

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



TRABAJO DE GRADUACIÓN
**ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TILAPIA (*Oreochromis SP.*) EN LA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL MONTERRICO DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL
MAR Y ACUICULTURA (CEMA), USAC**

MILDRED YESSENIA CALDERÓN ORELLANA

GUATEMALA, MARZO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TILAPIA (*Oreochromis SP.*) EN LA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL MONTEERRICO DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL
MAR Y ACUICULTURA (CEMA), USAC**

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

MILDRED YESSENIA CALDERÓN ORELLANA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADA

GUATEMALA, MARZO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR

DR. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL I	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámara
VOCAL II	Ing. Agr. M. Sc. César Linneo García Contreras
VOCAL III	Ing. Agr. M. Sc. Erberto Raúl Alfaro Ortíz
VOCAL IV	Per. Agr. Walfer Yasmany Godoy Santos
VOCAL V	P. C. Neydi Yasmine Juracan Morales
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, MARZO DE 2018

Guatemala, marzo de 2018

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE TILAPIA (*Oreochromis SP.*) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL MONTEERRICO DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA (CEMA), USAC**, como requisito previo a optar el título de Ingeniera en Industrias Agropecuarias y Forestales, en el grado de licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación; me es grato suscribirme.

Atentamente;

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Mildred Yessenia Calderón Orellana

ACTO QUE DEDICO A:

Ti papi

Porque desde tu partida hacia los brazos del Señor has estado a mi lado como mi ángel de la guarda cuidándome y guiándome por el camino correcto. Por extenderme tu mano cuando estuve a punto de caer y por ser siempre mi fuente de inspiración para salir adelante, hoy por hoy tus sacrificios valieron la pena y puedo decirte MISIÓN CUMPLIDA.

AGRADECIMIENTOS A:

Nuestro Señor Jesús Por la oportunidad de vivir un día más lleno de bendiciones, permitiéndome culminar una etapa más en mi vida.

Mis padres Mardoqueo Calderón De León⁺ y Dora Berzabeth Orellana Ruiz de Calderón, por su gran amor, paciencia, apoyo, sacrificio y sobre todo por enseñarme a luchar hasta el final para alcanzar cada meta propuesta. Son mi todo.

Mis hermanos y sobrinos José Mardoqueo, Brenda Lisseth, Débora Anayancy y Ana Yency, por ser parte importante de mi vida y darme la oportunidad de ser tía, para ustedes mis mejores deseos Josué, Emiliano y Belén. Dios los bendiga.

Mi tío José Vidal Orellana Ruiz, sin su apoyo no hubiera sido posible este momento. Dios le bendiga grandemente.

Mis dos amores, mi familia José Alfredo Bejarano Ordoñez y Susan Isabella Bejarano Calderón, por estar siempre a mi lado por alegrar mis días y darme la fortaleza para seguir luchando. Los amo.

Mis amigos	Ana Montejo, Sergio Morales, Mario Rodríguez, Elías Rodríguez, José Luis Gonzales, Cristian Polanco y Flavio Pinto, por todos los momentos compartidos a lo largo de nuestra vida universitaria.
Mis profesores	Por compartir sus conocimientos durante mi formación profesional. En especial a los ingenieros Sigrid Calderón y Fredy Gramajo.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi Alma Mater. Por darme la valiosa oportunidad de formarme académicamente.
Facultad de Ingeniería, Facultad de Agronomía y Escuela Nacional Central de Agricultura	Por haberme formado profesionalmente dentro de sus aulas.

ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. GENERALIDADES DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA (CEMA)	1
1.1. DESCRIPCIÓN	1
1.2. MISIÓN	2
1.3. VISIÓN	2
1.4. PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE REALIZA EL CEMA	3
1.5. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA	5
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL	7
2.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DE TILAPIA....	7
2.2. MANUAL PARA LA CRIANZA DE TILAPIA (OREOCHROMIS SP.)	11
2.2.1. Alcance	11
2.2.2. Objetivo	11
2.2.3. Biología de la tilapia	11
2.2.3.1. Taxonomía de la tilapia	11
2.2.3.2. Morfología externa de la tilapia	12
2.2.3.3. Diferenciación sexual de la tilapia ...	13

2.2.4.	Requerimientos medioambientales	14
2.2.4.1.	Temperatura.....	14
2.2.4.2.	Oxígeno disuelto	15
2.2.4.3.	Potencial hidrométrico (pH).....	15
2.2.4.4.	Turbidez	15
2.2.4.5.	Dureza total.....	15
2.2.4.6.	Alcalinidad.....	16
2.2.4.7.	Luz o luminosidad	17
2.2.5.	Sistemas de producción	17
2.2.5.1.	Extensivo.....	17
2.2.5.2.	Semiintensivo.....	17
2.2.5.3.	Intensivo.....	18
2.2.6.	Calidad del agua	19
2.2.6.1.	Contaminantes microbiológicos	20
2.2.6.2.	Contaminantes químicos.....	21
2.2.6.3.	Características físicas	22
2.2.7.	Manejo de estanques	23
2.2.7.1.	Preparación del estanque	23
2.2.7.1.1.	Secado.....	23
2.2.7.1.2.	Desinfección del estanque	24
2.2.7.1.3.	Fertilización del estanque	24
2.2.8.	Selección de alevines.....	26
2.2.8.1.	Empaque y transporte de alevines...	27
2.2.8.2.	Aclimatación y siembra	28
2.2.8.3.	Densidades de siembra.....	29
2.2.9.	Alimentación.....	30
2.2.9.1.	Cálculo de alimento.....	31

2.2.9.2.	Costo del alimento por etapa de vida del pez.....	33
2.2.10.	Sanidad	35
2.2.11.	Cosecha	42
2.3.	VERIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA PILOTO DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA	45
2.3.1.	Descripción de las instalaciones del laboratorio de procesamiento hidrobiológicos	45
2.3.1.1.	Tipo de edificio	46
2.3.1.2.	Edificio e instalaciones	46
2.3.1.2.1.	Paredes.....	46
2.3.1.2.2.	Ventanas y puertas ..	47
2.3.1.2.3.	Pisos y techo	48
2.3.1.2.4.	Iluminación y ventilación	50
2.3.1.3.	Instalaciones sanitarias	51
2.3.1.4.	Equipos y utensilios.....	53
2.3.1.5.	Control de plagas	54
2.3.1.6.	Control de materias primas.....	54
2.3.1.7.	Almacenamiento de pescados y mariscos	54
2.3.1.8.	Evaluación de la frescura de los productos hidrobiológicos.....	55
2.4.	ELABORACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE EMBUTIDOS CON CARNE DE PESCADO.....	55
2.5.	COSTOS DE INVERSIÓN PARA UNA GRANJA PRODUCTORA DE TILAPIA	59
2.5.1.	Relación Beneficio/Costo.....	62
2.5.2.	Rentabilidad.....	63

3.	FASE DE INVESTIGACIÓN.....	65
3.1.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	65
3.2.	COMPONENTES DE UNA BOMBA DE AGUA	68
3.3.	FUNCIONAMIENTO DE UNA BOMBA DE AGUA.....	70
3.4.	RESULTADOS	71
3.4.1.	Tiempo de funcionamiento de la bomba hidráulica	71
3.4.2.	Comparación de los gastos energéticos y la producción de tilapia	72
4.	FASE DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE	75
4.1.	DIAGNÓSTICO.....	75
4.1.1.	Resultados de la encuesta realizada.....	76
4.2.	PLANIFICACIÓN DE CAPACITACIÓN	81
4.3.	RESULTADOS	84
	CONCLUSIONES.....	87
	RECOMENDACIONES.....	89
	BIBLIOGRAFÍA.....	91
	APÉNDICES.....	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura organizacional del CEMA.....	6
2.	Diagrama de flujo del proceso productivo de tilapia	10
3.	Morfología externa de la tilapia	13
4.	Diferenciación sexual de la tilapia	14
5.	Cultivo semi – intensivo de tilapia	18
6.	Cultivo intensivo de tilapia.....	19
7.	Interacción del fertilizante entre los peces y los nutrientes.....	25
8.	Medición de la turbidez utilizando el brazo.....	26
9.	Empaque de alevines.....	27
10.	Aclimatación de alevines de tilapia antes de la siembra	28
11.	Condiciones adecuadas para el cultivo de tilapia considerando la densidad de siembra	29
12.	Arte de pesca en la etapa de cosecha de tilapia.....	43
13.	Sacrificio de los peces durante la cosecha en la estación de Monterrico	44
14.	Enhielado del producto final	44
15.	Paredes de la planta piloto de CEMA.....	47
16.	Puertas y ventanas de la planta piloto de CEMA	48
17.	Pisos y techo de la planta piloto de CEMA.....	49
18.	Iluminación y ventilación de planta piloto de CEMA	50
19.	Instalaciones sanitarias.....	52
20.	Instalaciones sanitarias.....	52
21.	Equipo y utensilios utilizados en planta piloto de CEMA	53

22.	Diagrama de Ishikawa de la situación actual	66
23.	Perforaciones para la obtención del recurso hídrico en la Estación Experimental de Monterrico	68
24.	Componentes de una bomba de agua	69
25.	Funcionamiento de una bomba de agua.....	70
26.	Rango de edades.....	76
27.	Conoce usted los abonos orgánicos elaborados a base de lombrices.....	77
28.	Le gustaría conocer más sobre abonos orgánicos elaborados a base de lombrices.....	78
29.	¿Qué piensa sobre los abonos orgánicos elaborados a base de lombrices?.....	79
30.	Apoyaría usted participando en una capacitación sobre el tema	80
31.	Capacitación sobre lombricultura básica, parte teórica.....	82
32.	Capacitación sobre lombricultura básica, parte práctica	82

TABLAS

I.	Productos y servicios brindados por el CEMA	3
II.	Check list utilizado en el diagnóstico de la situación actual del cultivo de tilapia en la estación de Monterrico	8
III.	Matriz de análisis FODA del cultivo de tilapia en la estación experimental de Monterrico	9
IV.	Taxonomía de la tilapia.....	12
V.	Clasificación del agua según su dureza expresada en partes por millón	16
VI.	Contaminantes microbiológicos y límites máximos permisibles en el agua.....	21
VII.	Substancias químicas y límites máximos permisibles en el agua.....	22

VIII.	Características físicas y límites máximos permisibles en agua.....	23
IX.	Guía para cálculo de alimentación	32
X.	Resumen de las principales enfermedades reportadas en el cultivo de tilapia en Guatemala.	36
XI.	Receta de chorizo argentino de pescado.....	56
XII.	Receta de chorizo uruguayo de pescado.....	57
XIII.	Formulación de chorizo argentino de pescado.....	58
XIV.	Formulación de chorizo uruguayo de pescado.....	59
XV.	Gastos fijos para producir tilapia en un estanque de 900 m ² en quetzales (Q).....	60
XVI.	Costo del alimento de tilapia por etapa del ciclo productivo.....	61
XVII.	Gastos de operación, en Quetzales (Q), del cultivo de tilapia en un estanque de 900 m ²	62
XVIII.	Tiempo de funcionamiento de la bomba hidráulica	72
XIX.	Consumo eléctrico de bomba por mes.....	73
XX.	Comparación entre los gastos operativos y el consumo energético`	73
XXI.	Capacitaciones sobre lombricompost	83
XXII.	Producción de lombricompost	85

GLOSARIO

Acuicultor	Persona natural o jurídica, dedicada habitualmente a la acuicultura.
Acuicultura	Cultivo e organismos acuáticos bajo condiciones controladas.
Alevín	Estadio anterior al juvenil en cualquier especie de peces.
Ambiente Léntico	Cuerpo de agua cerrado que permanece en un mismo lugar sin correr ni fluir.
Anaeróbico	Vida sin aire (donde “aire” usualmente es oxígeno).
Angeo	Malla fina que cubre ventanas y puertas en algunas ocasiones. Se fabrican en diversos tejidos con aberturas cuadradas y rectangulares, asegurando una alta resistencia a la corrosión y larga duración. Se fabrica en Aluminio, Fibra de Vidrio y Plástico.
Biometría	Es el trabajo que se realiza para conocer la cantidad de alimento que se suministrará a los peces criados en un estanque o pileta, y poder llevar un control sobre la producción.
Biocidas	Pueden ser sustancias químicas sintéticas o de origen natural o microorganismos que están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar,

impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo considerado nocivo para el hombre.

Compost

Fertilizante compuesto de residuos orgánicos (desechos domésticos, hierbas, heces animales, etc.), tierra y cal.

Conductividad

Es la medida de los iones totales contenidos en el agua. En los peces puede producir estrés si es alta o fluctuante.

Densidad de siembra

Se refiere al número de individuos de una especie que existe por unidad de área, por ejemplo número de alevines por metro cuadrado en un estanque.

Dermis

Capa de tejido conjuntivo situada debajo de la epidermis y que, con esta, forma la piel.

DIPESCA

Dirección de Normatividad de Pesca y Acuicultura

Escurrimiento

Acción de escurrir.

FDA

Food and Drug Administration

Fertilizante

Sustancia que se le agrega al agua para incrementar la producción natural del estanque.

Fitoplancton

Conjunto de organismos exclusivamente vegetales que forman parte del plancton.

Fotosíntesis

Proceso químico que tiene lugar en las plantas con clorofila y que permite, gracias a la energía de la

luz, transformar un sustrato inorgánico en materia orgánica rica en energía.

Limnología	Ciencia que estudia los aspectos físicos y biológicos de los ecosistemas de agua dulce, en especial los lagos.
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Microflora	Flora microorgánica de un medio determinado.
Nitrobacter	Microorganismos que consumen nitritos y producen nitratos, un elemento menos tóxico y tolerado por los peces, pero muy nocivo para los invertebrados marinos.
Nitrosomas	Bacterias que consumen amoníaco, como su única y exclusiva fuente de energía, y producen nitritos.
Pesca	Acción que consiste en capturar, recolectar, extraer, y cazar por cualquier método o procedimiento, recursos hidrobiológicos.
Ph	Potencial hidrométrico.
pH metro	Es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución.
Plancton	Es la agrupación de organismos muy pequeños que se desplazan de modo pasivo por el agua, flotando. Estos organismos permanecen suspendidos en el medio acuático, por lo general en una profundidad de hasta unos doscientos metros.

Producto Hidrobiológico	Flora y fauna acuática, capturada, recolectada, extraída, cosechada, cultivada, criada o cazada.
Protráctil	Que se puede proyectar hacia fuera hasta una distancia considerable.
Topicación	Uso local de un producto.
Transparencia	Cuando se deja pasar fácilmente la luz.
Trasmallo	Red agallera o red de enmalle.
Zooplancton	Es el plancton formado mayoritariamente por especies animales, que puede estar presente en el agua dulce o en el mar.

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
FCA	Factor de Conversión Alimenticia
°C	Grados Celsius
Gr	Gramos
Hp	<i>Horse power</i>
Km	Kilómetro
Kw	Kilovatios
KWh	Kilovatios por hora
Lb	Libras
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cubico
%	Porcentaje

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -única institución de educación superior relacionada al campo del manejo sostenible de los recursos hidrobiológicos con énfasis en la acuicultura- de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El objetivo principal de esta investigación es orientar a personas interesadas en cultivar tilapia implementando los procedimientos de producción y comercialización, a través de la elaboración de un manual para minimizar y controlar de manera efectiva los peligros físicos, químicos y biológicos garantizando un producto inocuo, proporcionando soluciones técnicas a las necesidades reales de la institución (CEMA) en cuanto a la producción de tilapia (*Oreochromis SP.*), tomando en cuenta costos de inversión con un total de Q 56 102,08, desglosado de la siguiente manera: gastos fijos Q 36 820,00; y gastos de operación de Q 19 282,08. Considerándolo como un proyecto rentable obteniendo una rentabilidad de 1,065 %.

Así mismo, se realizó la verificación y comparación del edificio, instalaciones y operaciones de sanitización de la planta piloto de procesamiento de carne de pescado del CEMA, utilizando como base el Reglamento Técnico Centro Americano -RTCA-. Con base en los resultados obtenidos se determinó que las instalaciones no cumplen con las especificaciones indicadas en dicho reglamento. También se llevó a cabo la formulación de los productos elaborados con carne de pescado (chorizo argentino y chorizo uruguayo), con la finalidad de estandarizar el proceso productivo.

En la fase de producción más limpia se determinó el gasto que representa el funcionamiento de una bomba hidráulica utilizada en el llenado de un estanque de 900 m² en un tiempo de 6 meses. Y con la ayuda de un contador eléctrico monofásico de 120 voltios se obtuvo un registro de facturación con un total de Q 5 671,00. Que al momento de realizar la comparación entre los gastos operativos (semilla de alevín, alimento y mano de obra) y el consumo energético presentó un 18,93 %, catalogándolo como no representativo, debido a que el gasto de mano de obra, por ser un gasto fijo, presentó un 50,08 % del total de los costos comparados.

En la fase de enseñanza-aprendizaje se realizó una capacitación sobre elaboración, uso y aplicación de los abonos orgánicos, de lombrices coqueta roja (*Eisenia foetida*), en la acuicultura; dando a conocer la importancia de estos abonos en el medio ambiente, debido a que favorecen el desarrollo de las plantas. Como resultado se obtuvieron 20 kilogramos de abono orgánico, 2 litros de exudados y 1 libra de harina de lombriz, la cual se utiliza en la preparación de concentrados para peces propios de la institución.

Cada una de las partes que conforman este trabajo cuenta con la aplicación de herramientas necesarias y aprendidas durante la formación profesional, para obtener como resultado una aceptación positiva en el documento realizado.

OBJETIVOS

General

Realizar el análisis del proceso productivo de tilapia en la estación experimental de Monterrico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura [CEMA]

Específicos

1. Elaborar un manual para la producción de tilapia adaptado a la estación experimental de Monterrico bajo condiciones de cultivo semi-intensivas.
2. Estandarizar la formulación de los productos procesados a partir de carne de pescado.
3. Verificar las condiciones físicas y distribución del equipo en la planta procesadora de hidrobiológicos del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.
4. Desarrollar un programa de capacitación sobre la elaboración, uso y aplicación de los abonos orgánicos en la acuicultura.
5. Analizar el impacto que genera el uso de energía eléctrica en el costo de producción de tilapia en la estación experimental de Monterrico.

INTRODUCCIÓN

La demanda constante de proteína animal para consumo humano a partir de cultivos en estanques, y no por extracción directa del medio natural, es una alternativa para países en desarrollo, que por su alto valor nutricional la tilapia es una especie que se cultiva alrededor del mundo

Dicha actividad, fue introducida a Guatemala en la década de los 70's con el programa de fomento de la producción de peces de agua dulce, impulsados por el gobierno guatemalteco con el apoyo de la cooperación internacional brindado por Estados Unidos y Japón, bajo condiciones de cultivo extensivo y semi-intensivo alcanzando una talla comercial de 0.50 Lb en un tiempo de cuatro a seis meses dependiendo del manejo, alimentación y la genética utilizada.

