinos del Valle. 2013. Cultivo de tilapia. Disponible en: <http://alevinosdelvalle.es.tl/Enfermedades-Com%FAnes-Dieases-htm>. [Consulta: 9 de abril de 2018].
- Anon. 2006. Manual de Procedimientos Operacionales de Trabajo (POT) para el cultivo intensivo de tilapia en jaulas. 79 p.
- Arredondo, F.J.L.; Flores, V.F.; Garduño, H.; Campos, R. 1994. Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia. SEPESCA/UAM-I, México, D.F. 89 p.
- AUNAP.2016. Evaluación de la aplicabilidad de probiótico en las fases larvarias de Bocachico y Tilapia para optimizar rendimiento productivo. (Autoridad nacional de acuicultura y pesca) (Universidad de la Costa). Disponible en: <https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/17-INFORME-FINAL-PROBIOTICOS.pdf>. [Consulta: 9 de abril de 2018].
- Ayyat, M.S.; Labib, H.M.; Mahmoud, H.K. 2014. A probiotic cocktail as a growth promoter in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Aquaculture* 26: 208-215.
- Baldo, L; Riera, J.L.; Tooming-Klunderud, A.; Alba, M.M., Salzburger, W.2015. Gut microbiota dynamics during dietary shift in Eastern African cichlid fishes. *PLoS ONE* 10: e0127462.
- Banerjee, G.; Ray, A.K. 2017. The advancement of probiotics research its application in fish farming industries. *Research in Veterinary science* 115: 66-77. doi: 10.1016/j.rvsc.2017.01.016.

- Blach, A. 2015. Probióticos, Prebióticos y Simbióticos en nutrición y salud animal. Disponible en: Addimus.com. [Consulta: 9 de abril de 2018].
- Bravo, S.; Millanao, A. 2013. Los probióticos como nueva alternativa ante el uso de antibióticos. Disponible en: <http://ibma-udec.blogspot.com.co/2013/11/los-probioticos-como-nuevaalternativa.htm>. [Consulta: 24 de septiembre 2018].
- Cantor, F. 2007. Manual de producción de tilapia. Puebla. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. 23 p.
- CENDEPESCA (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, SV) Misión Técnica Taiwán. 2013. Manual de procedimientos técnicos operativos y respuesta a emergencias sobre el manejo de alevines reversados de tilapia. Atiocoyo, SV. 22 p
- CONAPESCA. 2012. Programa Maestro Nacional Tilapia. Disponible en: [www.conapesca.sagarpa.gob.mx](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx). [Consulta: 25 de marzo de 2018].
- CONAPESCA y SAGARPA. 2011. Guía empresarial para el cultivo, engorda y comercialización de la tilapia (MOJARRA). 130 p.
- Cruz, P.M.; Ibáñez, A.L.; Monroy, O.A; Ramírez, H.C. 2012. Use of probiotics in quaculture. ISRN Microbiol. Article ID 916845.
- Cruz, Z. 2013. Aplicación de probióticos en el sector de la acuicultura: Desafíos y Perspectivas. Disponible en: <http://www.alimentatec.com/aplicacionde-probioticos-en-el-sector-de-la-acuicultura-desafios-y-perspectivas/?print=print>. [Consulta: 6 de abril de 2018].
- Cruz, Z. 2016. Aplicación de probióticos en el sector de la acuicultura: Desafíos y Perspectivas; Extracto del artículo "Probióticos y acuicultura: Desafíos y Perspectivas" publicado en la revista Industrias Pesqueras n° 2063-2064. 2013. 42-45. Disponible en: <http://www.alimentatec.com/aplicacion-de-probioticos-en-el-sector-de-la-acuicultura-desafios-y-perspectivas/>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- CTAQUA. 2015. Alimentación optimizada para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal. In C. T. d. A. d. Andalucía (Ed.), Informe de vigilancia tecnológica. 48 p.

