

Evaluación de la reproducción de tilapia del Nilo en pilas cubiertas con plástico

Jorge Mauricio Ballesteros Ferrel

ZAMORANO

Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria

Diciembre, 2001

Evaluación de la reproducción de tilapia del Nilo en pilas cubiertas con plástico

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura.

presentado por:

Jorge Mauricio Ballesteros Ferrel

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2001

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Jorge Mauricio Ballesteros Ferrel

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2001

Evaluación de la reproducción de tilapia del Nilo en pilas cubiertas con plástico

presentado por

Jorge Mauricio Ballesteros Ferrel

Aprobada:

Daniel Meyer, Ph.D.
Asesor Principal

Jorge Iván Restrepo, M.B.A.
Jefe de Departamento

Isidro Matamoros, Ph.D.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano Académico

Carla Garcés, M.Sc.
Asesor

Keith Andrews, Ph.D.
Director

John Jairo Hincapie, Ph.D.
Coordinador PIA

Miguel Velez, Ph.D.
Coordinador Area Temática

DEDICATORIA

Para Kael con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre y a mi padre, sin ustedes nada de lo que he logrado sería posible.

A Dios, la luz en mis momentos más sombríos.

A Marita, has cambiado mi vida.

Mariel y Sergio, gracias por tener fé en mí.

A Zamorano por brindarme esta oportunidad.

A Belarmino, René, Porfirio, Juan Carlos y Matilde por su apoyo.

A Daniel Meyer por sus oportunos consejos.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Agradezco a mis padres y tíos por su colaboración.

Al proyecto Pond Dynamics and Aquaculture Collaborative Research Support Program, por financiar parte de mis estudios en cuarto año.

Al programa de Monitores de Zamorano por financiar parte de mis estudios en cuarto año.

A la Biblioteca y su personal por financiar parte de mis estudios en cuarto año.

Al programa RAPACO por financiar parte de mis estudios en el Programa Agrónomo.

Al Fondo Dotal Suizo por financiar parte de mis estudios en cuarto año. Gracias al Doctor Antonio Flores y a Gloria de Rojas por su constante apoyo.

A la Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente por brindarme la oportunidad de trabajar para pagar mi matrícula de cuarto año.

A FUNDAPRO por financiar parte de mis estudios en cuarto año.

RESUMEN

Ballesteros, Jorge Mauricio 2001. Evaluación de la reproducción de tilapia nilótica en pilas cubiertas con plástico. Proyecto especial del programa de ingeniero agrónomo, Zamorano, Honduras. 10 p.

La producción de alevines de la tilapia del Nilo (*Oreochromis nilotica*) es afectada por los cambios en temperatura. El rango óptimo para la reproducción de tilapia está entre los 25 y 30°C. Ellas dejan de reproducirse por debajo de los 22°C. Un método para calentar el agua es el uso de coberturas plásticas que atrapan energía solar durante las horas de luz y retienen calor (la radiación infrarroja) durante la noche. Se manejaron ocho pilas para la producción de alevines de tilapia en dos ciclos de 30 días de duración cada uno. Se sembraron 30 peces por pila (23 hembras y siete machos). El diseño fue de bloques completamente al azar con repeticiones en el tiempo. Los resultados del ensayo fueron analizados por un ANDEVA y separación de medias empleando el paquete estadístico SAS®. Se probaron cuatro tratamientos: cobertura plástica importada, cobertura plástica nacional, cobertura plástica negra y malla contra pájaros. El ensayo tenía cuatro réplicas de cada tratamiento. La temperatura del agua y la concentración del oxígeno disuelto del agua fue monitoreada dos veces al día. Se hicieron evaluaciones semanales del pH, turbidez temperatura del aire sobre el agua y de la concentración de TAN (total de nitrógeno como amonio amoniaco). Las mayores temperaturas del agua se observaron en pilas cubiertas con plástico importado y nacional (P=0.05). La mayor producción de alevines fue en las pilas cubiertas con plástico negro y malla contra pájaros (P=0.05). Las coberturas plásticas translúcidas incrementaron la temperatura del agua en 3°C comparadas con el testigo y la cobertura plástica negra. Se estimó la temperatura óptima para la reproducción de tilapia en Zamorano en 28.3°C. El uso de coberturas plástica nacional e importada es útil para elevar la temperatura del agua. El ensayo se llevó a cabo entre junio y agosto y la elevada temperatura fue perjudicial para la producción de alevines. Con plásticos translúcidos la temperatura del agua superaba los 32°C durante la mayor parte del ensayo. El plástico negro mantuvo la temperatura más constante (28.1°C). El mayor beneficio económico por pila por ciclo fue de 81.77 USD con el plástico negro El punto de equilibrio para pagar los costos de este tratamiento fue estimado en 704 alevines por pila.

Palabras claves: Alevines, invernaderos, peces, temperatura.

NOTA DE PRENSA

CULTIVE SUS TILAPIAS A LA TEMPERATURA ÓPTIMA Y OBTENGA MAS ALEVINES POR HEMBRA

Investigadores en Zamorano demostraron mediante el uso de coberturas plásticas translúcidas que la temperatura óptima para cultivar tilapias es de 28,26°C. El agrónomo Mauricio Ballesteros probó cuatro tipos de material para cubrir las pilas: cobertura plástica importada, cobertura plástica nacional, cobertura plástica negra y malla contra pájaros como testigo. La cobertura plástica negra mantiene la temperatura del agua más constante en alrededor de 28.13°C produciendo 1.98 alevines por cada gramo de hembra.

El tratamiento de plástico negro produjo la mayor cantidad de alevines (7089 en total), en un ciclo de un mes de duración en una pila de 7.5 m². Además, se comprobó que las coberturas plásticas translúcidas incrementan la temperatura del agua 3°C comparadas con el testigo. Resalta el hecho de que la cobertura plástica negra mantiene el agua en promedio 0,4°C por debajo de la temperatura ambiente normal del agua. Las coberturas plásticas translúcidas son útiles para elevar la temperatura del agua, pero perjudiciales para la producción de alevines de tilapia gris cuando la temperatura original del agua está por encima de 28°C. Es fácil comprender entonces por qué no resulta rentable utilizar coberturas plásticas translúcidas, cuando las temperaturas del agua están en el rango normal de producción de la tilapia.

Estos resultados no son extraordinarios, pues en otros estudios se ha observado que la producción de alevines de la tilapia (*Oreochromis nilotica*.) es afectada por los cambios en temperatura. El rango óptimo para la reproducción de tilapia está situado entre los 25 y 30°C ellas dejan de reproducirse por debajo de los 22 grados centígrados. El uso de coberturas plásticas tiende a atrapar energía de la radiación solar durante las horas de alta luz y retener calor (radiación infrarroja) durante las noches más frías, por lo que se obtiene una temperatura en el agua más elevada de manera relativamente constante. El uso de coberturas plásticas translúcidas para la reproducción de tilapia nilótica puede ser beneficioso cuando las temperaturas del agua son menores a las del rango óptimo de reproducción de tilapia que está entre 25 y 30 °C.

CONTENIDO

Portadilla.....		i
Autoría.....		ii
Página irmas		iii
Dedicatoria		iv
Agradecimientos.....		v
Agradecimiento a patrocinadores.....		vi
Resumen		vii
Nota de Prensa.....		viii
Contenido		ix
Índice de cuadros.....		xi
Índice de figuras		xii
Índice de anexos		xiii
1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	OBJETIVOS.....	2
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
2.1	LOCALIDAD Y ÉPOCA.....	3
2.2	UNIDADES EXPERIMENTALES	3
2.3	PECES REPRODUCTORES	4
2.4	ALIMENTACIÓN	4
2.5	MONITOREO CALIDAD DEL AGUA.....	4
2.6	TRATAMIENTOS.....	4
2.7	RECOLECCION Y COSECHA DE LOS ALEVINES	5
2.8	DISEÑO Y ANÁLISIS	5
2.9	ANALISIS ECONOMICO.....	6
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
3.1	CALIDAD DEL AGUA.....	7
3.1.1	Total de nitrógeno como amonio-amoniaco (TAN).....	7
3.1.2	Temperatura del aire entre el plástico y la superficie del agua (°C)	8
3.1.3	Concentración de protones (pH).....	9
3.1.4	Turbidez (cm)	9
3.1.5	Oxígeno	9
3.1.6	Temperatura del Agua.....	10

3.2	PECES REPRODUCTORES	12
3.3	ALEVINES.....	13
3.4	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	19
4.	CONCLUSIONES	21
5.	RECOMENDACIONES	22
6.	LITERATURA CITADA	23
7.	ANEXOS	25

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		
1.	Comparación de los valores promedio para cuatro parámetros de calidad del agua en pilas con o sin cubierta plástica, durante dos ciclos de reproducción de tilapia en Zamorano, Honduras (2001).	7
2.	Comparación de promedios de oxígeno disuelto en el agua (ppm) en pilas con y sin cobertura plástica para la reproducción de tilapia en Zamorano, Honduras (2001).	8
3.	Comparación de promedios de temperatura del agua (°C) en pilas con y sin cobertura plástica para la reproducción de tilapia en Zamorano, Honduras (2001).	10
4.	Comparación de promedios para la ganancia de peso de reproductores de tilapia (g) en pilas con y sin cobertura plástica en Zamorano, Honduras (2001).	12
5.	Efecto de cuatro tipos de cobertura en el número de alevines producido en ciclos de 30 días de reproducción de tilapia. Zamorano, Honduras (2001)	13
6.	Número promedio de alevines de tilapia producido por gramo de hembra y por ciclo de 30 días en pilas cubiertas con cuatro tipos de cobertura Zamorano, Honduras (2001).	14
7.	Comparación de costos y beneficios en producción de alevines de tilapia para cuatro tipos de cobertura, Zamorano Honduras (2001)	18
8.	Presupuestos parciales para la producción de alevines de tilapia con cuatro tipos de cobertura, Zamorano Honduras (2001)	19
9.	Análisis marginal de la producción de alevines de tilapia para cuatro tipos de cobertura, Zamorano Honduras (2001)	20
10.	Punto de equilibrio para la producción de alevines de tilapia para cuatro tipos de cobertura, Zamorano Honduras (2001)	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Distribución espacial de las pilas utilizadas para dos ciclos de reproducción de tilapia. Las áreas sombreadas de manera similar representan pilas en el mismo bloque. Las áreas sin sombrear representan pilas no utilizadas en el ensayo. Las flechas indican el área de mayor tránsito de personal.	3
2.	Esquema de las fuentes de energía almacenada en pilas de agua con dos tipos de cobertura y sin cobertura. La energía lumínica (EL) y el calor del medio ambiente (CMA), son almacenados en el agua (E°H ₂ O) y luego irradiados al exterior como calor (EI)	9
3.	Efecto de cuatro tipos de cobertura en la temperatura del agua a lo largo del tiempo. La temperatura tomada como base es 20°C. El segmento T1 indica el rango óptimo para la producción de tilapia, Zamorano, Honduras (2001).	11
4.	Producción promedia de alevines para dos ciclos de 30 días en ocho pilas de reproducción de tilapia para cuatro tipos de cobertura en Zamorano, Honduras (2001).	15
5.	Modelos de regresión de número acumulativo de alevines en función del tiempo para cuatro tipos de cobertura, Zamorano, Honduras (2001)	16
6.	Regresión de alevines en función de la temperatura. La temperatura está tabulada en forma acumulativa de grados días. Los alevines están tabulados de forma acumulativa corregida por el peso de las hembras reproductoras. Zamorano, Honduras (2001)	17

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		
1.	Grado de luminosidad junio-agosto 2001.....	25
2.	Temperatura ambiental promedio diaria, periodo Junio - Agosto.....	26
3.	Porcentaje de mortalidad de reproductores	27
4.	Tendencias de la temperatura del agua en el tiempo.....	28
5.	Cálculos matemáticos para maximizar función alevines-temperatura	29
6.	Depreciaciones	30
7.	Cálculo de las tasas de Aplicación	31
8.	Cálculo de la Mano de Obra.....	32
9.	Presupuestos para costos directos e indirectos por tratamiento.....	33
10.	Presupuesto, costos fijos y variables	35
11.	Cálculo de los costos comunes y diferenciales.....	36
12.	Cálculo del punto de equilibrio físico	37
13.	Cálculo del punto de equilibrio monetario	38

1 INTRODUCCIÓN

La especie de tilapia más cultivada en Honduras es *Oreochromis nilotica*. Esta es de maduración sexual temprana (tres a seis meses) y realiza numerosos desoves durante el año. Las hembras producen 1.0 a 2.5 alevines por gramo, y los machos pueden fecundar los huevos de 3 a 5 hembras por semana (Hepher y Pruginin, 1991).