El presente trabajo está compuesto por tres fases; de servicio técnico, de producción más limpia y de enseñanza-aprendizaje. Como primer punto se describe la fase de servicio técnico, que contiene la elaboración de un manual sobre el proceso productivo de la tilapia (*Oreochromis SP.*) el cual podrá ser utilizado por jóvenes estudiantes durante su formación profesional o bien por personas interesadas en el cultivo de dicho pez.

En la fase de producción más limpia, se realizó una investigación sobre el comportamiento de la energía eléctrica con la producción de tilapia haciendo énfasis en el consumo energético de una de las 6 bombas utilizadas en el llenado de estanques y piletas de la estación experimental de Monterrico, evaluando los siguientes parámetros: población de peces, dimensiones del estanque y costo de la energía eléctrica.

En la fase de enseñanza-aprendizaje se realizó una capacitación sobre la elaboración, uso y aplicación de abonos orgánicos en la acuicultura utilizando como base principal lombrices coqueta roja (*Eisenia foetida*), con las cuales al final de su vida útil se elaboran harinas que proporcionan las proteínas y minerales necesarias para la nutrición de peces como la tilapia.

1. GENERALIDADES DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA (CEMA)

1.1. Descripción

El Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA es una Unidad Académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que pertenece al programa de Centros Regionales Universitarios.

En el año 1977 el Consejo Superior Universitario, en el acta No. 24-76, acordó el funcionamiento del Centro Regional del Sur (CUNSUR), ofreciendo entre sus carreras Técnico en Maricultura y Técnico en cultivo de Agua Dulce. En ese mismo año, nuevamente el CSU aprobó la división del CUNSUR en dos unidades autónomas:

- Centro Universitario del Sur, con sede en la Ciudad de Escuintla.
- Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, con sede en la aldea Monterrico, Taxisco, Santa Rosa.

En julio de 1998 el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, se trasladó a su sede principal, donde actualmente se encuentra, ubicada en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el edificio T-14.

Cuenta con el respaldo de los más de 300 años de historia de la USAC, así como una experiencia académica profesional de treinta y siete años al servicio de la población guatemalteca, formando profesionales altamente calificados en el manejo, gestión y protección de los recursos hidrobiológicos de nuestro país.

CEMA, es la única institución de educación superior relacionada al campo del manejo sostenible de los recursos hidrobiológicos; con énfasis en la acuicultura, por lo tanto es líder nacional y regional en el proceso de vinculación universidad-sociedad en lo referente al uso y cuidado de los recursos hidrobiológicos.

Cuenta con la oportunidad de promover iniciativas de ley a nivel nacional, y la enorme posibilidad de incidir en espacios de discusión y decisión acerca de las políticas y tendencias que se aplican en la utilización de los recursos naturales. Tiene la facultad para proponer leyes, reglamentos o normativas que busquen un mejor desarrollo de la acuicultura, de la pesca y de los recursos naturales en general.

1.2. Misión

Somos un Centro Regional Universitario, líder en el ámbito nacional, formado por un equipo de trabajo multidisciplinario, especializado en la formación vanguardista de profesionales competitivos en la producción, conservación y administración sustentable de los recursos hidrobiológicos.

1.3. Visión

Institución líder de educación superior, sustentada en la transparencia, que forma profesionales éticos y comprometidos con el manejo responsable de los recursos hidrobiológicos, en los niveles de pre-grado, grado y postgrado, acreditados en la región centroamericana; generar y transferir ciencia y tecnología en el área de su competencia.

1.4. Principales actividades que realiza el CEMA

A través de la estación experimental ubicada en Monterrico y los laboratorios en la sede central, realiza diversas actividades de servicios, extensión y elaboración de productos, lo que a continuación se detalla en la tabla I.

Tabla I. **Productos y servicios brindados por el CEMA**

Área	Servicio/Producto	Lugar	
Laboratorio de producción de larva de camarón de agua dulce (M. Rosenbergi)	Capacitación y asesoría en la producción de larva.	Estación Experimental de Monterrico	
	Venta a precio bajo de larva de camarón en programa de Fomento a la Acuicultura		
Engorde de camarón marino (L. Vannamei)	Capacitación y asesoría en el cultivo de camarón marino.		
	Producción de camarón para consumo nacional en mercado universitario.		
	Venta de camarón por libra a precio bajo en Programa de Fomento a la Acuicultura.		
Producción de tilapia nilotica y roja	Engorde de tilapia para consumo nacional, mercado universitario.		
	Venta tilapia a precio bajo en Programa de Fomento a la Acuicultura.		
Laboratorio de marea roja, alimento vivo y unidad de mapeo y geo-posicionamiento	Unidad encargada de la identificación de organismos tóxicos asociados a marea roja (nivel nacional).		Instalaciones Sede Central
	Cepario, aislamiento y cultivo de microalgas. Elaboración de mapas geoposicionados de cuerpos de agua en proyectos de investigación y asesoría a pequeñas, medianas empresas y Organizaciones No Gubernamentales.		

Continuación de tabla I.

Laboratorio de patología de especies acuáticas	Capacitación de personal de campo.	
	Asesoría a pequeñas y medianas empresas. Análisis, diagnóstico de enfermedades bacterianas, parasitarias en peces.	
	Toxicología y diagnóstico de problemas en organismos acuáticos. Alimentos medicados para tratamiento de problemas sanitarios en fincas de cultivo. Manejo de muestras y diagnóstico en enfermedades de camarón.	
Laboratorio de calidad del agua y limnología	Análisis in situ de calidad de agua.	
	Dinámica de la calidad del agua en cuerpos de agua natural. Impactos ecológicos asociados a la acuicultura y pesquería.	
Programa de extensión en acuicultura y pesca artesanal	Capacitación y asesoría a personal de empresas y ONG´s.	
	Programas de desarrollo rural asociadas a la actividad acuícola y pesquera.	
	Vinculación sector pesquero artesanal y empresas, organismos financieros.	
Centro de Documentación para la Acuicultura y Pesca	Centro de información bibliográfica y de consulta en aspectos de acuicultura, pesca, medio ambiente y otros relacionados.	
	Consulta electrónica de documentos.	
	Canje de documentos con usuarios y centros de documentación y bibliotecas.	

Continuación de tabla I.

Laboratorio de procesamiento de productos acuícolas y pesqueros	El laboratorio cuenta con equipo para la transformación, procesamiento, empackado y venta de productos acuícolas y pesqueros. Tiene capacidad para 25 estudiantes como máximo
---	---

Fuente: Centro de Estudios de Mar y Acuicultura, 2008.

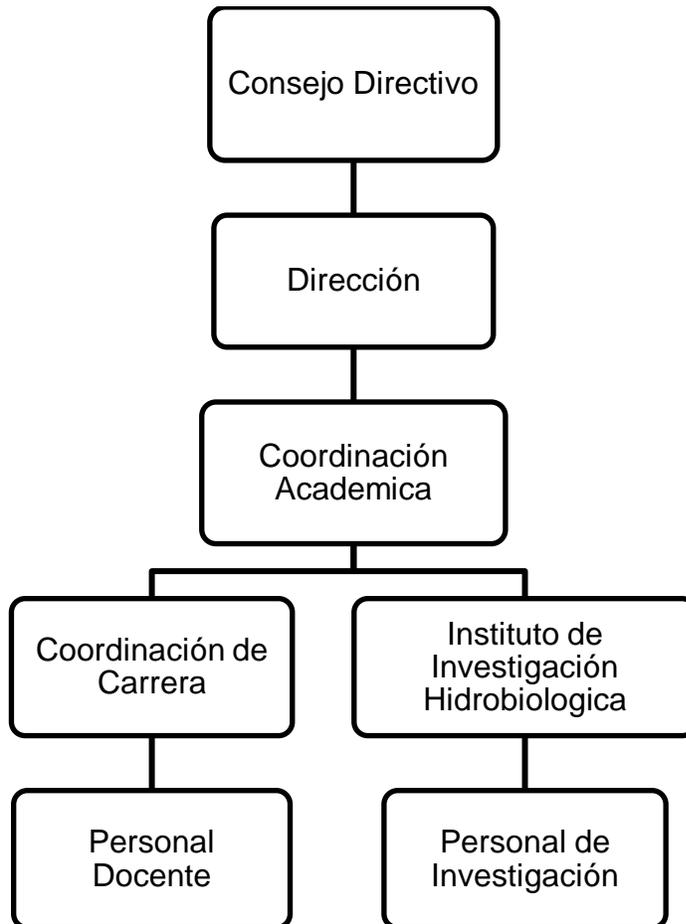
1.5. Estructura organizacional del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

La estructura organizacional del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (ver figura 1), es de tipo clásico de forma vertical y está definida en el Reglamento General de Centros Universitarios, siendo los órganos administrativo-docentes:

- Consejo Directivo: es el encargado de coordinar a nivel local todas las actividades de CEMA y dictar los lineamientos, reglamentos y normas para la Dirección y Administración
- La Dirección: cuenta con un director, encargado de ejecutar las decisiones del Consejo Directivo. Vela por el buen cumplimiento de las actividades académicas y administrativas del Centro.
- La Coordinación Académica: está integrada por los Coordinadores de Carrera, de Área y el Coordinador Académico. Tiene como función principal planificar, coordinar e impulsar las actividades de docencia, investigación, extensión y servicio de CEMA.
- La Coordinación de Carrera: se encarga de organizar y supervisar la docencia y los programas correspondientes de las carreras, y proponer cambios necesarios al Coordinador Académico.

- Instituto de Investigación Hidrobiológica: actualmente se encuentra entre los planes de desarrollo de CEMA. Cuenta con un programa de investigación con apoyo financiero de instituciones públicas como la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT); Fondo para Proyectos Agropecuarios (AGROCYT), Fondo Nacional para la Conservación (FONACON); y sobre todo de la Dirección General de Investigación (DIGI), de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 1. **Estructura organizacional del CEMA**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, 2016.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL.

2.1. Diagnóstico de la situación actual del cultivo de tilapia

Se realizó dentro del concepto de una investigación de campo con enfoque cualitativo, definiendo el esquema de la cadena productiva de la tilapia (ver figura 2), a través de un marco referencial utilizando el método deductivo que permitió conocer cada uno de los pasos del cultivo con el uso de un check list (ver tabla II) para determinar las condiciones en que se encontraba la estación experimental de Monterrico en la visita realizada.

Así mismo, se conversó con profesionales del CEMA (campo y administrativo), MAGA y DIPESCA realizando también, visitas técnicas a centros productores de alevines y productores de alimentos, con la finalidad de conocer la parte técnica del cultivo de tilapia. Además, de una amplia revisión bibliográfica sobre el objeto de estudio, el cultivo de tilapia.

Por último, se elaboró y tabulo una base de datos para procesar la información obtenida a través de la técnica del FODA (ver tabla III), el cual conto con la participación y opinión de profesionales acuícolas.

Tabla II. **Check list utilizado en el diagnóstico de la situación actual del cultivo de tilapia en la estación de Monterrico**

Fecha: abril de 2015	Centro de Estudios del Mar y Acuicultura	Responsable: Yessenia Calderon
	Universidad de San Carlos de Guatemala	Responsable Técnico: Lic. Carlos Mazariegos
Nombre de la Granja o Unidad de Producción Acuicola	Sanidad e Inocuidad	Cumple
		No Cumple
Ubicación Geográfica	Datos de Autorizaciones	Infraestructura Productiva
		Tipo de Infraestructura
Origen del agua	Actividad	Estanque
		Engorda
Fuente de Energía	Especie	Pileta
		Reproducción
Fuente de Energía	Forma de venta	Tanque
		A libre demanda
Fuente de Energía	Fotografía de Infraestructura Productiva	Sala de Incubación
		Contratos previos
Fuente de Energía	Fotografía de Infraestructura Productiva	Material de Infraestructura
		Ventas Consolidadas
Fuente de Energía	Fotografía de Infraestructura Productiva	Tierra
		Otro
Fuente de Energía	Fotografía de Infraestructura Productiva	Concreto
		Fotografía de Equipo de Bombeo
Fuente de Energía	Fotografía de Infraestructura Productiva	Fotografía de Infraestructura de Manejo y Conservación del Producto

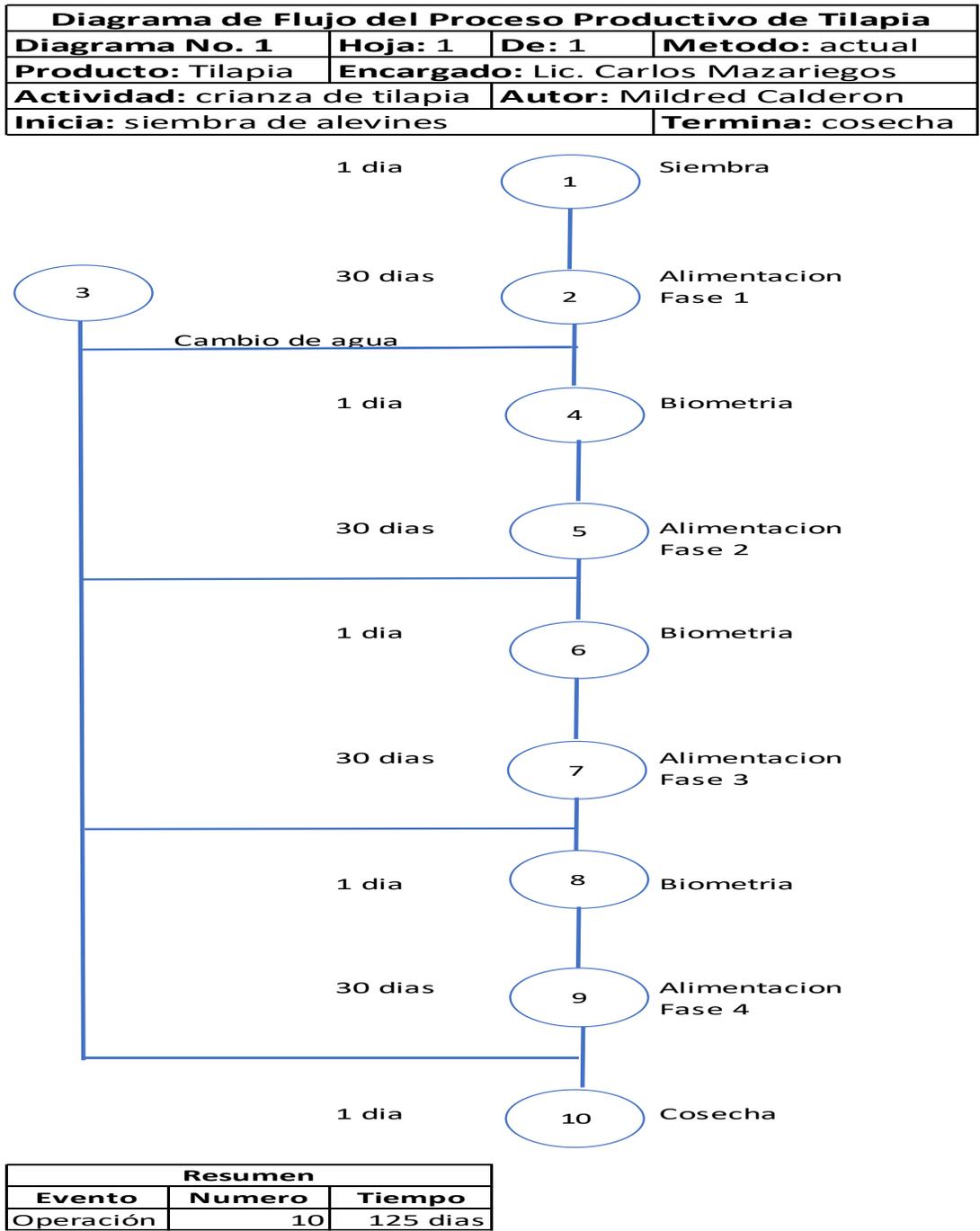
Fuente: elaboración propia

Tabla III. **Matriz de análisis FODA del cultivo de tilapia en la estación experimental de Monterrico**

FACTORES INTERNOS	FORTALEZAS (F)	DEBILIDADES (D)
	Material, equipo e instalaciones en buen estado. Experiencia técnica para el cultivo y procesamiento de tilapia. Mano de obra disponible.	Recursos económicos limitados. Venta únicamente en fresco.
FACTORES EXTERNOS		
OPORTUNIDADES (O)	ESTRATEGIAS FO	ESTRATEGIAS DO
Mercado local creciente. Interés institucional por la producción y comercialización de tilapia	Se elaborará una guía técnica sobre el cultivo de tilapia a través de una investigación realizada en las instalaciones de CEMA aprovechando la experiencia técnica del personal de campo y administrativo.	Dar a conocer los productos que elaboran con carne de pescado, chorizo argentino y uruguayo, para comercializarlos ya que actualmente solo es una práctica de laboratorio
AMENAZAS (A)	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DA
Calidad del recurso hídrico. Aparecimiento de enfermedades en el cultivo. Calidad de los insumos utilizados en el ciclo productivo. Falta de promoción a la venta y consumo de tilapia.	Se propondrá la mejora del plan de sanidad acuícola y con ello garantizar la calidad del producto final. Se realizarán análisis de calidad del agua de los estanques piscícolas periódicamente en el tiempo de duración del ciclo productivo.	Dar a conocer los beneficios del consumo de carne de tilapia en diversas actividades dentro del campus universitario y también utilizando las redes sociales para incentivar la compra de tilapia de CEMA

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso productivo de tilapia



Fuente: elaboración propia

2.2. Manual para la crianza de tilapia (*Oreochromis SP.*)

2.2.1. Alcance

Se pone a disposición el siguiente manual a productores y a toda aquella persona interesada en el cultivo de tilapia, el cual contiene la recopilación de una serie de información, publicaciones y recomendaciones prácticas que han sido ordenadas para servir como guía en la explotación piscícola.

2.2.2. Objetivo

El estudio del contenido de este manual, contribuirá a que usted, como lector, adquiera los conocimientos necesarios de cada una de las etapas del cultivo de tilapia de acuerdo a las buenas prácticas acuícolas dentro del marco legal para la producción piscícola en Guatemala.

2.2.3. Biología de la tilapia

La tilapia es una especie apta para ser cultivada en zonas tropicales y subtropicales, donde la temperatura del agua oscila entre 24 °C a 32 °C. Debido a su naturaleza híbrida, se adapta con gran facilidad a ambientes lénticos, estanques, lagunas, reservorios y en general a medios confinados.

Presenta ventajas sobre otras especies piscícolas, como alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades, excelente textura y coloración de carne, con muy buena aceptación en el mercado.

