

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**



ADICIÓN DE PROBIÓTICOS *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus reuteri*, EN LA ALIMENTACION DE *Oreochromis niloticus* (TILAPIA) Y SU EFECTO EN LA FASE DE ENGORDE, EN LA ESTACIÓN DE ACUICULTURA DE ATIOCOYO, SAN PABLO TACACHICO, LA LIBERTAD, PERIODO 2015-2016”.

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTADO POR:

ARTERO SAMAYOA, CINDY ERENIA
ASCENCIO FUNES, KAREN ALICIA
BAÑOS PLEITEZ, JULIA LUCIA

DOCENTE DIRECTOR:

LIC. DAVID ROSALES AREVALO

ASESOR EXTERNO:

TEC. PEDRO COREAS LIZAMA

COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADO

MSc. RICARDO FIGUEROA CERNA

AGOSTO DE 2016
SANTA ANA EL SALVADOR CENTRO AMÉRICA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**



ADICIÓN DE PROBIÓTICOS *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*., *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus reuteri*, EN LA ALIMENTACION DE *Oreochromis niloticus* (TILAPIA) Y SU EFECTO EN LA FASE DE ENGORDE, EN LA ESTACIÓN DE ACUICULTURA DE ATIOCOYO, SAN PABLO TACACHICO, LA LIBERTAD, PERIODO 2015-2016”

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

PRESENTADO POR:

ARTERO SAMAYOA, CINDY ERENIA
ASCENCIO FUNES, KAREN ALICIA
BAÑOS PLEITEZ, JULIA LUCIA

COORDINADOR DE GENERAL DE PROCESO DE GRADO

MSc. RICARDO FIGUEROA CERNA F: _____

DOCENTES DIRECTORES:

LIC. DAVID ROSALES ARÉVALO F: _____

TEC. PEDRO COREAS LIZAMA F: _____

AGOSTO DE 2016
SANTA ANA EL SALVADOR CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES CENTRALES

LICDO. LUIS ARGUETA ANTILLÓN
RECTOR INTERINO

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
VICE-RECTOR ACADEMICO INTERINO

ING. CARLOS ARMANDO VILLALTA
VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO INTERINO

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA
SECRETARIA GENERAL

Mdh. CLAUDIA MARIA MELGAR DE ZAMBRANA
DEFENSORA DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LICDA. NORA BEATRIZ MELENDEZ
FISCAL GENERAL INTERINA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

AUTORIDADES

ING. JORGE WILLIAM ORTIZ SANCHEZ

DECANO INTERINO

LICDO. JAIME ERNESTO SERMEÑO DE LA PEÑA

VICE-DECANO INTERINO

LICDO. DAVID ALFONZO MATA ALDANA

SECRETARIO INTERINO

LICDO. CARLOS MAURICIO LINARES HERNANDEZ

JEFE INTERINO DEL DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

AGRADECIMIENTOS

A CENDEPESCA:

Por otorgarnos el permiso de la elaboración de este proyecto de investigación en una de sus Estaciones.

A todo el personal de trabajo de la Estación de Acuicultura de Atiocoyo:

Por brindarnos el apoyo necesario en la realización de nuestra fase de campo en esta investigación.

A Lic. David Rosales Arévalo y Tec. Pedro Coreas Lizama:

Por su importante papel como asesores de nuestra investigación, apoyándonos incondicionalmente y complementando con sus observaciones para la elaboración del documento.

A los miembros del jurado lector y coordinador de procesos de graduación:

Lic. Carlos Linares, MSc. Ricardo Figueroa y Lic. David Rosales. Por haber aportado observaciones clave para mejorar la calidad de la investigación.

A Salvador Nasser presidente de ARAS de El Salvador.

Por su apoyo en la realización de este proyecto.

A BSc. Fabián Jijon, MSc. Otavio Castro, Dr. Vet. Eddy De Paz

Por su ayuda desinteresada durante el proceso en este trabajo de grado.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera, colaboraron en la realización de esta investigación.



DEDICATORIA

Por culminar mi carrera dedico el resultado de mi esfuerzo, coraje y empeño, reflejado en este trabajo a:

A DIOS TODO PODEROSO que ha sido bueno y misericordioso y no me abandono en todos aquellos momentos en que creí desfallecer, me brindo de su fuerza y sabiduría para alcanzar este logro.

A mis padres y demás familia porque siempre me apoyaron en toda circunstancia y por brindarme ánimo, principios, amor, cariño, formación de calidad y un gran espíritu de superación.

A todas las personas que han permitido que esos momentos efímeros de mi vida sean especiales y valgan la pena.

A todos, gracias...

CINDY ARTERO

DEDICATORIA

A esas personas importantes en mi vida que siempre estuvieron listas para brindarme su ayuda, con todo mi agradecimiento:

A mi familia por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos.

A mis compañeras de tesis, por apoyarnos mutuamente en nuestra formación profesional.

A todas esas personas que me han brindado su apoyo incondicional y por compartir buenos y malos momentos.

KAREN ASCENCIO

DEDICATORIA

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi trabajo de grado a:

A DIOS TODO PODEROSO por ser mi guía y darme la fuerza necesaria para lograr cumplir mis metas.

A mi familia especialmente a mi madre y a mi padre que me han instado y brindado todo lo necesario para llegar hasta donde estoy, siendo el soporte necesario para mi desarrollo. Han sido un gran apoyo en cada uno de los proyectos que he decidido emprender, y espero lo sigan siendo.

A mis amigas que han estado siempre en los momentos que los he necesitado. Especialmente a mis compañeras de tesis, por su paciencia y comprensión.

A todas las personas que de una u otra manera han formado parte de este enorme logro que he alcanzado.

JULIA BAÑOS

INDICE

	Págs.
RESUMEN.....	xiii
INTRODUCCION	xiv
3.1 Cultivo de tilapia.....	15
3.1.1 Infraestructura de Cultivo (estanques).....	16
3.2 Taxonomía y Genética de la <i>Oreochromis niloticus</i>	18
3.3 Requerimientos del medio ambiente para tilapias	20
3.4 Parámetros de Calidad del Agua para Tilapia	20
3.5 Hábitos alimenticios	23
3.5.1 Alimentación y nutrición	24
3.5.2 Alimentación en el Proceso de Engorde	24
3.5.3 Tipos de alimentos	26
3.6 Tracto Gastrointestinal de la Tilapia	26
3.6.1 Microflora gastrointestinal en Tilapia Nilótica	27
3.7 Enfermedades de la tilapia.....	28
3.7.1 Causas.....	28
3.7.2 Prevención de enfermedades	29
3.8 Probióticos	30
3.8.1 Beneficios de los probióticos.....	31
3.8.2 Características de Bacterias.....	33
3.9 Uso de probióticos en el cultivo de tilapia.....	37
3.10 Selección de criterios para las cepas Probióticas.....	37
4. DISEÑO METODOLÓGICO.....	40
4.1 Tipo de investigación	40
4.2 Descripción del área de estudio.....	40
4.2.1 Infraestructura de la estación.....	41
4.2.2 Abastecimiento de agua por gravedad.....	41
4.4 Instrumentos y Técnicas de investigación.....	42
4.5 Fase de recolección de datos.....	42

5. Fase I: Selección de lugar, preparación de los estanques, compra, traslado y siembra de alevines en los estanques.....	43
5.1 Selección de lugar	43
5.2 Preparación de los estanques	43
5.3 Toma de parámetros físicos	45
5.4 Compra de alevines	45
5.5 Siembra de alevines.....	45
6. FASE II: Fase Experimental. Manejo del cultivo.....	46
6.1 Alimentación	46
6.2 Muestras	47
6.3 Medición de parámetros físico-químicos del agua.....	52
6.4 Recambios de agua	53
6.5 Acondicionamiento del probiótico en el alimento	53
6.6 Cosecha	55
7. FASE III: RESULTADOS Y DISCUSION	55
7.1 Ganancia de peso	55
7.2 Talla	57
7.3 Tasa de sobrevivencia	59
7.4 Conversión Alimenticia.	59
7.5 Evaluación económica.....	61
7.5.1 Valor proyectado a 1 Hectárea.	62
8. CONCLUSIONES	64
9. RECOMENDACIONES.....	65
10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	66
ANEXOS.....	70

INDICE DE CUADROS

	Págs.
Cuadro 1: Alimentación recomendada por CENDEPESCA para cultivos intensivos o semi-intensivos en estanques.....	25
Cuadro 2: Ración alimenticia durante los primeros 10 días para T1 y T0.	47
Cuadro 3: Datos obtenidos de todos los muestreos en T1 y en T0.	49
Cuadro 4: Control de crecimiento a través de muestreos para T1.	50
Cuadro 5: Control de crecimiento a través de muestreos para T0.	51
Cuadro 6: Datos promedios obtenidos de los parámetros físico-químicos de los muestreos en T1 y en T0.	52
Cuadro 7: Resultados estadísticos obtenidos en los diferentes tratamientos.	55
Cuadro 8: Beneficios brutos, costos variables y beneficio neto en 110 días de cultivo.	61
Cuadro 9: Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno.....	62
Cuadro 10: Beneficios brutos, costos variables y beneficio neto por año de cultivo.	62
Cuadro 11: Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Págs.
Figura 1: Perfil de un estanque para la producción de peces en cautiverio.....	17
Figura 2: <i>Oreochromis niloticus</i>	18
Figura 3: Características Taxonómicas de la Tilapia Foto: U.S. Geological Survey. ...	20
Figura 4: Beneficio de los probióticos.	33
Figura 5: Criterios de selección de cepas Probióticas.....	39
Figura 6: Mapa de la ubicación de Estación Acuícola de Atiocoyo.....	40
Figura 7: Instalaciones de la Estación Acuícola de Atiocoyo.....	41
Figura 8: Canal principal y secundario de abastecimiento de agua.....	42
Figura 9: Presentación del probiótico.....	54

INDICE DE ANEXOS

	Págs.
Anexo 1: Aplicación de cal viva a los estanques.	71
Anexo 2: Enjuague de cal a los estanques.	71
Anexo 3: Conteo de alevines en la siembra.	72
Anexo 4: Realización de cuadrícula en estanques.	72
Anexo 5: Alimento concentrado 32% de proteína cruda.	73
Anexo 6: Alimentación al voleo.	73
Anexo 7: Instrumentos para primeros muestreos.	74
Anexo 8: Chinchorro utilizado para muestreos.	74
Anexo 9: Instrumento de medición de talla.	75
Anexo 10: Instrumentos de peso en onzas y libras.	75
Anexo 11: Instrumentos utilizados en parámetros físico-químico.	76
Anexo 12: Acondicionamiento de probiótico.	76
Anexo 13: Cosecha final.	77
Anexo 14: Canasta de plástico utilizada para cosecha.	77
Anexo 15: Ficha de control para muestreos.	78
Anexo 16: Permiso otorgado por CENDEPESCA.	79

RESUMEN

La problemática que enfrentan los productores del lugar es que los peces en determinadas épocas del año, desperdician alimento y el peso y talla disminuyen, por tal motivo se realizó el trabajo de investigación utilizando probióticos en la alimentación de tilapia. Se llevó a cabo en la Estación Acuícola de Atiocoyo, utilizándose alevines machos reversados con un peso promedio de 5 g y una talla de 6 cm, con una tasa de siembra de 3 alevines por m² distribuidos en 2 estanques de 500 m², en un periodo de 110 días de cultivo. En el estanque T1, se realizó la adición del probiótico en el alimento durante la fase de engorde; mientras que el estanque T0 fue manejado de la forma tradicional en la estación. Los parámetros físico-químicos que se midieron durante el cultivo fueron temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto.

Al finalizar el estudio se pudo concluir que la adición de probióticos a base de *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*., *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus reuteri*, en la alimentación de *Oreochromis niloticus* (tilapia) durante la fase de engorde, mejoró las variables productivas peso y talla, observándose una diferencia significativa de 21.58 g para la variable peso y 0.89 cm para la variable talla. Se observó una mínima diferencia entre el tratamiento T1 y el tratamiento T0, para conversión alimenticia obteniéndose 1.06 en T1 y 1.07 en T0 para esta variable y obteniéndose un 97% en T1 y un 92% en T0 para la sobrevivencia. La adición del probiótico, incrementó los costos variables, obteniéndose una TMR del 48.26% que indica la rentabilidad en 110 días de cultivo.

De acuerdo a los resultados queda a opción del productor utilizar probiótico en el alimento para mejorar la calidad del producto.

INTRODUCCION

Debido a las condiciones de cultivos semi-intensivos, como son altas densidades de siembra y limitada calidad de agua, los organismos se encuentran sujetos a un estrés constante que se traduce en bajas tasas de crecimiento e ineficiencia alimenticia, así como presencia de enfermedades.

Para que estos problemas por los cuales atraviesa el cultivo semi-intensivo de tilapia y que afectan directamente en la producción final, se han considerado varias alternativas que permiten mejorar, una de ellas es corregir la alimentación a través de productos beneficiosos tanto para la salud del pez, como para el hombre, ya que no producen efectos residuales, y a la vez son amigables con el medio ambiente, son los probióticos.

