

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar



CASO DE ESTUDIO:

**“ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO DOMÉSTICO DE TRUCHAS EN UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN LIBRE DE MANTENIMIENTO.”**

**EXAMEN COMPLEXIVO**

**FASE ORAL**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ACUICULTURA**

Presentado por:

Mario Ignacio Manriquez Fernandez-Salvador

Guayaquil – Ecuador

2015

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi mayor agradecimiento a mis padres, gracias a su esfuerzo he podido culminar con mis estudios. También quiero agradecer a mi señora, gracias a su apoyo y empuje me ha dado las fuerzas para terminar con este proyecto y seguir adelante con el proceso de graduación. También quiero agradecer a mis profesores, sin ellos no hubieran podido terminar con mis estudios. Además quiero expresar mi agradecimiento a mi profesor guía, por su apoyo.

Mi sincera gratitud a todos.

Ignacio Manriquez

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, ellos son la razón por la que estudie acuicultura, también dedico este trabajo a mi señora, porque ella fue la razón por la que termine este trabajo para seguir con el proceso de titulación.

Ignacio Manriquez

## TRIBUNAL DE GRADO



---

Marco Álvarez Gálvez Ph.D.  
**EVALUADOR**



---

Fabrizio Marcillo M.Sc.  
**EVALUADOR**



---

Victor Osorio Cevallos MS.C.  
**PROFESOR GUÍA**

# ANÁLISIS ECONÓMICO DEL CULTIVO DOMÉSTICO DE TRUCHAS EN UN SISTEMA DE RECIRCULACIÓN LIBRE DE MANTENIMIENTO.

Ignacio Manriquez Fernandez-Salvador, MS.C. Victor Hugo Osorio Cevallos  
 Facultad Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales  
 Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
 Campus Gustavo Galindo Km 30.5 vía Perimetral  
 Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador  
[ignacio@d-ocho.com](mailto:ignacio@d-ocho.com)  
[vicosorio@gmail.com](mailto:vicosorio@gmail.com)

## Resumen

*El objetivo principal es cuantificar económicamente un cultivo de truchas doméstico en un sistema de recirculación y libre de mantenimiento, instalado en una hacienda ganadera, que se ubica en la provincia del Carchi. Compartiendo un reservorio para riego de 900 metros cúbicos como fuente de agua. Como se trata de agua de riego es necesaria la decantación, por lo que la toma de agua para el sistema se encuentra en el extremo opuesto al ingreso del reservorio. El sistema está formado por un biofiltro de dos mil litros, dos tanques de cultivo, cada uno con la misma capacidad y un tanque recolector de mil litros con dos bombas sumergibles. En el biofiltro el agua se purifica por filtración con ripio, para ser utilizada en los tanques de cultivo, al ingresar el agua esta se precipita a modo de cascada con 50cm. en desnivel para aumentar el nivel de oxígeno disuelto. Trescientos alevines son sembrados en cada tanque y son alimentados dos veces al día con el 1.5 % de su peso corporal (PC), estimado por tabla, ajustándola con el alimento no consumido. Se estima una temperatura de agua constante con 15 centígrados. El porcentaje de supervivencia es del ochenta por ciento. El agua del drenaje de los tanques es recolectada y bombeada de regreso al biofiltro para cerrar el circuito y mantener una calidad de agua adecuada para el cultivo. Se realizan cosechas parciales según la demanda de cocina. Como resultado se puede ver como el porcentaje de supervivencia mejora la rentabilidad económica directamente.*

**Palabras Claves:** *trucha arcoiris, sistema de recirculación, biofiltro.*

## Abstract

*The principal objective is to economically evaluate a domestic recirculating trout culture free from maintains. Install in a dairy farm in the Province of Carchi. The water supply comes from a reservoir used for irrigation for the farm. Because the water is for irrigation it is necessary to let it decant for its proper use. The intake of the system is located opposite from the inflow of the reservoir. In the system we have a biofilter of 2000 liters, two rearing tanks or 2000 liter each, a caption tank of 1000 liters and two submersible pumps. Inside the biofilter the water is filtered by gravel, for it to be used in the rearing tank, the entrance of the water is by waterfall of 50cm. to increase dissolved oxygen. Three hundred trout offspring are placed in each rearing tank, and are fed twice a day with the 1.5% of its body weight, estimated with the use of a table, which is calibrated by the amount of not consumed feed. The water temperature is constant with 15 degrees Celsius. The survival is 80 percent. The drain water is recollected and pumped back to the biofilter to close the circuit and maintain the water quality for the rearing tank. The trout are harvest depending on the demand from kitchen. As a result it is clear how the economy increases with the increase of the survival percentage.*