2.2.3.1. Taxonomía de la tilapia

Es un pez teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia Cichlidae. Originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales

del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento. Una mejor descripción taxonómica de la tilapia se presenta a continuación en la tabla IV.

Tabla IV. **Taxonomía de la tilapia**

Taxonomía de la Tilapia	
Clase	Perciformes
Suborden	Percoides
Familia	Cichlidae
Genero	Tilapia (<i>Oreochromis</i>)

Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

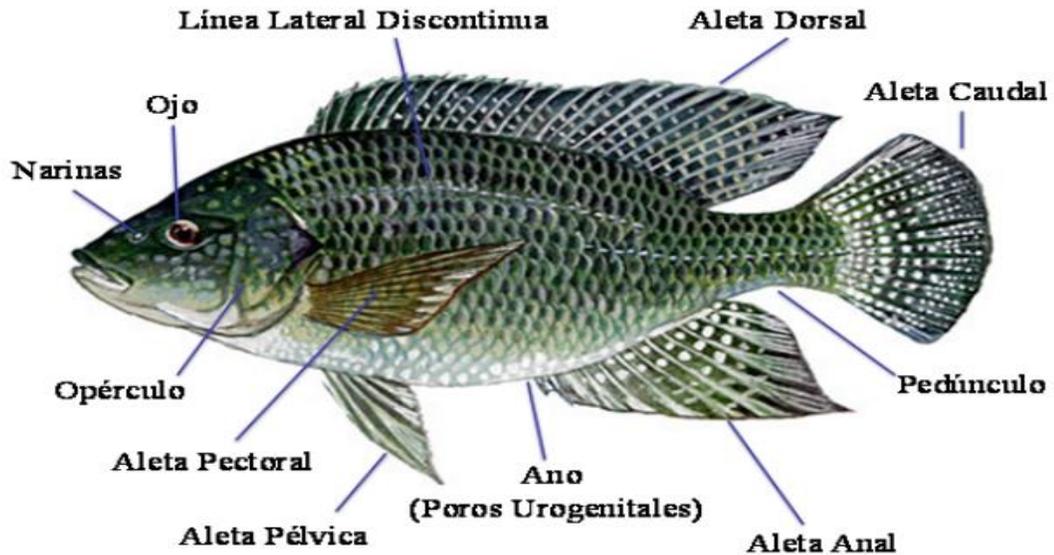
2.2.3.2. Morfología externa de la tilapia

El cuerpo es generalmente comprimido. La boca es protráctil, ancha, bordeada por labios gruesos; presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal (Ver figura 3)

Para su locomoción la tilapia posee aletas pares e impares. Las aletas pares están formadas por las aletas pectorales y las ventrales; las impares por las aletas dorsales, la caudal y la anal.

La aleta caudal es redonda, truncada y raramente cortada, como en todos los peces, esta aleta le sirve para mantener el equilibrio del cuerpo durante la natación y al lanzarse en el agua.

Figura 3. **Morfología externa de la tilapia**



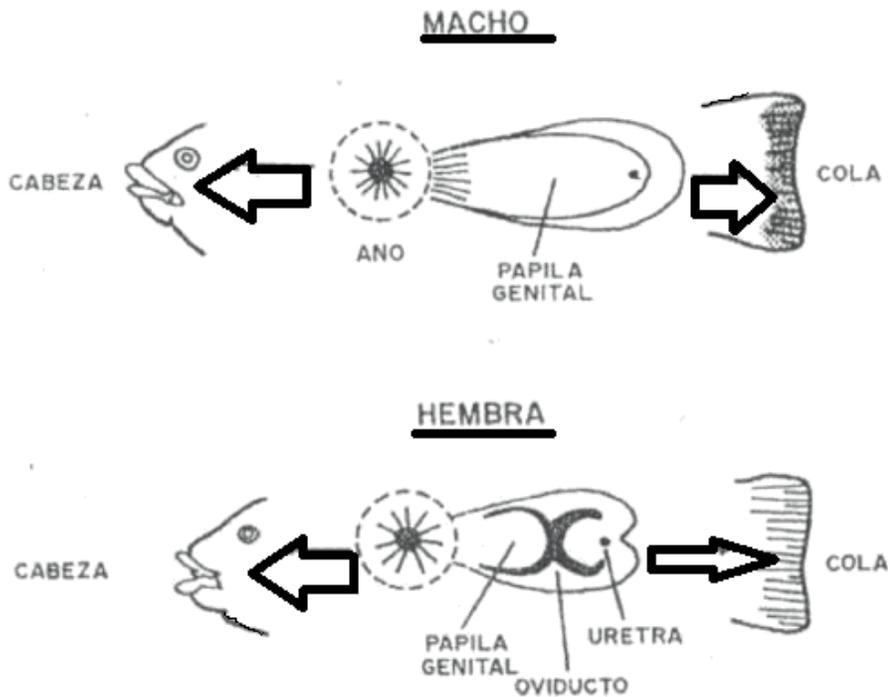
Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.2.3.3. Diferenciación sexual de la tilapia

La diferenciación externa de los sexos se presenta a partir de la madurez sexual de los peces, alrededor de los 3 - 5 meses. El macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra posee tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario (ver figura 4).

El ano está siempre bien visible; es un agujero redondo. El orificio urogenital del macho es un pequeño punto. El orificio urinario de la hembra es microscópico, mientras que el poro genital se encuentra en una hendidura perpendicular al eje del cuerpo.

Figura 4. **Diferenciación sexual de la tilapia**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.2.4. Requerimientos medioambientales

Para el óptimo desarrollo de la tilapia se requiere que en el sitio de cultivo se mantengan los siguientes requerimientos medio ambientales.

2.2.4.1. Temperatura

Es un parámetro que se debe verificar en cualquier cuerpo de agua donde se desea desarrollar el cultivo de peces. Los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 27–32 °C, pudiendo soportar temperaturas menores. A temperaturas menores de 25 °C su tasa crecimiento se reduce.

2.2.4.2. Oxígeno disuelto

Gas fundamental para los peces es el oxígeno que disuelto en un cuerpo de agua es indispensable para la sobrevivencia de los organismos. Los peces, en especial la tilapia, soporta bajas concentraciones, aproximadamente 1 mg/L, e incluso en períodos cortos valores menores. Sin embargo, a menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por consiguiente, también el crecimiento de los peces. Lo más conveniente es conservar valores mayores de 5 mg/L, particularmente en ausencia de luz.

2.2.4.3. Potencial hidrométrico (pH)

La tilapia crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino. Su crecimiento se reduce en aguas acidas y toleran hasta un pH de 5. El alto valor de pH mayor a 11 unidades transforma el amonio en amoniaco toxico provocando alzas en la mortalidad. Los valores óptimos de pH se encuentran entre 7 y 8.

2.2.4.4. Turbidez

Esta dada por el material en suspensión en el agua, bien sea mineral u orgánico. El grado de turbidez varía de acuerdo a la naturaleza, tamaño y cantidad de partículas suspendidas. Además, limita la habilidad de los peces para capturar el alimento y por consiguiente este irá al fondo del estanque incrementando la cantidad de materia orgánica en descomposición lo que va en detrimento del oxígeno disuelto. Se deben mantener 30 centímetros de visibilidad o transparencia.

2.2.4.5. Dureza total

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

Aunque está estrechamente relacionada con la alcalinidad y la capacidad del agua para resistir cambios en el pH, una alta alcalinidad no necesariamente representa una alta dureza. Por su contenido de iones de calcio y magnesio las aguas se clasifican en aguas dura y aguas blandas, tal como se muestra en la tabla V.

Tabla V. **Clasificación del agua según su dureza expresada en partes por millón**

mg/l=ppm	Dureza
0-75	Blanda
75-150	Moderadamente Blanda
150-300	Dura
300 y mas	Muy Dura

Fuente: SAAVEDRA MARTÍNEZ, Juan Manuel. *Manejo del cultivo de tilapia*. p. 15.

En caso de aguas demasiado blandas se recomienda la aplicación directa de cal agrícola o limo agrícola (carbonato de calcio). La dosis a aplicar es de 1 – 10 kg / 100 m² durante 24 horas, la cual actúa como desinfectante a la vez.

2.2.4.6. Alcalinidad

Se refiere a la capacidad del agua a resistir los cambios de pH, mientras más alta sea la alcalinidad, más estable es el pH del agua. Cuando los valores de alcalinidad total están por debajo de 20 mg/L se debe encalar utilizando cal agrícola, similar a cuando el agua es demasiado blanda. Por lo general, dicho tratamiento se debe realizar una vez al año directamente al fondo del estanque que aún está húmedo.

2.2.4.7. Luz o luminosidad

La radiación solar influye considerablemente en el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas, dando origen a la productividad primaria, que es la cantidad de plantas verdes que se forman durante un período de tiempo, la cual se constituye como alimento natural para la tilapia en sistemas de producción extensivo y semiintensivo.

2.2.5. Sistemas de producción

Los sistemas de producción de tilapia varían desde sencillos a muy complejos; los sistemas de manejo sencillos se caracterizan por poco control sobre la calidad del agua, el valor nutricional del alimento y por producciones bajas. Los sistemas de cultivo tradicionales son: extensivo, semiintensivo e intensivo.

2.2.5.1. Extensivo

Se caracteriza por un grado mínimo de modificación del medio ambiente, existiendo muy poco control sobre, calidad y cantidad del agua, de los insumos agregados para estimular, suplementar o reponer la cadena alimenticia.

El estanque tiene un sistema de drenaje, no hay control completo sobre el abastecimiento del agua; la densidad de siembra varía, pero comúnmente emplea cantidades menores a 10 peces / m²; la productividad natural que es la base de la cadena alimenticia de la nutrición del pez, es estimulada sólo por los nutrientes contenidos en el agua que se usa para llenar el estanque o proveniente del suelo.

2.2.5.2. Semiintensivo

Este es el nivel más común de manejo para productores pequeños y medianos que no tienen recursos económicos para grandes inversiones y que

cuentan con capital limitado. Generalmente es un estanque de tierra y/o revestido (de nylon) que se puede llenar y drenar al gusto del productor; los insumos incluyen fertilizantes orgánicos o inorgánicos, alimentos suplementarios, sub-productos agrícolas (afrecho de trigo, semolina de arroz, maíz) y/o algún tipo de alimento balanceado (ver figura 5).

La densidad de siembra en estos sistemas varía en cantidades, generalmente mayores a 10 peces/m². La duración del ciclo de producción oscila entre 4 a 5 meses, desde la siembra del alevín hasta la cosecha.

Figura 5. **Cultivo semiintensivo de tilapia**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.2.5.3. Intensivo

En estos sistemas se ha hecho una modificación sustantiva sobre el medio ambiente, con control completo sobre el agua, especies sembradas y

cosechadas, mayor control sobre la calidad de agua (ya sea a través de aireación o con recambios diarios) y todo nutriente necesario para el crecimiento que proviene del suministro de un alimento completo (ver figura 6)

Las densidades de siembra de los peces se encuentran generalmente en un rango mayor a 25 peces/m².

Figura 6. **Cultivo intensivo de tilapia**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.2.6. Calidad del agua

El agua es el recurso natural de mayor importancia en la vida de los seres acuáticos. En una granja de peces su uso es indispensable, pero con una mala utilización puede contaminarse con mucha facilidad y dañar todo lo que está a su alrededor.

Existen procesos naturales que dañan la calidad del agua (en ambientes naturales y artificiales), tales como: la erosión, estancamiento, insectos, desechos animales, sin embargo, los mayores contaminantes son el uso de fertilizantes y agroquímicos que por escurrimiento llegan hasta la fuente más cercana, cambiando su estado natural y afectando la flora y fauna que la rodea.

La calidad del agua está determinada por sus propiedades físico-químicas, entre las más importantes destacan: temperatura, oxígeno, pH y transparencia. Estas propiedades influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que, los parámetros del agua deben mantenerse dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la tilapia.

En Guatemala, el ente encargado de velar por el cumplimiento legal y sanitario de los productores de tilapia es el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, (MAGA), que en el Acuerdo Ministerial 026 - 2 009, “Programa de Control y Monitoreo de Contaminantes Microbiológicos, Substancias Químicas y Características Físicas del agua a ser utilizada en establecimiento de productos hidrobiológicos de la de Normas y Regulaciones del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación”, se establecen los parámetros y límites máximos permitidos a tener en cuenta en la producción de peces e hidrobiológicos.

2.2.6.1. Contaminantes microbiológicos

Es el tipo de contaminación debida a la presencia de virus, bacterias, esporas fúngicas, protozoos, algas, películas animales, excreciones animales y humanas. Los contaminantes microbiológicos viven y se reproducen a menudo en microclimas como los subsuelos húmedos.

La tabla VI, se presentan los contaminantes microbiológicos y los límites máximos permisibles en el agua a ser utilizada en establecimientos de productos hidrobiológicos para asegurar la inocuidad de los alimentos.

Tabla VI. **Contaminantes microbiológicos y límites máximos permisibles en el agua**

Contaminante	Límite Máximo Permissible (número/100mL)
Escherichia coli	0
Enterococos	0
Coliformes fecales	0
Coliformes totales	0

Fuente: Acuerdo Ministerial número 026–2 009.

2.2.6.2. Contaminantes químicos

Es toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que tiene probabilidades de lesionar la salud de los seres vivos en alguna forma o causar otro efecto negativo en el medio ambiente.

En la tabla VII se presentan las sustancias químicas y los límites máximos permisibles en el agua a ser utilizada en establecimientos de productos hidrobiológicos para asegurar la inocuidad de los alimentos.

Tabla VII. **Substancias químicas y límites máximos permisibles en el agua**

Substancia	Límite Máximo Permissible
Arsénico	10µg/L
Cianuro	50µg/L
Cadmio	5ug/L
Cobre	2mg/L
Mercurio	1µg/L
Plomo	10µg/L
DDT (suma de metabolitos)	0.1µg/L
Aldrín	0.03µg/L
Dieldrín	0.03µg/L
Heptaclor	0.03µg/L
Nitrato	50mg/L
Manganeso	50µg/L
Cloro libre residual*	0.5-1mg/L**
Carbonato de Calcio (CaCO ₃)***	100.000mg/L - 500.000mg/L

*Esta substancia debe ser monitoreada diariamente

**Rango permisible

***Dureza total

Fuente: Acuerdo Ministerial número 026-2 009.

2.2.6.3. Características físicas

Estas características influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que deben mantenerse dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la tilapia.

En la tabla VIII se presentan las características físicas y los límites máximos permisibles del agua a ser utilizada en establecimientos de productos hidrobiológicos para asegurar la calidad e inocuidad de los alimentos, así como el correcto desempeño del cultivo.

Tabla VIII. **Características físicas y límites máximos permisibles en agua**

Característica	Límite Máximo Permissible
Turbidez	≤ 1 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez)
pH	6.5-9.5 unidades pH
Conductividad	2500μS/cm a 20°C

Fuente: Acuerdo Ministerial número 026-2 009

2.2.7. Manejo de estanques

Son todas aquellas labores culturales, físicas o manuales que se deben realizar con o por los peces para obtener un adecuado desarrollo corporal de los mismos. Incluyendo también, aquellas labores para el buen funcionamiento del estanque y la buena calidad del agua para la producción de los peces.

2.2.7.1. Preparación del estanque

A continuación, se describen los pasos a seguir y realizar correctamente la preparación de un estanque piscícola.

2.2.7.1.1. Secado

Después de cada cosecha, debe permitirse que el fondo del estanque se seque y se resquebraje (en caso sea el estanque de tierra) para oxidar el material orgánico que se ha sedimentado a través del ciclo de cultivo anterior.

Utilizando un rastrillo se debe remover la capa superficial hacia abajo y levantar el lodo inferior hacia arriba, para efectuar la oxidación completa de la capa inferior del fango anaeróbico.

2.2.7.1.2. Desinfección del estanque

Reduce la probabilidad de transmisión de patógenos a la subsiguiente población de peces y acelera el proceso de mineralización del suelo del estanque.

Dicha actividad se realiza a través del encalado como medida de conservación de los estanques, efectuado con cal viva, tiene una acción antiparasitaria, actúa destruyendo todo tipo de parásitos de los peces beneficiando su estado sanitario. La dosis, sugerida, a emplear es de 80 g/m²

2.2.7.1.3. Fertilización del estanque

Se realiza la finalidad de incrementar la producción de fitoplancton y zooplancton y así tener una buena disposición de alimento para los peces. La cantidad que se debe aplicar en el estanque dependerá del tipo de fertilizante a utilizar y la disponibilidad local del mismo pudiendo utilizar abonos de origen orgánico, es decir que provienen de los animales y abono químico o inorgánico.

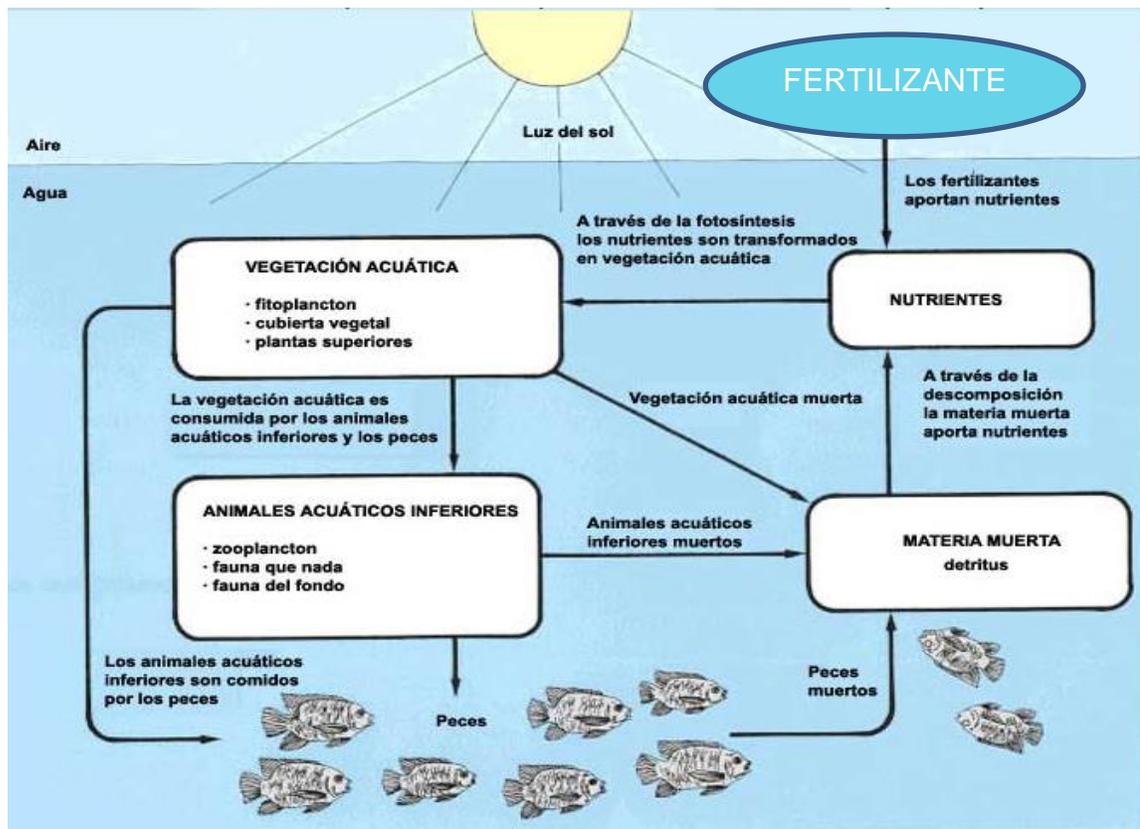
Los abonos químicos están compuestos de tres minerales esenciales, el nitrógeno (N), el fósforo (P) (como P₂O₅) y el potasio (K) (como K₂O o potasa), mezclados con un material de relleno inerte. La dosis semanal de aplicación varía entre 1,25 y 1,75 gramos de P₂O₅/m² de superficie de estanque.