La tilapia es eficiente en la filtración de algas (Popma, 2000). Se alimenta con fitoplancton y materia orgánica en descomposición, adaptándose fácilmente al consumo de alimento balanceado en forma de pastillas o pellets.

La reproducción y el crecimiento de los alevines de tilapia, son afectados por cambios de temperatura. En muchas regiones del mundo no se puede producir tilapia de forma óptima por esta limitante. El rango óptimo de temperaturas para la reproducción de tilapia está entre los 25 y 30 °C. Se ha encontrado una marcada relación entre la temperatura del agua y el intervalo entre el ciclo reproductivo de la tilapia (Popma y Green 1990). Estos peces tienden a dejar de reproducirse cuando las temperaturas del agua están por debajo los 22°C (Torrans, 1988). No es posible cultivar tilapias en regiones donde las temperaturas invernales sean menores a 15°C en estanques a cielo abierto (Secretaría de Agricultura de Argentina, 1997).

Cuando la temperatura sube a 35°C causa estrés severo a la tilapia. Si la temperatura baja de 15°C la especie también sufre estrés que puede incluso causar mortalidad si el pez es expuesto por periodos largos de tiempo a esas condiciones (Hargreaves, 2000).

En Honduras, la demanda de alevines para pequeños y medianos piscicultores fue estimada en alrededor de 3,000,000 anuales . Las fincas comerciales hondureñas requieren aproximadamente 15,000,000 alevines anuales, la oferta de alevines no ha logrado satisfacer la demanda (Popma y Green, 1990). Los productores de tilapia para exportación tienen una demanda constante de alevines durante todo el año para poder satisfacer sus mercados internacionales que exigen una provisión continua de filete fresco y congelado. Su meta es enviar producto a los mercados de Estados Unidos semanalmente y sin interrupciones.

Existe una variedad de métodos o técnicas para modificar la temperatura del agua para el cultivo y reproducción de peces tropicales. Entre ellos hay métodos pasivos (energía solar, procesos biológicos como composteras) y no pasivos (calentadores eléctricos, de gas, fuego).

Por su bajo costo y facilidad de implementar, la opción más atractiva para modificar la temperatura del agua es utilizar coberturas de plástico en pilas dedicadas a la reproducción de tilapias. Las coberturas plásticas tienen un bajo costo inicial, son un método limpio, no gastan energía, mas bien la conservan. Es un método pasivo (no requiere uso de bombas), y puede ser una alternativa factible para productores pequeños y grandes.

1.1 OBJETIVOS

- Comparar tres tipos de cobertura plástica para modificar la temperatura del agua pasivamente en pilas de concreto.
- Observar la producción de alevines de tilapia en pilas con cobertura plástica o malla antipájaros.
- Observar la calidad del agua en las pilas con o sin cobertura plástica.
- Comparar los costos y beneficios de utilizar o no coberturas de plástico en la reproducción de tilapia bajo condiciones de Zamorano

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIDAD Y ÉPOCA

Se realizó el estudio entre Junio y Agosto de 2001 en el Laboratorio de Acuicultura en El Zamorano, Honduras ubicado a 37Km al sudeste de Tegucigalpa, a 800 m de altura sobre el nivel del mar, Zamorano tiene una temperatura del aire media anual de 24°C y 1100mm de precipitación anual promedio.

2.2 UNIDADES EXPERIMENTALES

El ensayo se llevó a cabo en ocho pilas de concreto de 3 x 2.5 m² de área y un metro de profundidad cada una. Las ocho pilas tuvieron similar orientación y ubicación. Las pilas interiores fueron seleccionadas para el ensayo con el fin de disminuir un posible efecto de borde (Figura 1).

El agua utilizada para llenar las pilas provenía del lago de Monte Redondo en Zamorano. No se realizaron cambios posteriores de agua durante el ciclo reproductivo de 30 días de duración. El agua de cada pila recibió aire comprimido para mantener niveles adecuados de oxígeno en solución.

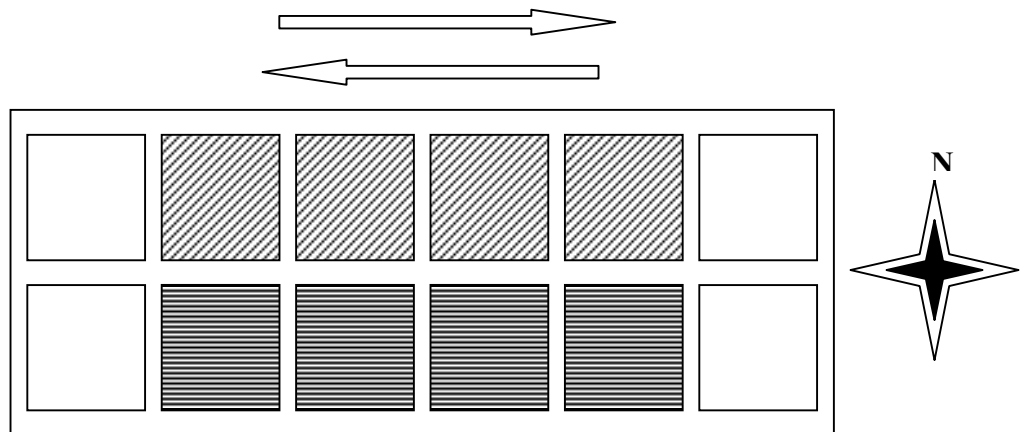


Figura 1: Distribución espacial de las pilas utilizadas para dos ciclos de reproducción de tilapia. Las áreas sombreadas de manera similar representan pilas en el mismo bloque. Las áreas sin sombreadar representan pilas no utilizadas en el ensayo. Las flechas indican el área de mayor tránsito de personal.

2.3 PECES REPRODUCTORES

Los peces utilizados fueron ejemplares adultos de tilapia del Nilo obtenidos en el Laboratorio de Acuicultura. Se sembró cada pila con reproductores adultos a una densidad de tres hembras por metro cuadrado. Se usó una relación macho : hembra de 3,3 : 1,0 (Popma y Green, 1990). Se sembró un total de 30 peces sembrados por pila. La suma total fue de 240 peces con un peso promedio de 112,8g para las hembras y 177,1g para los machos. Los reproductores fueron sembrados en las pilas al azar el primer ciclo y resorteados para el segundo.

2.4 ALIMENTACIÓN

Se alimentó a los reproductores con pellets flotantes de concentrado comercial para tilapia con 32% de proteína cruda. Se alimentó los peces a razón de 1% del peso corporal diariamente, en dos porciones, una en la mañana y la otra en la tarde.

Para ofrecer los pellets se retiró una parte de la esquina de la cobertura de plástico de la pila para no interferir con la retención de calor de las mismas. La hora de la alimentación coincidió con la hora de toma de datos de temperatura y oxígeno disuelto en el agua para no perturbar demasiado a los peces.

2.5 MONITOREO CALIDAD DEL AGUA

La temperatura del agua y la concentración de oxígeno disuelto en el agua fueron monitoreadas en cada pila dos veces al día, a las 07:00 y 15:00 horas, utilizando un medidor tipo YSI modelo 55. Se efectuaron evaluaciones semanales del TAN (Nitrógeno amonio-amoniaco total), temperatura del aire entre el agua y la cobertura, pH y turbidez del agua de cada pila. El total de nitrógeno en forma de amonio-amoniaco fue medido utilizando un espectrofotómetro y el método de Nessler. La temperatura del aire entre el agua y la cobertura se midió con el medidor YSI modelo 55 manteniendo el electrodo a 10cm de la superficie del agua durante tres minutos para permitir que la medición se estabilice. El pH se midió utilizando el método del indicador colorimétrico universal. La turbidez del agua se midió utilizando un Disco Secchi graduado en centímetros. Se anotaron las condiciones climáticas (temperatura ambiente y nubosidad) predominantes en Zamorano durante el experimento.

2.6 TRATAMIENTOS

Dos pilas fueron cubiertas con cada uno de los cuatro materiales probados en este experimento. Estos materiales fueron: plástico importado (Importado), plástico local (Nacional), plástico negra (Negro) y malla contra pájaros (testigo). Hubo dos réplicas de cada tratamiento. Se manejaron las pilas para la producción de alevines en dos ciclos de 30 días de duración.

Para mantener las coberturas en su lugar, se montó una red de alambre de construcción tensado sobre las pilas. Cada cobertura se sujetó a las paredes de las pilas por pesos como tablas y ladrillos. Para unir las láminas de plástico entre sí, se utilizó cinta adhesiva (“duct tape”) resistente y reforzada con grapas. Las características de los plásticos fueron:

- Plástico Importado: 0.05mm de espesor. El m² cuesta 0.74 USD y tiene una vida útil estimada de dos años.
- Plástico Nacional: 0.08mm de espesor. El m² cuesta 0.70 USD y tiene una vida útil estimada de un año. Los fragmentos fueron unidos con cinta adhesiva
- Plástica Negro: 0.02mm de espesor. El m² cuesta 0.05 USD y tiene una vida útil estimada de un mes. Consistía en bolsas plásticas para basura unidas con cinta adhesiva.
- Malla Antipájaros: Tiene una luz de 2.5 x 2.5 cm. El m² cuesta 0.29 USD y tiene una vida útil estimada de dos años. Se asume que este material no tiene ninguna influencia en la retención de calor y fue utilizado como tratamiento testigo.

2.7 RECOLECCION Y COSECHA DE LOS ALEVINES

Se empezó a cosechar los alevines a partir del quinto día de cada ciclo, y a intervalos de tres días a la semana a partir de entonces (Quan, 2000). Para cada cosecha parcial se utilizó una red de 1 m² de superficie con una luz de 500 μ m x 500 μ m que se pasó tres veces por los bordes de cada pila. Los alevines obtenidos fueron contados utilizando el método de conteo visual comparativo contando un número determinado de alevines en una pana que sirvió de referencia para el conteo posterior aproximado de alevines en panas similares (Charis *et al*, 1999).

A los 30 días de cultivo se drenó cada pila y se contó el total de alevines producidos por pila a lo largo del ciclo, incluyendo embriones, alevines muertos y huevos libres en el agua. Los peces reproductores fueron capturados contados y pesados.

2.8 DISEÑO Y ANÁLISIS

El diseño del ensayo fue de bloques completamente al azar con repeticiones en el tiempo. Se utilizaron bloques para disminuir el efecto de la actividad humana en algunas de las pilas utilizadas. Baras (1997) encontró que el comportamiento de la tilapia es fuertemente interferido por la actividad humana que se lleve a cabo a menos de cuatro metros de distancia de los peces.

Los resultados de las variables temperatura y oxígeno disuelto en el agua, TAN (total de nitrógeno como amonio o amoniaco), temperatura entre el agua y la cobertura, pH y turbidez del agua fueron sometidos a un análisis de ANDEVA y separación de medias utilizando el programa “Statistical Analysis System“ (SAS, 2000)®. Para la variable pH se

utilizó la concentración de protones para calcular los promedios y hacer el análisis, los valores fueron posteriormente transformados de nuevo a pH ($-\text{Log} [\text{H}^+]$).

Se hicieron regresiones de la temperatura promedio diaria del agua en función del tiempo (lineal), número acumulativo de alevines producidos en función del tiempo (de cuarto orden) y número acumulativo de alevines producidos por gramo de hembra en función de la temperatura en °C acumulativos (de cuarto orden). Los valores acumulativos de temperatura (grados días) se obtuvieron sumando el valor promedio de temperatura diaria en °C a la sumatoria de los valores promedios de temperatura de los días previos.

Se encontró el número de alevines producidos por gramo de hembra con la siguiente igualdad:

$$\text{Alevines por g de hembra} = \frac{\text{(Media de alevines producidos)}}{\text{(Peso promedio hembras) x 23 hembras por pila}} \quad \text{ecuación 1}$$

2.9 ANÁLISIS ECONÓMICO

La comparación de los costos de usar cada uno de los cuatro tipos de cobertura probadas en este experimento fue enfocada en los materiales, la estimación de su vida útil y la mano de obra requerida para su mantenimiento durante el ciclo de producción.