Estos son definidos como un aditivo alimenticio microbial vivo que constituye al equilibrio microbiano intestinal, mejorando la degradación de alimentos y actuando como promotores de crecimiento por su acción sobre el intestino, favoreciendo una mayor absorción y utilización de los nutrientes.

Con este estudio se evaluó el efecto de los probióticos *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium.*, *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus reuteri*, en la talla y peso de *Oreochromis niloticus*, durante la fase de engorde. Además, estos resultados permitirán que los acuicultores vean a los probióticos como una alternativa capaz de mejorar sus cultivos de tilapia y puedan así ser mayormente competitivos.

3. REVISION DE LA LITERATURA

3.1 Cultivo de tilapia

El cultivo de tilapia posee gran importancia en la producción de proteína animal en todo el mundo, particularmente en los países en vías de desarrollo (Lara- Flores et al,2002) **cit. por** Cruz & López (2011:4).

Quiñonez (2008) **cit. por** Cruz & López (2011:4), Da a conocer que la tilapia es cultivada en más de 100 países y ocupa el segundo puesto en la producción mundial con 1,6 millones de toneladas métricas al año. Este crecimiento le ha permitido conquistar todo tipo de mercados, tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo.

Bonilla & Hernández (2011:5), manifiestan que la Piscicultura en El Salvador dio inicio con el cultivo de Tilapia, tradicionalmente ha sido realizado por medio de estanques de arcilla, tanques de ladrillo y cemento y jaulas. Por lo que los métodos del cultivo de peces son dos: El uso de estanques y el uso de jaulas flotantes en cuerpos de agua.

Rodríguez (2012:11), El cultivo de tilapia en general, se ha transformado en una de las actividades más importantes dentro de la producción agropecuaria en el país. En el año 2010 la producción piscícola fue de 37.876 toneladas, para el semestre de julio-diciembre la tilapia tuvo una participación del 83% (CCI, 2010). Entre las dos especies más cultivadas de *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis spp.*

CENDEPESCA¹ (2008:7-8) Menciona que por sus características favorables de adaptación, la tilapia es muy apropiada para la piscicultura. Tiene rápido crecimiento, es fácil su reproducción y tiene resistencia a enfermedades.

Otras bondades de la tilapia son su bajo costo de producción, la tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, su habilidad para sobrevivir a

¹ CENDEPESCA: Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura.

bajas concentraciones de oxígeno y soportar un amplio rango de salinidades, por las condiciones extremas del agua marina.

El cultivo de tilapia promete convertirse en una de las principales fuentes de proteína animal para consumo humano, particularmente en los países en vías de desarrollo.

En el caso de El Salvador, hasta noviembre de 2008, el departamento de La Libertad es donde se desarrollan más proyectos productivos de acuicultura, especialmente tilapia. Las estadísticas indican 50 proyectos en La Libertad, generalmente influenciados por el Distrito de Riego de Atiocoyo Sur; seguido de 14 proyectos más en el departamento de Chalatenango, justo donde también opera el Distrito de Riego Atiocoyo Norte.

3.1.1 Infraestructura de Cultivo (estanques)

MAG² (2011:21-24) El estanque es un recinto acuático poco profundo (1.0-2.5m) con entrada y salida de agua controladas, construido para cultivar organismos acuáticos. En cuanto a la forma, la mayoría de los cuerpos de agua pueden ser útiles para acuicultura si las condiciones ambientales son las adecuadas, pero los cuerpos de agua rectangulares ofrecen varias ventajas, principalmente para el manejo hidráulico y de la cosecha.

Los estanques pueden ser construidos de diferentes materiales, los cuales están relacionados con el tipo de suelo local y la disponibilidad de elementos de construcción al alcance del productor. Algunos de ellos son:

- a) Material cocido: Recintos con paredes y fondo construidos con ladrillo y revestido con arena, cal y cemento. En ciertos casos el fondo es impermeabilizado con arcilla.

² MAG: Ministerio de Acuicultura y Ganadería.

- b) Mampostería: Paredes construidas con piedra colocada y revestida con arena, cal y cemento. Por lo general en este tipo de estanque, el fondo está compuesto de arcilla compactada.
- c) Concreto: Paredes y fondo hecho con arena, cemento, cal y varilla.
- d) arcilla: Taludes y fondo de arcilla, generalmente se aprovecha suelos arcillosos o las arcillas acopiadas y transportadas en los sitios de construcción.
- e) Excavaciones revestidas con plásticos o geo-membranas: En sitios arenosos o muy permeables, las paredes y fondo se revisten con material plástico o geo-textiles, el fondo está compuesto de arcilla.

En el enfoque de producción familiar y comercial el material más utilizado es la arcilla, para ello se elige los lugares con suelo arcilloso. Los estanques de arcilla son económicos y ofrecen la ventaja de simular el ambiente natural para los peces.

En la construcción de estanques, independientemente del material que se utilice, deben considerarse los elementos que se esquematizan en la siguiente figura:

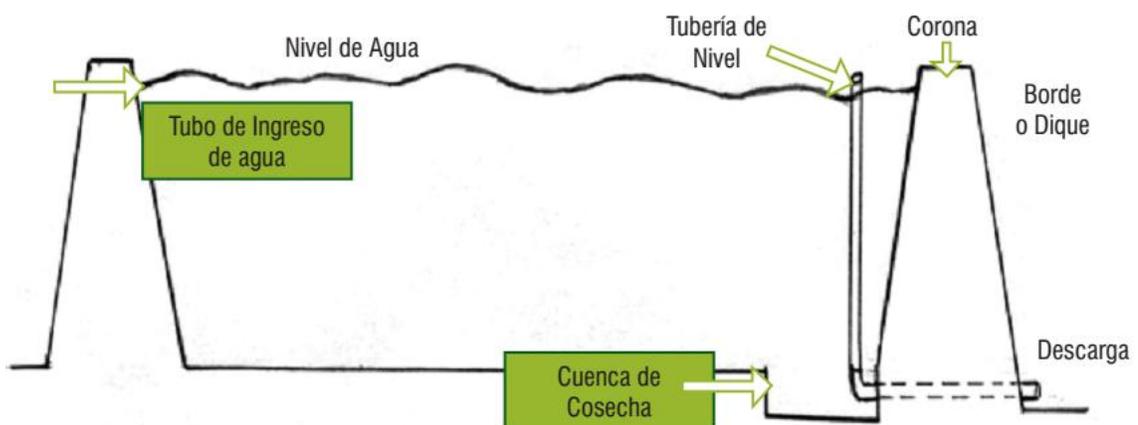


Figura 1: Perfil de un estanque para la producción de peces en cautiverio.

3.2 Taxonomía y Genética de la *Oreochromis niloticus*

De acuerdo a la clasificación de Berg (s.a), modificada por Trewavas (1983) cit. por García (2000:85), las tilapias se clasifican de la siguiente manera:

Reino: Animal

Filo: Chordata

Subphylum: Craneata

Superclase: Gnathostomata

Serie: Pisces

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Suborden: Percoidei

Familia: Cichlidae;

Género: *Oreochromis*

Especie: *niloticus*



Figura 2: *Oreochromis niloticus*.

SINCOAGRO S.C³ (s.a:10-11), menciona los peces que comúnmente se conocen como Tilapias pertenecen a la familia Cichlidae, las tilapias han sido agrupadas en cuatro géneros de la Tribu Tilapiini, dicha tribu es originaria de África y cuenta con alrededor de cien especies, algunas de las cuales han sido recientemente descubiertas. Esta situación, aunada a la diferencia de criterios en cuanto a su posición taxonómica, han dificultado la determinación de las especies, lo que ha ocasionado confusiones en cuanto a su identidad, así como el manejo de las diferentes cruizas que se han realizado con propósitos comerciales.

En 1973, Trewavas basándose en los hábitos reproductivos y alimenticios, establece dos géneros distintos que son Tilapia y *Sarotherodon*. En 1982, la misma autora decide separar a la tribu Tilapiini en cuatro géneros: Tilapia,

³SINCOAGRO S.C: Servicios Integrales para la Competitividad Agropecuaria

Sarotherodon, *Oreochromis* y *Danakilia*; con base en los estudios sobre la biología de la conducta y el desarrollo de los incubadores bucales maternos, paternos y mixtos. Posteriormente, en 1983 dividió a esta misma tribu en seis géneros distintos: *Tilapia*, *Tristamella*, *Danakilia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y otro género menos especializado que es *Pelmatochromis*, dicha especie retiene ciertas características que son primitivas en ciclidos.

CENDEPESCA⁴ (2008:12) menciona que *Oreochromis niloticus* presenta bandas negras verticales en la aleta caudal; pecho blanco; extremo de la aleta abdominal anterior al ano; aleta dorsal con 16 a 18 espinas duras y 12 a 13 restantes suaves.

Se suma la aleta caudal con 3 espinas duras y restantes 8 a 11 suaves, 31 a 35 escamas a lo largo de la línea lateral, 5 escamas hacia arriba y 12 hacia abajo de la línea lateral.

COVECA⁵ (s.a:17) El cuerpo de estos peces es robusto comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado, con aleta dorsal que tiene de 23 a 31 espinas y radios; la boca es protráctil, mandíbula ancha, a menudo bordeada por labios gruesos con dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos, en otros casos puede presentar un puente carnoso (freno) que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media debajo del labio.

La línea lateral es bifurcada: la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, en la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral de la parte superior hasta la terminación de la aleta caudal; la aleta caudal truncada redondeada. (Figura 3).

⁴CENDEPESCA: Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura

⁵COVECA: Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria

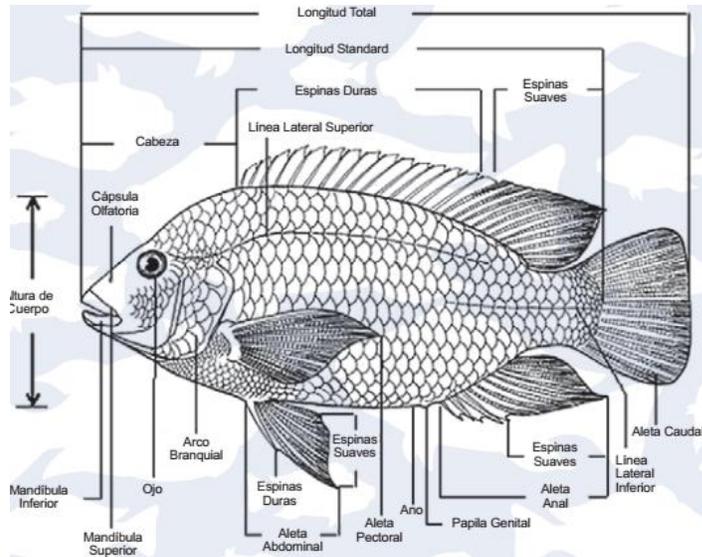


Figura 3: Características Taxonómicas de la Tilapia Foto: U.S. Geological Survey.

3.3 Requerimientos del medio ambiente para tilapias

Poot, et al. (2009) cit. por. Cruz & López (2011:5) manifiesta que para cultivar tilapia es importante tomar en cuenta las propiedades fisicoquímicas del agua. Estas deben mantenerse dentro de los parámetros óptimos para garantizar el desarrollo de los peces.

Entre las propiedades más importantes tenemos la temperatura, oxígeno disuelto, pH y transparencia las cuales influyen directamente en los aspectos productivos y reproductivos de los peces. Por lo que es importante que se mantengan dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de los peces.

Guerra (2011:5), la Tilapia puede adaptarse a un amplio rango de temperatura, oxígeno disuelto, pH, dureza, amonio, nitritos y otros factores que pueden afectar la calidad del agua.

3.4 Parámetros de Calidad del Agua para Tilapia

Temperatura

Aguillón (2015:21,24) En condiciones naturales, la tilapia vive en un rango de temperatura que oscila entre los 20 y 32°C, siendo el rango de 24 a 30°C para la reproducción de la especie. La tilapia generalmente interrumpe su

alimentación cuando la temperatura desciende hasta valores por debajo de 17°C. En condiciones controladas, la tasa reproductiva más óptima es entre 27 y 30°C, siendo viable a temperaturas levemente inferiores. Por el contrario, a temperaturas debajo de los 20°C, toda actividad reproductiva queda suspendida.

Así mismo menciona que, para las tilapias, la temperatura óptima puede oscilar entre los 28 y 31°C. En cuanto a la fase de crecimiento, se ha constatado que logra crecer, tres veces más rápido, si vive en un rango óptimo de temperatura situado a 22°C.

Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica (cantidad de energía, necesaria para mantener el organismo en estado de reposo absoluto) y por ende, mayor consumo de oxígeno.

pH

El rango de pH adecuado para el cultivo de la tilapia es de 6.5 a 8.5, debiéndose controlar las variaciones del pH del medio, ya que valores superiores o inferiores a ese margen pueden generar cambios en el comportamiento de los peces, como letargia e inapetencia o implicar graves trastornos en las tasas de crecimiento, reproducción y supervivencia.

Valores cercanos a 5 provocan la muerte por fallos respiratorios en un período de 3 a 5 horas además de causar pérdidas de pigmentación y el aumento de las secreciones del mucus.