Los abonos orgánicos contienen una mezcla de materia orgánica y nutrientes minerales; se producen localmente, por ejemplo, como desechos de los animales de la granja o de la agricultura. La melaza, además de ser un prebiótico, es un compost que, al ser mezclado con material vegetal, actúa como fertilizante ayudando al crecimiento de fitoplancton y zooplancton. Debido al contenido de azúcares, calcio, potasio, magnesio y niveles moderados de fósforo produce más organismos naturales que pueden ser utilizados por los

peces como fuente de alimento. A pesar de su corta vida, estimula la microflora del suelo que a su vez forma materia orgánica en un 0,5 a 1,0% por año.

La figura 7 muestra la interacción del fertilizante entre los peces y los nutrientes, que gracias a la acción del mismo ayuda al crecimiento fitoplancton y zooplancton.

Figura 7. **Interacción del fertilizante entre los peces y los nutrientes**

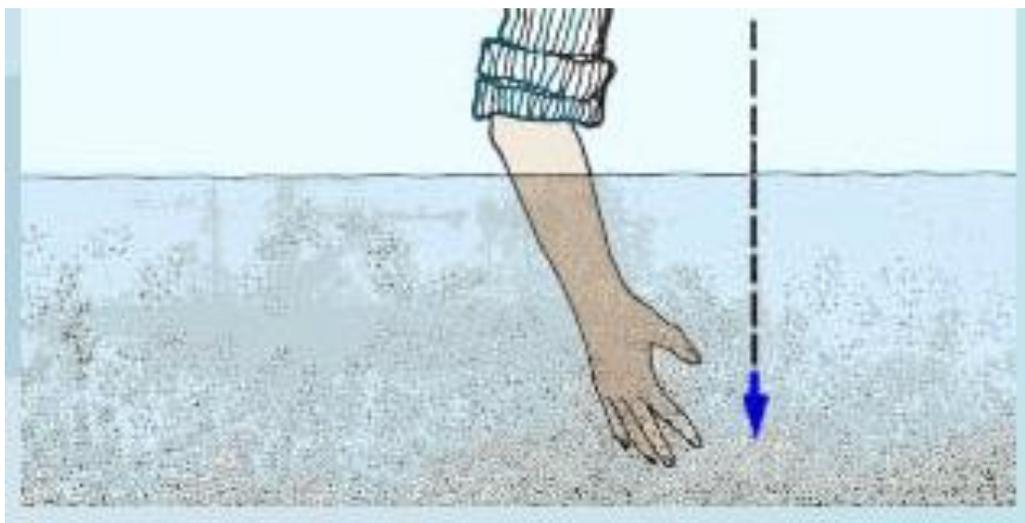


Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.

Una vez fertilizado el estanque es importante controlar la coloración del agua que debe ser verde esmeralda; también se utiliza el método artesanal de

introducción del brazo para determinar a qué punto se pierde la visibilidad de la mano que está relacionada con la turbidez del agua, lo ideal es que pueda observarse la mano hasta alcanzar la altura del codo, tal como se muestra en la figura 8.

Figura 8. **Medición de la turbidez utilizando el brazo**



Fuente: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6709s/x6709s02.htm.

Consulta: 15 de marzo de 2017.

2.2.8. Selección de alevines

En la actualidad los productores de tilapia se abastecen de alevines reversados provenientes de reproductores con genética mejorada como GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*), Chitralada, etc., e hijos de súper machos YY (homocigótico dominante).

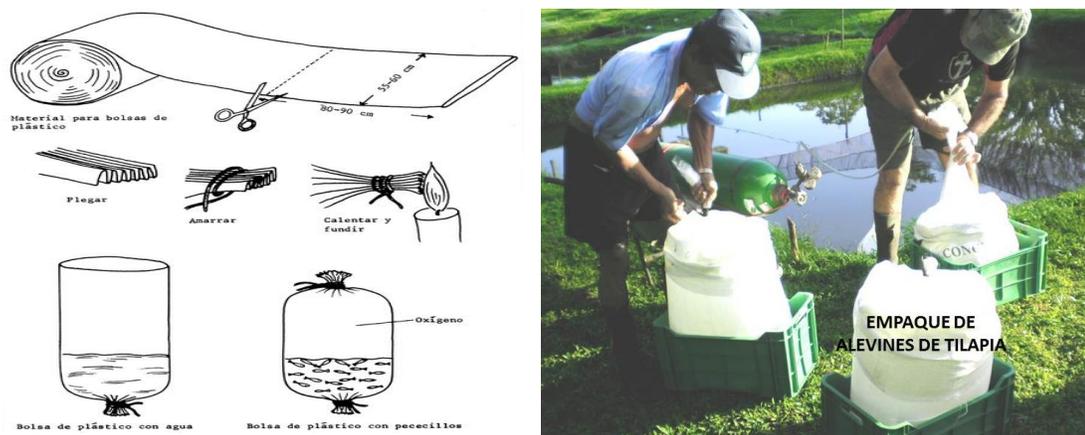
La ventaja de utilizar alevines GIFT es la obtención de tilapias de 8 - 12 onzas en un lapso de tiempo de 3 – 4,5 meses. Por lo cual es conveniente iniciar el cultivo con alevines que pesen entre 15 - 25 gr para acortar el período

de cultivo. El precio de los alevines oscila entre los Q 0,50 – 1,50, dependiendo el tamaño y cantidad del mismo.

2.2.8.1. Empaque y transporte de alevines

El empaque de los alevines, se debe realizar por la mañana, antes de alimentar a los peces. Para su captura es importante utilizar sistemas de redes muy finas, cucharas de angeo y copos de tela mosquitera para evitar el maltrato de los peces y por consiguiente su mortalidad. La cantidad de alevines no debe ser mayo a 5 000 peces por bolsa y no deben estar expuestos al sol por más de 5 horas. En dado caso transportaran a un lugar retirado del centro de ventas, se deben cubrir con un paño para evitar los cambios abruptos en la temperatura del agua.

Figura 9. Empaque de alevines



Fuente: http://www.japdeva.go.cr/administracion_de_desarrollo/asistencia_tecnica/pescaacuicultura.html. Consulta: 15 de marzo de 2017.

2.2.8.2. Aclimatación y siembra

Para garantizar un óptimo rendimiento en la producción es importante el manejo de las crías o alevines, iniciando en la aclimatación de los peces, a través de la igualación de temperaturas, es decir, la temperatura del agua de transporte y del agua donde los peces van a ser sembrados. Por lo general, se requieren de 15 a 30 minutos, relativamente, el tiempo depende de la temperatura del agua del estanque, la cual debe estar en un rango de 28 – 30 °C, donde habitaran los peces.

Durante el procedimiento de aclimatación de los peces, las bolsas plásticas deben flotar sobre la superficie del agua donde estos serán liberados. Luego, se introduce agua del estanque a las bolsas, despacio, y se permite a los peces nadar afuera de las bolsas hacia su nuevo ambiente.

Figura 10. **Aclimatación de alevines de tilapia antes de la siembra**



Fuente: <http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.

Consulta: 28 de agosto de 2015.

2.2.8.3. Densidades de siembra

Es importante utilizar densidades adecuadas, es decir, número de peces por metro cuadrado. Los peces crecen más rápido cuando tienen más espacio y mayor cantidad de agua.

Una densidad de siembra óptima es distinta en cada unidad productiva, la cual está en función de la calidad y cantidad de agua que depende del diseño y cantidad de estanques, de los objetivos de la producción y del manejo que cada productor es capaz de brindarle al sistema, tal como se muestra en la figura 11.

Figura 11. **Condiciones adecuadas para el cultivo de tilapia considerando la densidad de siembra**



Fuente: <http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.

Consulta: 28 de agosto de 2015.

2.2.9. Alimentación

Los alimentos para tilapia poseen la característica de flotar sobre la superficie del agua, esto debido a las preferencias del pez por buscar el alimento en ese lugar, brindándole la oportunidad, al productor, de observar el comportamiento de los peces y saber cuándo detenerse.

Los alimentos balanceados (concentrados para tilapia) poseen un mínimo de 45 % a 24 % de proteína, 3 a 7 % de grasas, 4 a 7 % de fibra con aditivo de minerales y vitaminas, los cuales deben ser suministrados en cantidades que dependen del peso y/o talla del pez. Si el estanque es pequeño, bastará con alimentar en un solo lugar, por el contrario, si el estanque es grande y la cantidad de peces también, es importante establecer dos lados del estanque para que los peces de todos tamaños puedan llegar al alimento y consumirlo.

Al seleccionar el alimento balanceado para la dieta de los peces es importante conocer las distintas formas en que se va a suministrar, tomando en cuenta aspectos como: cantidad de peces, tamaño y forma de los estanques, y peso promedio de los peces. Además, de establecer un horario para realizar la alimentación.

Es importante tomar consideraciones como el almacenaje del alimento, en un ambiente seco, lejos de la luz directa del sol, de la humedad y de posibles plagas (aves, animales e insectos) que además de alimentarse de él pueden contaminarlo. Lo ideal es que el alimento no sea almacenado por mucho tiempo así deberá de adquirir el alimento necesario para cubrir las demandas de un período no mayor de 2 meses para que el alimento conserve sus propiedades y pueda brindarle el máximo aprovechamiento.

2.2.9.1. Cálculo de alimento

Para calcular la cantidad de alimento a suministrar, primero se debe obtener el número de muestra poblacional la cual no debe ser menor a un 5 %.

En calidad de ejemplo se establecerá una población de 1 000 peces bajo condiciones de cultivo semi-intensivo en etapa de vida de desarrollo con 95 días de cultivo, utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Muestra} = \frac{1000 \times 5}{100} = 50 \text{ peces}$$

Se calcula la biomasa en libras. Luego de pesar individualmente los 50 peces a muestrear se obtuvo un peso promedio de 82 gramos.

$$\text{Biomasa} = \text{peso promedio} \times \text{poblacion total}$$

$$\text{Biomasa} = 82 \text{ g} \times 1\,000 \text{ peces} = 82\,000 \text{ gramos}$$

Como siguiente paso, convertir los 82 000 gramos en libras, dividiendo entre 454 gramos, lo equivalente a 1 libra, se obtiene como resultado 180,61 libras, lo cual servirá para calcular la ración alimentaria (RA), a través de la multiplicación de la biomasa obtenida por la tasa de alimentación que corresponde a un 2,8 % (ver tabla IX) debido a que el peso promedio fue de 82 gramos.

Tabla IX. **Guía para cálculo de alimentación**

Etapa de vida	Peso del pez (g)		Tasa de alimentación (%peso vivo)	Raciones por día	Crecimiento (g/día)	Conversión Acumulada	Días de cultivo
Pre-cria	1	5	13	8	0.5	0.66	8
	5	10	8	6	0.5	0.96	19
	10	15	7	6	0.6	1.16	28
	15	25	6	6	0.7	1.34	41
Inicio	25	40	5	4	1.1	1.39	5
	40	60	4	4	1.4	1.4	69
	60	80	3	4	1.6	1.38	82
Desarrollo	80	100	2.8	3	1.5	1.44	95
	100	200	2.3	3	2.3	1.46	138
	200	300	2	3	3.4	1.46	167
	300	400	1.8	3	3.7	1.53	195
Engorde	400	500	1.7	3	4	1.6	220
	500	600	1.6	3	4.5	1.67	242
	600	700	1.6	3	4.8	1.73	263
	700	800	1.5	3	5.6	1.77	281

Fuente: programa de alimentación, perfil comercial ALCON.

Entonces, se calcula la ración diaria de alimento a suministrar a los 1 000 peces del estanque tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$RA = 180,61 \text{ lb} \times 2,8 \% = 5,05 \text{ lb de alimento diario}$$

Como resultado se obtuvo un RA de 5,05 lb de alimento diario a suministrar durante la etapa de vida de desarrollo, que dividido en 3 tiempos de alimentación corresponde a 1,68 lb de alimento.

2.2.9.2. Costo del alimento por etapa de vida del pez

Los costos del alimento por etapa del pez fueron calculados en base al ejemplo anterior utilizando como población 1000 peces y la tabla X para el cálculo de las raciones diarias, tal como se muestra a continuación.

- **Precria:**

El concentrado para esta etapa tiene un valor de Q 287,00 la bolsa de 50 lb de alimento, el cual contiene un 45 % de proteína necesaria para el crecimiento de los peces.

En calidad de ejemplo se tomó un peso promedio de 17 gramos en esta etapa del pez.

$$\text{Biomasa en gramos} = 17 \text{ g} \times 1\,000 = 17\,000 \text{ g} \div 454 \text{ g} = 37,44 \text{ lb}$$

$$\text{RA} = 37,44 \text{ lb} \times 6 \% = 2,24 \frac{\text{lb}}{\text{día}} \times 9 \text{ días} = 20,16 \text{ lb}$$

$$\text{Costo} = \frac{20,16 \text{ lb} \times \text{Q } 287,00}{50 \text{ lb}} = \text{Q } 115,72$$

Debido a la recomendación anterior, de empezar un cultivo de tilapia con alevines de 15 a 25 g, el pez se alimentará únicamente 9 días con este concentrado para luego pasar a la siguiente etapa.

La alimentación durante 9 días, suministrando 2,24 lb/día, dividido en 6 tiempos de alimentación tiene un valor de Q 115,72.

- Inicio:

Esta etapa tiene una duración de 32 días. El valor del alimento es de Q 203,50 la bolsa de 50 lb y un contenido de proteína del 38 %. En calidad de ejemplo se tomó un peso promedio de 50 lb.

$$\text{Biomasa} = 50 \text{ g} \times 1\,000 = 50\,000 \text{ g} \div 454 \text{ g} = 110,13 \text{ lb}$$

$$\text{RA} = 110,13 \times 4 \% = 4,41 \frac{\text{lb}}{\text{día}} \times 32 \text{ días} = 141,12 \text{ lb}$$

$$\text{Costo} = \frac{\text{Q } 203,50 \times 141,12 \text{ lb}}{50 \text{ lb}} = \text{Q } 574,35$$

La alimentación de los peces durante los 32 días de la etapa de inicio o crecimiento tiene un valor de Q 574,35, suministrando 4,41 lb/día de concentrado dividido en 4 tiempos de comida.

- Desarrollo:

Esta etapa de vida del pez tiene una duración aproximada de 100 días. El valor del alimento es de Q 321,50 el quintal y un contenido de proteína del 32 %. En calidad ejemplo se utilizó un peso promedio de 150 gramos.

$$\text{Biomasa} = 150 \text{ g} \times 1\,000 = 150\,000 \text{ g} \div 454 \text{ g} = 330,40 \text{ lb}$$

$$\text{RA} = 330,40 \text{ lb} \times 2,3 \% = 7,60 \frac{\text{lb}}{\text{día}} \times 100 \text{ días} = 760 \text{ lb} \cong 8 \text{ quintales}$$

$$\text{Costo} = 8 \text{ quintales} \times \text{Q } 321,50 = \text{Q } 2\,572,00$$

La alimentación de los peces durante los 100 días de la etapa de desarrollo tiene un valor de Q 2 572,00, suministrando 7.60 lb/día de concentrado dividido en 3 tiempos de comida.

- Etapa final:

Es la última fase del cultivo de la tilapia previo a la cosecha tiene una duración aproximada de 25 días. El valor del alimento es de Q 304,00 el quintal y un contenido de proteína del 28 %. En calidad ejemplo se utilizó un peso promedio de 500 gramos.

$$\text{Biomasa} = 500 \text{ g} \times 1\,000 = 500\,000 \text{ g} \div 454 \text{ g} = 1\,101,32 \text{ lb}$$

$$\text{RA} = 1\,101,32 \text{ lb} \times 1,7 \% = 18,72 \frac{\text{lb}}{\text{día}} \times 25 \text{ días} = 468 \text{ lb} \cong 5 \text{ quintales}$$

$$\text{Costo} = 5 \text{ quintales} \times \text{Q } 304,00 = \text{Q } 1\,520,00$$

La alimentación de los peces en los últimos 25 días aproximados previos a la cosecha tiene un valor de Q 1 520,00, suministrando 18,72 lb/día de concentrado dividido en 3 tiempos de comida.

2.2.10. Sanidad

Al mantener los peces en cautiverio las condiciones de hábitat son diferentes a las de su hábitat natural y, a medida que las producciones se intensifican, las alteraciones del ambiente son mayores lo cual posibilita la aparición de enfermedades.

Por esta razón es necesario tener un adecuado conocimiento de las condiciones ambientales del medio acuático, de la especie en cultivo y de los posibles agentes infecciosos que pudieran atacar a los peces.

El comportamiento del pez enfermo visualmente se diferencia del comportamiento de los peces saludables, por ello es importante vigilar el comportamiento de los peces en el estanque y registrar todas las divergencias de las normas:

- El ascenso de los peces del fondo a la superficie
- La flacidez de su inmovilidad
- Sus movimientos giratorios

En la tabla X, se presentan las posibles enfermedades (tabla X) que pueden atacar a los peces, su sintomatología, tratamiento para controlar la enfermedad, y los factores que pueden causar la enfermedad.