Se estimaron los costos fijos y variables y se realizó un estudio de presupuestos parciales para cada tratamiento. Se realizó un análisis marginal y se calculó el punto de equilibrio físico y monetario de cada tratamiento.

Se tomó en cuenta un costo de reversión sexual de los alevines porque la cría producida no podía ser tranzada comercialmente porque no habían pasado por el tratamiento con la hormona 17- α -metil testosterona. Se valoró la cría tomando en cuenta un 70% de supervivencia de los alevines producidos en el experimento después del tratamiento y un costo unitario de reversión de 0.00065 USD (Quispe, 2000).

Se calculó el punto de equilibrio físico y monetario usando las ecuaciones 2 y 3.

ecuación 2

$$\text{Punto de Equilibrio Físico} = \frac{\text{Costos Fijos Totales}}{\text{Precio Unitario} - \text{Costo Variable Unitario}}$$

ecuación 3

$$\text{Punto de Equilibrio Monetario} = \frac{\text{Costos Fijos Totales}}{1 - \frac{\text{Costos Variables Totales}}{\text{Ingreso Total}}}$$

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CALIDAD DEL AGUA

El comportamiento de los parámetros de la calidad del agua fue bastante similar para todas las pilas a excepción de las pilas cubiertas con plástico negro (Cuadro 1). No se detectaron diferencias significativas entre el plástico importado, el nacional, ni el testigo para las variables TAN, turbidez, y pH. Se observaron diferencias importantes entre los parámetros de calidad del agua comparando las pilas cubiertas con el plástico negro y demás tipos de plástico.

3.1.1 Total de nitrógeno como amonio-amoniaco (TAN)

La concentración promedia de TAN en el agua de las pilas cubiertas de plástico negro fue significativamente superior al promedio para las pilas cubiertas de otros tipos de plástico y el testigo (Cuadro 1). Probablemente esta diferencia se debe a la presencia de una menor cantidad de fitoplancton en el agua de las pilas cubiertas con plástico negro, reflejada en una mayor penetración de luz en el agua que el resto de los tratamientos (Cuadro 1).

La intensidad de la luz en la superficie y su penetración dentro del agua desempeñan una función muy importante para la supervivencia y proliferación del fitoplancton. (Balfour y Pruginin, 1996). La cobertura plástica negra con su efecto de sombra, bloqueó el paso de luz y redujo el fitoplancton presente en el agua.

Cuadro 1. Comparación de los valores promedio para cuatro parámetros de calidad del agua en pilas con o sin cubierta plástica, durante dos ciclos de reproducción de tilapia en Zamorano, Honduras (2001).

Variable	(n)	Tratamientos (Tipo de cobertura)			
		Importado	Nacional	Testigo	Negro
TAN (ppm)	(80)	0.34 b	0,32 b	0.35 b	0.98 a
Temp. Del aire (°C)	(80)	30.18 a	29.60 a	26.09 b	28.23 ab
PH	(80)	7.5 a	7.4 a	7.4 a	7.2 b
Turbidez (cm)	(80)	36.45 b	33.40 bc	30.20 c	72.00 a

Los valores en cada línea seguidos con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P = 0.05).

Altas concentraciones de amoníaco total (NH_3 y NH_4^+) ocurren luego de la muerte del fitoplancton. El alto contenido de CO_2 en el agua asociado a muertes masivas de plancton disminuye el pH junto con la proporción del amoníaco presente como NH_3 que es tóxico. Las mediciones de nitrógeno como amonio amoníaco están por debajo de 1ppm, rango aceptable para la producción de tilapia (Boyd, 1979).

3.1.2 Temperatura del aire entre el plástico y la superficie del agua (°C)

La temperatura del aire entre la superficie del agua y la cobertura de cada pila, no muestra diferencias significativas entre los plásticos translúcidos. Existieron diferencias significativas entre las pilas de cobertura importada y de cobertura negra. La pila con la temperatura del aire significativamente más fría fue el testigo (Cuadro 1).

La ausencia de un material aislante sobre las pilas testigo explica la menor temperatura del aire sobre agua en este tratamiento. Las pilas cubiertas con plástico translúcido almacenan calor de manera similar a un invernadero. La energía solar irradiada ingresa en forma de luz de onda larga a través del plástico translúcido y es absorbida por el agua. Posteriormente el agua irradia energía en forma de calor. Esta energía es almacenada en la pila, en forma de onda corta no puede escapar fácilmente a través del plástico hacia el exterior (Schawn, 1998).

La temperatura del aire entre el plástico negro y el agua es menor que los tratamientos de plástico translúcido porque el material de cobertura opaco, no permitía el paso de luz y simplemente absorbía el calor irradiado por el Sol. Este calor era transmitido lentamente al aire entre el plástico negro y el agua y finalmente transmitido por convección del aire al agua. Este “efecto sombra” provocaba la una menor captación de energía lumínica potencialmente apta para almacenamiento en la pila.

Cuadro 2. Comparación de promedios de oxígeno disuelto en el agua (ppm) en pilas con y sin cobertura plástica para la reproducción de tilapia en Zamorano, Honduras (2001).

Fuente de variación	Clase	Promedios	(n)	C.V.
Tipo de Cobertura	Testigo	7.27 a	(240)	28.3
	Nacional	6.72 b	(240)	28.1
	Importado	6.66 b	(240)	28.4
	Negro	4.78 c	(240)	23.4
Ciclo de producción	Primer	6.69 a	(480)	43.0
	Segundo	6.03 b	(480)	41.6
Hora de Muestreo	Tarde	7.93 a	(480)	35.3
	Mañana	4.79 b	(480)	29.8

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P = 0.05$)

3.1.3 Concentración de protones (pH)

El pH en todas las pilas y en ambas repeticiones tuvo valores entre 7 y 8, dentro del rango de pH óptimo planteado por Balarin (1979). El tratamiento de cobertura plástica negra mostró un valor de pH significativamente diferente e inferior que el resto de los tratamientos. Hubo menos algas en el agua de estas pilas lo que redujo la fotosíntesis. La fotosíntesis utiliza CO_2 como materia prima. El CO_2 incrementa la acidez en el agua (Cuadro 1).

3.1.4 Turbidez (cm)

Existió una diferencia significativa entre la turbidez del agua de las pilas testigo y las pilas con plástico importado (Cuadro 1). El tratamiento de plástico negro mostró una diferencia significativa de más del doble de unidades (cm) que los demás tratamientos. La luz es un componente indispensable para el desarrollo normal de fitoplancton, por lo que una privación en la cantidad de luz recibida por las algas provoca su muerte (Balfour y Pruginin, 1996) Las coberturas plásticas negras pueden ser utilizadas para controlar la presencia excesiva de fitoplancton en el agua.

3.1.5 Oxígeno

Todos los valores de oxígeno disuelto están dentro del rango óptimo de oxígeno para la reproducción de tilapia probablemente porque las pilas contaban con aireación artificial. Las pilas con cobertura plástica translúcida no mostraban diferencia significativa en la concentración de oxígeno disuelto entre sí. La pila con malla antipájaros presentaba la mayor concentración de oxígeno disuelto. Es probable que cualquier cobertura de plástico, translúcida o no, afecte el paso de la luz solar y reduzca la tasa de fotosíntesis de las algas.

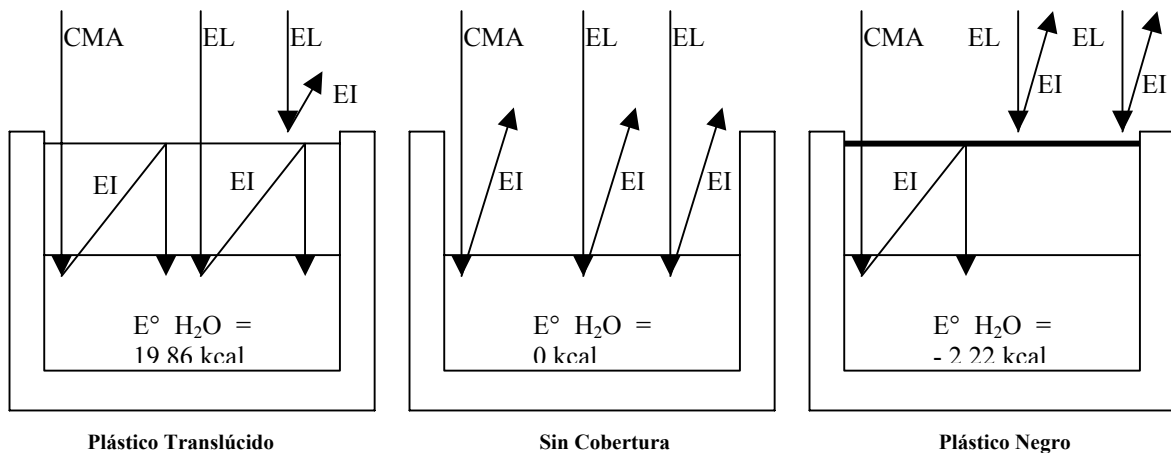


Figura 2: Esquema de las fuentes de energía almacenada en pilas de agua con dos tipos de cobertura y sin cobertura. La energía lumínica (EL) y el calor del medio ambiente (CMA), son almacenados en el agua ($E^{\circ}\text{H}_2\text{O}$) y luego irradiados al exterior como calor (EI)

El uso de la cobertura de plástico negro resultó en los valores más bajos de la concentración de oxígeno disuelto en el agua. En las pilas cubiertas con el plástico negro hubo menos fitoplancton debido a las condiciones oscuras dentro de estas pilas.

El promedio general de la concentración de oxígeno en solución en el agua fue inferior en la segunda repetición del ensayo (Cuadro 2). Durante la segunda repetición del ensayo los peces reproductores tenían un peso promedio mayor y hubo una mayor producción de alevines. (Cuadro 5). Al tener más peces y alevines en el segundo ciclo, es probable que haya habido más consumo de oxígeno disuelto en el agua.

Las nubes reducen la irradiación de la luz considerablemente al igual que la fotosíntesis y la producción de oxígeno disuelto (Balfour y Pruginin, 1996), pero se descarta que la nubosidad haya sido la causa de la menor concentración de oxígeno en el segundo ciclo de producción pues esta se mantuvo bastante variable sin diferencias aparentes entre el primer y segundo ciclo (Anexo 1).

La concentración promedio de oxígeno disuelto de la tarde fue superior al promedio de la mañana. Las algas son productoras de oxígeno, pero ellas mismas utilizan el oxígeno durante la noche (Balfour y Pruginin, 1996), por lo que durante las madrugadas se registran los valores más bajos de oxígeno disuelto en el agua.

3.1.6 Temperatura del Agua

El plástico importado mantuvo la temperatura del agua más elevada comparada con los otros materiales de cobertura probados en el estudio durante todo el experimento. La temperatura del agua de las pilas con cobertura de plástico importado mostró una diferencia promedio superior en 3,31°C al testigo. Esto quiere decir que el plástico importado permitió almacenar un promedio de 19.86 kilocalorías de energía en una pila con 6m³ de agua cada día del experimento a lo largo de 30 días.

Cuadro 3. Comparación de promedios de temperatura del agua (°C) en pilas con y sin cobertura plástica para la reproducción de tilapia en Zamorano, Honduras (2001).

Fuente de variación	Clase	Promedios	(n)	C.V.
Tipo de Cobertura	Importado	31.81 a	(240)	5.78
	Nacional	30.94 b	(240)	6.38
	Testigo	28.50 c	(240)	6.62
	Negro	28.13 d	(240)	4.48
Ciclo de producción	Segundo	29.92 a	(480)	8.15
	Primer	29.76 a	(480)	9.64
Hora de Muestreo	Tarde	30.82 a	(480)	8.21
	Mañana	28.87 b	(480)	8.45

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P = 0.05)

El plástico nacional mantuvo la temperatura del agua 2,44 °C más baja que el testigo (Cuadro 3). El plástico nacional permitió almacenar en promedio 14.64 kilocalorías de energía en una pila con 6 m³ de agua durante cada día del experimento.

El plástico negro mantuvo la temperatura del agua 0,37 °C más baja que el testigo (Cuadro 3). La cantidad diaria de energía solar no aprovechada por las pilas cubiertas con plástico negro fue en promedio 2.22 kilocalorías. Una posible explicación es el “efecto sombra” (descrito en la sección 3.1.2) que provocó la pérdida de energía lumínica potencialmente apta para almacenamiento en la pila.