Oxígeno Disuelto

En general, las tilapias son capaces de sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, por la capacidad que su sangre posee para saturarse de oxígeno, cuando la presión parcial de éste es baja. En esos casos, la tilapia

tiene la facultad de reducir el consumo del mismo cuando las condiciones son adversas.

En concreto, la tilapia nilótica es capaz de sobrevivir en aguas cuya concentración de oxígeno disuelto es menor de 0.3 mg/l (miligramo x litro), considerablemente más baja que la requerida por la mayor parte de especies cultivadas.

Aunque la tilapia sea capaz de sobrevivir en condiciones de muy baja concentración de oxígeno disuelto, durante varias horas, los estanques de cría de tilapia deberían mantener una concentración por encima de 2 mg/l.

La actividad metabólica, el crecimiento y posiblemente la resistencia a enfermedades, se ven afectadas cuando los niveles de oxígeno disuelto en el agua descienden de ese valor, durante períodos prolongados.

Los efectos causados por la baja concentración de oxígeno pueden resumirse en:

- ✓ Aumento de la conversión alimenticia.
- ✓ Inapetencia y letargia.
- ✓ Patologías respiratorias.
- ✓ Provoca inmunodepresión e incrementa la susceptibilidad a las enfermedades.
- ✓ Reduce la capacidad reproductiva.

Los factores a tener en cuenta en la explotación de cultivos de tilapia, en virtud de su efecto negativo sobre la cantidad de oxígeno disuelto son:

- ✓ Velocidad de degradación de la materia orgánica.
- ✓ Generación de excedentes alimenticios.
- ✓ Presencia de heces.
- ✓ El incremento de la temperatura también reduce la solubilidad del oxígeno en el agua.

- ✓ Respiración de los organismos presentes en la columna de agua.
- ✓ Desgasificación del oxígeno del agua hacia la atmósfera.
- ✓ Cantidad de peces por unidad de volumen.
- ✓ Constante agitación del agua.

Salinidad

Las tilapias son peces eurihalinos del orden perciforme, que se adaptan a varios niveles de salinidad y fácilmente viven en altas salinidades, o sin salinidades.

Alcalinidad (dureza)

Es la medida de la concentración de los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg), expresada en partes por millón (ppm) de su equivalente a carbonato de calcio.

Existen en aguas blandas (menores de 100 ppm) y en aguas duras (mayores de 100 ppm).

El rango de dureza para las tilapias es de 20-350 mg/l (miligramo x litro) de carbonato de calcio, siendo 75 mg/l, el valor óptimo para carbonato de calcio.

Por otra parte, los valores de alcalinidad oscilan entre 100-200 mg/l. Alcalinidades superiores a los 175 mg/l carbonato de calcio resultan perjudiciales, ya que se producen formaciones calcáreas, que pueden dañar las branquias de los peces.

3.5 Hábitos alimenticios

Bonilla & Hernández (2011:8), el género *Oreochromis* se clasifica como Omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton.

Las Tilapias son peces provistos de branqui-espinas con los cuales los peces pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistiendo en algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Una característica de la mayoría de las Tilapias en especial de la *O niloticus* es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente.

3.5.1 Alimentación y nutrición

La forma en que se realiza la alimentación depende del tipo de cultivo, instalaciones, edad de los peces y actividades de la granja. Un buen alimento debe ayudar a promover un crecimiento rápido, una mejor conversión alimenticia, sin contaminación, mejorando la resistencia a enfermedades y logrando un costo beneficio adecuado (Agua Verde Acuicultura 2008) **cit. por.** Guerra (2011:6).

En sistemas semi-intensivos e intensivos la alimentación es a base de alimento balanceado completo, cuya formulación se ajusta a las diferentes etapas de crecimiento según sus requerimientos nutricionales (Agro Ganado, 2008) **cit. por.** Guerra (2011:6).

Según Lozano (2001) **cit. por.** Cruz & López (2011:5), el mejor horario para alimentar a los peces está entre las 10H00 y 15H00 ya que en este periodo la acidez del tracto digestivo está en su máximo nivel y este debe ser consumido en un tiempo no mayor a 20 minutos. El pez requiere de proteínas, lípidos, energía, vitaminas y minerales para cumplir con funciones vitales.

3.5.2 Alimentación en el Proceso de Engorde Tiempo

Aguillón (2015:20) La tilapia es un pez tropical que vive a niveles de temperatura altos. Cuanto más elevada sea la temperatura del agua, el apetito de las tilapias tiende a incrementarse.

Durante el cultivo se recomienda alimentar por lo menos 3 veces al día, de preferencia en los siguientes horarios: (Cuadro 1). Según guía para engordar tilapia en estanques.

a) 8:00 a.m. (30% de la ración)

b) 12:00 a.m. (35% de la ración)

c) 4:00 p.m. (35% de la ración) o

4 veces diarias en tipo tiempo

a) 8:00 a.m. (15% de la ración)

b) 11:00 a.m. (30% de la ración)

c) 2:00 p.m. (30% de la ración)

d) 5:00 p.m. (25% de la ración)

Cuadro 1: Alimentación recomendada por CENDEPESCA para cultivos intensivos o semi-intensivos en estanques

Peso (g)	Edad (semanas)	Porcentaje de alimento (%)
1-10	2	15.0
11-35	4	10.0
36-75	6	5.0
76-125	8	3.5
126-180	10	2.8
181-230	12	2.5
231-260	14	2.3
261-290	16	2.0
291-345	18	1.8

3.5.3 Tipos de alimentos

CENDEPESCA (2015:20) Para el desarrollo de la acuicultura se utilizan alimentos formulados que se adquieren en cualquier agro-servicios. Estos deben contener un alto porcentaje de proteína que varía entre 28 a 45%. El suministro de estos alimentos va de acuerdo a las diferentes etapas de desarrollo del pez.

Concentrado para tilapia al 38%

Este tipo de concentrado es utilizado en el primer mes de cultivo, su presentación es un pellet de aproximadamente 0.25 a 0.30 centímetros de diámetro, adecuado para la boca de las tilapias, con pesos promedio de 3 a 25 gramos.

Concentrado para tilapia al 32% y 28%

Este tipo de concentrado es utilizado después del primer mes de cultivo, su presentación es un pellet de aproximadamente 0.50 a 0.60 centímetros de diámetro, adecuado para la boca de las tilapias, con pesos promedio de 30 a 300 gramos.

3.6 Tracto Gastrointestinal de la Tilapia

Escobar-Briones (2006) **cit. por.** Guerra (2011:6), manifiesta que el tracto gastrointestinal de la tilapia es un órgano complejo y multifuncional que absorbe y regula de manera endocrina la digestión de metabolitos. Además mantiene el balance de electrolitos y del agua, e interviene en el proceso inmunológico del organismo; se divide en intestino anterior, medio y posterior y cada una de estas regiones son funcionalmente diferentes. Se caracteriza por ser largo y delgado, típico de los peces herbívoros y omnívoros, y presenta un pH entre 7.5 y 9.0.

Debido a las características omnívoras, la tilapia presenta un tracto gastrointestinal diferente tanto en estructura como en funcionamiento

comparado con otros peces carnívoros o herbívoros. En estudios realizados se determinó que en la región anterior del intestino se realizan la mayoría de las actividades enzimáticas, microbianas y de absorción.

3.6.1 Microflora gastrointestinal en Tilapia Nilótica

Escobar et al. (2006:111), la microflora gastrointestinal juega un papel importante e influye de manera directa sobre la nutrición y la salud de los animales en general. Por esto mismo, al alterarla se afectan el estatus fisiológico de los organismos incluyendo la inmunidad, el crecimiento y el desarrollo general.

El desarrollo de la microflora y la barrera gastrointestinal es un proceso gradual que comienza después del nacimiento. En los animales terrestres, la flora microbiana materna es la fuente inicial de colonización bacteriana, mientras que en los animales acuáticos, esta acción está determinada por su contacto con el ambiente circundante, e influida por la ingesta de alimento, la secreción de hormonas y la absorción de nutrientes, así como la aparición de proteínas y enzimas digestivas. Inicialmente, cepas anaerobias facultativas dominan en el intestino y posteriormente la variabilidad poblacional dependerá del tipo de dieta ingerida, la edad, la ubicación geográfica, los tratamientos con medicamentos y el estado general del organismo.

En este sentido, la microflora intestinal de los peces se considera como autóctona o nativa cuando los microorganismos son capaces de colonizar la superficie epitelial del intestino del hospedero, o en su defecto, alóctona o transitoria si los microorganismos presentes en el medio circundante no logran permanecer dentro del intestino (Ringo y Olsen, 2003) **cit. por.** Escobar et al. (2006:111).

Escobar et al. (2006: 112), durante toda la vida del animal, esta flora intestinal presenta funciones metabólicas, tróficas y protectoras. La función metabólica

tiene como finalidad ayudar en los procesos de digestión y absorción de nutrientes para proporcionar energía al organismo, mientras que la función trófica fomenta el crecimiento y la diferenciación celular, además de estimular el sistema inmune del organismo. Su función protectora se desarrolla desde el nacimiento, ya que actúa como la primera línea de defensa contra microorganismos patógenos, exógenos u oportunistas, creando el efecto barrera. Además, la mucosa intestinal provee al huésped de protección en contra de la presencia de antígenos provenientes del alimento y de microorganismos presentes en el ambiente circundante.

3.7 Enfermedades de la tilapia

Según CENDEPESCA (2015:23-24), la aparición de anomalías en el comportamiento (signos) o la integridad corporal (lesiones), disminuyendo el rendimiento y frecuentemente ocasionando la muerte de los peces afectados.

3.7.1 Causas

La tilapia es una especie de gran resistencia a enfermedades. Las enfermedades de la tilapia se transmiten por contagio directo o por vías directas. En el primer caso, la alta densidad de cultivo favorece la transmisión de enfermedades infecciosas; este es el caso más frecuente y el que presenta mayores riesgos para las inversiones acuícolas (Morales, 1991) **cit. por.** CENDEPESCA (2015:25).

CENDEPESCA (2015:25-29), nos menciona algunas causas de enfermedades: Físicas: Por temperatura, turbidez, oxígeno disuelto.

Químicas: pH, toxinas por algas, nitritos, amoníaco, metales pesados, pesticidas, detergentes.

Biológicas: Virus, bacterias, hongos, parásitos.

Nutricionales: Dietas mal balanceadas, suministro de alimento en cantidad y periodicidad inadecuada.

Las enfermedades más comunes en las tilapias son:

- Causadas por parásitos: *Argulosis*, *lerneasis*.
- Causadas por hongos: Dermatomicosis (*Saprolegnia spp.*, *Achlya sp.*, y *Dictyuchus*.
- Causadas por bacterias: *Streptococosis*, *Columnaris disease*, *Aeromonasis*, *Staphylococosis*.

3.7.2 Prevención de enfermedades

La prevención es la mejor arma para evitar y controlar las enfermedades y el debilitamiento de los animales. La limpieza permanente, la eliminación de desechos y el recambio de agua en los estanques, así también, un cuidadoso seguimiento de cada una de las etapas del proceso de cultivo son medidas importantes que permiten prevenir el brote de enfermedades.

Los factores que con mayor frecuencia estimulan la dispersión de las enfermedades son las siguientes:

- Alevines de mala calidad o enfermos.
- Suministro de aguas contaminadas.
- Acumulación de excedentes de alimentos en el fondo.
- Deficiencias en el recambio del agua.
- Deficiencias en la limpieza del fondo.
- Suministro de alimento de mala calidad o en mal estado.
- Deficiencias en la cantidad, calidad y frecuencia del suministro de alimento.
- Presencia de animales silvestres transmisores de enfermedades.

3.8 Probióticos

Cruz & López (2011:8), el concepto de ingerir microorganismos vivos con el propósito de manipular la microflora y mejorar la salud intestinal y el bienestar general de un organismo, tiene sus primeras raíces a inicios del siglo XX. Esta práctica actualmente se encuentra sujeta a mucha investigación con la finalidad de obtener bacterias efectivas contra microorganismos patógenos, así como para establecerlos beneficios generales en el huésped.

Ángel (2013:6-7), los probióticos son una serie de cultivos vivos de una o varias especies microbianas, que cuando son administrados como aditivos en la alimentación de los animales provocan efectos benéficos en los mismos, mediante modificaciones en la población microbiana de su tracto digestivo. La mayoría de las bacterias que se utilizan como probióticos en los animales de granja pertenecen a *Lactobacillus*, *Enterococcus* y *Bacillus*, aunque también se utilizan levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y hongos *Aspergillus oryzae*.

La FAO⁶ define los probióticos como “microorganismos vivos, que al ser administrados en dosis adecuadas, confieren un beneficio de salud al receptor”. Los llamados productos probióticos contienen microorganismos vivos que se activan una vez que colonizan el intestino. A diferencia los prebióticos, estimulan la acción bacteriana, y los simbióticos ejercen su acción controlando microorganismos patógenos y no patógenos, mejorando el balance microbiano.

Por tal razón surgió el término Probiótico, en oposición al de antibiótico, prebiótico y simbiótico. La idea, que en su etimología parecía adecuada, no era, sin embargo, totalmente correcta. Probióticos son todas las sustancias de carácter nutritivo, y no solo determinados microorganismos.