Tabla X. **Resumen de las principales enfermedades reportadas en el cultivo de tilapia en Guatemala**

NOMBRE COMÚN DE LA ENFERMEDAD Y AGENTE CAUSAL	SINTOMATOLOGÍA GENERAL	FACTORES DE RIESGO	TRATAMIENTO Y CONTROL
PRINCIPALES PROBLEMAS EN ALEVINES Y PECES JÓVENES			
<p>Parasitosis en la superficie del cuerpo y aletas</p> <p>Múltiples especies de protozoarios y metazoarios, siendo los más comunes: <i>Trichodinas</i>, tremátodos monogéneos, y <i>Vorticella sp.</i>, <i>Epystillys sp.</i>, <i>Zoothamnium sp.</i></p>	<p>Lesiones dérmicas</p> <p>Pueden aparecer manchas de distintos colores y tamaños, normalmente pequeñas</p> <p>Erosión de aletas</p> <p>“Flasheo” o nado frotándose las superficies</p> <p>Exceso de mucus lo que puede provocar apariencia opaca</p>	<p>Alta concentración de materia orgánica en suspensión</p> <p>Fondos sucios y con alta concentración de sedimentos</p> <p>Exceso de alimento no consumido</p>	<p>Mejorar la calidad de agua debe ser la primera estrategia</p> <p>Disminuir la cantidad de materiales en suspensión y materia orgánica</p> <p>Baños de sal 2 % por 1 hora</p> <p>Casos severos baños de formalina 50 - 75 mL/1 000L de agua</p>

Continuación de tabla X.

<p>Parasitosis en branquias</p> <p>Múltiples especies de protozoarios, siendo los más comunes: <i>Trichodinas</i>, tremátodos monogéneos, y <i>Vorticella sp.</i>, <i>Epystilys sp.</i>, <i>Zoothamnium sp.</i></p>	<p>Inflamación y hemorragia en branquias</p> <p>En casos severos erosión y necrosis en branquias</p> <p>Branquias pálidas</p>	<p>Alta concentración de materia orgánica en suspensión</p> <p>Fondos sucios con mucho sedimento</p> <p>Exceso de alimento no consumido</p> <p>Alta concentración de amonio y/o nitritos</p> <p>Baja concentración de oxígeno en agua</p>	<p>Verificar y mejorar la calidad de agua</p> <p>Disminuir materiales en suspensión y mejorar los fondos</p> <p>Baños de sal 2 % por 1 hora</p> <p>Casos severos baños de formalina 50 - 75 mL/1 000 L de agua</p> <p>Incorporar ajo en alimento 2 %</p>
<p>Infestación por hongos</p> <p>Hongos del género <i>Saprolegnia sp.</i></p>	<p>Masas algodonosas en superficie del cuerpo que crecen rápidamente (menos de 24 horas)</p> <p>Letargia</p> <p>Erosión de aletas</p>	<p>Baja temperatura</p> <p>Común en animales recién sembrados que sufrieron mucho estrés en el transporte, lesiones en la piel y/o se siembran en agua fría</p> <p>Estrés por bajas de oxígeno o alta concentración de amonio y/o nitritos</p>	<p>Asegurar que el transporte es apropiado y no lastimar a los peces</p> <p>Verificar y mejorar si es necesario la calidad de agua</p> <p>Alimento con alta concentración de vitamina C</p> <p>Baños de sal 2 % por 1 hora</p>

Continuación de tabla X.

<p>Franciselosis</p> <p>Bacterias del género <i>Francisella sp.</i></p>	<p>Mortalidad crónica</p> <p>Oscurecimiento del cuerpo o cambios en coloración con una parte del cuerpo oscura y la otra clara</p> <p>Nado errático, inapetencia e indolencia</p> <p>Granulomas en bazo, y riñón anterior</p> <p>Esplenomegalia</p> <p>Exoftalmia</p> <p>Anemia e hígado friable</p>	<p>Agua fría</p> <p>Granja con historial de franciselosis</p> <p>Se contagia de padres a hijos por lo que la fuente de semilla es importante en la distribución de la enfermedad</p> <p>Presencia de anfibios o reptiles</p> <p>Peces silvestres</p>	<p>Tratar de trabajar en aguas más cálidas</p> <p>Alimento con alta concentración de vitamina C</p> <p>Incorporación de 2 % de ajo en el alimento</p> <p>Florfenicol 100 ppm en alimento por 10 - 15 días</p>
<p>Columnarias, enfermedad de la mancha café o de la erosión del opérculo</p> <p>Bacterias de la especie <i>Flexibacter columnaris</i></p>	<p>Masas algodonosas en boca y cuerpo</p> <p>Erosión severa de aleta caudal hasta exponer la columna</p> <p>Erosión esférica o bien coloración esférica café en opérculo</p> <p>Erosión de branquias</p>	<p>Algunas líneas genéticas son más susceptibles a esta enfermedad</p> <p>Daños mecánicos durante la clasificación, transporte y/o aclimatación de peces</p> <p>Aguas frías</p> <p>Peces silvestres</p> <p>Historial de columnaris en la granja</p>	<p>Mejorar el manejo y evitar daños a animales durante la manipulación</p> <p>Formalina 75 - 100 mL/ 1 000L por 1 hora</p>

Continuación tabla X.

PRINCIPALES PROBLEMAS EN ENGORDA			
<p>Afecciones bacterianas de la piel</p> <p>Múltiples especies de bacterias, siendo las más comunes: <i>Aeromonas sp.</i>, <i>Burkholderia sp.</i>, <i>Pseudomonas sp.</i>, y <i>Plesiomona shigelloides</i>,</p>	<p>Lesiones dérmicas, descamación en zonas del cuerpo, especialmente el lomo</p> <p>Inapetencia e indolencia</p> <p>En algunos casos supuración de heridas</p> <p>Erosión de aletas</p>	<p>Lesiones en piel</p> <p>Cosechas parciales, o manipulación excesiva y no cuidadosa de animales</p> <p>Fondos con mucha arena o material particulado grande</p>	<p>Remover el arena o material del fondo si existiera</p> <p>Eliminar peces enfermos o separarlos del resto hasta que mejoren</p> <p>Mejorar las prácticas de manejo de animales</p> <p>Baños cortos 15 - 30 minutos con oxitetraciclina 50 ppm en agua limpia</p>
<p>Septicemia hemorrágica bacteriana</p> <p>Múltiples especies de bacterias, siendo las más comunes: <i>Aeromonas sp.</i>, <i>Aeromonas hydrophila</i>, <i>Pseudomonas sp.</i></p> <p>Menos comúnmente y en ambientes salinos puede encontrarse también <i>Vibrio sp.</i></p>	<p>Lesiones dérmicas esféricas o redondas, especialmente en el costado o pedúnculo caudal con halo claro y centro oscuro</p> <p>Oscurecimiento de la piel y producción de mucus pastoso</p> <p>Exoftalmia, algunas veces hemorrágica</p> <p>Inapetencia e indolencia, nado errático de lado</p>	<p>Alta carga bacteriana en el agua</p> <p>Mala calidad de agua, especialmente alta carga de materia orgánica y sólidos en suspensión, alto amonio y/o nitritos</p> <p>Parasitosis en branquias o piel</p> <p>Baja concentración de oxígeno disuelto</p>	<p>Determinar el detonante de enfermedad, normalmente una práctica o condición muy estresante</p> <p>Eliminar o separar peces enfermos</p> <p>Disminuir manejo durante horas y días muy calurosos</p>

Continuación tabla X.

<p>Estreptococosis</p> <p>Distintas especies de <i>Streptococcus sp.</i>, pueden haber infecciones multiespecies en casos raros, la especie dominante depende de la temperatura del agua</p>	<p>Oscurecimiento de la piel, o de una porción del pez</p> <p>Inapetencia, indolencia y anemia</p> <p>Exoftalmia no hemorrágica</p> <p>Granulomas en bazo, y riñón anterior</p> <p>Pericarditis</p> <p>Mortalidades crónicas de peces mayores a 200 gramos</p> <p>Sobrevivientes con casos crónicos: lesiones en músculo, amarillentas de apariencia purulenta o esclerotización que da apariencia de tener puntos de arena</p>	<p>Cambios bruscos de temperatura</p> <p>Temperaturas elevadas</p> <p>Mala calidad de agua, incluyendo, pero no exclusivamente, bajos oxígenos, alta carga de materia orgánica, altos nitritos y/o amonio</p> <p>Historial de la granja con casos previos de estreptococosis</p> <p>Manejos muy estresantes durante transferencias o cosechas parciales que causan lesiones en piel</p> <p>Algunas líneas genéticas son más susceptibles a esta enfermedad</p>	<p>Determinar cuál es el detonante</p> <p>Disminuir el estrés y manejo innecesario</p> <p>Alimento con alta concentración de vitamina C</p> <p>Ajo en el alimento 2%</p> <p>En casos agudos oxitetraciclina en alimento 75 mg/Kg de peso vivo de pez (se debe ajustar la dosis al peso de los animales y la cantidad de alimento que están consumiendo) por 15 días</p>
--	---	--	---

Continuación tabla X.

<p>Piojos o piojillos de pez</p> <p>En agua con influencia salobre <i>Argulus sp.</i></p> <p>En agua salada copépodos <i>Ergasilus sp</i> en branquias</p>	<p>Erosión dérmica y de aletas</p> <p>Hemorragia e inflamación en zona de infestación</p> <p>Nado errático en forma de “flasheo”</p> <p>Producción excesiva de mucus lo que confiere a los peces apariencia opaca</p>	<p>Aves y vegetación en bordas o dentro del estanque</p> <p>Más comunes en agua salada o salobre</p>	<p>Baños de agua dulce si el cultivo es en agua salada</p> <p>Limpieza y desinfección de estanquería incluyendo aplicación de lechadas de cal</p> <p>Evitar aves y vegetación</p> <p>Ajo 2% en alimento puede ayudar</p>
<p>Gusanos ancla <i>Lernea sp.</i></p> <p>Aplica también a otras infestaciones por gusanos</p>	<p>“gusanos” adheridos al cuerpo con la cabeza dentro de la piel</p> <p>Inapetencia, indolencia y pueden desarrollar anemia</p> <p>Producción excesiva de mucus</p>	<p>Presencia de peces silvestres</p> <p>Vegetación en bordas o sumergida</p> <p>Árboles en bordas que dejan caer hojas dentro del estanque</p> <p>Inicio de la temporada de lluvia y aumento en la concentración de sólidos en suspensión</p> <p>Presencia de caracoles o conchas (moluscos en general)</p>	<p>Evitar peces silvestres y moluscos en el estanque</p> <p>Desinfectar y preparar apropiadamente estanques de tierra</p> <p>Evitar vegetación dentro de los estanques</p> <p>Evitar aves</p> <p>El uso de ajo 2% en alimento puede ayudar</p>

Fuente: MARROQUÍN MORA, Dora. *Sanidad Acuicola*. p. 25.

- **Observaciones generales sobre los tratamientos**

La mejor forma de asegurar la salud de los peces es con buenas prácticas acuícolas, teniendo especial cuidado con la calidad del agua y el buen manejo del alimento.

No se deben administrar antibióticos a menos que se esté completamente seguro de la enfermedad a tratar y respetando las dosis de medicación y el tiempo de retiro del antibiótico, el cual es normalmente de dos semanas.

El uso de desparasitantes en peces para consumo humano está prohibido en muchos países. Aunque en Guatemala su uso no está prohibido, no se recomienda emplearlos ya que el buen manejo del cultivo evita la presencia de parásitos.

Al realizar tratamientos en baños, ya sean de sal o formalina, se recomienda probar con pocos peces para asegurar que la dosis no es letal y que los peces soportan el tratamiento. Siempre que se use este tipo de tratamiento se debe incorporar aireación para evitar problemas de oxígeno disuelto, debido a que muchos de los tratamientos disminuyen la concentración de oxígeno en el agua.

Al devolver los peces tratados con estos métodos deben colocarse en agua limpia, en observación por unos 30 minutos para asegurarse que se recuperan completamente.

2.2.11. Cosecha

Es la etapa final del cultivo, de manera total o parcial, dependiendo de la cantidad y frecuencia con que se desea la disponibilidad del producto para la comercialización.

Para una adecuada cosecha manteniendo la calidad del producto final se debe aplicar el siguiente procedimiento:

- Una noche antes de la cosecha bajar el nivel de agua del estanque manteniendo un flujo constante para evitar la falta de oxígeno.
- Temprano por la mañana iniciar la cosecha utilizando una atarraya (ver figura 12) para encerrar a los peces que luego se colocaran en baldes plásticos.
- Lavar los pescados en agua limpia, después colocarlos en agua helada para provocarles la muerte con un choque térmico evitando golpes y laceraciones que afectan la calidad del producto final (ver figura 13)
- Finalmente se colocar en hieleras, utilizando hielo triturado en una proporción de 2:1 (2 unidades de pescado por una de hielo), si fuera el caso de encontrarse lejos el punto de venta (ver figura 14).

Figura 12. **Arte de pesca en la etapa de cosecha de tilapia**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

Figura 13. Sacrificio de los peces durante la cosecha en la estación de Monterrico



Fuente: estación experimental Monterrico.

Figura 14. Enhielado del producto final



Fuente: estación experimental Monterrico.

2.3. Verificación de las instalaciones de la planta piloto del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Las buenas prácticas de manufactura son normas emanadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación para regular todas las empresas de alimentos que operan en Guatemala tal como se menciona en los artículos 9 y 10 del Reglamento Sanitario para el Funcionamiento de Establecimientos de Transformación de Productos Hidrobiológicos en el Acuerdo Gubernativo No. 343 – 2005, el cual dice literalmente así “El establecimiento de transformación, debe ser edificado con suficiente amplitud para que no provoque aglomeración de personal o de equipos, debe contar con áreas separadas físicamente para recepción de producto hidrobiológico, transformación, empaque y almacenamiento de producto transformado, con el fin de evitar la contaminación cruzada. Será una construcción sólida y no debe utilizarse madera como material de construcción; además de, facilitar la limpieza, prevenir la contaminación y evitar el ingreso de insectos roedores y otros animales”

Por lo tanto, se presentan los requisitos generales, esenciales de higiene y de buenas prácticas de elaboración de alimentos destinados al consumo humano tomando como referencia el Reglamento Técnico Centro Americano

2.3.1. Descripción de las instalaciones del laboratorio de procesamiento hidrobiológicos

La aplicación de las buenas prácticas de manufactura en plantas de procesamiento de productos hidrobiológicos garantiza la inocuidad y la calidad de estos productos, principalmente a lo que refiere los aspectos de higiene y saneamiento en toda la planta sí como también durante el transporte y la comercialización.

Para considerar si una infraestructura es adecuada para el tipo de operaciones agroindustriales, como las operaciones involucradas en el procesamiento de alimentos elaborados con carne de pescado e hidrobiológicos, es necesario observar y analizar aspectos estructurales como pisos, paredes, techos y ventanas.

A continuación, se presentan las directrices evaluadas durante la elaboración del presente documento en las instalaciones de la planta piloto de procesamiento de productos hidrobiológicos del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.3.1.1. Tipo de edificio

La planta de procesamiento de hidrobiológicos de CEMA se cataloga como un edificio de producción de primera categoría, debido a que en su estructura está formada principalmente por marcos rígidos de concreto (Torres, 2015).

2.3.1.2. Edificio e instalaciones

El criterio más importante al seleccionar materiales de construcción es la facilidad para limpiarlos y conservarlos en buen estado.

2.3.1.2.1. Paredes

Para el Reglamento Técnico centroamericano, las paredes deben ser lisas y con acabado de superficie continua e impermeable como mínimo hasta 1,7 m; de color claro y fáciles de limpiar y desinfectar.

Por lo tanto, las paredes de la planta piloto de CEMA cumplen con los requisitos debido a que cuenta con muros exteriores e interiores de block, las cuales no reciben cargas externas. El acabado de las paredes es de cernido hecho con los materiales tradicionales (cal, cemento y arena blanca), dándole

aspecto muy fino y de gran calidad. Sin embargo, no cumplen con las expectativas del RTCA, debido a que se encuentran sucias y sin mantenimiento alguno que por ser una planta donde se procesan alimentos deben estar libres de cualquier agente contaminante. En la figura 15 se pueden apreciar las paredes de la planta piloto de CEMA.

Figura 15. **Paredes de la planta piloto de CEMA**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.3.1.2.2. Ventanas y puertas

Para el RTCA, las ventanas deben tener vidrios en buen estado y estar provistas de mallas contra insectos, roedores y aves. Y las puertas deben ser lisas, fáciles de limpiar y desinfectar. Preferiblemente con de cierre automático que impida el manipuleo de perillas, manijas, etc. La distancia ente el piso y la puerta no deberá exceder de 1 cm.

En la planta piloto de CEMA las ventanas son de vidrio con marcos de metal, no tienen protección contra insectos. Las puertas de metal no automáticas por lo que se deben abrir y cerrar manualmente. No cumpliendo con los requisitos estipulados para una planta procesadora de alimentos. En la figura 16 se pueden observar las ventanas y puertas de dicha planta.

Figura 16. **Puertas y ventanas de la planta piloto de CEMA**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.3.1.2.3. Pisos y techo

Como indica el RTCA los pisos deben ser lisos e impermeables con uniones y hendiduras que no permitan la acumulación de suciedad, polvo o tierra. Además, deben contar con sumideros y rejillas, para facilitar la higienización. Los techos deben ser lisos, sin grietas, de color claro e impermeables para impedir la condensación y evitar el desarrollo de bacterias y hongos.

Los pisos para el área de procesamiento son de concreto armado sin pulir. El techo de la instalación es de lámina galvanizada. Ambos se encuentran en malas condiciones presentando agrietamientos y deterioro por factores ambientales. En la figura 17 se muestran los pisos y techo del área evaluada.

Figura 17. **Pisos y techo de la planta piloto de CEMA**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.3.1.2.4. Iluminación y ventilación

El RTCA recomienda suficiente iluminación natural o artificial para las diversas actividades que se realicen; las lámparas y focos deben estar protegidos para prevenir que los fragmentos de una posible ruptura caigan al alimento. En cuanto, la ventilación puede ser natural o artificial, que evite el calor excesivo, la concentración de gases, humos, vapores y olores.

En la planta piloto del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, la ventilación e iluminación se suministran aprovechando las fuentes naturales, siendo esta la razón principal de los materiales utilizados en las puertas y ventanas. Existe también un sistema de iluminación artificial, el cual necesita mantenimiento, debido a la falta de uso y la inexistencia de programa de revisión de luminarias, se han deteriorado. En la figura 18 se muestran las luminarias y el tipo de ventilación que utilizan en dicha planta.

Figura 18. Iluminación y ventilación de planta piloto de CEMA



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.3.1.3. Instalaciones sanitarias

En el Reglamento Técnico Centro Americano, se establece que una planta procesadora de alimentos debe contar con suficiente agua potable, en cantidad y presión, para cubrir las demandas tanto de los servicios sanitarios, de las labores de limpieza y desinfección, como de la elaboración de los alimentos. Además de un sistema de drenaje equipado con rejillas, trampas y respiraderos.

Los servicios sanitarios deben facilitar artículos de higiene personal como papel sanitario, jabón y secador eléctrico o papel toalla en sus respectivos dispensadores, y un vestidor con casilleros o percheros para el personal. Sin falta un botiquín completamente implementado en caso de accidentes.

Un área específica para desechos, que este ubicada lejos de las áreas de preparación, con basureros limpios y con tapa dotados con bolsas plásticas.