La energía que realmente es almacenada por las coberturas plásticas es la energía irradiada en forma de calor por el agua. La energía almacenada en el agua proviene de dos fuentes: el calor del medio ambiente (CMA), expresado por la temperatura promedio diaria y la energía lumínica proveniente del sol (EL). Las pilas con cobertura plástica translúcida almacenaban la energía irradiada del agua proveniente de ambas fuentes. Las pilas con plástico negro almacenaban menos energía irradiada por el agua porque esta solamente recibía la energía del CMA, pues la EL era mayormente bloqueada por el material cobertor opaco. Las pilas testigo no tenían una cobertura aislante y recibían ambas fuentes de energía pero no almacenaban el calor irradiado por el agua.

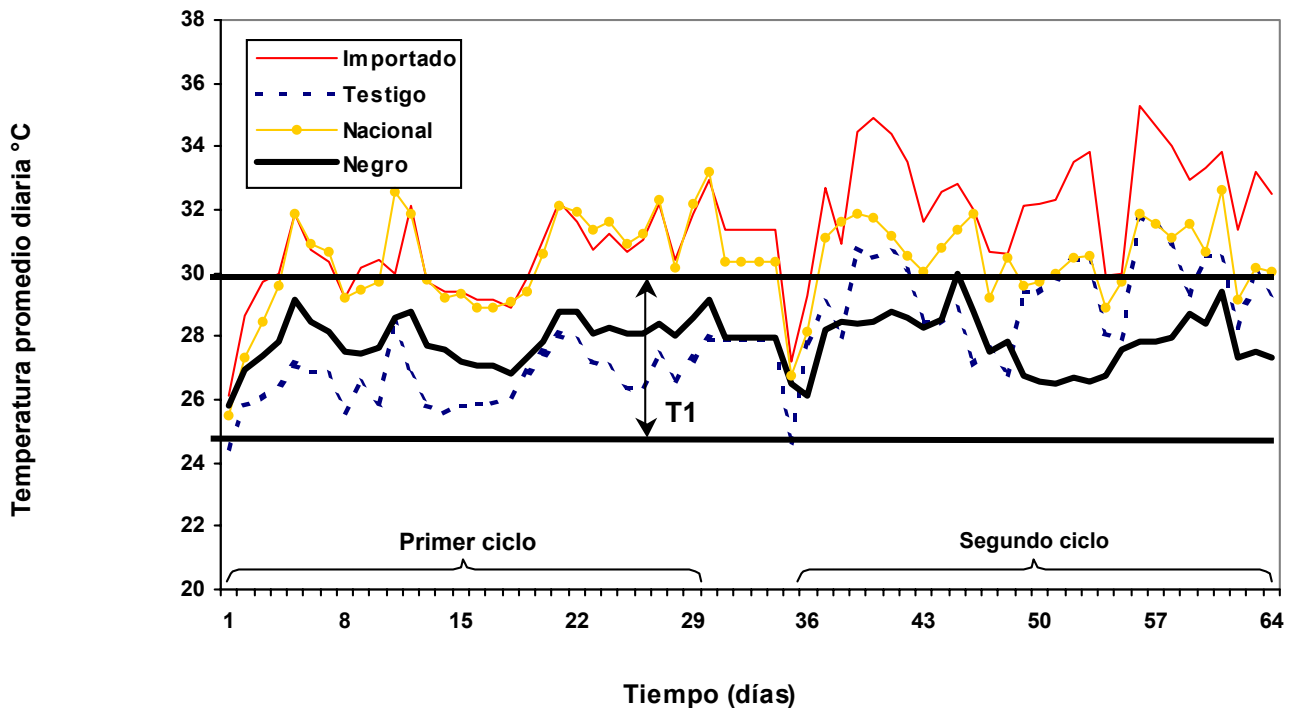


Figura 3: Efecto de cuatro tipos de cobertura en la temperatura del agua a lo largo del tiempo. La temperatura tomada como base es 20°C. El segmento T1 indica el rango óptimo para la producción de tilapia, Zamorano, Honduras (2001).

No existieron diferencias significativas en temperatura promedio general entre el primer y segundo ciclo del ensayo. Las temperaturas registradas en el agua en las tardes fueron en promedio superiores a las temperaturas matinales. Esta diferencia de casi 2 °C es significativa y se explica por la acumulación de energía durante el día y su disipación en forma de calor irradiado durante la noche.

La temperatura afecta el metabolismo de los peces acelerando su metabolismo a medida que sube. Todos los seres vivos poseen una zona de “termo comfort” en la que el desempeño de sus funciones vitales es óptima. Para la tilapia esta temperatura está entre los 25 y 30°C (Popma y Green, 1990).

La temperatura del agua varió a lo largo del tiempo según el tipo de cobertura que tenía cada pila (Figura 3). Los tratamientos con cobertura plástica translúcida permanecieron la mayor parte del tiempo encima del rango óptimo de temperatura para la reproducción de las tilapias.

El agua en las pilas cubiertas con plástico importado alcanzó valores superiores a los 34°C. El agua de las pilas cubiertas con plásticos translúcidos registró los valores más altos de temperatura del agua. Durante las tardes hubieron 12 días en los que alcanzó temperaturas de hasta 36°C.

Las pilas sin cubierta y cubiertas con plástico negro presentaron valores menos extremos de temperatura. Las pilas con cobertura plástica negra presentaron la temperatura del agua más constante a lo largo del tiempo estando siempre alrededor de los 28°C. Las pilas testigo permanecieron la mayoría del tiempo en el rango óptimo de reproducción de la tilapia y las pilas con cobertura negra nunca salieron de este rango.

3.2 PECES REPRODUCTORES

Los reproductores ganaron 0.75g por día. Este valor es menor que el planteado por Nwachukwu (1997) que indica la ganancia diaria de peso normal de la tilapia entre los 150 y 300 g es de 1.25 g/día. La baja ganancia de peso de los peces sugiere que estos dedicaban una gran parte de su energía disponible a la reproducción.

Cuadro 4. Comparación de promedios para la ganancia de peso de reproductores de tilapia (g) en pilas con y sin cobertura plástica en Zamorano, Honduras (2001).

Fuente de variación	Clase	# Promedio de alevines producidos	(n)	C.V.
Tipo de Cobertura	Negro	39.38 a	(4)	54.92
	Nacional	27.74 b	(4)	70.24
	Malla	21.97 b	(4)	55.72
	Import	19.20 b	(4)	106.25
Ciclo de producción	Primer	35.73 a	(8)	43.04
	Segundo	18.41 b	(8)	41.62

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P = 0.05)

No hubo diferencias significativas entre la ganancia de peso en los peces del tratamiento testigo y los tratamientos importado y nacional. La ganancia de peso de los reproductores en las pilas con plástico negro fue significativamente superior a las pilas con cobertura plástica translúcida. Esto sugiere que los peces tuvieron un mayor consumo de alimento al no estar perturbados por la falta de visibilidad.

3.3 ALEVINES

Los peces en las pilas con cobertura plástica translúcida presentaron una producción de alevines por ciclo inferior a la de los tratamientos de cobertura plástica negra y malla antipájaros (Cuadro 5). Los plásticos translúcidos calentaron el agua por encima del rango óptimo de temperatura para la tilapia (Cuadro 3). La temperatura excesivamente alta fue la causa de la menor producción de alevines en las pilas con plástico importado y nacional.

Los reproductores en las pilas con plástico importado produjeron significativamente menos peces por gramo de hembra que el resto de los tratamientos. En este tratamiento la única variable diferente al plástico nacional y al testigo fue la temperatura del agua, a la que se le atribuye la causa de la menor producción de alevines.

El rango de medias de alevines producidos está de acuerdo a los rangos planteados por Phelps y Popma, (2000). El número de alevines producido por gramo de hembra en un ciclo productivo no mayor a un mes en estanques de tierra ha sido reportado en México entre 0.9 – 1.1, en Ecuador entre 0.7 – 1.4 y en Honduras entre 1.0 – 1.5.

Cuadro 5. Efecto de cuatro tipos de cobertura en el número de alevines producido en ciclos de 30 días de reproducción de tilapia. Zamorano, Honduras (2001)

Fuente de variación	Clase	Media	(n)	C.V.
Tipo de Cobertura	Negro	7089 a	(4)	30.5
	Testigo	6533 a	(4)	17.7
	Nacional	4118 b	(4)	29.4
	Importado	3365 b	(4)	38.4
Ciclo de producción	Segundo	5791 a	(8)	44.0
	Primer	4761 b	(8)	32.8

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P = 0.05$)

La calidad del agua parece no haber influido en la producción de alevines. Las pilas con plástico negro produjeron el doble de alevines por cada gramo de peso de las hembras que las pilas cubiertas con plástico importado (Cuadro 6). Las hembras de este experimento produjeron un promedio de 1.52 alevines por gramo de peso con un coeficiente de variación de 3.22. Para la variable alevines sin la corrección por peso y mortalidad el C.V. es de 11.46, por lo que se infiere que la corrección eliminó una importante fuente de variación disminuyendo el error experimental.

Durante la segunda repetición los peces tenían un mayor peso promedio que durante el primer ciclo de producción. Individuos más grandes producen una mayor cantidad de cría en tilapias (Popma y Green, 1990). En la segunda repetición, hubo una mayor producción de alevines que durante la primera.

La mayor precocidad en la producción de alevines se observó en las pilas con plástico importado. La mayoría de los alevines fueron producidos entre los días diez y treinta (Figura 4). Un periodo de tres a cuatro días es necesario para que los reproductores de cada ciclo se acostumbren a sus alrededores (Bocek, 2001). El ciclo reproductivo de la tilapia dura entre 17 a 21 días cuando la temperatura del agua está entre los 25 y 28°C, y entre 14 y 18 días cuando es superior a los 28°C (Popma y Green, 1990).

Hubo un crecimiento exponencial en la producción de alevines a lo largo de los ciclos de 30 días de duración (Figura 5). Este crecimiento disminuye notablemente para el vigésimo día del ciclo en los tratamientos de cobertura plástica translúcida. Estas funciones de producción de alevines indican que los tratamientos con plásticos translúcidos dejarían de producir alevines si se prolongara el ciclo de producción a más de 30 días si se mantuvieran las mismas condiciones ambientales. El ajuste de los datos a estos modelos a una función de cuarto orden fue superior al 76% para todos los tratamientos.

Cuadro 6. Número promedio de alevines de tilapia producido por gramo de hembra y por ciclo de 30 días de reproducción de tilapia en pilas cubiertas con cuatro tipos de cobertura en Zamorano, Honduras (2001).

Fuente de variación	Clase	Media	(n)	C.V.
Tipo de Cobertura	Negro	1.98 a	(4)	2.98
	Testigo	1.89 a	(4)	2.89
	Nacional	1.23 b	(4)	6.06
	Importado	0.98 c	(4)	3.06
Ciclo de producción	Segundo	1.54 a	(8)	43.61
	Primer	1.50 b	(8)	33.72

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P = 0.05)

El crecimiento exponencial de la producción de alevines para los tratamientos testigo y negro, continúa después del día 20 del ciclo hasta llegar a más de 6000 alevines totales producidos por pila en ambos tratamientos. El modelo de regresión hecho para cada tratamiento, indica que la producción de alevines continuaría hasta el final de la vida útil de los reproductores (un año), en el caso de que se prolongara el ciclo de producción a más de 30 días y se mantuvieran las mismas condiciones ambientales.

La relación entre la producción de los alevines (corregida según el peso total de las hembras que los desovarón en cada tratamiento) y la temperatura del agua se describen con una función de cuarto orden (Ecuación 4). Ambas variables fueron tabuladas de manera acumulativa para facilitar la visualización de tendencias. Los resultados e inferencias obtenidas son válidas para las condiciones ambientales presentadas en el Valle del Yeguaré durante los meses de Junio, Julio y Agosto.