⁶FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Según Rojo, J. (2005) cit. por. Ángel (2013:15), los probióticos son considerados “alimentos funcionales”, en otras palabras, alimentos enriquecidos que no solo aportan a quien los ingiere beneficios netamente nutricionales, sino también otros que los permiten mejorar su salud.

Ángel (2013:16-17,24-27), las funciones de los probióticos se clasifican en:

- **Nutritiva:** Mejoran el proceso normal de la digestión, incrementando la absorción de minerales (entre ellos el calcio, lo que es interesante para evitar la osteoporosis), la producción de vitaminas (sobre todo las de tipo B, como niacina, ácido fólico, biotina y vitamina B6), y la recuperación de componentes valiosos (como los ácidos grasos de cadena corta). Consiguen la fermentación de alimentos, que serían indigestibles de otro modo, consiguiendo la obtención de metabolitos beneficiosos a partir de ellos.
- **Trófica:** Acelera el tránsito gastrointestinal, aumenta la velocidad de renovación de los enterocitos e Incrementa la reabsorción de agua.
- **Defensiva** La mucosa intestinal constituye la mayor superficie del organismo expuesta al exterior, y el tracto gastrointestinal es el órgano más rico en células inmunes. La pérdida del equilibrio entre la proporción de bacterias "beneficiosas" y "nocivas" del micro biota intestinal conlleva a una predisposición al desarrollo de infecciones y/o enfermedades inmunoinflamatorias.

Disminuye el pH, aumenta la capacidad redox, posee el papel de barrera y compite por la fijación con otras bacterias patógenas de igual manera que produce sustancias antimicrobianas denominadas bacteriocinas.

3.8.1 Beneficios de los probióticos

- **Resistencia a la acidez gástrica:** Antes de alcanzar el tracto GI, las bacterias Probióticas deben sobrevivir al tránsito a través del estómago, donde la secreción del ácido gástrico constituye la

primera defensa contra la mayoría de los microorganismos ingeridos.(Ver Figura 4).

- Resistencia a los ácidos biliares; Los ácidos biliares se sintetizan en el hígado y se secretan de la vesícula biliar al duodeno en forma conjugada pudiendo sufrir modificaciones químicas en el colon (de conjugación) los ácidos biliares, tanto conjugados como de conjugados, exhiben actividad antibacteriana inhibiendo el crecimiento de *E. coli*, *Klebsiella spp.* y *Enterococcus spp.* y se ha visto que las bacterias Gram-positivas son las más resistentes.
- Restablecimiento de la flora normal tras una gastroenteritis aguda, que disminuye la permeabilidad intestinal y potencia el efecto de barrera inmunológica.
- Los lactobacilos y bifidobacterias promueven la maduración del intestino, su integridad, son antagónicos de patógenos y contribuyen a la modulación de la inmunidad intestinal.
- Los probióticos ejercen un efecto competitivo con otras bacterias, ocupando sus lugares de nidación e inhibiendo el crecimiento de especies de entero patógenos. (Ver Figura 4).
- Pueden competir con nutrientes de la flora intestinal patógena.
- Dificultan la translocación bacteriana, por lo que podrán ser útiles en pacientes que reciben alimentación parenteral.
- Acción en el sistema inmunitario. El cual consiste en diferentes órganos, linfáticos, intestino, bazo, médula ósea, etc., así como en diferentes tipos celulares.

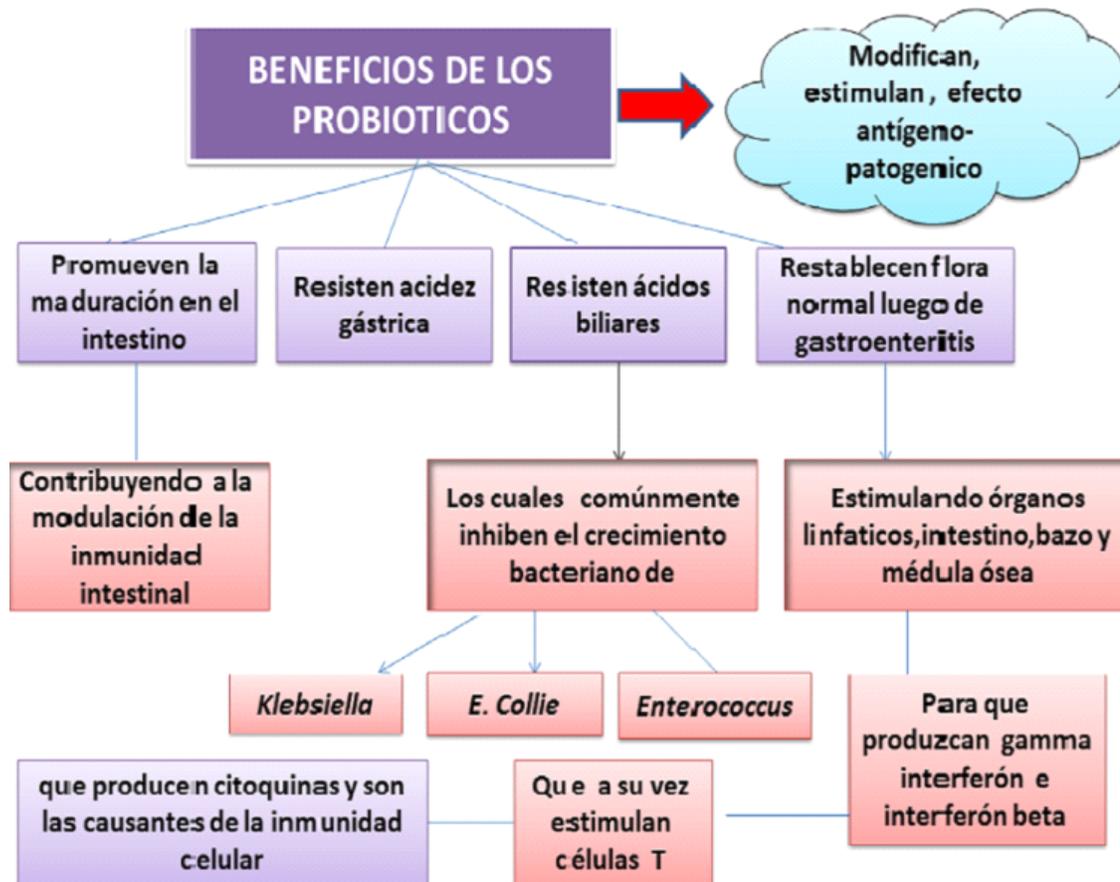


Figura 4: Beneficio de los probióticos.

Fuente: Ng Sc, Hart AI, Kamm MA 2009 Mecanismo de acción de los probióticos: avances recientes en la inflamación; 15:300-310.

En conclusión tienen efecto sobre la microflora como son (modificación, estimulación, efecto antigéno patogénico).

3.8.2 Características de Bacterias

Cruz & López (2011:9), Las bacterias del género *Bacillus* microbiológicamente son consideradas como Gram positivas en forma de bastoncillo, agrupadas en cadenas, mótils y flagelación peritrica, formadoras de endosporas, anaerobias estrictas o facultativas, no son adherentes, y son productoras de sustancias antimicrobianas y enzimas hidrolasas. Entre las especies de mayor importancia como probióticos pertenecientes a este género están *Bacillus cereus*, *B. licheniformis*, *B. subtilis* y *B. Natto*.

Las bacterias son de vidas libres, cosmopolitas y patógenas para el hombre y animales, miden entre 1 y 10 um, son beneficiosos como los que reciclan el carbono, azufre, nitrógeno y fósforo; algunos viven el intestino del animales.

Bortolozo (2002) **cit. por.** Cruz & López (2011:9), informa que dentro de los *Bacillus* más utilizados como probióticos se encuentra el *Bacillus subtilis*, a pesar de estar considerados como microorganismo transitorio del tracto gastrointestinal (TGI), pues no poseen la capacidad de adherirse al epitelio intestinal, su efecto está encaminado a multiplicar y favorecer la colonización de otros microorganismos como es el caso de *Lactobacillus acidophilus*.

Bacillus subtilis;

Gunther & Jiménez (2004), *B.subtilis* se encuentra en todo el ambiente, sobre todo en el suelo. No muestra toxicidad hacia vertebrados, aunque la EPA⁷ (2000) solicitó más estudios acerca de su efecto en invertebrados y animales acuáticos. *B. subtilis* es un ingrediente común en las mezclas de probióticos recomendadas para el uso en animales acuáticos.

Cruz & López (2011:10), Las endosporas de *Bacillus subtilis* que generalmente, permanecen viables en el alimento suministrado a los peces son estables en la acidez gástrica, actúan contra patógenos específicos en el intestino e incrementan los *Lactobacillus* del tubo intestinal.

Guevara (2011:7) menciona que esta bacteria tiene la habilidad para formar una resistente endosporas protectora, lo cual le permite al organismo soportar condiciones ambientales extremas.

⁷ EPA: Agencia de Protección Ambiental

Lactobacillus reuteri;

Según Vicario (2012:43) Es un hetero-fermentativo residente en el tracto gastrointestinal de los animales y es capaz de producir compuestos que muestran una actividad antagonista como reuterina y reuteriicina, que son antimicrobianos hidrosolubles de amplio espectro efectivos en un rango de pH amplio y resistentes a las enzimas proteolíticas y lipolítica.

Tienen la particularidad de adherirse a la pared intestinal impidiendo así el asentamiento de bacterias dañinas, combaten el estreñimiento acelerando el tránsito intestinal.

Enterococcus faecium;

Reyes (2010: 30,33) nos manifiesta que son cocos gram-positivos que no forman endosporas. Son anaerobios facultativos, quimiorganótrofos con metabolismo de tipo fermentativo, y mesófilos. Puede crecer entre 10 y 45°C y suele tener su óptimo crecimiento entre 37 y 40°C, que corresponde a la temperatura intestinal. Además, puede soportar el estrés por sales biliares (puede soportar el estrés en medios hasta con 40% de sales biliares) y sal.

Es una especie habitual en el tracto digestivo de animales y contribuye al establecimiento de la flora intestinal apropiada en animales sanos. Favorece, entre otros factores, la expansión de la flora ácido-láctica endógena. Es capaz de adherirse a los enterocitos y puede crecer en el tracto intestinal.

Restringe la proliferación de flora potencialmente patógena, como *Clostridium*, *Salmonella*, *Campylobacter* o *E. coli* hemorrágicos. Esta propiedad se debe a diversas razones: exclusión competitiva por ocupación del espacio y consumo de nutrientes; síntesis de ácido láctico y en ciertas ocasiones, a la capacidad de síntesis de bacteriocinas, péptidos de pequeño tamaño molecular capaces de inhibir selectivamente el crecimiento de ciertas cepas de especies sensibles.

- Apoya la respuesta del sistema inmunológico
- Desplaza bacterias patógenas para colonizar los intestinos
- Puede mejorar la digestión y la disfunción gastrointestinal.

Debido a que la *Enterococcus faecium* no es absorbida por los animales, no requiere periodo de retirada ya que no deja residuos en los productos de origen animal. Asimismo, como se encuentra de forma natural en el aparato digestivo de diferentes especies animales, una vez excretado no presenta riesgos para el medio ambiente.

Pediococcus acidilactici;

Santamaria (2013:29) A pesar de *Pediococcus acidilactici* no es un componente natural de la flora microbiana intestinal, es seguro (pertenece a la lista GRAS⁸) y ha sido bien estudiado en el campo de la alimentación, donde se han reportado varios efectos probióticos. *P. acidilactici* fue aislado de una fuente vegetal. Se reduce el deterioro de almacenamiento de alimentos mediante la inhibición de patógenos y bacterias de putrefacción.

Esta cepa es muy resistente a la destrucción por los ácidos del estómago. La investigación en animales ha demostrado que *P. acidilactici* es capaz de equilibrar la microflora intestinal y reducir el riesgo de la salud subóptima. Además, los resultados actuales indican que *P. acidilactici* es capaz de promover una respuesta inflamatoria saludable en los intestinos, así como apoyar una respuesta inmune saludable. *P. acidilactici* produce varios compuestos antimicrobianos diferentes que disminuyen el número de bacterias patógenas.

Estimula la respuesta inmunológica; reduce el pH del tracto digestivo; desarrolla una flora intestinal óptima; incrementa la resistencia al estrés; produce altos niveles de resistencia; reemplaza los antibióticos.

⁸ GRAS: Generally recognized as safe.

3.9 Uso de probióticos en el cultivo de tilapia

Escobar et al. (2006:122), La tilapia nilótica presenta características únicas como el de soportar altos niveles de estrés en los cultivos intensivo y elevada resistencia a contraer enfermedades. Sin embargo, aun teniendo estas cualidades, actualmente en los sistemas intensivos se utilizan antibióticos para prevenir a los animales de enfermedades causadas por patógenos diversos. El uso indiscriminado de estos antimicrobianos trae como resultado un deterioro severo a la biosfera, así como un daño al consumidor final, además de afectar directamente a la economía del acuicultor debido a que la mayoría de los países han prohibido la comercialización de productos que contengan estas sustancias.