En la planta piloto del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, los servicios sanitarios se encuentran fuera de las instalaciones, son de uso público y no se encuentran dotados de artículos de higiene personal. El agua utilizada cuenta con la presión suficiente para cubrir las demandas y es potable. No cuenta con un área específica para desechos. En las figuras 19 y 20 se muestran las condiciones en que se encuentran las instalaciones sanitarias.

Figura 19. **Instalaciones sanitarias**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

Figura 20. **Instalaciones sanitarias**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.3.1.4. Equipos y utensilios

Los equipos y utensilios deben ser de material lavable, liso, no poroso y fácil de limpiar y desinfectar. No deben alterar el olor y sabor del alimento que contengan; preferiblemente de acero inoxidable, usado en la fabricación de ollas, otros enseres y mesas de trabajo.

Los utensilios y equipo utilizado para la elaboración de productos alimenticios en la planta piloto de CEMA si cumplen con las expectativas del RTCA.

Figura 21. **Equipo y utensilios utilizados en planta piloto de CEMA**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

2.3.1.5. Control de plagas

Las plagas son una amenaza para un establecimiento por que pueden propagar varias enfermedades. Una vez que han infestado un área, puede ser muy difícil eliminarlas. Es importante contar y poner en práctica un programa integrado de manejo de plagas.

Lamentablemente la planta piloto de CEMA no cuenta con ningún control de plagas.

2.3.1.6. Control de materias primas

Las inspecciones a la materia prima en la planta piloto de CEMA se realizan de manera breve pero completas verificando olor, textura, sabor, color, apariencia general, temperatura, fecha de caducidad y condiciones de empaque. Se realizan en las primeras horas de la mañana, para evitar así el calor del mediodía lo cual genera la pronta descomposición de los alimentos.

Cuentan con recipientes de conservación específicos para cada alimento y no dejarlos a la intemperie una vez recibidos e inspeccionados. Se cambian de envase original (cajas, cartón o costal) el cual es eliminado automáticamente.

2.3.1.7. Almacenamiento de pescados y mariscos

Los pescados y mariscos, por su alta dosis de agua y proteínas, son los productos más susceptibles a la descomposición, por lo tanto, deben mantenerse refrigerados entre 0 °C y 5 °C, temperatura en la cual se impide la reproducción y formación de toxinas; además de retardarse la descomposición.

Se debe almacenar en depósitos plásticos reservados para este uso, con tapa para protegerlos de la contaminación cruzada y olores ajenos al producto.

En caso de no contar con refrigeradora o congelador se puede conservar en hielo, teniendo en cuenta que éste preserva la calidad del producto 48 horas como máximo.

2.3.1.8. Evaluación de la frescura de los productos hidrobiológicos

Generalmente el término "calidad" se refiere a la apariencia estética y frescura, o al grado de deterioro que ha sufrido el pescado. También puede involucrar aspectos de seguridad como: ausencia de bacterias peligrosas, parásitos o compuestos químicos.

El método para la evaluación de la calidad del pescado fresco puede ser sensorial pudiendo observar los parámetros como la piel, los ojos, las agallas o la textura del mismo pudiendo dar información sobre la frescura, con el fin de estandarizar y controlar de forma sistemática la calidad del pescado.

2.4. Elaboración y estandarización de embutidos con carne de pescado

Como parte de las actividades de aprendizaje de los alumnos de CEMA, se realizaron prácticas de laboratorio donde se elaboraron embutidos populares como lo es el chorizo utilizando como materia prima la carne de pescado, el cual constituye una alternativa de buena nutrición para la población.

Las tablas XI y XII muestran las recetas de elaboración de chorizo argentino y chorizo uruguayo, anteriormente utilizadas en el procesamiento de embutidos con carne de pescado, las cuales fueron estandarizadas asegurando la calidad del producto final.

Tabla XI. **Receta de chorizo argentino de pescado**

Chorizo Argentino de Pescado	
Ingrediente	Cantidad
Carne de pescado	10 lb
Grasa	3 lb
Soya texturizada	1/2 lb
Vino tinto	1/2 L
Agua	250 mL
Ajo fresco	30 g
Clavo de olor	20 clavos
Sal	100 g
Azúcar	50 g
GMS	10 g
Pimentón dulce	40 g
Paprika	40 g
Ajo en polvo	10 g
Nuez moscada	8 g
Pimienta blanca	10 g
Salitre	10 g
Benzoato de sodio	4 g

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Receta de chorizo uruguayo de pescado**

Chorizo Uruguayo de Pescado	
Ingrediente	Cantidad
Carne de pescado	10 lb
Grasa	3 lb
Soya texturizada	1/2 lb
Vino blanco	1/2 L
Orégano molido	7 g
Ajo fresco	30 g
Orégano deshidratado	4 g
Sal	100 g
Azúcar	50 g
GMS	10 g
Paprika	20 g
Ajo en polvo	10 g
Cebolla en polvo	10 g
Pimienta blanca	10 g
Salitre	10 g
Benzoato de sodio	4 g

Fuente: elaboración propia.

Para realizar la formulación se tomó en cuenta las especificaciones del RTCA de aditivos alimenticios permitidos para consumo humano, debido a que se trabajó con preservantes como benzoato de sodio el cual debe administrarse en cantidades no mayores a 1 g/kg. Y salitre que es equivalente a 200 mg/kg.

Las tablas XIII y XIV muestran las formulaciones de ambos productos elaborados, junto a los estudiantes de CEMA, en la planta procesadora de hidrobiológicos.

Tabla XIII. **Formulación de chorizo argentino de pescado**

Chorizo Argentino de Pescado	
Ingrediente	Porcentaje
Carne de pescado	63,13
Grasa	18,93
Soya texturizada	3,15
Vino tinto	6,95
Agua	3,47
Ajo fresco	0,42
Clavo de olor	0,01
Sal	1,39
Azúcar	0,7
GMS	0,14
Pimentón dulce	0,55
Paprika	0,55
Ajo en polvo	0,14
Nuez moscada	0,11
Pimienta blanca	0,14
Salitre	0,14
Benzoato de sodio	0,05

Fuente: elaboración propia

Tabla XIV. **Formulación de chorizo uruguayo de pescado**

Chorizo Uruguayo de Pescado	
Ingrediente	Porcentaje
Carne de pescado	65,85
Grasa	19,75
Soya texturizada	3,29
Vino blanco	7,25
Orégano molido	0,1
Ajo fresco	0,43
Orégano deshidratado	0,06
Sal	1,45
Azúcar	0,73
GMS	0,14
Paprika	0,3
Ajo en polvo	0,14
Cebolla en polvo	0,14
Pimienta blanca	0,14
Salitre	0,14
Benzoato de sodio	0,06

Fuente: elaboración propia

2.5. Costos de inversión para una granja productora de tilapia

Al iniciar un proyecto de tilapia se debe considerar aspectos económicos con el fin de saber si se cuenta con los recursos necesarios, pues generalmente se invierte en infraestructura, equipo de bombeo y equipo de manejo y cosecha.

Además de la inversión física para el cultivo de tilapia, es importante considerar que al iniciar el engorde de tilapia se debe de contar con dinero en mano para la compra de insumos como alevines, alimento, pago de mano de obra y otros gastos del cultivo.

A continuación, se presenta un modelo de inversión en el cultivo de tilapia con condiciones de cultivo semi-intensivo en un estanque de tierra revestido de 900 m² bajo condiciones y recomendaciones de la estación experimental de Monterrico, tomando en cuenta el costo y cantidad de alimento a consumir durante el ciclo productivo (ver tablas XV, XVI, XVII)

En la tabla XV se muestran los gastos fijos para producir tilapia en un estanque de 900 m² bajo condiciones de cultivo semiintensivo

Tabla XV. **Gastos fijos para producir tilapia en un estanque de 900 m² en quetzales (Q)**

Gastos Fijos				
Descripción	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Infraestructura				
Estanque piscícola*	m ²	40	900	36 000
Equipo				
Atarraya	unidad	400	1	400
Redes de mano	unidad	20	3	60
Cajuelas	unidad	70	2	140
Baños plásticos	unidad	35	2	70
Balanza	unidad	150	1	150
TOTAL				36 820

* El costo para la construcción de un estanque de 25 m x 36 m x 1 m incluye el uso de maquinaria, mano de obra en la excavación y otros materiales como nylon de revestimiento.

Fuente: elaboración propia.

En la anterior tabla no se incluyó la compra de bomba de agua y la energía eléctrica, debido a que se consideró un llenado de estanque con agua por gravedad.

Para iniciar con el proyecto de crianza y engorde de tilapia se necesitan Q 36 820,00, que serán utilizados para la compra de equipo como atarraya, redes de mano, balanza y baños de plástico. Además, se cubrirá el gasto de infraestructura.

En la tabla XVI se presentan los costos sobre la alimentación de la tilapia, si se utilizan alimentos balanceados (concentrados) como alimento principal.

Tabla XVI. **Costo del alimento de tilapia por etapa del ciclo productivo**

Costos de alimento por etapa				
Etapas de vida	Presentación	Costo Unitario (Q/lb)	Cantidad a consumir (lb/etapa)	Costo Total (Q)
Pre-cría	Bolsa de 50 lb	5,74	20,16	115,72
Inicio	Bolsa de 50 lb	4,07	141,12	574,36
Desarrollo	Quintal	3,215	800	2 572
Final	Quintal	3,04	500	1 520
TOTAL			1 461,28	4 782,08

Fuente: elaboración propia

Durante el ciclo productivo de la tilapia se necesitarán 1 461,28 libras de alimento balanceado (concentrado) el cual varía el precio según la etapa en que se encuentra el pez. El costo total de la alimentación es de Q 4 782,08 durante todo el cultivo.

En la tabla XVII se muestran los gastos de operación que conlleva el cultivo de tilapia, tomando en cuenta la mano de obra (un operario) con un salario de Q 2 500,00 mensuales durante 4 meses de duración del cultivo.

Tabla XVII. **Gastos de operación, en quetzales (Q), del cultivo de tilapia en un estanque de 900 m²**

Gastos de Operación				
Descripción	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo Total
Alevín	unidad	0,75	6 000	4 500
Alimento*	libras	-----	1 461,28	4 782,08
Mano de obra		2 500	4	10 000
Total				19 282,08

* el valor del alimento dependerá de la etapa del pez y del porcentaje de proteína del mismo

Fuente: elaboración propia.

Para un proyecto de producción de tilapia es necesario contar con Q 19 282,08, lo cual será utilizado para la compra de alimento, pago de mano de obra y compra de la semilla al iniciar el cultivo.

En total es necesario contar con Q 56 102,08 (\$ 7 717,98) para sufragar gastos de operación y gastos fijos, llamados también egresos.

Al final del ciclo productivo se obtuvo una cosecha de 3 780 libras de pescado el cual fue vendido a un precio de 15,00 Q/lb dando un ingreso de Q 56 700,00 (\$ 7 800,25).

2.5.1. Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio costo toma los ingresos (Q 56 700,00) y egresos (Q 48 602,08) presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada quetzal que se sacrifica en el proyecto.

Esta dada por la siguiente ecuación.

$$B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

Sustituyendo datos en la ecuación obtuvo el siguiente resultado;

$$B/C = \frac{Q\ 56\ 700}{Q\ 56\ 102,08} = 1,010$$

Debido a que es un proyecto en etapa de inicio, la relación beneficio/costo es de 1 010, es decir, que por cada quetzal invertido se tiene una ganancia de un centavo

2.5.2. Rentabilidad

Es un indicador que mide la relación que existe entre la ganancia de una inversión y el costo de ésta, al mostrar qué porcentaje del dinero invertido se ha ganado o recuperado, o se va a ganar o recuperar.

Esta dada por la siguiente ecuación;

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Ingresos} - \text{Egresos}}{\text{Inversion}} \times 100$$

Sustituyendo valores en la ecuación, se obtuvo el siguiente resultado

$$\text{Rentabilidad} = \frac{Q\ 56\ 700 - Q\ 56\ 102,08}{Q\ 56\ 102,08} \times 100 = 1,065 \%$$

Para este proyecto en su etapa de inicio, tiene una rentabilidad positiva de 1,065 % considerado como rentable, que con el transcurso del tiempo obtendrá más rentabilidad, debido a que en cosechas futuras no se realizará la misma inversión inicial.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta la investigación realizada sobre el uso de electricidad para bombeo de agua a los estanques de producción de tilapia en la Estación Experimental de Monterrico.

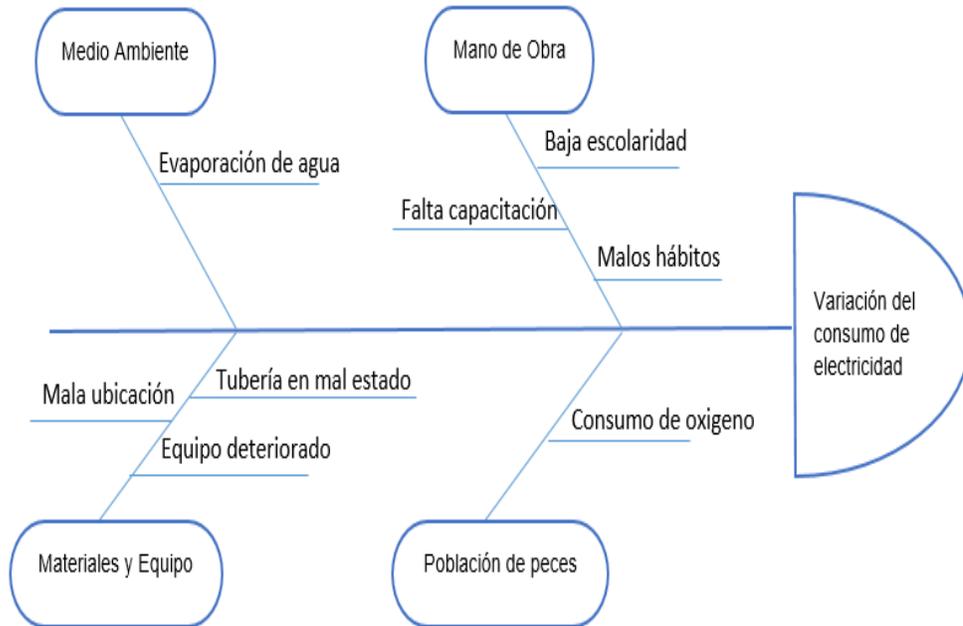
3.1. Diagnóstico de la situación actual

Un sistema de bombeo se compone de bomba, motor, tubería y accesorios. La energía eléctrica consumida depende de la potencia, el tiempo en que funciona la bomba y de la eficiencia del sistema. Esta última es la relación entre la potencia que suministra la bomba al fluido y la potencia eléctrica consumida. La potencia suministrada por la bomba, está en función del gasto y la carga.

La estación experimental de Monterrico cuenta con 5 pozos con lo cual suministran agua a los estanques y piletas para la producción de tilapia. De los 5 pozos 2 se encuentran a una profundidad de 6 metros para abastecerse de agua dulce y los 3 restantes están entre 28 y 30 metros los cuales suministran el agua salada utilizada en el cultivo de camarón.

Para realizar el diagnóstico del sistema de bombeo de la estación experimental de Monterrico, se llevaron a cabo visitas de campo y entrevistas al personal. Aplicando el diagrama de Ishikawa (ver figura 22) se determinó lo siguiente.

Figura 22. **Diagrama de Ishikawa de la situación actual**



Fuente: elaboración propia.

Los parámetros evaluados en el diagnóstico fueron medio ambiente, mano de obra, materiales y equipo, y la población de peces. Dichos parámetros se describen a continuación.

- Medio ambiente
 - Evaporación: Debido a que en Monterrico la temperatura se encuentra entre los 30 y 33 °C y en temporada de verano alcanza los 39 °C, se produce evaporación, haciendo recambios de agua parciales (20 % de la profundidad del estanque), lo que requiere el funcionamiento la bomba hidráulica.

- Mano de obra
 - Baja escolaridad: el personal de campo no sabe leer ni escribir, dificultando el uso de documentación para registro de horarios de encendido y apagado de la bomba o cualquier otro registro para generar datos estadísticos.
 - Malos hábitos: es notable la poca responsabilidad por parte del personal en el uso de los recursos energéticos e hídricos.
 - Falta de capacitación: no se tiene evidencia de capacitación sobre concientización ambiental o técnica.

- Materiales y equipo
 - Mala ubicación: el estanque se encuentra alejado del pozo de agua, lo que implica el uso de bomba hidráulica para el llenado.
 - Tubería en mal estado: la tubería utilizada para llenar el estanque está en mal estado, es vieja y sucia.
 - Equipo deteriorado: la bomba utilizada es antigua y la salinidad del entorno ha deteriorado su funcionamiento. No ha sido reemplazada por equipo nuevo.

- Población de peces
 - Consumo de oxígeno: mientras mayor es la población de peces en un estanque, mayor es el consumo de oxígeno, lo que también requiere recambios de agua para oxigenación.

En la figura 23 se muestra la bomba hidráulica succiona el agua de un pozo de 6 m de profundidad para luego ser trasladada, a través de tubos, a las piletas donde se encuentran los peces.

Figura 23. **Perforaciones para la obtención del recurso hídrico en la estación experimental de Monterrico**



Fuente: estación experimental Monterrico.

Cuando los elementos del sistema de bombeo, han sido mal seleccionados en su tipo, capacidad o material; si el motor no está funcionando correctamente; si alguno de los accesorios está obstruido o si la tubería está deteriorada, aumenta el consumo de energía eléctrica total del sistema.

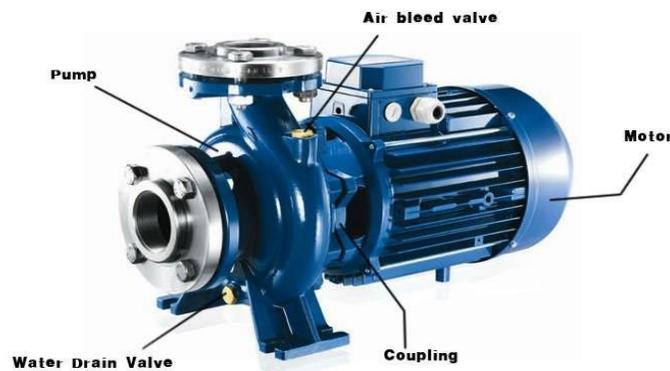
3.2. Componentes de una bomba de agua

Una bomba de agua está compuesta por:

- Carcasa o Armazón: es el cuerpo, recubierto, donde se encuentra el mecanismo de avance de los líquidos a traspasar. Generalmente debe ser anticorrosión, en acero inoxidable o hierro fundido si no es sumergible.