Ecuación 4:

$$y = -2.0054E^{-11}x^4 + 3.2987047E^{-8}x^3 - 0.000014376x^2 + 0.0002128x - 0.078413$$

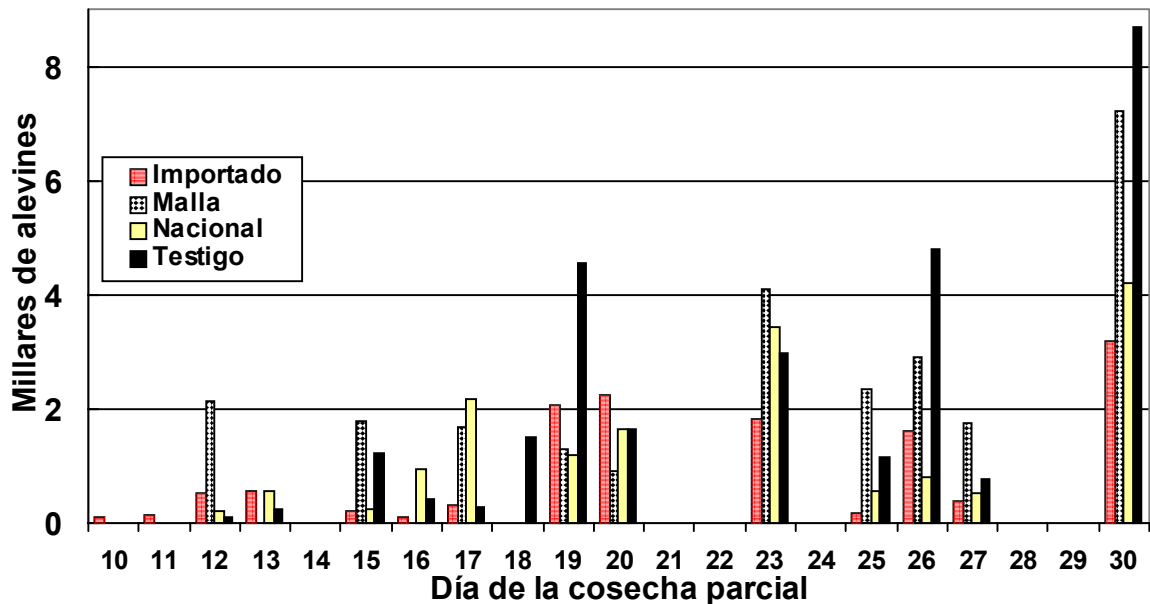


Figura 4: Producción promedio de alevines para dos ciclos de 30 días en ocho pilas de reproducción de tilapia para cuatro tipos de cobertura en Zamorano, Honduras (2001).

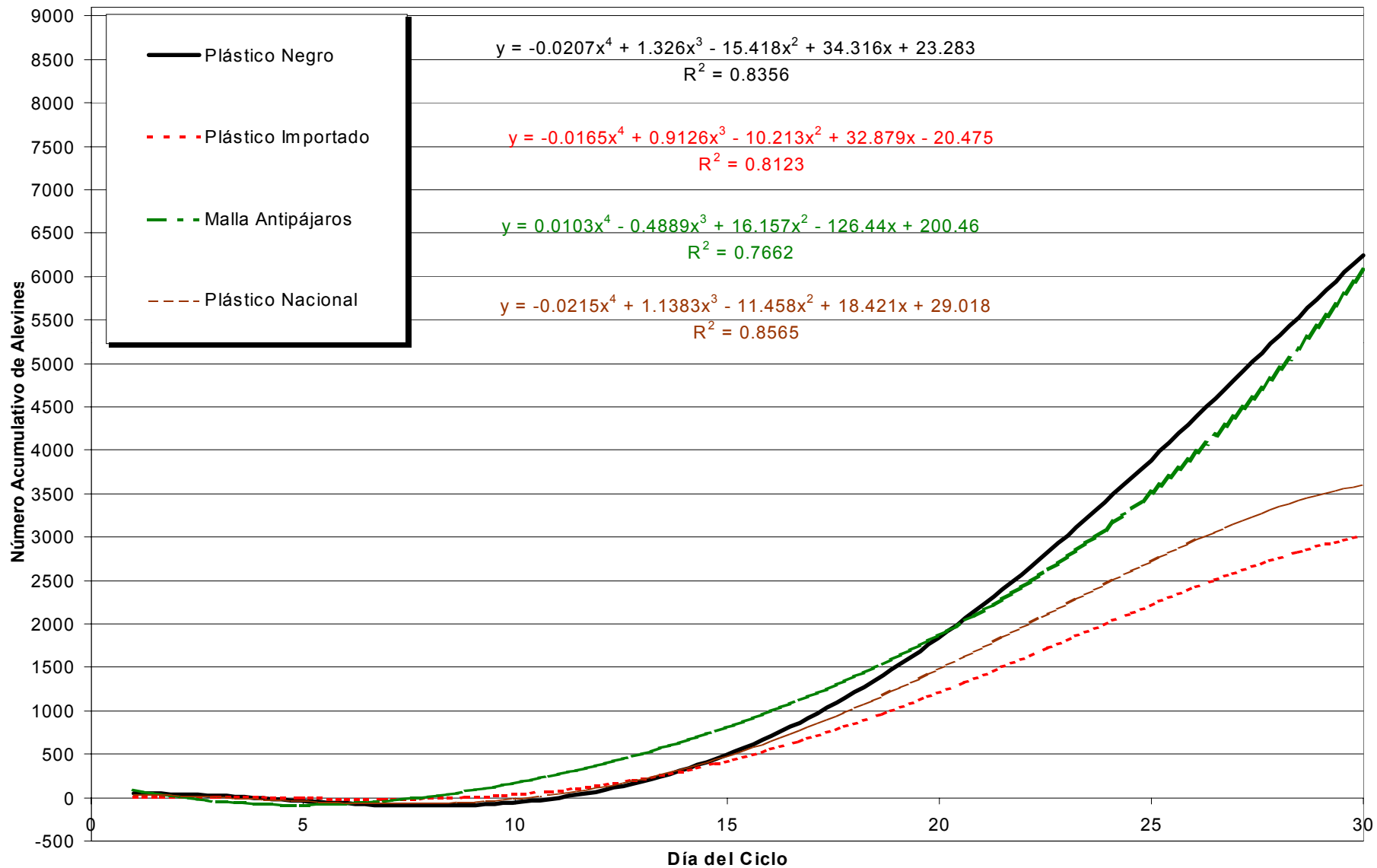


Figura 5: Modelos de regresión de número acumulativo de alevines en función del tiempo para cuatro tipos de cobertura, Zamorano, Honduras (2001)

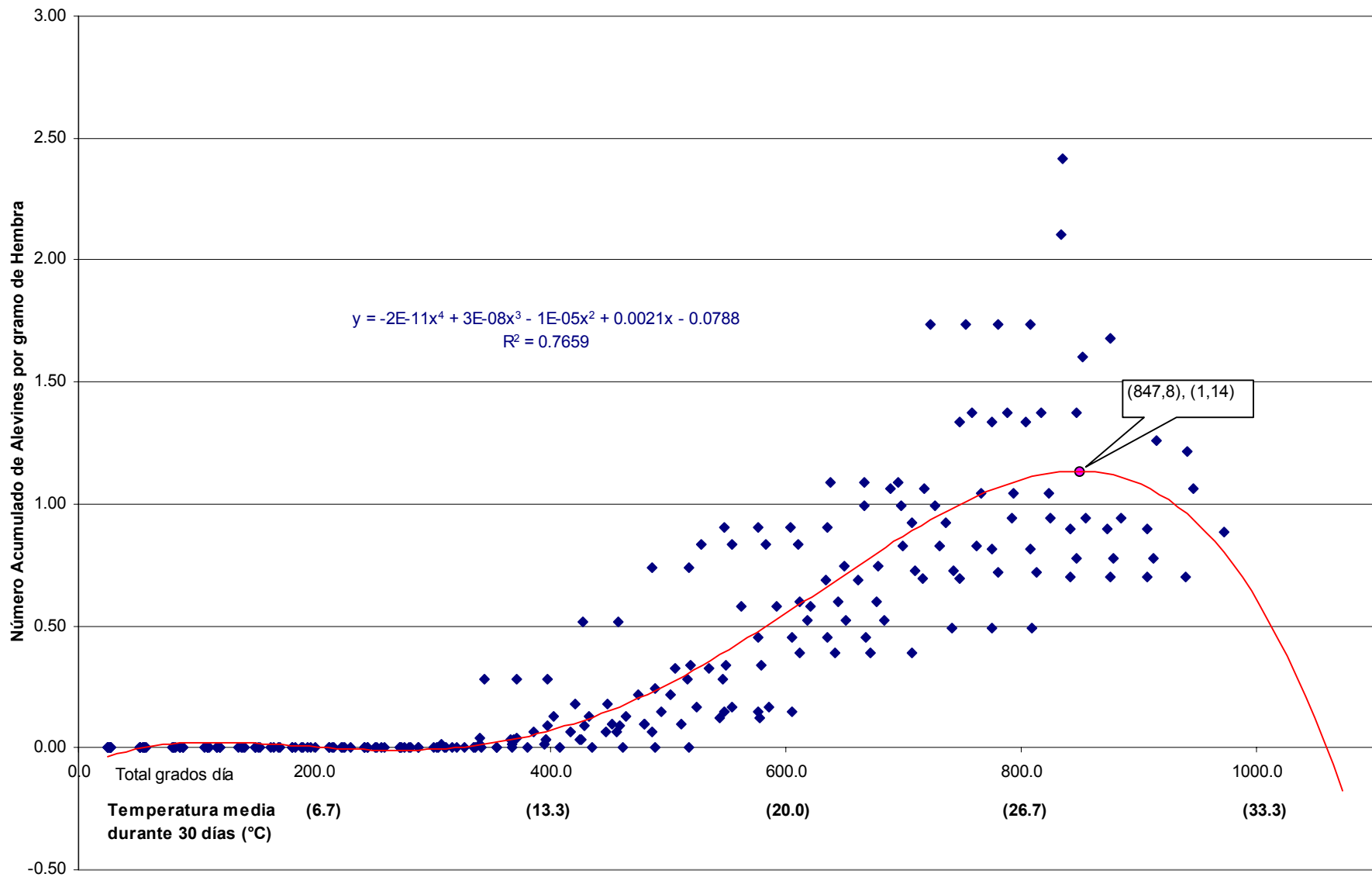


Figura 6: Regresión de alevines en función de la temperatura. La temperatura está tabulada en forma acumulativa de grados días. Los alevines están tabulados de forma acumulativa corregida por el peso de las hembras reproductoras. Zamorano, Honduras (2001)

Para facilidad de lectura se referirá a la producción acumulada de alevines por gramo de hembra como PAAGH. El comportamiento de la PAAGH en función de la temperatura muestra una tendencia de crecimiento lineal lento hasta los 400 grados-días de temperatura acumulada. Este comportamiento cambia a un acelerado crecimiento exponencial hasta aproximadamente los 800 grados-días donde la PAAGH se desacelera hasta empezar a decrecer luego de los 900 grados-días (Figura 6).

La producción de alevines de tilapia requiere un mínimo de 400 grados-días de temperatura acumulada. Cuando la temperatura acumulada alcanza los 1059,6 grados-días no se produce ningún alevín más. Estos números representan una temperatura promedio diaria de 14 ° y 35°C respectivamente, en un periodo de 30 días de producción.

Se estimó la mayor producción de alevines con 847 grados-días en ciclos de 30 días de duración. Esto corresponde a una temperatura promedio del agua de 28.26°C y la producción de PAAGH resultaría en 1.14 alevines por gramo de hembra (± 0.6). La temperatura del agua debe estar en el rango de 25 a 30.3°C para lograr una producción superior a un alevín por gramo de hembra. Este rango concuerda con los datos reportados por Bocek (2001) y los reportes de Green y Engle (2000) y se aplica a las condiciones del Valle del Yeguaré.

El óptimo de temperatura promedio es de 28,3°C lo que indica que con ninguno de los tratamientos se optimizó la producción de alevines. Sin embargo la cercanía al óptimo de los tratamientos testigo y plástico negro explican por qué estos produjeron la mayor cantidad de alevines. En cambio los plásticos translúcidos calentaban el agua de las pilas por encima de 31°C, lo suficiente como para causar un estrés perjudicial para las tilapias.