Escobar et al. (2006:115), en el caso de la tilapia nilótica se han realizado pocas investigaciones para determinar si la ingestión de un probiótico produce variaciones en su comunidad bacteriana y si genera efectos benéficos en el organismo.

3.10 Selección de criterios para las cepas Probióticas

Ángel (2013:31,33) Menciona que el criterio utilizado para seleccionar una cepa previa a su producción y a su uso industrial como Probiótico incluye las siguientes valoraciones:

- Viabilidad y estabilidad verificada durante los procesos de fabricación y de almacenaje.
- Resistencia a la granulación y a la expansión, bien sea por naturaleza propia, o por la presentación en forma de esporas o encapsulamiento.
- Carencia de propiedades patógenas.

- Eficacia demostrada en condiciones de campo para la especie, destino Idoneidad, Identificación taxonómica precisa.
- Que no sean tóxicos, ni patógenos y con estatus GRAS (reconocidos generalmente como seguros), con aplicabilidad tecnológica, adecuado en la producción en masa y almacenamiento, buen crecimiento, recuperación, concentración, congelación, deshidratación y distribución.
- Viabilidad en elevadas poblaciones, estabilidad de las características deseadas durante la preparación, almacenamiento y entrega del cultivo.
- Capacidad de proporcionar cualidades organolépticas deseables cuando se incluyan en los alimentos o procesos de fermentación, genéticamente estable, genéticamente adecuado, con competitividad, capaz de sobrevivir, proliferar, y actividad metabólica en el lugar diana in vivo, resistente a la bilis, resistente a los ácidos, que sea capaz de competir con la microflora normal, incluyendo las mismas especies o las más cercanas. Potencialmente resistente a las bacteriocinas, ácidos y otros antimicrobianos producidos por la microflora residente.

Preferentemente con potencial de adherencia, colonización, rendimiento y funcionabilidad, capaz de ejercer uno o más beneficios para la salud, y antagonistas hacia las bacterias patógenas/carcinogénicas.



Figura 5: Criterios de selección de cepas Probióticas.

3.11 Desventajas de los probióticos

Calero (2006) **cit. por.** Cruz & López (2011:21), afirma que es cierto que los probióticos no tienen el efecto químico-terapéutico, si es posible que el abuso y su uso anti-técnico (promovido por la comercialización excesiva) puedan a corto o mediano plazo crear regulaciones y prohibiciones en su uso. Es recomendable mantenerse constantemente informados sobre la clasificación y origen de los microorganismos del probiótico utilizado.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se realizó es experimental ya que se manipularon variables como; porcentaje y cantidad de alimento, dosis de probióticos, a través, de la adición de *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus reuteri* en la alimentación de tilapia donde se evaluó la eficacia del efecto en el uso de probióticos en la fase de engorde de la tilapia.

4.2 Descripción del área de estudio

El proyecto se realizó en la Estación Acuícola de Atiocoyo Ubicada a 70 kilómetros de distancia de San Salvador en la zona norte del Departamento de La Libertad en la zona N° 2 del distrito de riego de Atiocoyo sur, en el Cantón Atiocoyo, Municipio de San Pablo Tacachico, La Libertad.

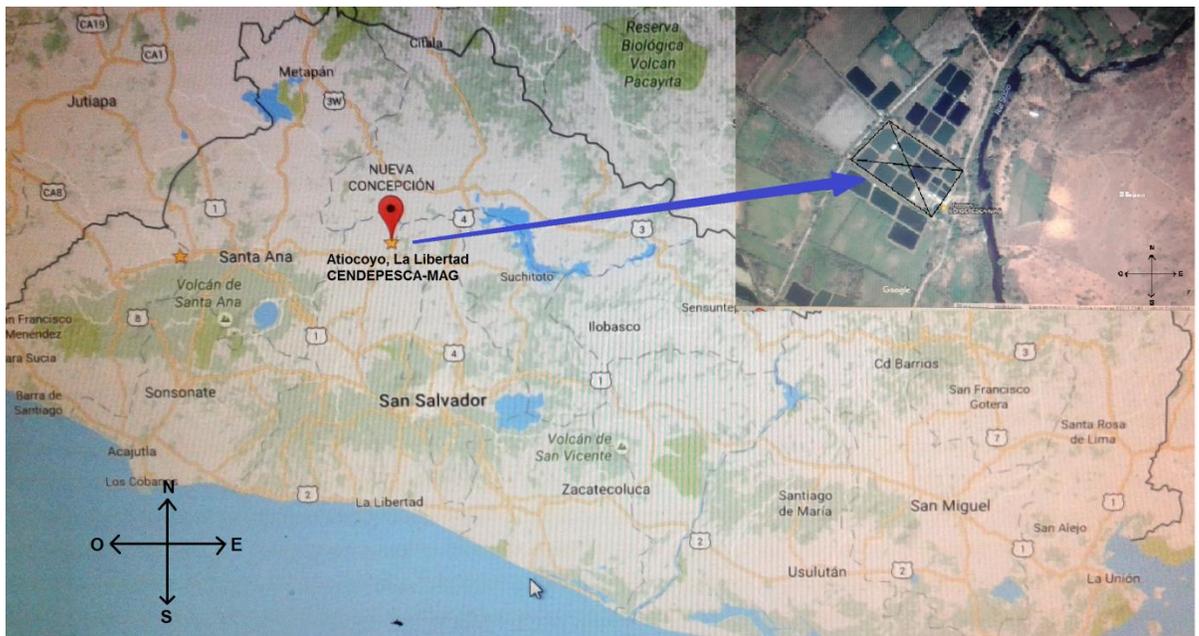


Figura 6: Mapa de la ubicación de Estación Acuícola de Atiocoyo.

4.2.1 Infraestructura de la estación.

El área de la estación es de 9.5 manzanas, con un total de 14 estanques, haciendo un total de 2 Ha de espejo de agua; se están construyendo 14 pilas de concreto, 2 estanque de concreto para laboratorio. Cuenta con una oficina, 3 dormitorios para personal técnico, 1 caseta de vigilancia, una sala de capacitación, 1 bodega. Energía eléctrica de 220 KW y 110 KW, internet inalámbrico y un cerco perimetral.



Figura 7: Instalaciones de la Estación Acuícola de Atiocoyo.

4.2.2 Abastecimiento de agua por gravedad.

Cuenta con un canal principal, canales secundarios y cajas de distribución para el abastecimiento de agua que llega a los catorce estanques por gravedad con un promedio de 900 litros por segundo y con turnos de 48 horas de agua por semana, administrada por la asociación de regantes del distrito de Atiocoyo Sur ARAS. Además, cada estanque cuenta con un drenaje subterráneo que incluye entrada y salida de agua.



Figura 8: Canal principal y secundario de abastecimiento de agua.

4.3 Universo, población y muestra.

Universo: Total de tilapias cultivadas en los estanques piscícolas del Distrito de Riego de Atiocoyo.

Población: Peces cultivados en los estanques piscícolas de Estación Acuícola de Atiocoyo.

Muestra: 3,000 alevines de tilapia, cultivados en dos estanques de la Estación Acuícola de Atiocoyo.

4.4 Instrumentos y Técnicas de investigación

La técnica de investigación fue la observación directa, que consistió en observar y medir atentamente el desarrollo de los peces tilapia, que fueron alimentados a base de probióticos, donde se hizo un muestreo cada 10 días y se llevó un cuadro registro de la información obtenida para su posterior procesamiento y análisis.

4.5 Fase de recolección de datos.

Se desarrolló en los meses de noviembre de 2015 a marzo de 2016, durante los cuales se llevó a cabo el trabajo de campo, tabulación de datos y análisis estadístico, dividiéndose el mismo en tres fases, las cuales son:

FASE I: Selección de lugar, preparación de los estanques, compra, medición, traslado y siembra en los estanques.

FASE II: Fase Experimental de manejo de cultivo.

FASE III: Análisis de los datos obtenido.

5. Fase I: Selección de lugar, preparación de los estanques, compra, traslado y siembra de alevines en los estanques.

5.1 Selección de lugar

La infraestructura piscícola seleccionada fueron dos estanques, de 500 m² cada uno, ambos de suelo arcilloso con control de agua con filtros de cedazo fino, origen del agua de río, el estanque 1 construido con paredes de membrana impermeable fue utilizado para el tratamiento con probiótico y el estanque 2 construido con baldosa de concreto se utilizó como testigo.

Se escogieron estos estanques debido a su ubicación, además cabe aclarar que puede utilizarse cualquier tipo de material para las paredes de los estanques, ya que este no influye en la calidad de cultivo. La captación y recambio de agua se realizó por gravedad durante todo el ciclo de cultivo.

5.2 Preparación de los estanques

Previo a la siembra se acondiciono el sitio de cultivo. Ya que se trataba de estanques en uso, se procedió al vaciado completo para posibilitar la exposición del fondo a los rayos solares asegurando el secado total y la eliminación de posibles agentes patógenos.

- **Limpieza de las bordas**

Utilizando una moto guadaña se procedió a eliminar las malezas que se encontraban en las bordas de los estanques, con la mano se arrancaron pequeños árboles para evitar que estos agrieten las bordas.

- **Limpieza del fondo.**

Se debió eliminar del fondo el lodo, piedras, troncos, ramas u otros materiales, utilizando palas y cubetas, con el propósito que en el futuro no dificultarán los muestreos y la cosecha.

- **Revisión de bordas y canales de abastecimiento de agua.**

Se revisaron las bordas, canal principal y canales secundarios para verificar si presentaban grietas o si estaban erosionadas debiéndose reparar para evitar filtraciones o eventualmente un mayor daño a la borda.

También asegurar el buen funcionamiento de las compuertas de distribución de agua de manera que no se pierda agua por filtración y la malla evite la pérdida de peces.

- **Aplicación de cal.**

La adición de cal permite mejorar la productividad y desinfección de los estanques de cultivo. Tanto en estanques nuevos como en usados se realizó el encalado, eliminando la posibilidad de aparición de hongos, bacterias, etc. Este procedimiento además permite corregir los niveles de pH del suelo en caso de terrenos ácidos. La cantidad de cal dependerá del pH del fondo del estanque debiendo adicionar lo necesario a efectos de aproximarse a un valor de pH entre 7 y 8.

La aplicación de cal viva se realizó de la siguiente manera:

1. Se esparció sobre el fondo y las paredes, la cal viva en polvo usando palas, a modo de que los estanques quedaran bien cubiertos y se asolearon por una semana (2 bolsas de cal por estanque). Ver anexo 1.
2. A la semana se les agrego agua a los estanques muy lentamente de manera que cubra la cal (50 cm) y mantenerla por un período de dos días.

3. Se retiró el agua con la cal y se enjuagaron las paredes estregando con una escoba para retirar exceso de cal, esta agua es muy cáustica por lo que hay que tener cuidado en su manejo y desecho. Se volvió a vaciar estanque. ver anexo 2.
4. Se llenaron los estanques, quedando listos para la siembra.

5.3 Toma de parámetros físicos

Antes de la siembra se tomaron los parámetros del agua temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto de cada estanque. La toma de cada parámetro fue a las 7:00 am, en tres zonas del estanque (zona alta, media y baja). Para verificar cuales eran los rangos de cada parámetro físico-químico.

5.4 Compra de alevines

La compra se realizó en las instalaciones de, “Alevines de Atiocoyo S.A de C.V”. Aproximadamente a 200 m de la Estación Experimental de Atiocoyo, La Libertad, lugar donde se realizó la investigación. Los alevines adquiridos fueron machos reversados con una talla de 6 cm y un peso de 5 g aproximadamente.

El traslado se realizó en horas frescas (9:00 am) para evitar cambios bruscos de temperaturas y se trasladaron en un pickup propiedad de CENDEPESCA transporte liviano para evitar mortalidades.

Los alevines reversados se colocaron en bolsas de nylon transparente (calibre 8 mm) de 25 libras, llenándose con un tercio de agua y dos tercios de oxígeno puro.

5.5 Siembra de alevines

La cantidad sembrada fue de 1,500 alevines por estanque, a una tasa de siembra de 3 peces/ m² de espejo de agua. Con un peso promedio de 5 g. No se debe proceder a la liberación sin antes corregir las temperaturas entre el ambiente en que se transportan y el medio receptor. Las bolsas de transporte se sumergieron cerradas a los estanques y luego de unos minutos se abrieron

sin liberar los peces de forma de permitir el ingreso de aire y con la mano se agrega agua a la bolsa para aclimatar temperatura de la bolsa con la del agua del estanque hasta que se hayan igualado evitando la posibilidad de muerte por choque térmico.

Finalmente se liberan al medio contando los alevines muertos para verificar la mortalidad. Ver anexo 3.

Para proteger los alevines de depredadores voladores se sembraron estacas de madera por toda la orilla a 1m de distancia entre ellas y con hilo de nylon se procedió a trazar hasta formar una cuadrícula. Ver anexo 4.

6. FASE II: Fase Experimental. Manejo del cultivo.

6.1 Alimentación

El alimento utilizado durante todo el ciclo de cultivo fue de tipo concentrado, en presentación pellet para tilapia al 32% de proteína cruda. Ver anexo 5.