- Entrada y Salida: debe existir un hueco o entrada por donde pase el fluido, y luego una salida del mismo
- Impulsor, Rotor o Rodetes: es el dispositivo que se usa para poder impulsar el fluido contenido en la carcasa.
- Sellos, Retenedores y Anillos: es todo lo que hace que la bomba selle de manera correcta permitiendo la compresión interna.
- Eje Impulsor: es un eje que sostiene el impulsor para que gire sobre él.
- Cojinetes o Rodamientos: para sostener adecuadamente el eje impulsor
- Panel de Control: para accionar la bomba de agua, puede contener switches o botones para realizar su encendido, parada, entre otras.
- Motor: es el dispositivo que permite mover el eje y a su vez el impulsor para que el fluido pueda pasar de un lado a otro. Dependiendo de la potencia del mismo, podrá movilizar más agua en el menor tiempo posible.

Figura 24. **Componentes de una bomba de agua**



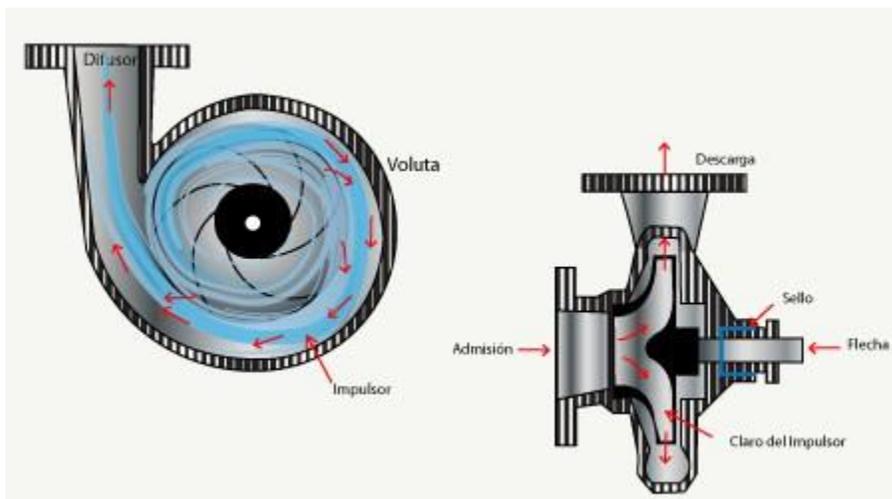
Fuente: <http://www.ventageneradores.net/blog/funcionamiento-como-funciona-una-bomba-agua>.

Consulta: 4 de octubre de 2016

3.3. Funcionamiento de una bomba de agua

El agua es aspirada por el tubo de entrada de la bomba de agua para luego ser impulsada por el motor que utiliza bobinas e imanes para crear un campo magnético y así lograr que el impulsor gire de una manera continua. Entonces, a medida que el rotor gira, se mueve el fluido alimentado así la bomba.

Figura 25. Funcionamiento de una bomba de agua



Fuente: <http://www.ventageneradores.net/blog/funcionamiento-como-funciona-una-bomba-agua>.

Consulta: 4 de octubre de 2016

En la figura 25 las palas van impulsando los fluidos de manera muy fuerte, haciendo que este pase rápidamente de la entrada a la salida. El objetivo de estas palas del impulsor es que el agua entre al centro haciendo que la fuerza centrífuga sea tan fuerte por la compresión del fluido, lo que genera una presión haciendo que el agua salga con rapidez y gran caudal.

El propósito final, no es sólo pasar fluido de un lado a otro, es ahorrar tiempo inclusive a veces elevarlo de una parte a otra.

3.4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante la investigación realizada, respecto al funcionamiento de una bomba hidráulica en el llenado de un estanque de 900 m² en la estación experimental de Monterrico, Santa Rosa.

3.4.1. Tiempo de funcionamiento de la bomba hidráulica

Un factor importante a tomar en consideración para el análisis de producción de tilapia, es el costo de operación del sistema de bombeo que suministra el agua a los estanques acuícolas, el cual requiere de energía eléctrica para impulsar el eje del motor que transmite potencia al impulsor de la bomba.

El cobro del servicio es totalmente dependiente de las horas de utilización de la carga eléctrica (motor eléctrico) y de la potencia eléctrica que este desarrolle durante su operación. Dicho cobro lo realiza la empresa que presta el servicio de energía al recinto donde se encuentra instalado el sistema de bombeo.

En la estación experimental de Monterrico se utiliza una bomba hidráulica para abastecer un estanque de 900 metros cuadrados de área por 1 metro de profundidad, funcionando 3 o 4 horas diarias para el recambio de un 20 % del agua total del estanque de tilapia. Esta es operada manualmente por personal operativo del lugar, que por distintas actividades asignadas se pudo observar un mal control en la operación de la máquina, provocando un alto consumo de energía eléctrica y desperdicios de agua.

La tabla XVIII muestra un resumen del funcionamiento de la bomba utilizada en el llenado de estanques en horas por día y horas por mes.

Tabla XVIII. **Tiempo de funcionamiento de la bomba hidráulica**

Mes	Tiempo en funcionamiento	
	horas/día	horas/mes
Abril	3	90
mayo	4	120
Junio	3	90
Julio	4	120
Agosto	3	90
Septiembre	2	60

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. **Comparación de los gastos energéticos y la producción de tilapia**

El consumo de energía eléctrica viene expresado mediante la siguiente ecuación:

$$C = P_{em} \times h$$

Donde:

C = consumo energético en kW-h

P_{em} = potencia eléctrica media en kW

h = horas de operación

Con el propósito de medir el costo operacional para el sistema de bombeo le fue acoplado un contador eléctrico monofásico 120 voltios, el cual registró el consumo en kW-h.

La bomba tuvo un rango de 30 días por mes midiendo el consumo, funcionando totalmente a la realidad en cuanto al consumo de agua. Durante los treinta días para la bomba el contador registró las siguientes cifras.

Tabla XIX. **Consumo eléctrico de bomba por mes**

Mes	Tiempo promedio de funcionamiento		Potencia (HP)	Consumo (kWh)	Consumo (kWh/mes)	Valor de la factura (Q)
	hrs/día	hrs/mes				
abril	3	90	7,5	0,746	503,55	896,00
mayo	4	120	7,5	0,746	671,4	1 190,00
junio	3	90	7,5	0,746	503,55	896,00
julio	4	120	7,5	0,746	671,4	1 190,00
agosto	3	90	7,5	0,746	503,55	896,00
septiembre	2	60	7,5	0,746	335,7	603,00
					3 189,15	5 671,00

Fuente: elaboración propia.

Siendo el costo de la operación total de la bomba Q 5 671,00, durante el ciclo de producción equivalente a 6 meses desde la siembra.

En la tabla XX se presentan los costos de producción de tilapia el consumo de energía eléctrica representa el 18,93 %, situado en la segunda posición después de la mano de obra, la cual representa un 50,08 % del total de los gastos analizados.

Tabla XX. **Comparación entre los gastos operativos y el consumo energético**

Descripción	Total (Q)	Porcentaje (%)
Alevín	4 500,00	15,02
Alimento	4 782,08	15,97
Consumo de energía	5 671,00	18,93
Mano de obra	15 000,00	50,08
Total	29 953,08	100

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE

A continuación, se presenta como parte de la fase enseñanza aprendizaje la capacitación realizada sobre la elaboración de abonos orgánicos a base de lombrices coqueta roja *Eisenia foetida* y su aplicación en la acuicultura.

4.1. Diagnóstico

El Centro de Estudios del Mar y Acuicultura está enfocado principalmente en la formación de profesionales acuícolas. Cuenta con una población de aproximadamente 1 000 personas entre estudiantes, personal administrativo, docentes y personal de servicios, quienes diariamente generan basura orgánica e inorgánica, a la cual no se le da uso alguno.

Es por ello, que se buscó una alternativa viable, sostenible y sustentable para solucionar la problemática de los desechos generados, siendo la principal respuesta al problema la lombricultura a través de la creación de aboneras orgánicas, permitiendo obtener fertilizantes de buena calidad y respetuosos con el medio ambiente mejorando la fertilidad de los suelos.

La lombricultura es el cultivo de las lombrices de tierra de la clase *Eisenia foetida* teniendo un papel importante en la agricultura. Producen estiércol rico en nutrientes para las plantas a través de la descomposición de la materia orgánica.

Además, se obtiene una producción de lombrices, viejas, de las que se obtiene un 60 % de proteínas en peso seco, la cual se utiliza en la producción de harinas para la elaboración de concentrados para la alimentación animal como peces, aves, entre otros.

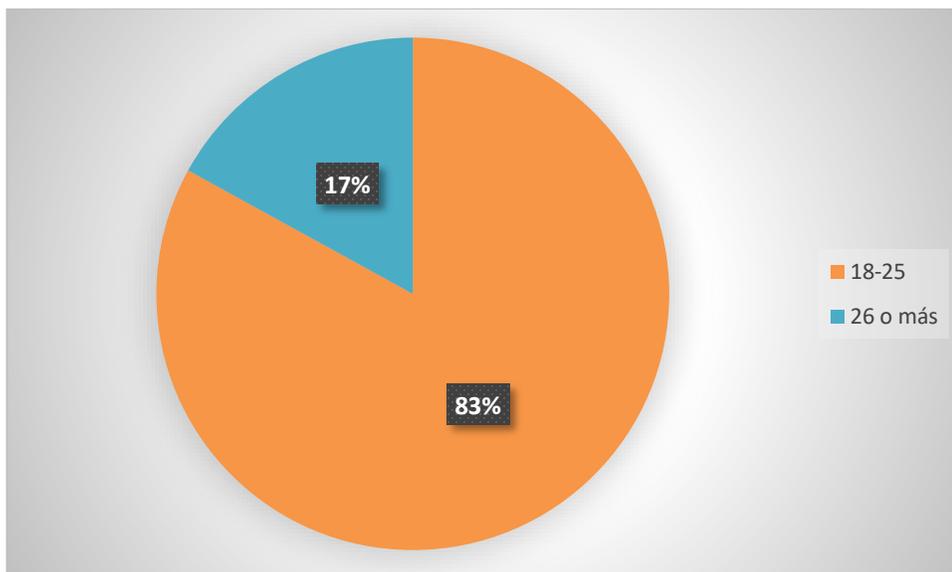
Para realizar el diagnóstico y obtener así una solución a dicha problemática se encuestó a 30 personas quienes conforman el grupo del séptimo ciclo de la carrera de Licenciatura en Acuicultura. Dichas personas formaron partes del equipo de trabajo a lo largo del proyecto.

Los resultados se muestran a continuación.

4.1.1. Resultados de la encuesta realizada

La encuesta que se realizó estuvo conformada por 5 preguntas con respuestas de sí y no. Con las cuales se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 26. Rango de edades

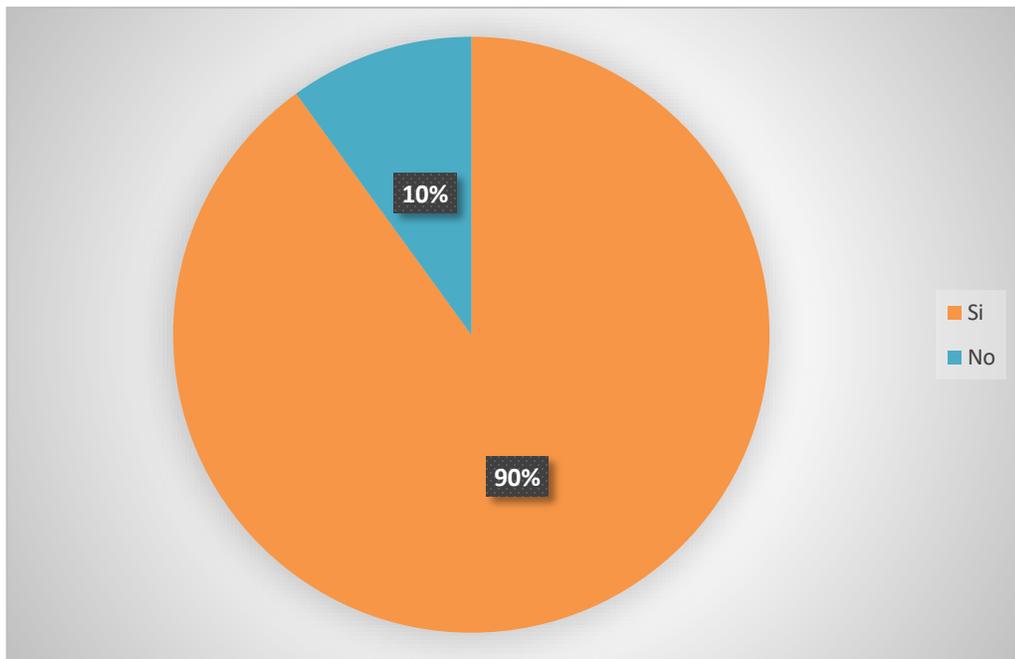


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La figura 26 mostró el comportamiento de la población encuestada respecto a las edades, dando como resultado un 83 % de los encuestados comprenden entre los 18 y 25 años de edad, mientras que el 17 % restante

cuentan con más de 26 años, correspondientes a estudiantes y docentes de CEMA.

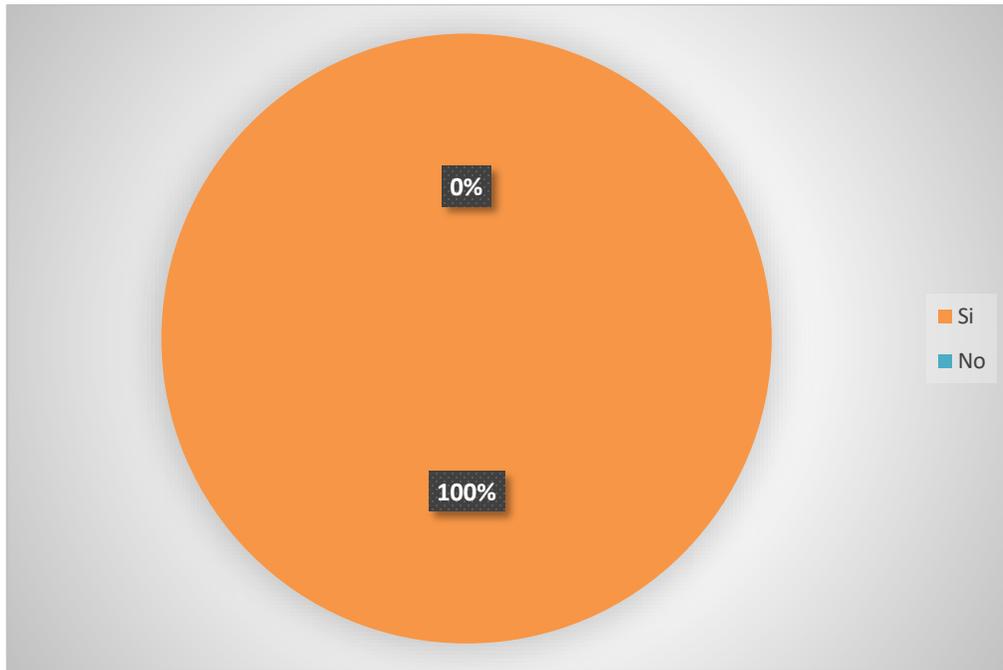
Figura 27. **Conoce usted los abonos orgánicos elaborados a base de lombrices**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Como se mostró en la figura 27, el 90 % de la población encuestada respondió que si tiene conocimiento sobre la elaboración de abonos orgánicos. Tan solo un 10 % no cuenta con conocimiento alguno sobre dicho tema.

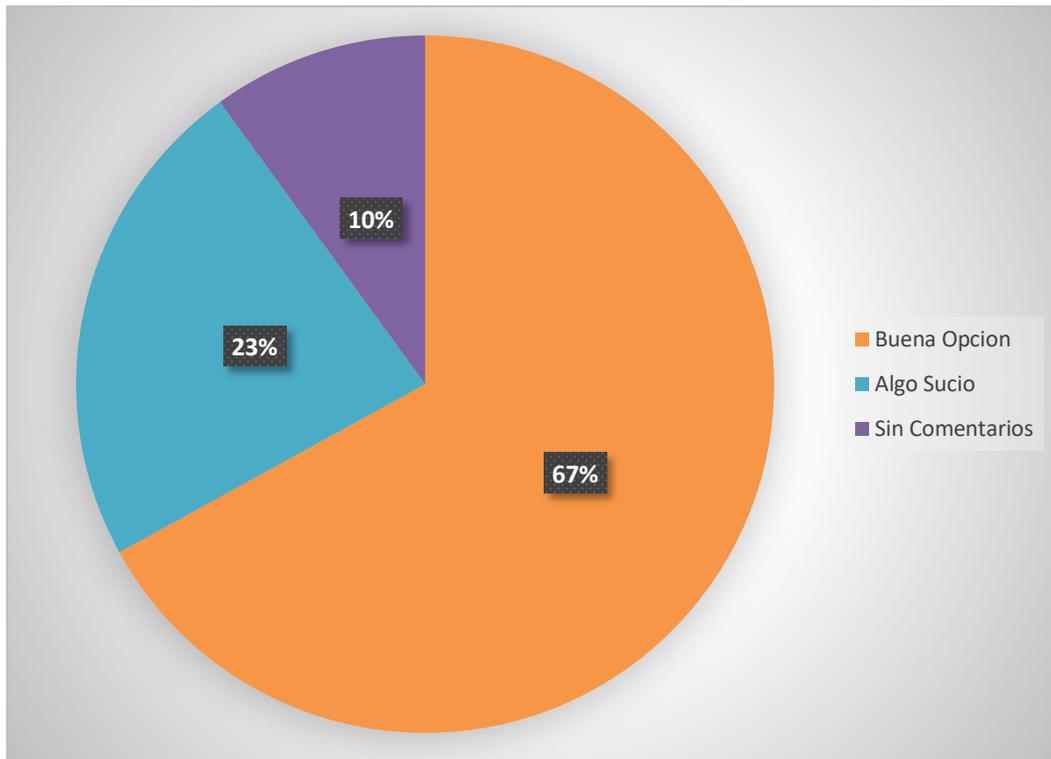
Figura 28. **Le gustaría conocer más sobre abonos orgánicos elaborados a base de lombrices**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Respecto a la pregunta 3 de la encuesta, la población completa, es decir, 100 % respondió que si le gustaría conocer más sobre los abonos orgánicos elaborados a base de lombrices. Dicho comportamiento se mostró en la figura 28.