- Del'Duca, A.; Cesar, D.E.; Diniz, C.G.; Abreu, P.C. 2013. Evaluation of the presence and efficiency of potential probiotic bacteria in the gut of tilapia (*Oreochromis niloticus*) using the fluorescent *in situ* hybridization technique. *Aquaculture* 388: 115-121.
- Ecuaquimica. 2011. Especies de la acuicultura obtienen beneficios de los probióticos. Disponible en: <http://www.ecuaquimica.com/acuicultura2.html>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- FAO. 2019. Visión general del sector acuícola nacional - Cuba.
- FAO. 2011. Visión general del sector acuícola nacional. Colombia. Texto de Salazar Ariza, G. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. [en línea]. Disponible en: [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_colombia/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es). [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- FAO. 2012a. El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA). Roma. 213 p.
- FAO. 2012. Examen mundial de pesca y acuicultura., Parte 1, 114 p.
- FAO. 2015. Los bosques y el agua. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i0410s.pdf>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- FAO. 2017. Acuicultura: Desarrollo de la acuicultura [internet]. Disponible en: <http://www.fao.org/aquaculture/es/>. [Consulta 22 de septiembre 2018].
- FAO. 2018. La producción agrícola y pesquera de América Latina crecerá 17 % al 2027, según la FAO. Disponible en: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/fao-consumo-de-pescado-en-america-latina-y-el-caribe-crecera-33-para-2030>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- García, R.; Gutiérrez, L. A.; RB, C. A. D. 2015. El uso de los probióticos en la industria acuícola. *Revista Alimentos Hoy* -165 (23).14 p.
- Giatsis, C.; Sipkema, D.; Smidt, H.; Verreth, J.; Verdegem, M. 2014. The colonization dynamics of the gut microbiota in Tilapia Larvae. *PLoS ONE* 9: e103641. doi:10.1371/journal.pone.0103641.
- Günther, J.; Jiménez-Montealegre, R. 2004. Efecto del probiótico *Bacillus subtilis* sobre el crecimiento y alimentación de tilapia (*Oreochromis*

- niloticus*) y langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) en laboratorio. Rev. biol. trop 52 (4): 4-8.
- Haygood, A.M; Jha, R. 2016. Strategies to modulate the intestinal microbiota of tilapia (*Oreochromis* sp.) in aquaculture: a review in Aquaculture.1-14 p. doi: 10.1111/raq.12162.
- Henríquez, P.C. 2013. Caracterización de propiedades probióticas de microorganismos del tracto digestivo de salmónidos. (Tesis Magister), Universidad de Chile, Repositorio Académico de la Universidad de Chile. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/116254>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- Hurtado, N. 2018. Tilapia la alternativa económica y social del tercer milenio.127 p.
- Ibarra, J. 2014. Utilización de Probióticos en los Alimentos Acuícolas. Revista: International Aquafeed. Disponible en: <http://www.aquafeed.co/3190206-2/>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- Kubitza, F. 2013. Nutrición y sanidad en el cultivo de tilapia. Disponible en: [https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/\\_archivos//000000\\_Desarrollos%20Acuícolas/130910\\_Nutrición%20y%20Sanidad%20en%20cultivos%20](https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos//000000_Desarrollos%20Acuícolas/130910_Nutrición%20y%20Sanidad%20en%20cultivos%20). [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- Lavin, P.; Cerda, J. G.; Díaz, C. T.; Asencio, G.; González, M. 2013. Cepa antártica de *Bacillus* sp., con actividad extracelular de tipo agarolítica y alginatoliasa. Gayana 77(2): 75-82.
- López, B. R.; Cruz, L. A. 2011. Elaboración de un probiótico a base de microorganismos nativos y evaluación de su efecto benéfico al proceso digestivo de La tilapia roja (*Oreochromis* Spp.) en etapa de engorde en la zona de Santo Domingo. Tesis (de pregrado). Disponible en:<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4857/1/T-ESPE-IASA%20II002358.pdf>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- Maldonado, R. 2011. Alimento balanceado con harina de lombriz (*Eisenia foetida*) para alimentar alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en producción bajo invernadero (en línea). MX. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de ingeniería. Disponible en