La determinación de la ración alimenticia de los alevines se calculó después de realizada la siembra, donde se obtuvo el peso promedio de 5.0 g y una talla promedio de 6.1cm para T1, con una población total de 1,500 alevines sembrados y para T0 el peso promedio fue de 5.0 g y una talla promedio de 6.0 cm con una población total de 1,500 alevines sembrados. Dónde:

Estanque con probiótico (T1) y estanque de testigo (T0):

Poseen un área de 500 m², con una tasa de siembra de 3 peces*m², total de siembra 1,500 alevines por estanque; peso promedio de siembra de 5 g, eso equivale a 7,500 g, igual que 16.52 lb de biomasa, se le aplico el 15% de la tabla, son 2.48 lb de alimento que fue aplicado en 3 raciones/día, significa que fue:

Cuadro 2: Ración alimenticia durante los primeros 10 días para T1 y T0.

	Hora	alimento en libra
1ª ración (30%)	8:00 am	0.74
2ª ración (35%)	12:00 md	0.89
3ª ración (35%)	3:00 pm	0.89

Fórmula para determinar ración alimentaria:

Para determinar la cantidad de alimento diario a suministrar, primero se obtiene el peso promedio de los peces muestreados a partir de:

$$\text{Peso promedio de los peces} = \frac{\text{peso total de peces muestreados(lb)} \times 454 \text{ gr}}{\text{total de peces muestreados}}$$

Luego se busca en tabla de alimentación recomendada para cultivos intensivos o semi-intensivos en los estanques. (Ver cuadro 1.)

El alimento se suministró por voleo tres veces al día (8:00 am, 12:00 md y 3:00 pm), de los cuales algunos días no se les dio la dieta completa o se suspendió la dieta por problemas de bajas temperaturas, fuertes vientos durante el ciclo de cultivo. Anexo 6.

6.2 Muestreos

Se realizaron muestreos estratificados cada 10 días, dividiendo el estanque en cuatro secciones iguales (375 peces en cada sección), ya que se trata de una población homogénea solo se tomó una sección del estanque, que equivale a 75 peces representando el 20% de la sección muestreada.

Los muestreos se realizaron a las 9:00 am, para esto se utilizó una atarraya, en los primeros muestreos, también se utilizaron huacales para mantener los 75 especímenes mientras se les media y pesaba (ver anexo 7).

Para cuando los peces aumentaron de peso y talla fue necesaria la utilización de un chinchorro para su captura (ver anexo 8). Dependiendo de la variable a medir, los datos fueron tomados de la siguiente forma:

- ✓ Para la variable talla (cm), se tomaron los datos por medio de un ictiómetro (instrumento de medición de talla). Ver anexo 9.
- ✓ Para la variable ganancia de peso, se utilizaron dos básculas, una en onzas y una en libras dependiendo del peso del pez. Ver anexo 10.
- ✓ Para la variable conversión alimenticia y el crecimiento logrado por día se determinó en base a la aplicación del alimento.
- ✓ Para la variable mortalidad por día, se ocupó la observación directa a los estanques en diferentes horas del día y en los horarios de alimentación.

Además durante el muestreo se examinó los peces muestreados y detectar casos patológicos que podrían poner en riesgo la vida de todos los peces en el estanque. En esta práctica, parásitos externos, lesiones bacterianas y presencia de hongos, que se pueden observar a simple vista y aquellas anomalías sospechosas de otras enfermedades como daños en la piel, aletas, agallas, etc.

Cuadro 3: Datos obtenidos de todos los muestreos en T1 y en T0.

N° de Muestreo	Fecha de muestreos	peces muestreados		peso total (lb)		peso promedio (gr)		Biomasa (lb)		% de alimento	Alimentación Lb/día		Probiótico (lb/día)	Talla promedio (cm)	
		T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T2		T1	T0		T1	T0
1	07/12/2015	75	75	3.00	2.53	18.16	15.31	60.00	50.58	8	4.80	4.00	0.02	8.9	8.1
2	17/12/2015	75	75	5.43	4.50	32.87	27.24	108.60	90.00	10	10.86	9.00	0.04	11.2	10.3
3	28/12/2015	75	75	11.25	9.11	68.10	55.15	225.00	182.21	5	11.25	9.11	0.03	13.02	12.4
4	07/01/2016	75	75	17.10	15.75	103.51	95.34	341.99	315.00	3.5	11.96	11.03	0.04	15.2	14.9
5	18/01/2016	75	75	25.50	21.00	154.36	127.12	510.00	420.00	2.8	14.28	11.76	0.04	18.9	17.3
6	28/01/2016	75	75	32.50	27.00	196.73	163.44	649.99	540.00	2.5	16.25	13.50	0.05	20.2	18.8
7	08/02/2016	75	75	39.50	33.50	239.11	202.79	790.01	670.01	2.3/2.5 ⁹	18.17	16.75	0.05	21.9	21.6
8	18/02/2016	75	75	43.11	37.00	260.96	223.97	862.21	739.99	2.3/2.5	19.83	18.49	0.06	22.65	22
9	29/02/2016	75	75	50.00	47.00	302.66	284.51	999.98	940.01	2.2/2.3 ¹⁰	21.99	21.62	0.07	24.6	23.9
10	10/03/2016	75	75	53.7	51.21	325.06	309.99	1073.98	1024.19	1.8	19.3	18.4	0.06	26.3	25
Cosecha	15/03/2016	1455	1380	1,052	874	328.25	287.53	-----	-----	----	----	----	---	28	26.8

⁹ 2.3/2.5: 2.3= Utilizado para T1 y 2.5= Utilizado para T0.

¹⁰ 2.2/2.3: 2.2= Utilizado para T1 y 2.3= Utilizado para T0.

Cuadro 4: Control de crecimiento a través de muestreos para T1.

Tratamiento con probiótico (T1)								
Actividad	Fecha	Días de cultivo	N° de peces	Peso promedio (g)	Peso neto ganando (g)		N° peces/lb	peso total en lb
					al día	por muestreo		
Siembra	26/11/2015	0	1500	5.00	0	0	90.80	16.52
1	07/12/2015	12	75	18.16	1.09	1.09	25.00	60.00
2	17/12/2015	22	75	32.87	1.27	1.47	13.81	108.60
3	28/12/2015	33	75	68.10	1.91	3.20	6.66	225.00
4	07/01/2016	43	75	103.51	2.29	3.54	4.39	341.99
5	18/01/2016	54	75	154.36	2.77	4.63	2.94	510.00
6	28/01/2016	64	75	196.73	2.99	4.24	2.31	649.99
7	08/02/2016	74	75	239.11	3.17	4.24	1.89	790.01
8	18/02/2016	84	75	260.96	3.05	2.19	1.74	862.21
9	29/02/2016	95	75	302.66	3.14	3.79	1.50	999.98
10	10/03/2016	105	75	325.06	3.05	2.24	1.39	1,073.98
Cosecha	15/03/2016	110	1,455	328.25	-----	-----	-----	-----

Cuadro 5: Control de crecimiento a través de muestreos para T0.

Tratamiento sin probiótico (T0)								
Actividad	Fecha	Días de cultivo	N° de peces	peso promedio (g)	Peso neto ganando (g)		N° peces/lb	peso total en lb
					al día	por muestreo		
Siembra	26/11/2015	0	1,500	5.00	0	0	90.80	16.52
1	07/12/2015	12	75	15.31	0.86	0.86	29.66	50.58
2	17/12/2015	22	75	27.24	1.02	1.19	16.66	90.00
3	28/12/2015	33	75	55.15	1.52	2.54	8.23	182.21
4	07/01/2016	43	75	95.34	2.11	4.08	4.73	315.00
5	18/01/2016	54	75	127.12	2.26	2.83	3.57	420.00
6	28/01/2016	64	75	163.44	2.48	3.63	2.77	540.00
7	08/02/2016	74	75	202.79	2.67	3.94	2.24	670.01
8	18/02/2016	84	75	223.97	2.61	2.12	2.03	739.99
9	29/02/2016	95	75	284.51	2.94	5.50	1.61	940.01
10	10/03/2016	105	75	309.99	2.90	2.55	1.46	1,024.19
Cosecha	15/03/2016	110	1,380	287.53	-----	-----	-----	-----

6.3 Medición de parámetros físico-químicos del agua

La medición se realizó cada 10 días antes de cada muestreo. Utilizando para ello un medidor de Oxígeno y temperatura, un peachimetro manual, y el disco de Secchi. Ver anexo 11.

Cuadro 6: Datos promedios obtenidos de los parámetros físico-químicos de los muestreos en T1 y en T0.

N° Muestreo	Fecha	Temperatura (°C)		pH		Oxígeno disuelto (mg/L)		Turbidez (cm)	
		T1	T0	T1	T0	T1	T0	T1	T0
siembra	26/11/20015	30.1	30	8.2	8.2	0.33	0.33	62.3	63
1	07/12/2015	26.3	26.6	8.2	8.3	4.1	4	50	51
2	17/12/2015	28.3	28	7.1	7.3	10.5	10.3	30	29
3	28/12/2015	29	28.8	7.9	7.7	8.7	8.5	28.5	27.5
4	07/01/2016	27	27.2	8	8.1	8.3	8.5	29	31
5	18/01/2016	26	26.2	8.5	8.3	6.9	6.7	26	25
6	28/01/2016	27.4	27.5	8	8.1	7.6	7.3	29	28.5
7	08/02/2016	24.2	24	7.9	7.8	8.3	8.2	27	26
8	18/02/2016	26.2	26.3	7.8	7.7	7.5	7.3	27	29
9	29/02/2016	29.2	28.9	8.1	8	7.6	7.9	25	24
10	10/03/2016	30.5	30.4	8.5	8.6	7.2	7.1	28	29
Datos promedios		27.65	27.63	8.02	8.01	7.00	6.92	32.89	33.00

Simbología: T1: Tratamiento 1 y T0: tratamiento 2.

6.4 Recambios de agua

Se realizaron tres recambios de agua parciales a la semana a cada estanque, bajando el nivel del agua en un 75%, se realizaron 30 recambios en total debido a falta de abastecimiento de agua.

MAG (2011:40-42) En la piscicultura habitualmente se realizan recambios de agua para mantener niveles adecuados de oxígeno facilitando intercambios de gas entre la fase líquida y la gaseosa, así también para la remoción del fondo de metabolitos de excreciones de los peces, la eliminación de sustancias inertes, la destrucción de gérmenes patógenos, a través de una circulación del agua del fondo. Además se realiza dicha actividad en caso de que las temperaturas excedan el rango óptimo. Dicha actividad favorece a que los peces dentro del estanque se mantengan sanos y con niveles de defensa adecuados contra cualquier agente patógeno que pueda ingresar en el ambiente acuático.

No se usa fuente externa de aireación y el manejo de la calidad de agua se basa en el recambio periódico que se hace al cultivo. El control rutinario por parte del piscicultor de la calidad de agua es un punto clave para la obtención de buenos resultados en la explotación de peces.

6.5 Acondicionamiento del probiótico en el alimento

El probiótico utilizado fue **AquaStar®Growout**, es un producto probiótico multi-cepa bien definido para camarones y peces para aumentar la comunidad microbiana del tracto durante el período de engorde. Las bacterias probióticas (*Bacillus subtilis.*, *Enterococcus faecium.*, *Pediococcus acidilactici.*, *Lactobacillus reuteri*), estas fueron seleccionadas cuidadosamente por su amplio espectro de actividad para mejorar el crecimiento y la salud.

Dosis recomendada es de 5 g/kg de alimento en las fases iniciales de los estanques de engorde (de semanas 1–4) y de 3 g/kg de alimento durante el resto del ciclo de cultivo.



Figura 9: Presentación del probiótico.

La determinación de la ración de probiótico para la adición de los primeros 10 días en el alimento se calculó en base a la dosis recomendada.

5 g de probiótico-----1000 g de alimento

X-----1,125.92 g de alimento/día

$$x = \frac{1,125.92 \text{ g de alimento/día} \times 5 \text{ g de probiótico}}{1,000 \text{ g de alimento}}$$

X= 5.63 g de probiótico/día equivale 0.01 lb de probiótico/día

Se disolvió AquaStar® Growout en agua (en una proporción de 1:20). Aplicándolo sobre el alimento por medio de un frasco con atomizador a toda la ración diaria, procurando que éste se adhiriera lo más homogéneamente posible, mezclando vigorosamente y dejándose secar al ambiente. Ver anexo 12.

6.6 Cosecha

La cosecha es la etapa final del cultivo, se realizó cuando los animales alcanzaron un peso y tamaño establecidos según el objetivo de investigación. Se cosecho en dos días seguidos. Ver anexo 13.

Nota: Previo a la cosecha es necesario hacer contacto con el mercado para determinar cantidades y tamaños del pescado.

Una noche antes de cosechar se bajó el nivel de agua en un 80% del estanque a comercializar y se mantuvo un flujo de agua constante para evitar falta de oxígeno. Temprano por la mañana se inició la cosecha (6:00 am), para ello se usa una chinchorro. Esta red se pasa por el estanque encerrando los peces que se cosechan. Se pesan en canastas de plástico. Posteriormente su venta. Ver anexo 14.