Cuadro 7. Comparación de costos y beneficios en producción de alevines de tilapia para cuatro tipos de cobertura, Zamorano Honduras (2001)

COSTOS DE PRODUCCION	Tratamientos (USD)			
	Importado	Nacional	Testigo	Negro
Costos Variables	10.14	11.43	9.52	12.19
Costos Fijos	13.52	13.52	13.77	13.52
Costos de Reversión (USD 0.01/alevín)	2.17	2.66	4.21	4.57
COSTOS TOTALES DE PRODUCCION	25.82	27.60	27.51	30.28
INGRESOS				
Producción de Alevines Machos	2356	2883	4573	4962
Precio Alevín	0.02	0.02	0.02	0.02
INGRESOS TOTALES	53.19	65.09	103.26	112.05
BENEFICIO NETO	27.37	37.49	75.76	81.77

Se asume un 70% de mortalidad en el proceso de reversión

3.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

Los mayores costos de mano de obra fueron los de mantenimiento de las coberturas, pues estas debían permanecer colocadas correctamente a una distancia de 20 cm del agua y sin aberturas. El plástico negro presentó la mayor cantidad de problemas de mantenimiento y por lo tanto se elevaron los costos de mano de obra para este tratamiento. Los costos fijos fueron similares para todos los tratamientos (Anexo 6).

Los mayores beneficios netos se obtuvieron con los tratamientos con cobertura plástica negra y malla antipájaros, que produjeron la mayor cantidad de alevines. El tratamiento con plástico negro tenía los mayores costos pero también los mayores beneficios. Las diferencias en producción de alevines entre los tratamientos de plásticos translúcidos y negro y Testigo se manifiestan en los beneficios obtenidos (Cuadro 8).

El costo de producir un alevín de tilapia macho fue estimado en 0.011 USD para pilas con plástico importado, 0.009 USD para pilas con plástico nacional, y 0.006 USD para las pilas testigo y con plástico negro. Es más barato producir alevines sin utilizar coberturas translúcidas, porque hay una mayor producción de alevines con un costo similar al de los otros tratamientos.

El análisis marginal indica que los tratamientos de plástico importado y nacional son dominados con respecto al testigo. Estos manejos presentaron mayores costos pero un menor beneficio. El tratamiento de plástico Negro mostró una tasa de retorno marginal de 2.64. Si se invierte un dólar para pasar del tratamiento testigo (más barato), al tratamiento con plástico negro, se obtendrá un beneficio neto de 1.64 dólares (Cuadro 9).

El punto de equilibrio fue estimado en menos de 18 USD para cada uno de los manejos probados en el ensayo (Cuadro 10). Se encontró que el punto de equilibrio para la producción de alevines en Zamorano es inferior a 800 alevines para todos los tratamientos, es decir que con producir 0.21 alevines por gramo de hembra se cubren los costos fijos y variables.

Cuadro 8. Presupuestos parciales para la producción de alevines de tilapia con cuatro tipos de cobertura, Zamorano Honduras (2001)

Tratamientos	Rendimiento (alevines/ciclo)	Valores en USD/ciclo		
		Ingresos Brutos	Costos Diferenciales	Beneficios Netos
Importado	2356	53.19	1.42	51.77
Nacional	2883	65.09	2.71	62.38
Malla	4573	103.26	1.06	102.20
Negro	4962	112.05	3.48	108.58

Los costos diferenciales fueron el la cobertura utilizada y la mano de obra de mantenimiento

Cuadro 9. Análisis marginal de la producción de alevines de tilapia para cuatro tipos de cobertura, Zamorano Honduras (2001)

Tratamientos	Valores en USD/ciclo				
	Costos		Beneficios		Tasa Retorno
	Diferenciales	Marginales	Netos	Marginales	Marginal
Testigo	1.06		102.20		
Importado (d)	1.42	0.36	51.77	-50.43	-140.16
Nacional (d)	2.71	1.29	62.38	10.61	8.23
Negro	3.48	0.77	108.58	46.20	2.64

(d): Valores dominados

Cuadro 10. Punto de equilibrio para la producción de alevines de tilapia para cuatro tipos de cobertura, Zamorano Honduras (2001)

Tratamiento	Punto de Equilibrio	
	Físico (alevines)	Monetario (USD)
Importado	779	17,58
Nacional	764	17,25
Malla	703	15,88
Negro	704	15,89

4 CONCLUSIONES

Las mayores temperaturas del agua, de 3°C sobre el testigo, se obtuvieron en pilas cubiertas con plástico translúcido ($P=0.05$). La elevada temperatura fue perjudicial para la producción de alevines.

El plástico negro mantuvo la temperatura más constante y alrededor de 28.1°C, es decir 0.4 °C por debajo del testigo. Se estimó la temperatura óptima para la reproducción de tilapia en Zamorano en 28.3°C.

La mayor producción de alevines se obtuvo en las pilas cubiertas con plástico negro y malla contra pájaros (testigo). No hubo diferencias significativas entre el testigo y el plástico negro ($P=0.05$).

El mayor beneficio por pila por fue de de 81.77 USD con el plástico negro y el punto de equilibrio para pagar los costos de este tratamiento fue de 704 alevines por pila.

El incremento en producción justifica el incremento en costos adicionales del manejo con cobertura plástica negra. No resulta rentable utilizar coberturas plásticas translúcidas en Zamorano en el periodo de Junio a Agosto.

5 RECOMENDACIONES

Probar manejos para mantener la temperatura del agua cerca de 28.3 °C para la óptima reproducción de tilapia del Nilo en Zamorano.

Se recomienda validar el experimento entre noviembre y enero cuando las temperaturas del agua son más frías.

Utilizar coberturas plásticas translúcidas cuando se quiere elevar la temperatura del agua hasta tres grados centígrados, y cobertura plástica negra cuando se quiere mantener la temperatura del agua constante o bajarla ligeramente.

Utilizar la cobertura plástica negra para incrementar la producción de alevines y obtener mayores beneficios en condiciones similares a las del Valle del Yeguaré entre los meses de Junio y Agosto.

6 LITERATURA CITADA

Balarin, D. 1979. Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa. Institute of Aquaculture. University of Stirling, Scotland. 174 pp.

Baras, E. 1997. Application of telemetry techniques to remotely measure the behaviour of unrestrained cultured tilapias. Laboratory of Fish Demography and Aquaculture. University of Liège. Tihange, Belgium. 12 pp.

Bocek, A. 2001. Biología Reproductiva de la *Oreochromis niloticus*. International Center for Aquaculture Swingle Hall. Auburn University. Alabama, USA. Disponible en internet en: <http://www.acuacultura-ca.org.hn/home/topic.cgi?forum=2&topic=1>

Boyd, C. 1979. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Auburn University. Opelika, Alabama. 259 pp.

Charris, F; Green, B.W.; Meyer, D.E. 1999. Efectividad de Cinco Métodos para la Enumeración de Alevines de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Asociación Nacional de Acuicultores de Honduras, Latin American Chapter of the World Aquaculture Society and Pond Dynamics/Aquaculture Collaborative Research Support Program, Choluteca Honduras. 13 pp.

Green, B.W.; Engle C. R. 2000. Commercial Tilapia Aquaculture in Honduras. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, eds. Tilapia Aquaculture in the Américas, Vol. 2. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. p. 151-170.

Hargreaves, J. A. 2000. Tilapia Culture in the Southwest United States. Tilapia Aquaculture in the Americas, Vol 2. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. p. 60-81.

Hepher, B.; Pruginin, Y. 1991. Cultivo de Peces Comerciales. 1ed. Trad. Por Luis Canudas y Eulalia Espinosa. México. Editorial Limusa. 517 pp.

Meyer, D. 2000. Proposed Study: Use of Plastic Covers to Improve Tilapia Fry Production During December, January and February in Honduras. PD/A CRSP. Zamorano, Honduras. 4 pp.

Nwachukwu, V. (1997). Tilapia Nutrition Through Substrate Enhancement in Ponds: A Cheap, Sustainable and Environmentally Friendly Feeding Method. Department o Fisheries Technology. Michael Okpara College of Agriculture. Owerri, Nigeria. 8 pp.

Phelps, J. Popma, T. 2000. Reproduction of Tilapia in Earthen Ponds. International center for aquaculture. Auburn university. Auburn, Alabama, United States. p. 15.

Popma, T 2000. Tilapia Reproduction. International center for aquaculture. Auburn university. Auburn, Alabama, United States. p. 14.

Popma, T.; Green, BW, 1990. Sex Reversal of Tilapia in Earthen Ponds. Research and development series N. 35. International center for aquaculture. Auburn university. Auburn, Alabama, United States. p. 15.

Quan, V. 2000. Evaluación de la Producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques revestidos de plástico, concreto y de tierra. Tesis para el título de Ingeniero Agrónomo. Zamorano 40 pp.

Quispe, F. 2000. Estimación de la Producción de Alevines de Tilapia en Tres Localidades de Honduras. Tesis para el título de Ingeniero Agrónomo. Zamorano 50 pp.

Schawn, M. 1998. Principios de física aplicada. Editorial Norma, Medellín, Colombia. 254 pp.

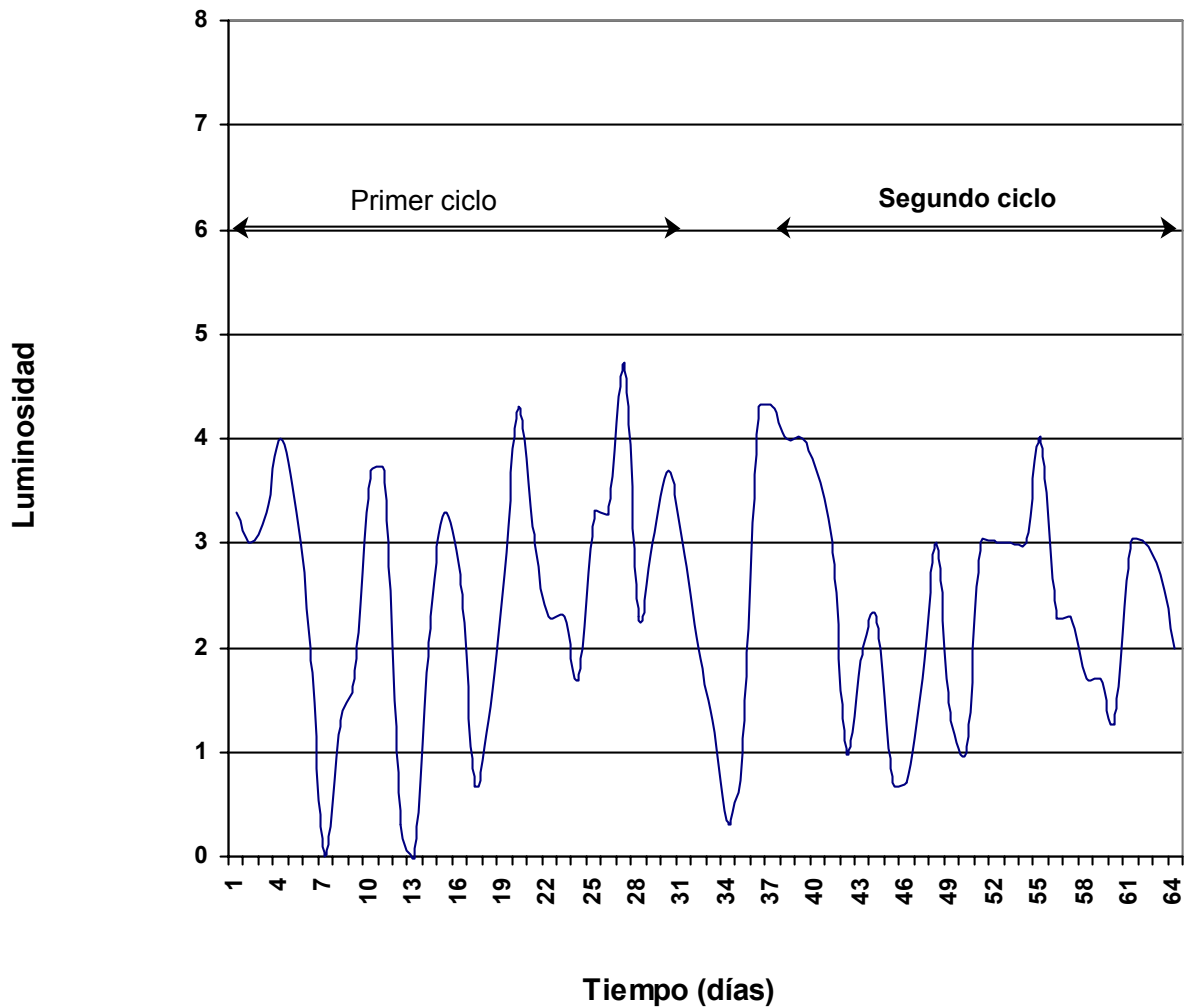
Secretaria de Agricultura, Pesca y Alimentación, Subsecretaria de Pesca. Julio de 1997. Estudio de desarrollo y producción de Tilapia. Buenos Aires, (Argentina). En Internet: <http://www.hondumarketing.com/cursos/tilapia/>

Torrans, L. 1988. Blue Tilapia culture in Arkansas. Publication EC560-4M-4-88. University of Arkansas at Pine Bluff, USDA, Pine Bluff, Arkansas, United States. 19 pp.