**Keywords:** *rainbow trout, recirculating water system, biofilter.*

## 1. Introducción

Con este estudio se podrá evaluar el libre mantenimiento y cuantificar económicamente el cultivo de la trucha a baja densidad de siembra en un sistema de recirculación, en la hacienda ganadera la Laguna. Ubicada en el pueblo El Xigsal a las afueras de la ciudad de San Gabriel vía a Tulcán en la provincia del Carchi. La hacienda se encuentra a una altitud de 2800 metros sobre el nivel del mar con un clima frío. La hacienda tiene un reservorio para riego con 900m<sup>3</sup> de agua, alimentada por una acequia con capacidad de 10 litros por segundo que ofrece una fuente de agua

constante para un sistema de recirculación a baja escala. El éxito del cultivo está en la eficiencia del biofiltro, para lograrlo se deben mantener los parámetros de calidad de agua dentro del rango de las bacterias nitrificantes. Según Alleman & Preston 1991 [1] una disminución en el pH menor a 7 o un brusco cambio de temperatura harán que el biofiltro funcione deficientemente.

La principal ventaja de un biofiltro por bacterias son los costos, las bacterias están en el ambiente y lo único que se requieren es de sustrato. El diseño del biofiltro permite un intercambio de gases por su amplio espejo

de agua, además el ripio da sombra al agua y evitando cambios bruscos de temperatura.

La recirculación esta estudiada en lo profundo y hay muchas empresas que se han adaptado a un sistema de recirculación como EXPALSA en su división de tilapias. En China la empresa AgriMarine Holding de Canadá [2] cultiva truchas para hoteles 5 estrellas en un sistema cerrado de acuicultura. Entre las principales ventajas de la recirculación de agua tenemos la circulación cerrada de agua, impidiendo el ingreso de patógenos, además de poder controlar los parámetros ambientales si se dá el caso.

Para garantizar las cosechas parciales y satisfacer la demanda de cocina del comedor de la hacienda. Se utilizaron parámetros comunes de cultivo de truchas como el cálculo del CUT de 0.01 (crecimiento por unidad térmica) a 15 grados Celsius, y una relación K de 0.016 (peso sobre longitud al cubo). De esta forma se pudo programar el inicio de la cosecha a los seis meses con un peso promedio de 253 gramos, según el ministerio de la producción peruano es factible la engorda de truchas hasta los 350 gramos en 7 meses [3].

Fueron sembrados trescientos alevines por tanque con un porcentaje de supervivencia del ochenta por ciento. Llegando a una densidad máxima aproximada de 50 kilogramos sobre metro cubico, según Emmanuelle Roque y colaboradores, 2009 [4] la densidad máxima segura en sistemas de recirculación es de 100 kg por m<sup>3</sup>.

Entre las ventajas que se tiene con un cultivo de recirculación tenemos menor consumo de agua, manteniendo la calidad dentro de los parámetros para la trucha como indica Genovega y colaboradores [5]. También gracias al control total del sistema se evita mortalidad por depredadores. Se tiene un mejor control de la ración del alimento, puesto que es fácil observar desperdicios de pellets en los filtros diseñados con este propósito.

El uso de tanques comerciales de plástico nos aventaja en costos de mantenimientos, gracias a su escasa porosidad, hay menor probabilidad de adsorber sustancias perecibles y así evitar enfermedades y consumo excesivo de oxígeno. Además hay que considerar que los tanques pequeños tienen menor tiempo para cambiar la totalidad de su volumen como comentan Michael B. Timmons, James M. Ebeling [6] y así menor tiempo de sustancias toxicas en el hábitat de los peces.