7. FASE III: RESULTADOS Y DISCUSION

Se presentan los resultados de la evaluación del efecto de la adición de los probiótico *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*., *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus reuteri*, en el peso y talla de tilapia *Oreochromis niloticus*.

Cuadro 7: Resultados estadísticos obtenidos en los diferentes tratamientos.

VARIABLE	T1	T0
Ganancia de Peso (g)	184.52	162.94
Talla (cm)	19.17	18.28
Supervivencia (%)	97	92
Conversión Alimenticia	2.47	2.14

7.1 Ganancia de peso

Para la variable ganancia de peso, como se observa en el Cuadro 7, se obtuvo una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) donde el tratamiento

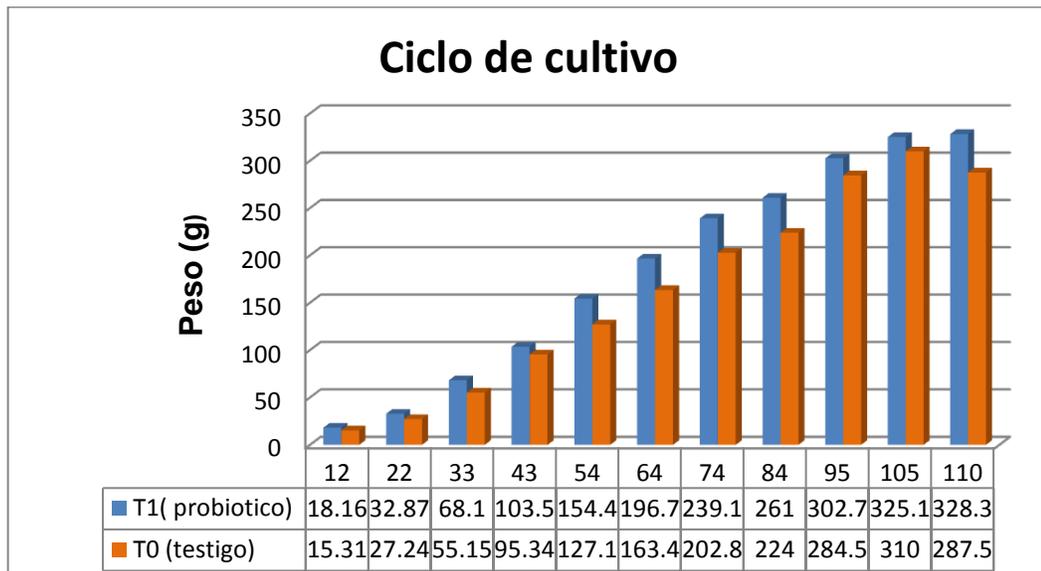
número 1 (T1), correspondiente al tratamiento experimental con *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*., *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus reuteri*, alcanzó una media de peso de 184.52 g, mientras que el tratamiento testigo (T0) alcanzó una media de peso de 162.94 g. Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Guerra (2011) quien evaluó el efecto de la adición de un probiótico *Bacillus subtilis* en la alimentación de la tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, reportando mayores ganancias de peso en el tratamiento con probiótico, presentando diferencia significativa con los demás tratamientos ($p < 0.05$).

En el estudio realizado por Cruz & López (2011), utilizaron probióticos nativo en base a *Bacillus subtilis* y *Saccharomyces cerevisiae* T1 y comercial T2 obteniendo mejor ganancia frente al tratamiento de testigo T0. Se analizaron los resultados del efecto que producen los probióticos nativo y comercial en el peso para tilapias a partir de los 40 días de evaluación donde existió diferencia significativa. El T1 presentó ser mucho más eficiente en consumo de alimento y producción de carne con respecto a los demás tratamientos ya que obtuvo el mayor incremento de peso, puesto que hubo diferencias significativas ($P < 0,05$).

Escobar et al. (2002), evaluó la utilización de probióticos *Lactobacillus acidophilus* y *Streptococcus faecium* como promotores de crecimiento obteniendo que el tratamiento con probiótico presentó la ganancia de peso con diferencias estadísticas con los demás tratamientos ($P < 0.05$), los cuales no fueron significativamente diferentes ($P > 0.05$).

Guevara et al. (2003), indican en un estudio realizado en Colombia, en el que adicionaron probióticos a base de bacterias como *Bacillus*, *Lactobacillus* y levaduras del género *Saccharomyces*, al alimento extrudizado para tilapia roja en la fase de levante o engorde, demostraron que existió un efecto

positivo, puesto que hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) para tratamientos con dosis de 6, 4, y 2 g respectivamente.



Grafica N°1: Comparación de los resultados obtenidos en el crecimiento de engorde de Tilapia *Oreochromis niloticus* en base al peso (g).

En la gráfica anterior se puede observar la diferencia de peso en los tratamientos T1 y T0, donde el tratamiento experimental T1 presenta mejores resultados obteniendo una diferencia significativa de 21.58 g al finalizar el período de engorde.

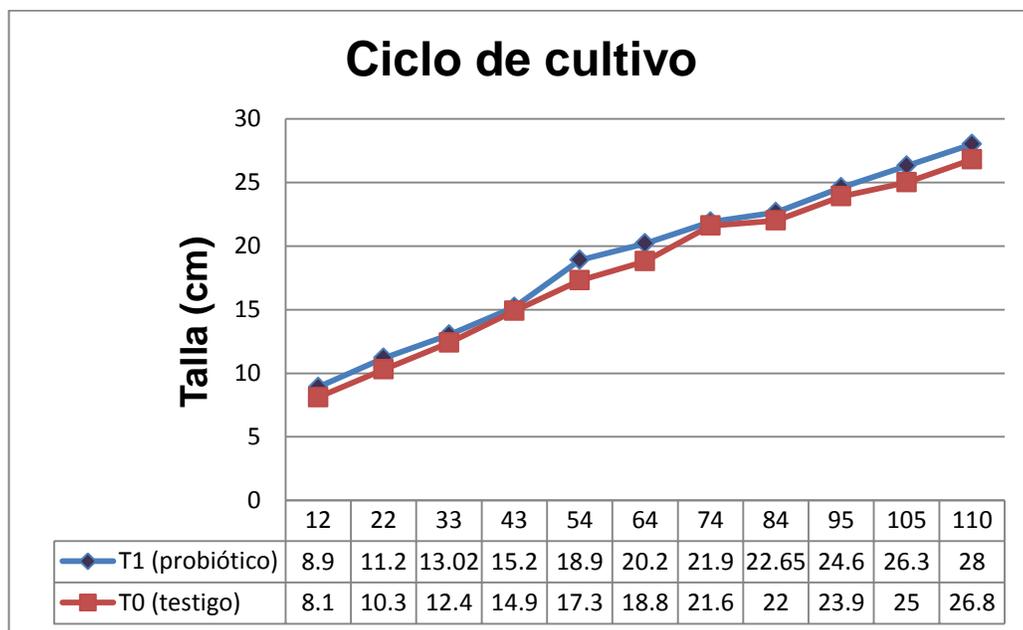
7.2 Talla

Al analizar los datos para la variable talla (cm), ver cuadro 7, se obtuvo una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) de 0.89 cm, dado a que el tratamiento experimental T1 obtuvo una media en talla de 19.17 cm, contra el tratamiento testigo T0 que alcanzó una media de 18.28 cm. Al finalizar el estudio se pudo observar una talla final de 28 cm. para T1 y una talla final de 26.8 cm para T0, como bien se observa en la Grafica 2.

Estos datos concuerdan con los datos obtenidos por Guevara et al. (2003) el aumento de longitud estándar promedio de los tratamientos con

probióticos fue mayor al tratamiento control mostrando una diferencia significativa ($P < 0,05$). Se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos con probióticos con un aumento en su longitud, frente al tratamiento control.

En el estudio realizado por Cruz & López (2011), demostró que el probiótico formulado en base a *Bacillus subtilis* y *Saccharomyces cerevisiae*, en el alimento concentrado con 21% de proteína, mostro ser más eficiente frente al testigo (T0) y al probiótico comercial (T2). Quienes concluyen que la adición de probióticos en las dietas mejoran el crecimiento de especies ícticas tropicales.



Grafica N°2: Comparación de la curva de crecimiento de engorde de Tilapia Nilótica *Oreochromis niloticus* en base a la talla total (cm).

En la gráfica anterior se puede observar el crecimiento en base a la talla (cm) durante la fase de engorde de tilapia *O. niloticus*; al finalizar el estudio el T1 obtuvo una diferencia 0.89 cm respecto al T0.

7.3 Tasa de sobrevivencia

La densidad inicial que se utilizó (alevines/m²), donde el área del estanque fue de 500m², para los 2 tratamientos. Fue similar a la utilizada en sistemas semi-intensivos. Durante todo el experimento la mortalidad registrada fue del 3% para el T1 y un 8% para el T0. Considerándose relativamente baja comparada con las mortalidades que se presentan en esta etapa reportadas en sistemas semi-intensivos (15 – 30%). Para la obtención de estos datos, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{Sobrevivencia} = \frac{\# \text{ de peces vivos}}{\# \text{ de peces sembrados}} \times 100$$

Por consiguiente la supervivencia fue de 97% para el T1 y 92% en T0 respectivamente, donde los peces de los tratamientos con probiótico tenían una apariencia más sana, activos y mayor voracidad en el momento de ser alimentados.

7.4 Conversión Alimenticia.

Como se puede observar en el cuadro 7 se encontró diferencia estadística significativa en la T-Student ($p < 0.05$) entre T1 y T0, obteniéndose una conversión alimenticia de 2.47 y 2.14 respectivamente. El valor de t calculado 0.33 es mayor al nivel de significancia correspondiente a 0,05 y por lo que hay una diferencia significativa entre grupos. ($P > 0,05$).

Datos que concuerdan con Cruz & López (2011), demostrando que el probiótico formulado en base a *Bacillus subtilis* y *Saccharomyces cerevisiae*, presenta diferencias significativas, para los tratamientos en todos los días de evaluación. Mientras que para los contrastes testigo vs probiótico nativo y comercial existió diferencia estadística significativa durante todos los días de evaluación.

En el estudio Guevara et al. (2003), la mejor conversión es obtenida con el T4 (6gr de probiótico /kg) respecto a los demás tratamientos y el de mayor conversión es el T1 (control sin probiótico), al realizar la prueba de Duncan se reveló una diferencia significativa ($P < 0.05$) para los tratamientos con probiótico T3 y T4.

Contrariamente a lo observado en este estudio, Guerra (2011) quien evaluó el efecto de la adición de un probiótico *Bacillus subtilis* en la alimentación de la *Oreochromis niloticus* (tilapia), donde no se encontró diferencia estadística significativa ($p > 0.05$) entre el tratamiento experimental (T1) y el tratamiento testigo (T2), obteniéndose una conversión alimenticia de 1.48 y 1.44 respectivamente.

Según la fórmula de relación de conversión alimenticia:

$$C.A = \frac{\text{Pesofinal (g)} - \text{peso inicial (g)} * N^{\circ} \text{ de peces sembrados}}{\text{Total de alimento (g)}}$$

Para T1 se obtuvo:

$$C.A = \frac{325.3 \text{ g} - 5 \text{ g} * 1,500 \text{ peces}}{454,540 \text{ g}}$$

$$C.A = \frac{472,950 \text{ g}}{454,540 \text{ g}}$$

$$\mathbf{C. A = 1.06}$$

Para T0 se obtuvo:

$$C.A = \frac{287.53 \text{ g} - 5 \text{ g} * 1,500 \text{ peces}}{395,450 \text{ g}}$$

$$C.A = \frac{423,795 \text{ g}}{395,450 \text{ g}}$$

$$\mathbf{C. A = 1.07}$$

Analizando el comportamiento de las variables propuestas y los resultados finales del experimento podemos afirmar que la inclusión de probióticos en la dieta alimenticia en la fase de engorde de la *Oreochromis niloticus* (tilapia), tiene una mejor conversión, es más baja 1.06 en comparación con T0 que obtuvo una conversión de 1.07, sobre los parámetros productivos, obteniendo una relación de alimento de 1:1 para ambos tratamientos.

7.5 Evaluación económica

Para la obtención de la Tasa Marginal de Retorno se utilizó la metodología propuesta por CIMMYT¹¹(1988).

Cuadro 8: Beneficios brutos, costos variables y beneficio neto en 110 días de cultivo.

BENEFICIOS	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 0
Rendimiento (lb)	1052.00	874.00
Precio de venta (\$/lb)	0.90	0.90
Beneficio bruto (\$)	946.80	786.60
COSTOS VARIABLES		
Costo de alevines (\$0.05/alevín)	75.00	75.00
Consumo de alimento (lb)	1,000.00	870.00
Costo de alimento (\$ 40.71 qq)	407.10 (10 qq)	354.17 (8.7 qq)
Cantidad de probiótico (lb)	5.06	0
Costo de probiótico (\$10.9xlb)	55.20	0
Total costos variables (\$)	537.20	429.18
Beneficio neto (\$)	409.60	357.42

¹¹ Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

El objeto del análisis marginal es revelar exactamente cómo los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida. Es decir que si al pasar al tratamiento 1, el acuicultor invierte \$409.60 en adquirir y aplicar probiótico, recuperará los \$409.60 (hay que recordar que los costos ya se restaron de los beneficios brutos de campo), más \$357.42

Una manera más sencilla de expresar esta relación es calcular la tasa de retorno marginal, que es el beneficio neto marginal (es decir, el aumento en beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en los costos que varían), expresada en un porcentaje. En este caso, la tasa de retomo marginal de pasar del tratamiento 0 al 1 es:

Cuadro 9: Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno.