- <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/2814/1/RI002656.pdf>. [Consulta: el 13 de Mayo 2018].
- Merrifield, D. L.; Dimitroglou, A.; Foey, A.; Davies, S. J.; Baker, R. 2010. La situación actual y el enfoque futuro de las aplicaciones de probióticos y prebióticos para salmónidos.
- Merrifield, D, Ringø E (eds). 2014. Aquaculture Nutrition. John Wiley y Sons Ltd, Chichester, UK.
- Milián, G.; Rondón, Ana J.; Pérez, M.; Samaniego, Luz M.; Riaño, J.; Boucourt, R; Ranilla, María J.; Carro, María D. Rodríguez, Marlen. y Laurencio, Martha. 2014. Isolation and identification of strains of *Bacillus* spp. in different ecosystems, with probiotic purposes, and their use in animals. *Journal of Agricultural Science*.48 (4): 347-351.
- Milián, G. 2009. Obtención de cultivos de *Bacillus* spp. y sus endosporas. Evaluación de su actividad probiótica en pollos (*Gallus gallus domesticus*). Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba.
- Monroy, M; Castro, T; Castro, J.; Castro, M.; Lara, G. 2012. Beneficios del uso de probióticos en la flora bacteriana intestinal de los organismos acuáticos. *Revista Probioticos* 12(3): 18-26.
- Muñoz, V.N. 2018. Contribución del biofloc inoculado con diferentes probióticos sobre el crecimiento y niveles de actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus* Var SPRING). Tesis (para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias).
- Nayak, S. K. 2010. Probiotics and immunity: a fish perspectives. *Fish and Shellfish Immunology* 23(2): 12-14.
- Nayak, S. K. 2010a. Papel de la microbiota gastrointestinal en peces. *Aquac Res*, 41 p.
- OLDEPESCA. 2012. XXII Conferencia de Ministros. Diagnóstico de la acuicultura marina en la región de América Latina y el Caribe. Paper presented at the XXII CONFERENCIA DE MINISTROS, La Habana, Cuba.



- Pakingking, R.; Palma, P.; Usero, R. 2015. Quantitative and qualitative analyses of the bacterial microbiota of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in earthen ponds in the Philippines. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*.31: 265-275.
- Parada, C. P. 2013. Caracterización de las propiedades probióticas de microorganismos del tracto digestivo de salmónidos (Tesis Magisterio). 25 p
- Palma, L. M.; Ordoñez, K. A.; Ordoñez, A. S. 2018. Aplicación de la técnica de Biofloc, usando sustratos naturales y probióticos en el cultivo de *Oreochromis sp* en sistema de cero recambios de agua. Proyecto Especial como Requisiti Parcial para optar por el título de Ingeniero en Ciencias Acuícolas en grado académico de Licenciatura. 37 p.
- Pérez, M. 2000. Obtención de un hidrolizado de crema de levadura de destilería y evaluación de su actividad probiótica. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad Agraria de La Habana. Cuba.
- Pérez, M. M., Sáenz, M. I. 2015. Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi -intensivos. Tesis (previa para optar el título de Ingeniero Acuícola).Universidad Nacional autónoma de Nicaragua UNAN – León.
- Pérez, S. 2018. Dar vida a los peces de agua dulce. Disponible en: <http://www.granma.cu/cuba/2018-02-01/dar-vida-a-los-peces-de-agua-dulce-01-02-2018-00-02-16>. Fecha de consulta: 25 de junio de 2019.
- Pineda, M. Uso de probióticos en alimentación de Tilapias para aumentar la productividad. Disponible en: <http://pisciculturaglobal.com/uso-de-probioticos-en-alimentacion-de-tilapias-paraaumentar-la-productividad/>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- Poot, C. 2010. Biotecnología para el cultivo de la tilapia. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/65126548/ABC-en-EI-Cultivo-Integral-de-La-Tilapia#scribd>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- Poot-Lopez, G.R.; Hernandez. J.M., Gasca-Leyva, E. 2014. Analysis of ration size in Nile tilapia production: Economics and environmental implications. *Aquaculture* 420–421: 198–205.