7 ANEXOS

ANEXO 1. Grado de luminosidad junio-agosto 2001

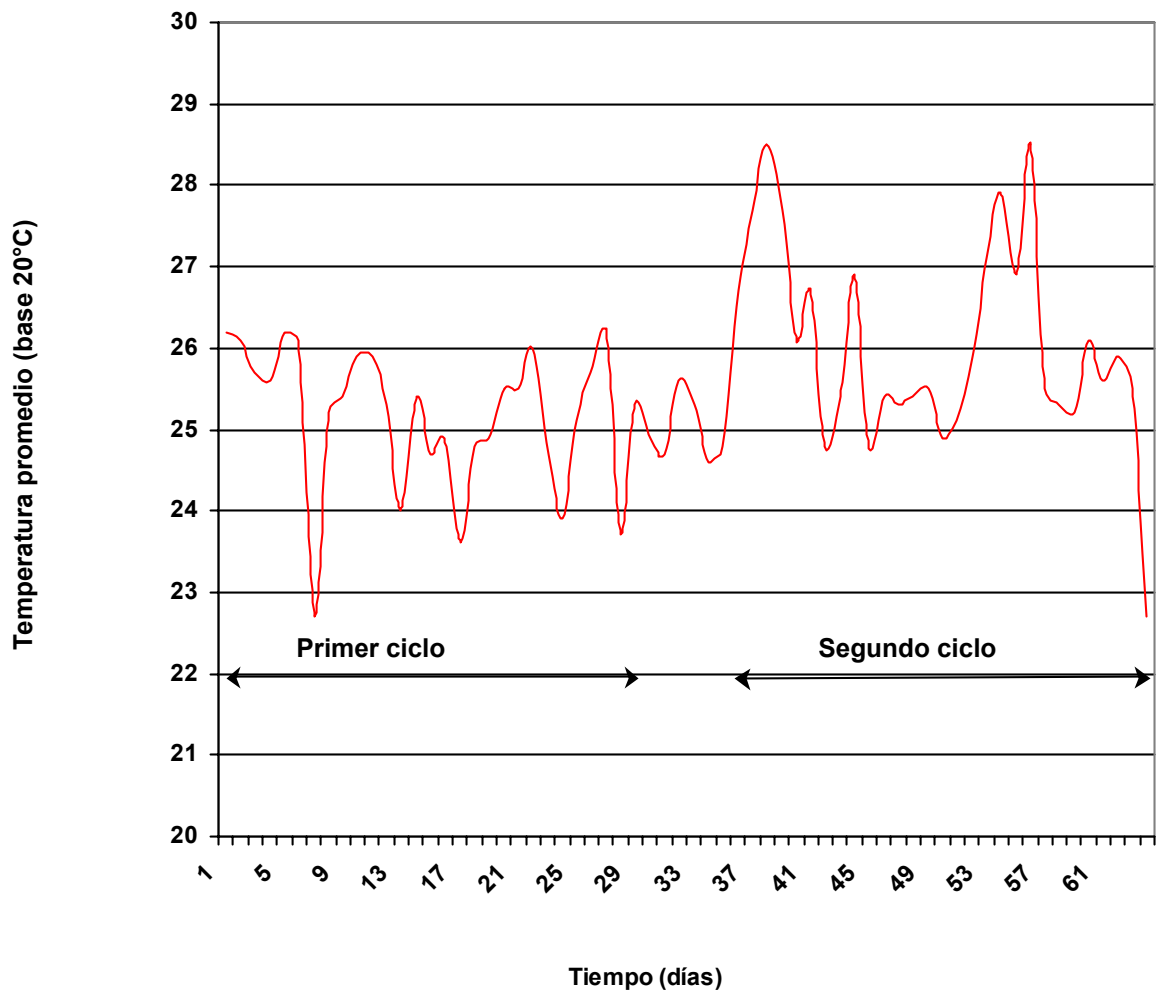
Grado de luminosidad en el periodo 26 de Junio a 30 de Agosto de 2001 en Monte Redondo Zamorano. La escala utilizada es de (0) para un día completamente nublado y (8) para un día completamente despejado.



Fuente: Estación meteorológica de la Zamoempresa de Servicios agrícolas (ZESA), Zamorano Honduras.

ANEXO 2. Temperatura ambiental promedio diaria, periodo Junio - Agosto

Temperatura promedio diaria en el periodo 26 de Junio a 30 de Agosto de 2001 en Monte Redondo Zamorano. La escala utilizada empieza en 20°C para facilitar la visualización de variabilidad.



Fuente: Estación meteorológica de la Zamoempresa de Servicios agrícolas (ZESA), Zamorano Honduras.

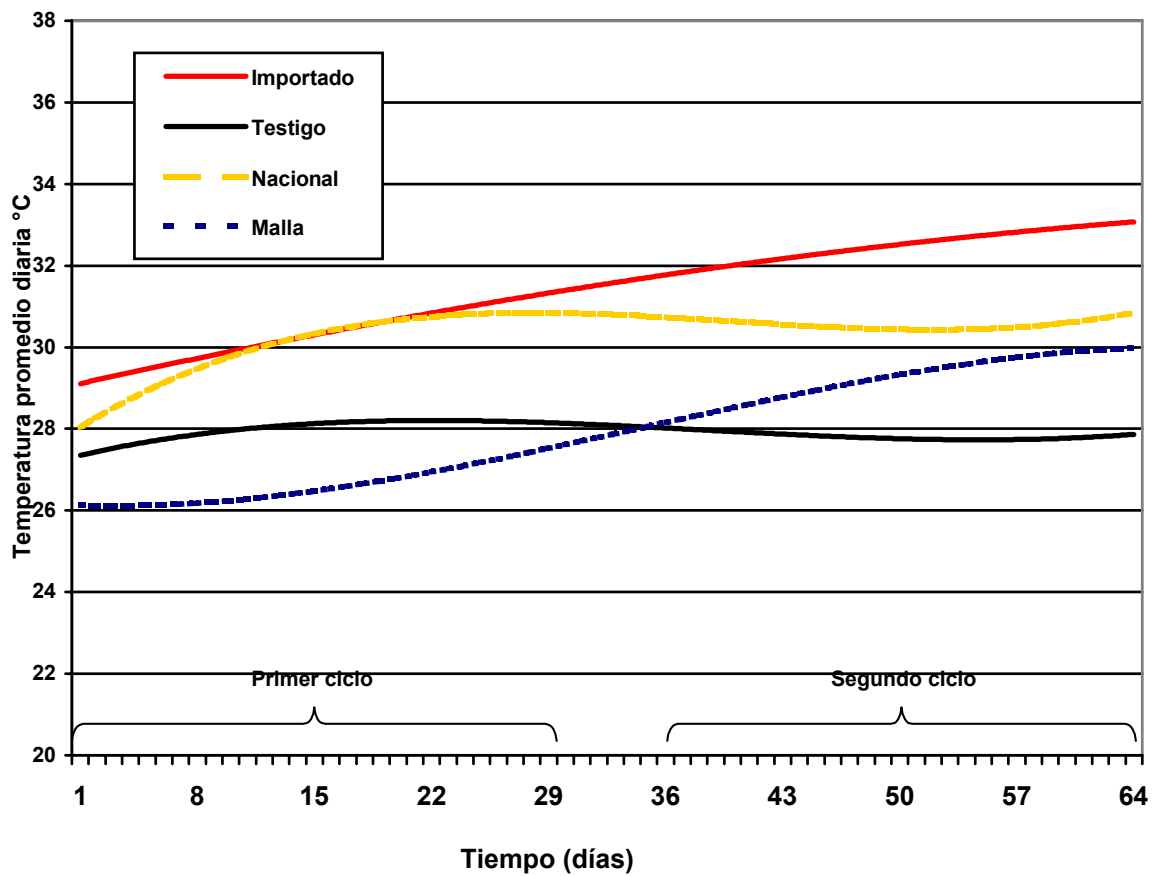
ANEXO 3. Porcentaje de mortalidad de reproductores

Efecto de tres de dos fuentes de variación (Tipo de Cobertura y Ciclo de producción) en el porcentaje de mortalidad de reproductores (%) para dos ciclos de reproducción de tilapia en Zamorano, Honduras (2001).

Fuente de variación	Clase	Media	N	C.V.	Separación de Medias
Tipo de Cobertura	Nacional	5.00	4	66.66	A
	Negro	3.33	4	81.68	A
	Import	3.33	4	200.00	A
	Malla	2.50	4	106.25	A
Ciclo de producción	Primer	3.33	8	141.42	A
	Segundo	3.41	8	88.09	A
Sexo	Hembras	4.62	8	85.25	A
	Machos	5.36	8	93.28	A

ANEXO 4. Tendencias de la temperatura del agua en el tiempo

Tendencias de la temperatura del agua para cuatro tipos de cobertura en el tiempo. La temperatura tomada como base es 20°C.



ANEXO 5. Cálculos matemáticos para maximizar función alevines-temperatura

Ecuación 2:

$$y = -2.0054E^{-11}x^4 + 3.2987047E^{-8}x^3 - 0.000014376x^2 + 0.0002128x - 0.078413$$

$$\text{Interceptos (y=0): } (213.43) \quad (317.42) \quad \underline{(1059,60)}$$

Ecuación 2':

$$y' = -0.00000000008x^3 + 0.00000009x^2 - 0.00002x + 0.00021$$

$$0 = -0.00000000008x^3 + 0.00000009x^2 - 0.00002x + 0.00021$$

$$x = \underline{847,82}$$

Ecuación 2'':

$$y'' = -0.00000000024x^2 + 0.00000018x - 0.00002$$

$$y'' = -0.00000000024(847.82)^2 + 0.00000018(847.82) - 0.00002$$

$$y'' = -0.000045 \quad : \text{Cóncava hacia abajo, existe un máximo en } x = 847,82$$

Reemplazando en la Ecuación 1:

$$y = -0.00000000020054(847.82)^4 + 0.000000032987047(847.82)^3 - 0.00001437(847.82)^2 + 0.0002128(847.82) - 0.078413$$

$$y = \underline{1,137}$$

ANEXO 6. Depreciaciones

DEPRECIACION DE COBERTURAS				
CONCEPTO	COSTO TOTAL	VIDA UTIL	TASA DE APLICACIÓN %	DEPRECIACION
	(USD)	(Años)	(%)	USD/ciclo/pila
Plástico Importado	7,4	1	8,3	0,61
Plástico Nacional	7	0,75	8,3	0,77
Malla Protectora	3,06	1	8,3	0,25
Plástico Negro	0,5	0,166	8,3	0,25
Costo Total				1,89

Depreciación de Equipo

Equipo	Costo Unitario	Cantidad	Costo	Vida útil	Depreciación Anual	Tasa de Aplicación (%)	Depreciación por ciclo(USD)				
	(USD)		(USD)	(Años)	(USD)	Anual por uso	(30 días)	Por Tratamiento	Por Pila		
Oxigenómetro	300.00	1	300	300	5	60.00	8.33	16.00	0.80	0.20	0.10
Oxigenador	85.00	1	85	85	5	17.00	8.33	27.59	0.39	0.10	0.05
pH metro	30.00	1	30	30	1	30.00	8.33	16.00	0.40	0.10	0.05
Tambo 44 l.	12.00	1	12	12	3	4.00	8.33	100.00	0.33	0.08	0.04
Balde 5 l.	2.53	4	10.1	10.1	3	3.38	8.33	100.00	0.28	0.07	0.04
Red de mano	17.00	1	17	17	4	4.25	8.33	100.00	0.35	0.09	0.04
Colador	0.40	1	0.4	0.4	2	0.20	8.33	100.00	0.02	0.001	0.001
Separador de alevines	15.00	1	15	15	3	5.00	8.33	100.00	0.42	0.10	0.05
Malla 1.5 mm	21.60	1	21.6	21.6	3	7.20	8.33	100.00	0.60	0.15	0.08
Costo Total	483.53								3.59	0.90	0.45