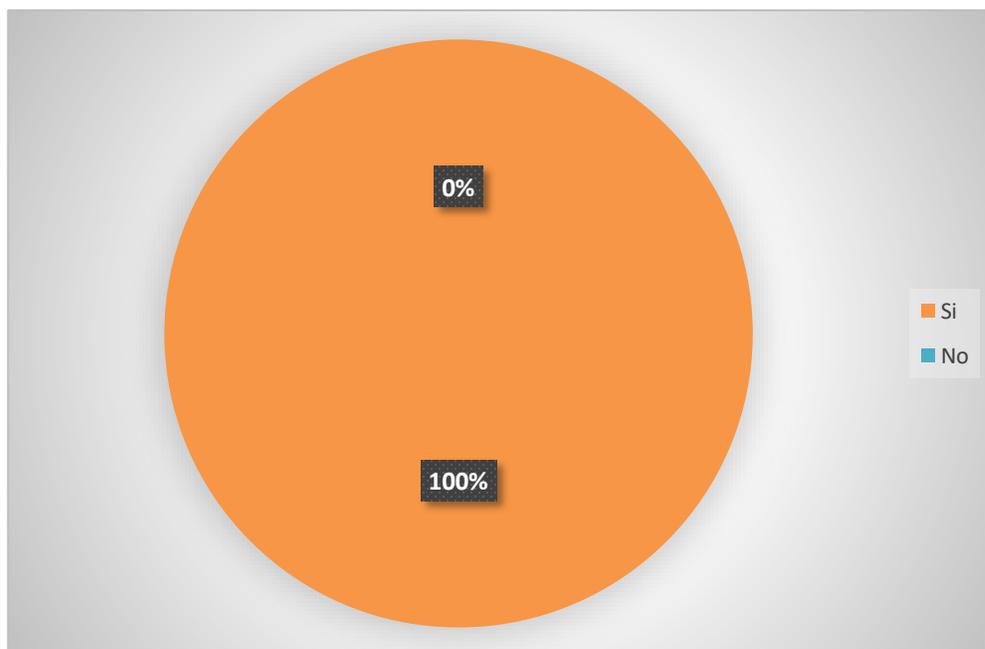
Figura 29. **¿Qué piensa sobre los abonos orgánicos elaborados a base de lombrices?**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 29 se mostró el comportamiento poblacional respecto de la pregunta 4. El 67 % de los encuestados piensan que la elaboración de abonos orgánicos es una buena opción, mientras que el 23 % dice que es algo sucio y tan solo un 10 % no opina al respecto.

Figura 30. **Apoyaría usted participando en una capacitación sobre el tema**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Al preguntarle a los encuestados sobre participar en una capacitación sobre la elaboración de abonos orgánicos, la respuesta fue positiva. El 100 % de la población respondió que, si apoyaban con la actividad, de tal manera que se planificó una conferencia teórico-práctica en las instalaciones de la institución, dicho comportamiento se presentó en la figura 30.

4.2. Planificación de capacitación

Luego de determinar la mejor alternativa a la problemática causada por la generación de basura orgánica en la institución, se planificó una capacitación sobre la elaboración de abonos orgánicos a base de lombrices.

La capacitación estuvo comprendida en dos fases;

- Fase teórica: impartida por el médico veterinario Jacques Sigal quien es un profesional experto en el tema. Dicha fase tuvo una duración de 5 horas tratando temas como las generalidades de la lombriz y sus requerimientos medio-ambientales. También se contó con la participación del licenciado Carlos Mazariegos, quien tuvo a su cargo temas como la elaboración de harinas especiales para la alimentación de peces hechas a base de lombrices adultas.
- Fase práctica: en dicha fase se elaboraron composteras demostrativas instruyendo a los participantes en el manejo adecuado tanto de la lombriz, como de la compostera y su resultado final. Se realizó una práctica de laboratorio donde se elaboró harina a partir de lombrices adultas.

En las figuras 31 y 32 se pudo apreciar el alto interés, por parte de los asistentes, en la producción de abono orgánico a través del cultivo de lombrices *Eisenia foetida*, pero fue más el interés al momento de llevar a cabo la práctica, pues estuvieron en contacto directo con las aboneras.

La tabla XXI muestra la calendarización de la actividad realizada con los estudiantes, docentes y personal de servicios de CEMA, sobre la elaboración de abono orgánico con lombrices coqueta roja.

Figura 31. **Capacitación sobre lombricultura básica, parte teórica**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

Figura 32. **Capacitación sobre lombricultura básica, parte práctica**



Fuente: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura.

Al final del curso, se le reconoció el esfuerzo a cada uno de los asistentes con un diploma autorizado por el coordinador académico de CEMA.

Tabla XXI. **Capacitaciones sobre lombricompost**

Fecha	Hora	Actividad	Responsable
09 de abril de 2015	9:00-9:10	Inauguración	MSc. Luis Francisco Franco Coordinador Académico
	9:10-9:30	Evolución inicial	M.V. Jacques Sigal Facilitador
	9:30-10:30	Generalidades, anatomía y fisiología de la lombriz coqueta roja (<i>Eisenia foetida</i>)	
	10:30-11:00	Receso	
	11:00-12:00	Requerimientos ambientales y nutricionales de la lombriz <i>E. foetida</i>	M.V. Jacques Sigal Facilitador
	12:00-13:00	Plagas y enfermedades	
10 de abril de 2015	7:00-9:00	Tipos de composteras y su manejo	M.V. Jacques Sigal Facilitador
	9:00-10:00	Productos de la lombricultura	
	10:00-10:30	Elaboración de harinas a base de lombrices	Lic. Carlos Mazariegos Facilitador
	10:30-11:30	Práctica compostera CEMA	Epesista Yessenia Calderón
	11:30-13:00	Practica de elaboración de harinas	

Fuente: elaboración propia.

4.3. Resultados

Con la creación y uso de las aboneras demostrativas se dio a conocer la importancia en la utilización de los abonos orgánicos utilizando la basura generada y residuos naturales como la hojarasca de los árboles de la Universidad.

Con la capacitación se brindó asistencia a estudiantes, personal administrativo y personal de servicios sobre la forma de producir lombricompost, sus beneficios y la manera correcta para realizar la colecta de exudados, llamado purín. También se realizó un aprovechamiento de las lombrices adultas a través de la elaboración de harinas especiales, la cual puede utilizarse en la alimentación de los peces propios de la institución.

En la tabla XXII se muestran los resultados obtenidos durante la capacitación, siendo estos 20 kilogramos de abono orgánico y 2 litros de exudados los cuales fueron aplicados en una parcela demostrativa observándose una mejoría en el follaje debido a que en su composición están presentes todos los nutrientes: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Hierro, Cobre, Zinc, Carbono en cantidades suficientes para desarrollar el perfecto desarrollo de las plantas, además de un alto contenido de materia orgánica, que enriquece el terreno. Favorece la circulación del agua y del aire, las tierras ricas en humus son esponjosas y menos sensibles a las sequías. Las excretas de las lombrices contienen 5 veces más Nitrógeno, 7 veces más Fosforo, 5 veces más Potasio, 2 veces más calcio que el material orgánico que ingirieron las lombrices. Lo que genera un ahorro en las aplicaciones de fertilizantes químicos, observándose buenos resultados.

En cuanto a las harinas, se obtuvo una producción de 1 libra de harina de lombriz por cada 10 libras de lombrices vivas, la cual es un alimento balanceado que contiene proteínas y minerales contribuyendo al desarrollo de los animales.

Tabla XXII. **Producción de lombricompost**

Manejo	Producción	Uso
La abonera se llena con estratos de basura orgánica y hojarasca de los arboles ya en avanzado estado de descomposición, todos los materiales deben estar bien húmedos.	20 kg	Aplicación en parcela demostrativa de CEMA
Recolección a través de esorrentía.	2 litros exudados	Aplicación en parcela demostrativa de CEMA
Se recolectaron 10 libras de lombriz adulta, las cuales se sacrificaron con cloruro de sodio para luego secarlas a 70°C durante 3 horas.	1 libra de harina de lombriz	Elaboración de concentrado para peces

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se elaboró una metodología para la producción de tilapia, desde la siembra hasta la cosecha adaptada a las condiciones de la estación experimental de Monterrico, a través de un manual práctico en el cual se toman en cuenta todos los aspectos relacionados a la producción bajo un sistema de cultivo semi-intensivo, incluyendo normativas y regulaciones, planteados por instituciones involucradas (CEMA, MAGA-DIPESCA Y MARN).
2. Se estandarizaron los procesos de los productos elaborados a base de carne de pescado, chorizo argentino y chorizo uruguayo, en el curso de Industrialización de Hidrobiológicos, utilizando la normativa 34 192 de la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) de Aditivos permitidos para el consumo humano.
3. Se realizó una propuesta de mejora para las instalaciones de la planta de industrialización de productos hidrobiológicos bajo regulaciones del CODEX ALIMENTARIUS, Principios Generales de Higiene.
4. Se realizó una capacitación teórico-práctica, en las instalaciones del CEMA, tomando como punto principal la elaboración, uso y aplicación de los abonos orgánicos en la acuicultura contando con la participación de estudiantes, personal administrativo y de servicios del mencionado lugar.

5. Se analizó económicamente el impacto que produce el uso de la energía eléctrica utilizada en el bombeo de agua a los estanques en la producción de tilapia, específicamente en las instalaciones de la estación experimental de Monterrico, tomando en cuenta el tiempo de funcionamiento de la bomba, las dimensiones del estanque, la población de peces, y el costo de la energía eléctrica.

6. La actividad piscícola del país tuvo un crecimiento desordenado por no tener sistemas adecuados de información de producción, incumplimiento del marco legal y ausencia de información clara y precisa de los componentes de la cadena de valor de la actividad de producción de tilapia en Guatemala

RECOMENDACIONES

1. El manual elaborado debe ser actualizado al surgir nueva información sobre el cultivo de tilapia, así como también divulgado entre productores para aprender de las experiencias de otros.
2. Para ser competitivos en este tipo de emprendimiento se debe tener una producción con control de calidad y se recomienda mantener una asistencia técnica especializada para dicho efecto.
3. Sin importar el tamaño de la planta procesadora de alimentos, es recomendable contar con bases sólidas de higiene y sanitización para evitar riesgos de contaminación y garantizar un producto inocuo y así cumplir con las exigencias del mercado.
4. Consultar las regulaciones alimenticias al momento de manipular todo tipo de aditivo para que el producto final dañino para el consumo humano.
5. Contar con servicio de energía eléctrica es indispensable para el buen desarrollo de las actividades propias de la granja productora de tilapia, en caso contrario los costos de producción se incrementarán a causa de la necesidad de generarla por medio de motores diésel o gasolina.

6. Contar con la disponibilidad económica para poder hacer frente a los gastos necesarios al dedicarse a esta actividad que, si bien es muy atractiva y rentable económicamente, necesita de la inversión de cantidades de dinero que puede decirse son considerables

7. Las instalaciones de la granja productora de tilapia deben contar con vías de acceso vehicular, para facilitar el movimiento que conlleve la actividad propia de la granja, como a los a los futuros compradores y visitante

BIBLIOGRAFÍA

1. BAILEY LEONARDO, Mayra Lorena. *Diseño de un manual de Buenas Practicas de Manufactura para un centro de acopio de pesca artesanal ubicado en el municipio de Iztapa del departamento de Escuintla*. Guatemala : Trabajo de graduación de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 2014. 76 p.
2. BAZAN HUAMAN, José Lenin. *Manual de crianza de tilapia*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/joseleninbazanhuaman/manual-de-----crianza-de-tilapia-30212670>>. [Consulta: 29 de agosto de 2015].
3. BEJARANO ORDOÑEZ, José Alfredo. *Caracterización de sistemas de producción, diagnostico y servicios realizados en la aldea El Oaxaqueño municipio de Cuilco en el departamento de Huehuetenango*. Trabajo de graduación de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 2015.115p.
4. BOCEK, Alex; GÁLVEZ, John I. y GRAY, Suzanne. *Fertilizantes quimicos para estanques piscícolas*. International Center for Acuaculture and Aquatic Enviroments. [en línea]. <<https://cals.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHAP/FT2%20%20Qu%ednicos.pdf>>. [Consulta: 29 de agosto de 2015].

5. CAMPOS AVELLA, Juan Carlos, et al. *Ahorro de energía en sistemas de bombas centrífugas*. Colombia : Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencias y la Tecnología, 2007.34p.
6. CANTOR ATLATENCO, Fernando. *Manual de producción de tilapia*. [en línea]. <<https://es.slideshare.net/JCAMILOMOR/manual-de-produccion-de-tilapia>>. [Consulta: 25 de agosto de 2015.]
7. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura. *Información para el catálogo de estudios*. Guatemala : USAC, editorial universitaria, 2008. 4p.
8. _____. *Rediseño curricular CEMA: Antecedentes*. Guatemala : USAC, Editorial Universitaria, 2004. 2p.
9. COLPOS. *Cultivo de tilapia en encierros*. México 2006.10p.
10. _____. *Cultivo de tilapia en estanques rusticos*. México 2005. 10p.
11. CONROY, Gina. *Principales enfermedades bacterianas y parasitarias en tilapia*. [en línea]. <<http://es.slideshare.net/guestbf1ae6/enfermedades-tilapias?related=1>>. [Consulta: 4 de octubre de 2016.]
12. CORPOAMAZONIA. *Principales enfermedades de los peces tropicales; prevención y control*. Convenio 0051/97 SENA / CORMPOAMAZONIA. [en línea]. <http://www.corpoamazonia.gov.co/images/Publicaciones/38%201998_Principales_Enfermedades_Peces_Tropicales/1998_PRINCIPALES_ENFERMEDADES_DE_PECES_TROPICALES.pdf>. [Consulta: 25 de agosto de 2015.]
13. ELIAS OGALDEZ, Gustavo Adolfo. *Informe final, cadena productiva de tilapia en Guatemala como enfoque global sobre su estructura*.

Guatemala : Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología; Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología; Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, 2009. 20p.

14. ESQUIVEL, Fabiola. *Utilizando el hielo protejo mi dinero*. ASOFEACUA. [en línea]. <<https://54b90eaf-a-62cb3a1a-sites.googlegroups.com/site/tilapiadeguatemala/asofeacua-cursos-actualizacion/comercializaciondelatilapia11demarzo2011/UsodelhieloencultivodeTilapia%2CLicda.FabiolaEsquivel.pdf>>. [Consulta: 12 de enero de 2016.]
15. FAO. *Fertilización de los estanques piscícolas*. [en línea] <ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6709s/x6709s06.htm>. [Consulta: 12 de octubre de 2015.]
16. FRANCO CABRERA, Luis Francisco. *Informe de precios de tilapia, mercado la terminal*. ASOFEACUA. [en línea]. <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbX0aWxhcGlhZGVndWF0ZW1hbGF8Z3g6MWFkZmRjZTUzMDhiMjA1Mg>>. [Consulta: 10 de enero de 2016.]
17. _____. *Nutrición y alimentación de la tilapia*. ASOFEACUA. [en línea]. <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbX0aWxhcGlhZGVndWF0ZW1hbGF8Z3g6MWNmZjM3Nm1MTk4MjA0OA>>. [Consulta: 4 de septiembre de 2015.]
18. FRANCO CABRERA, Luis Francisco y ITURBIDE, Kathya. *Piscicultura, manual dirigido a técnicos*. Guatemala : Universidad del Valle de Guatemala / Fundación Soros de Guatemala, 2010. 15p.
19. GARCÍA, Mónica Candelaria, y otros. *Elaboración de abono orgánico a base de lombríz roja californiana*. Procuraduría Agraria. [en línea].

Universidad Layout, 2013.
<http://www.pa.gob.mx/publica/rev_5354/analisis/elaboraci%C3%B3n_abono.pdf>. [Consulta: 4 de septiembre de 2015.]

20. Gobierno de la República de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo no. 343-2005; Reglamento sanitario para el funcionamiento de establecimientos de transformación de productos hidrobiológicos*. Guatemala : Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de Normas y Regulaciones, 2006. 20p.
21. _____. *Acuerdo Ministerial no. 026-2 009; Programa de control y monitoreo de contaminantes microbiológicos, sustancias químicas y características físicas del agua a ser utilizada en establecimientos de productos hidrobiológicos*. Guatemala : Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Unidad de normas y regulaciones, 2009. 10p.
22. ITURBIDE, Kathya. *El engorde de la tilapia en sistemas de producción*. [en línea]. <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnx0aWxhcGlhZGVndWF0ZW1hbGF8Z3g6Mjk5YTlyZTc5NGM0ZjMzYw>>. [Consulta: 4 de septiembre de 2015.]
23. JAPDEVA. Pesca y acuicultura. [en línea]. <http://www.japdeva.go.cr/administracion_de_desarrollo/asistencia_tecnica/pesca-acuicultura.html>. [Consulta 12 de enero de 2016.]
24. JD Global European Consulting. *Estudio de mercado de tilapia en el departamento de Guatemala*. Guatemala : AGEXPRONT, 2006. 5p.

25. LEIVA CERREZO, Aldo Vinicio. *Calidad del agua en cultivos de tilapia*. ASOFEACUA. [en línea]. <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnx0aWxhcGlhZGVndWF0ZW1hbGF8Z3g6YzBjNmJlMjc1NTdiYjE4>>. [Consulta: 17 de septiembre de 2015.]
26. LOPEZ PAREDES, Luis Arturo. *Diagnóstico de la acuicultura, situación de la tilapicultura en Guatemala*. Guatemala : MAGA, DIPESCA, Departamento de Pesca Continental y Acuicultura, 2013. 7p.
27. MARROQUIN MORA, Dora Carolina. *Sanidad acuicula*. ASOFEACUA. [en línea]. <<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnx0aWxhcGlhZGVndWF0ZW1hbGF8Z3g6NjExZDM3ZTBkZGE2ZjFINw>>. [Consulta: 17 de septiembre de 2015.]
28. SAAVEDRA MARTINEZ, María Auxiliadora. *Manejo del cultivo de tilapia*. [en línea]. <<http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>>. [Consulta: 28 de agosto de 2015.]
29. SINCOAGRO; FUNPROVER; COVECA. *Manual de producción de tilapia con especificaciones de calidad e inocuidad*. FUNPROVER. [en línea]. <<http://www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf>>. [Consulta: 25 de agosto de 2015.]
30. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. Guatemala: Dapal, 2015. 100p.

31. Ventas Generadores. *Funcionamiento: como funciona una bomba de agua.* Venta Generadores. [en línea]. <<http://www.ventageneradores.net/blog/funcionamiento-como-funciona-una-bomba-agua-motobomba-electrobomba>>. [Consulta: 4 de octubre de 2016.]

APÉNDICES

Apéndice 1. Encuesta realizada para el diagnóstico de la fase de enseñanza aprendizaje.



Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA-
Universidad de San Carlos de Guatemala
Mildred Yessenia Calderón Orellana
Epesista Facultad de Ingeniería

1. Edad

18-25

26 o mas

2. Conoce usted los abonos orgánicos elaborados a base de lombrices

Sí

No

3. Le gustaría conocer más sobre abonos orgánicos elaborados a base de lombrices

Sí

No

4. Que piensa sobre los abonos orgánicos elaborados a base de lombrices

Buena opción

Es algo sucio

Sin Comentarios

5. Apoyaría usted participando en una capacitación sobre el tema

Sí

No

Fuente: elaboración propia