	Costo	ΔC	Beneficio	ΔB		TMR%
T0	429.18		357.42			
T1	537.20	108.02	409.60	52.18	0.4827	48.27

El cálculo de la Tasa Marginal de Retorno indica que se obtuvo un 48.27% de rentabilidad en los 110 días de cultivo. Esto significa que por cada \$1 invertido en adquirir y aplicar probiótico. Se recobró el \$1 y se obtuvo \$0.48 adicional.

7.5.1 Valor proyectado a 1 Hectárea.

Cuadro 10: Beneficios brutos, costos variables y beneficio neto por año de cultivo.

BENEFICIOS	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 0
Rendimiento (lb)	69,814.27	58,001.41
Precio de venta (\$/lb)	0.90	0.90

Beneficio bruto (\$)	62,832.84	52,201.27
COSTOS VARIABLES		
Costo de alevines (\$0.05*alevín)	1,500.00	1,500.00
Consumo de alimento (lb)	66,363.63	53,736.37
Costo de alimento (\$ 40.71* qq)	27,016.78 (663.64 qq)	23,504.83 (577.36 qq)
Cantidad de probiótico (lb)	335.79	0
Costo de probiótico (\$10.9xlb)	3,663.47	0
Total costos variables (\$)	32,180.25	25,004.33
Beneficio neto (\$)	30,652.59	27,196.94

Cuadro 11: Cálculo de la Tasa Marginal de Retorno.

	Costo	ΔC	Beneficio	ΔB		TMR%
T0	25,004.33		27,196.94			
T1	32,180.25	7,175.92	30,652.59	3,455.65	0.4816	48.16

El cálculo de la Tasa Marginal de Retorno indica que se obtendría un valor 48.16% de rentabilidad en un cultivo de Ha/lb/año. Esto significa que por cada \$1 invertido en adquirir y aplicar probiótico. El acuicultor puede esperar recobrar el \$1 y obtener \$0.48 adicional.

8. CONCLUSIONES

1. La adición del probiótico en la fase de engorde de *Oreochromis niloticus* genero resultados productivos similares al tratamiento sin probiótico.
2. Los promedios obtenidos de la medición de parámetros físico-químicos del agua para ambos tratamientos se mantuvieron en rangos similares descartando así su que el material de las paredes de los estanques influye en la calidad del cultivo.
3. La adición del probiótico a base de *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*., *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus reuteri* en la fase de engorde de *O. niloticus* (Tilapia) incrementó los costos variables, sin embargo se obtuvo una mejor calidad y un incremento en la talla y el peso del pez el cual asimilo mejor el alimento.
4. No se pudo comprobar la incidencia del probiótico en la resistencia a enfermedades, debido a que ningún pez de ambos tratamientos presento anomalías físicas.
5. Los resultados de sobrevivencia indican que la utilización de probióticos en fase de engorde de *O. niloticus* disminuyen la mortalidad ya que se obtuvo una mayor sobrevivencia en comparación con tratamiento testigo.

9. RECOMENDACIONES

1. A los productores. Utilizar AquaStar Growout a base de *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium*., *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus reuteri* en la dieta durante la fase de engorde de *Oreochromis niloticus* (Tilapia).
2. Poner en práctica los estándares de higiene al momento de preparar el probiótico y acondicionarlo al alimento, manteniendo en su debido orden e higiene todo el material utilizado para no contaminar con patógenos el área de maduración.
3. Para futuros experimentos con probióticos en tilapias, realizar un análisis del tracto digestivo para observar colonización o no de dichos probióticos, exclusión de patógenos y microorganismos no deseados, y digestibilidad de alimentos con adición de probióticos.
4. A los futuros investigadores. Realizar más ensayos sobre la utilización de probióticos en las dietas para tilapias en otras etapas de producción.
5. Continuar investigando el uso de probióticos en Acuicultura para generar más información en el país, evaluando su comportamiento en estanques de engorde de tilapia y con diferentes tipos de probióticos.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguillón, C. G., Hsien-Tsang, S., Quintanilla, M., 2015, Manual de reproducción y cultivo de tilapia, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Centro de Desarrollo de la Pesca y Acuicultura (CENDEPESCA) y Misión Técnica de Taiwán. P. 20,21-24.
- Ángel Londoño, M. A., 2013, Uso de probióticos en la nutrición de Monogástricos como alternativa para mejorar un sistema de producción: Colombia, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. P. 6,15-16,19, 31-33.
- Bazay Dulango, G., 2010, Uso de los probióticos en la alimentación animal con énfasis en *Saccharomyces cerevisiae*: Sistema de Revisiones en Investigación Veterinaria de San Marcos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Medicina Veterinaria. P. 7-8.
- Bonilla Rodríguez, W. E., & Hernández Acosta, L. D., 2011, Estudio de factibilidad técnica financiera para el cultivo de peces, tilapia roja en jaulas flotantes en el lago de Ilopango para su comercialización a nivel nacional e internacional: San Salvador, El Salvador, Universidad DR. José Matías Delgado Facultad de Ingeniería. P. 8.
- Centro de desarrollo de la pesca y la acuicultura (CENDEPESCA), 2015, Manual de Producción y Reproducción de Tilapia a Nivel de Acuicultura Familiar. Santa Tecla, El Salvador, C.A. P. 20, 25-29.
- Centro de desarrollo de la pesca y la acuicultura (CENDEPESCA), 2008 Manual sobre "Reproducción y cultivo de tilapia" Recuperada de <http://www.mag.gob.sv/phocadownload/Apoyoproduccion/manualreproduccioncultivotilapia.pdf>. P. 7-8.

- Cruz Benavides, L. A., & López Villagómez, B. R., 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 la etapa de engorde en la zona de Santo Domingo: Santo Domingo, Ecuador, Escuela Politécnica del Ejercito Departamento de Ciencias de la Vida. P. 4-5,8-9, 11, 16, 21.
- Díaz Palacios. M. A., & Montes Rafailano, M.G., 2012, Efecto de probiótico a base de *Bacillus sp.*, *Enterococcus sp.*, *Pediococcus sp.*, y *Lactobacillus sp.*, en la sobrevivencia y crecimiento larval del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en la Estación de Maricultura Los Cobanos, Sonsonate: San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas Departamento de Zootecnia.
- Escobar Briones, L., Lara Flores, M & Olvera Novoa, M. A., 2002, Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), Mérida, Yucatán, México, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. P. 315, 316, 317.
- Escobar Briones, L., Olvera Novoa, M.A., & Puerto Castillo, C., 2006, Avances sobre la Ecología Microbiana del tracto digestivo de la tilapia y sus potenciales implicaciones: Mérida, Yucatán, México, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. P. 111, 112, 122.
- Fundación Produce Veracruz (FUNPROVER) et.al. (s. a). Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad Recuperada de [http: //www.funprover.org.pdf](http://www.funprover.org.pdf)
- García Capote, M. C., & Toledo Pérez, S. J., 2000, Centro de Preparación Acuícola Mamposto, Ministerio de la Industria Pesquera, San José de Las Lajas, La Habana, Cuba. P. 85.

- Guerra Bone, L. G., 2011, Efecto de la Adición de un probiótico (*Bacillus subtilis*) en la alimentación de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), durante la fase juvenil, en la Aldea Madre Vieja, Taxisco, Santa Rosa, Guatemala, Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Escuela de Zootecnia. P. 2, 5-6, 9-12.
- Guevara Rosania, J. E., Mateo Morales, R., & Quintero Pinto, L. G., 2003, Evaluación de la utilización de probióticos en la fase de levante del ciclo de producción de la mojarra roja (*Oreochromis sp.*), Universidad Nacional de Colombia.
- Guevara Vásquez, J. E., 2011, Probióticos en Nutrición animal. Sistema de Revisiones en Investigación, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. P. 7.
- Gunther J., & Jiménez Montealegre R., 2004, Efecto del probiótico *Bacillus subtilis* sobre crecimiento y alimentación de tilapia *Oreochromis niloticus* y langostino *Macrobrachium rosenbergii* en laboratorio, Escuela de Biología, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Recuperada de: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000400015
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) & Centro de desarrollo de la pesca y la acuicultura (CENDEPESCA), 2001 Ley General de Ordenación y promoción de Pesca y Acuicultura y su Reglamento, P. 17.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) & Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), 2011, Manual Básico de Piscicultura para Paraguay. P.21-24, 40-42.
- Reyes Vásquez, Iván., 2010, Probiótico Fecinor *Enterococcus faecium* adicionado a dieta estándar y con baja proteína para cerdos en engorda,

Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Texcoco, Edo. De México. P. 30,32.

Rodríguez Verdugo, E., 2012, Comparación de Parámetros en hembras de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de alto y bajo valor genético: Bogotá, Colombia, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) Facultad de Ciencias Pecuarias. P. 11.

Santamaría Navajo, J. I., 2013. Efecto de la administración de *Pediococcus acidilactici* MA 1815M (BACTOCELLE) sobre los resultados productivos en una granja comercial de gallinas ponedoras, Cataluña; España. P. 29

Vicario Juan, Mónica., 2012, *Lactobacillus reuteri* prodentis como agente probiótico en la salud periodontal, Cataluña, España, Universidad Internacional de Cataluña Facultad de Odontología. P.43.

Saavedra, M.A. (2006) Manejo del cultivo de tilapia Recuperada de <http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Aplicación de cal viva a los estanques.



Anexo 2: Enjuague de cal a los estanques.



Anexo 3: Conteo de alevines en la siembra.



Anexo 4: Realización de cuadrícula en estanques.



Anexo 5: Alimento concentrado 32% de proteína cruda.



Anexo 6: Alimentación al voleo.



Anexo 7: Instrumentos para primeros muestreos.



Anexo 8: Chinchorro utilizado para muestreos.



Anexo 9: Instrumento de medición de talla.



Anexo 10: Instrumentos de peso en onzas y libras.



Anexo 11: Instrumentos utilizados en parámetros físico-químico.



Anexo 12: Acondicionamiento de probiótico.



Anexo 13: Cosecha final.



Anexo 14: Canasta de plástico utilizada para cosecha.



Anexo 15: Ficha de control para muestreos.

Ficha de control para los respectivos muestreos.						
fecha: / /		N° de muestreo:		N° de estanque:		
N° peces	Talla(cm)	N° peces	Talla(cm)	N° peces	Talla(cm)	Observaciones
1		26		51		
2		27		52		
3		28		53		
4		29		54		
5		30		55		
6		31		56		
7		32		57		
8		33		58		
9		34		59		
10		35		60		
11		36		61		
12		37		62		
13		38		63		
14		39		64		
15		40		65		
16		41		66		
17		42		67		
18		43		68		
19		44		69		
20		45		70		
21		46		71		
22		47		72		
23		48		73		
24		49		74		
25		50		75		
N° de peces muestreados:				75	Peso total:	
Nombres de los responsables:						
Ayudo al muestreo:						
Asesor Externo: Tc. Pedro Coreas				Firma:		

Anexo 16: Permiso otorgado por CENDEPESCA.

 MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA
(CENDEPESCA)

 EL SALVADOR
UNÁMONOS PARA CRECER

0 0 0 5 8 5 1

Santa Tecla, 12 de octubre de 2015

Licenciado
Oscar Armando Guerra Ascencio
Jefe Departamento de Biología
Facultad Multidisciplinaria de Occidente
Presente

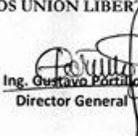
Estimado Licenciado Guerra:

En relación a la nota recibida con fecha 23 de septiembre del presente, en la que solicita apoyo para que las estudiantes: Julia Lucía Baños Pleitéz , Karen Alicia Ascencio Funes y Cindy Erenia Artero Samayo realicen el trabajo de Grado con título "Efecto de la adición de dos probióticos (*Bacillus subtilis* y *Saccharomyces cerevisiae*) en la alimentación de Tilapias (*Oreochromis niloticus*), durante la fase de engorde"; ésta Dirección tiene la disposición de apoyar esta iniciativa en el sentido de facilitar el ingreso de las estudiantes a la estación de Aticoayo pero no se puede garantizar transporte y equipo necesario de forma exclusiva para este proyecto, por lo que las estudiantes deberán programar sus actividades con los técnicos de la estación e iniciarlas después de haber hecho llegar una copia del proyecto de investigación a la División de Investigación Pesquera y Acuicola de CENDEPESCA.

Agradeciendo su buena intención de orientar su quehacer académico en función de mejorar la producción en el país, aprovecho para saludarlo.

Atentamente,

DIOS UNIÓN LIBERTAD


Ing. Gustavo Portillo
Director General



Final 1ª Avenida Norte y Av. Manuel Gallardo, Santa Tecla
Tel. Correo: (503) 2210-1700 - Ext. 4103 - 2210-1760 Fax: (503) 2534-9885
E-mail: gportillo@mg.gov.sv