Vehículo	Costo Unitario	Cantidad	Costo	Vida útil	Depreciación Anual	Tasa de Aplicación (%)	Depreciación por ciclo (USD)			
	(USD)		(USD)	(Años)	(USD)	Anual por uso	(30 días)	Por Tratamiento	Por Pila	
Camioneta Pick up	11000,00	1	11000	10	1100,00	8,33	16,00	14,67	3,67	1,83
Costo Total								14,67	3,67	1,83

Reproductores	Costo Unitario	Cantidad	Costo	Vida útil	Depreciación Anual	Tasa de Aplicación (%)	Depreciación por ciclo (USD)			
	(USD)		(USD)	(Años)	(USD)	Anual por uso	(30 días)	Por tratamiento	Por pila	
Machos	1	56	56	2	28,00	8,33	100,00	2,33	0,58	0,29
Hembras	1	184	184	2	92,00	8,33	100,00	7,67	1,92	0,96
Costo Total								10,00	2,50	1,25

ANEXO 7. Cálculo de las tasas de Aplicación**Calculos de la tasa de aplicación por ciclo**

Concepto	Valores
Duración del ciclo (meses)	1
Número de ciclos al año	12
Tasa de aplicación por ciclo	8,333

Calculos de la tasa de aplicación por uso

Usos	Pilas con tratamientos (#)	Pilas que se utilizan (#)	Tasa de uso (%)
Exclusivo para pilas 15 m2	8	8	100,00
Uso proporcional entre 50 fuentes de producción	8	50	16,00
Uso proporcional entre 29 pilas de reproducción	8	29	27,59

ANEXO 8. Cálculo de la Mano de Obra**CALCULO DE LA MANO DE OBRA**

Concepto	Salarios	Tasa de	Mano de Obra Indirecta (USD)		
	Mensuales	Aplicación	Por	Para cada	Para una
	(USD)	(%)	Ciclo	Tratamiento	Pila
Ing. De Campo	426,58	8,33	35,55	8,89	4,44
Ayudante	112,52	8,33	9,38	2,34	1,17
Ayudante de Laboratorio	206,97	8,33	17,25	4,31	2,16
Costo de Mano de obra indirecta			62,17	15,54	7,77

ANEXO 9. Presupuestos para costos directos e indirectos por tratamiento

Plástico Importado (USD)				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio	TOTAL
I.-Costos Directos				
A. Cubierta de plástico	Mes	1,00	0,61	0,61
B. Alimentación	lb	4,50	0,18	0,81
C. Mano de Obra			0,00	
<i>Preparación Pila</i>	jornal	0,06	3,23	0,19
<i>Sexado</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
<i>Siembra</i>	jornal	0,06	3,23	0,19
<i>Cosecha de Reproductores</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
<i>Cosecha de Alevines</i>	jornal	0,63	3,23	2,03
<i>Alimentación y toma de datos</i>	jornal	0,60	3,23	1,94
<i>Mantenimiento</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
D. Bombeo del agua	Hora	1,00	1,94	1,94
TOTAL COSTOS DIRECTOS				10,14
Costos Indirectos				
E. Depreciación de Equipo de pesca				0,43
F. Depreciación de Vehículo				1,77
G. Depreciación de Instalaciones				2,28
H. Depreciación de Reproductores				1,25
I. Mano de Obra Indirecta				7,77
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				13,52
TOTAL				23,65
Plástico Nacional (USD)				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio	TOTAL
I.-Costos Directos				
A. Cubierta de plástico	Mes	1,00	0,77	0,77
B. Alimentación	lb	4,50	0,18	0,81
C. Mano de Obra				
<i>Preparación Pila</i>	jornal	0,06	3,23	0,19
<i>Sexado</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
<i>Siembra</i>	jornal	0,06	3,23	0,19
<i>Cosecha de Reproductores</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
<i>Cosecha de Alevines</i>	jornal	0,63	3,23	2,03
<i>Alimentación y toma de datos</i>	jornal	0,60	3,23	1,94
<i>Mantenimiento</i>	jornal	0,60	3,23	1,94
D. Bombeo del agua	Hora	1,00	1,94	1,94
TOTAL COSTOS DIRECTOS				11,43
Costos Indirectos				
E. Depreciación de Equipo de pesca				0,43
F. Depreciación de Vehículo				1,77
G. Depreciación de Instalaciones				2,28
H. Depreciación de Reproductores				1,25
I. Mano de Obra Indirecta				7,77
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				13,52
TOTAL				24,94

Malla antipájaros (USD)				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio	TOTAL
1.-Costos Directos				
B. Alimentación	lb	4,50	0,18	0,81
C. Mano de Obra				
<i>Preparación Pila</i>	jornal	0,06	3,23	0,19
<i>Sexado</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
<i>Siembra</i>	jornal	0,06	3,23	0,19
<i>Cosecha de Reproductores</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
<i>Cosecha de Alevines</i>	jornal	0,63	3,23	2,03
<i>Alimentación y toma de datos</i>	jornal	0,60	3,23	1,94
<i>Mantenimiento</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
D. Bombeo del agua	Hora	1,00	1,94	1,94
TOTAL COSTOS DIRECTOS				9,52
Costos Indirectos				
E. Depreciación de Equipo de pesca				0,43
F. Depreciación de Vehículo				1,77
G. Depreciación de Instalaciones				2,28
H. Depreciación de Reproductores				1,25
I. Depreciación malla				0,25
J. Mano de Obra Indirecta				7,77
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				13,77
TOTAL				23,29
Plástico Negro (USD)				
Concepto	Unidad	Cantidad	Precio	TOTAL
1.-Costos Directos				
A. Cubierta de plástico	Mes	1,00	0,25	0,25
B. Alimentación	lb	4,50	0,18	0,81
C. Mano de Obra				
<i>Preparación Pila</i>	jornal	0,06	3,23	0,19
<i>Sexado</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
<i>Siembra</i>	jornal	0,06	3,23	0,19
<i>Cosecha de Reproductores</i>	jornal	0,25	3,23	0,81
<i>Cosecha de Alevines</i>	jornal	0,63	3,23	2,03
<i>Alimentación y toma de datos</i>	jornal	0,60	3,23	1,94
<i>Mantenimiento</i>	jornal	1,00	3,23	3,23
D. Bombeo del agua	Hora	1,00	1,94	1,94
TOTAL COSTOS DIRECTOS				12,19
Costos Indirectos				
E. Depreciación de Equipo de pesca				0,43
F. Depreciación de Vehículo				1,77
G. Depreciación de Instalaciones				2,28
H. Depreciación de Reproductores				1,25
I. Mano de Obra Indirecta				7,77
TOTAL COSTOS INDIRECTOS				13,52
TOTAL				25,71

ANEXO 10. Presupuesto, costos fijos y variables

COSTOS VARIABLES	Tratamientos (USD)			
	Importado	Nacional	Malla	Negro
A. Cubierta de plástico	0,61	0,77	0,00	0,25
B. Alimentación	0,81	0,81	0,81	0,81
C. Mano de Obra				
<i>Preparación Pila</i>	0,19	0,19	0,19	0,19
<i>Sexado</i>	0,81	0,81	0,81	0,81
<i>Siembra</i>	0,19	0,19	0,19	0,19
<i>Cosecha de Reproductores</i>	0,81	0,81	0,81	0,81
<i>Cosecha de Alevines</i>	2,03	2,03	2,03	2,03
<i>Alimentación y toma de datos</i>	1,94	1,94	1,94	1,94
<i>Mantenimiento</i>	0,81	1,94	0,81	3,23
E. Bombeo del agua	1,94	1,94	1,94	1,94
TOTAL COSTOS VARIABLES	10,14	11,43	9,52	12,19

COSTOS FIJOS	Tratamientos (USD)			
	Importado	Nacional	Malla	Negro
E. Depreciación de Equipo	0,43	0,43	0,43	0,43
F. Depreciación de Vehículo	1,77	1,77	1,77	1,77
G. Depreciación de Instalaciones	2,28	2,28	2,28	2,28
H. Depreciación de Reproductores	1,25	1,25	1,25	1,25
I. Depreciación malla			0,25	
J. Mano de Obra Indirecta	7,77	7,77	7,77	7,77
TOTAL COSTOS FIJOS	13,52	13,52	13,77	13,52

COSTOS DE REVERSION	Tratamientos			
	Importado	Nacional	Malla	Negro
	(Lps)	(Lps)	(Lps)	(Lps)
Número de Alevines	3365	4118	6533	7089
Costo unitario de reversión a macho	0,00065	0,00065	0,00065	0,00065
TOTAL COSTO DE REVERSION	2,17	2,66	4,21	4,57

Fuente costo unitario: Flor Quispe

ANEXO 11. Cálculo de los costos comunes y diferenciales**COSTOS COMUNES Y DIFERENCIALES**

Tratamientos	Costos (USD/ciclo)			
	Comunes	Diferenciales	Reversión	Totales
Importado	22,23	1,42	2,17	25,82
Nacional	22,23	2,71	2,66	27,60
Malla	22,23	1,06	4,21	27,51
Negro	22,23	3,48	4,57	30,28

ANEXO 12. Cálculo del punto de equilibrio físico**Análisis de punto de equilibrio físico ingresos y costos en (USD)**

IMPORTADO			
Punto de Equilibrio físico =	$\frac{\text{Costos Fijos Totales}}{\text{Precio Unitario} - \text{Costo Variable unitario}}$		
Punto de Equilibrio físico =	$\frac{13,52}{0,02 - 0,0052}$		
Punto de Equilibrio físico =	779		
NACIONAL			
Punto de Equilibrio físico =	$\frac{\text{Costos Fijos Totales}}{\text{Precio Unitario} - \text{Costo Variable unitario}}$		
Punto de Equilibrio físico =	$\frac{13,52}{0,02 - 0,0049}$		
Punto de Equilibrio físico =	764		
MALLA			
Punto de Equilibrio físico =	$\frac{\text{Costos Fijos Totales}}{\text{Precio Unitario} - \text{Costo Variable unitario}}$		
Punto de Equilibrio físico =	$\frac{13,77}{0,02 - 0,0030}$		
Punto de Equilibrio físico =	703		
NEGRO			
Punto de Equilibrio físico =	$\frac{\text{Costos Fijos Totales}}{\text{Precio Unitario} - \text{Costo Variable unitario}}$		
Punto de Equilibrio físico =	$\frac{13,52}{0,0226 - 0,0034}$		
Punto de Equilibrio físico =	704		

ANEXO 13. Cálculo del punto de equilibrio monetario

Análisis de punto de equilibrio Monetario ingresos y costos en (USD)			
IMPORTADO			
Punto de Equilibrio =			Costos Fijos Totales
Monetario	1	-	<u>Costos Variables Totales</u>
			<u>Ingreso Total</u>
Punto de Equilibrio =			13.52
Monetario	1	-	<u>12,31</u>
			53,19
Punto de Equilibrio =	17,58		
Monetario			
NACIONAL			
Punto de Equilibrio =			Costos Fijos Totales
Monetario	1	-	<u>Costos Variables Totales</u>
			<u>Ingreso Total</u>
Punto de Equilibrio =			13.52
Monetario	1	-	<u>14,08</u>
			65,09
Punto de Equilibrio =	17,25		
Monetario			
MALLA			
Punto de Equilibrio =			Costos Fijos Totales
Monetario	1	-	<u>Costos Variables Totales</u>
			<u>Ingreso Total</u>
Punto de Equilibrio =			13.77
Monetario	1	-	<u>13,74</u>
			103,26
Punto de Equilibrio =	15,88		
Monetario			
NEGRO			
Punto de Equilibrio =			Costos Fijos Totales
Monetario	1	-	<u>Costos Variables Totales</u>
			<u>Ingreso Total</u>
Punto de Equilibrio =			13.52
Monetario	1	-	<u>16,77</u>
			112,05
Punto de Equilibrio =	15,89		
Monetario			