- Ramírez, L. A.; Ruales, C. A.; Campuzano, O. I.; Gonzalez, E. B. 2016. Effect of dietary inclusion of microencapsulated probiotics on some zootechnical parameters in red tilapia fingerlings (*Oreochromis* sp.). *Revista de Salud Animal* 22(3): 12-18.
- Ringø, E.; Myklebust, R.; Mayhew, T. M.; Olsen, R. E. 2007. Bacterial translocation and pathogenesis in the digestive tract of larvae and fry. *Aquaculture*. 268 p.
- Romero, J., M..2015. Método para producir probióticos autóctonos con actividad inmunoestimulante y su uso en profilaxis contra flavobacteriosis en salmónidos. Disponible en: <http://www.google.com/patents/WO2016037296A1?cl=es>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- Romero, J.; Ringø, E, Merrifield, D.L. 2014. The gut microbiota of fish. In: Merrifield D y Ringø E (eds.) *Aquaculture nutrition gut health, probiotics and prebiotics*. Wiley, Chichester.75-100.
- Rondón, A.J. 2009. Obtención de biopreparados a partir de lactobacilos autóctonos del tracto digestivo de pollos y evaluación de su efecto probiótico en estos animales. Tesis de doctorado. Instituto de Ciencia Animal. Cuba.
- Salomón, R. 2018. Acuicultura cubana en apogeo. *Aquahoy* (Portal de Información en Acuicultura). Disponible en: <https://www.aquahoy.com/component/tags/tag/tilapia>. [Consulta: 28 de marzo de 2018].
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca Alimentación, MX).Fundación Oaxaca produce A.C, MX; ITSAL (Instituto Tecnológico de Salina Cruz, MX).SEP (Secretaría de Educación Pública, MX).Manual: Elaboración de alimento alternativo para la producción de tilapia [en línea]. 2014. México. Disponible en:[http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/20/2013/anales/anu\\_706-25-2014-05-7.pdf](http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/20/2013/anales/anu_706-25-2014-05-7.pdf). [Consulta el 31 mayo 2018].
- Tuan, T.N.; Duc, P.M., Hatai, K .2013. Overview of the use of probiotics in aquaculture. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture* 3:89–97.

## *Bibliografía*

- Vadstein, O., Bergh, Ø.; Gatesoupe, F.J., Galindo-Villegas, J., Mulero, V., Picchietti S *et al.* 2013 Microbiology and immunology of fish larvae. *Reviews in Aquaculture* 5: S1–S25.
- Velarde, M. U. 1986 .Crecimiento de la tilapia del nilo con abono de vacuno y alimento suplementario. Tesis (para optar el Título de Ingeniero Pesquero).Tesis (para optar el Título de Ingeniero Pesquero), Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Verschuere, L.; Rombaut, G., Sorgeloos, P.; Verstraete, W. 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Mol. Micr. Biol. Rev.* 64: 651-671.
- Wang, Y.; Tian, Z., Yao, J.; Li, W. 2008. Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. Elsevier.
- Wang, Y.G.; K.L. Lee, M.; Najjah, M. Shariff y M.D. Hassan. 2000. A new bacterial white spot syndrome (BWSS) in cultured tiger shrimp *Penaeus monodon* and its comparison with white spot syndrome (WSS) caused by virus. *Dis. Aquatic Organisms* 41: 9-18.