## 2. Materiales y Métodos.

Se realizaron trabajos preparando el suelo del sitio, con maquinaria se construyó una piscina de 5 m. de largo, 2 m. de ancho y 0.5 m. de profundidad, cuya función es la de biofiltro, en una cota menos 1.6 con respecto al suelo del biofiltro se niveló un área de 25 m<sup>2</sup>, destinada al área de cultivo, como se muestra en la **figura 1**. El biofiltro se recubrió con geomembrana y se instalaron dos metros cubicos de ripio, como sustrato

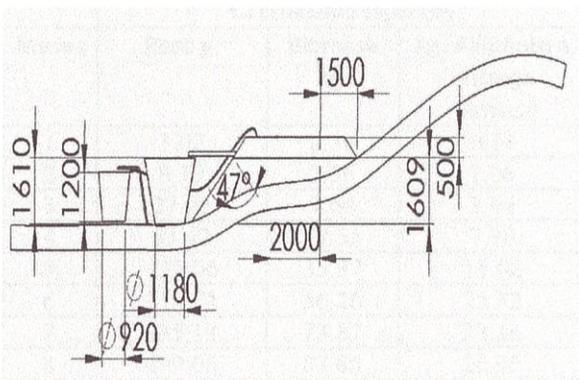
para bacterias, la decisión de usar ripio principalmente se da por su bajo costo y gran disponibilidad.

En el área de cultivo se instalaron dos tanques tipo cisterna con capacidad de dos mil litros de plástico. El desagüe de los tanques es recolectado en un tanque plástico de mil litros, en el cual funcionan dos bombas sumergibles de 60 watts, con caudal de dos mil litros por hora.

El biofiltro fue llenado hasta dos tercios de su volumen con ripio, como sustrato para bacterias además de servir como trampa para solidos suspendidos pequeños. El ingreso del agua es por la parte superior oxigenándose al chocar con el ripio. Las salidas del agua se ubicaran en el extremo opuesto al ingreso, dos tubos perforados de 2 pulgadas manteniendo un nivel de agua adentro del biofiltro con 20 cm.

El agua ingresa a los tanques de cultivo en forma de chorro y tangencial con respecto al tanque, el desagüe está centrado y en el fondo. Con esta configuración se forma una corriente de agua que se asemeja al hábitat óptimo de las truchas. Por otro lado esta corriente circular arrastra a los sólidos suspendidos y a alimento no consumido al desagüe, y los conduce por un sistema de tuberías de 2 pulgadas como se muestra en la **figura 2**.

Los sólidos suspendidos grandes como pellet no consumido al ingresar al tanque de recolección son filtrados por un tamiz plástico de gran tamaño instalado en la caída del agua. El agua ingresa en forma de chorro aireándose para luego ser bombeada de vuelta al biofiltro. En el tanque recolector las bombas empujan el agua a través de mangueras de una pulgada de diámetro de vuelta al biofiltro. Se instaló una válvula flotador de cisterna en el tanque recolector a modo de seguridad, conectado directamente a la toma de agua del reservorio, esto asegura un nivel de agua constante para las bombas.



**Figura 1.** Cotas y topografía en milímetros.

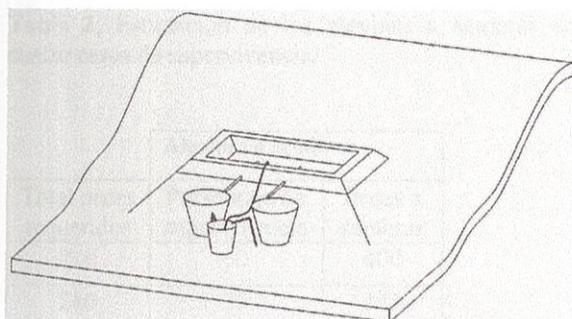


Figura 2. Vista isométrica de la instalación

Son sembrados trescientos alevines de trucha por tanque con una ventana de 6 meses entre siembras, garantizando de esta manera cosechas parciales seguidas durante todo el año. Los alevines son comprados en los criaderos de la zona. La alimentación inicial es con pellet starter comercial, y con una ración a media mañana y media tarde, con el 1.5 por ciento del peso corporal Montaña [7]. A medida que se desarrollan las truchas se cambió la alimentación a un pellet con tamaño más adecuado. Los peces muertos y enfermos son retirados del cultivo y sacrificados para disminuir la proliferación de enfermedades. El porcentaje de supervivencia fue del 80%.

Las cosechas empezaron una vez que la biomasa alcanzó los cuarenta kilos aproximadamente por metro cúbico, con chayo se pescaron los peces necesarios para la alimentación de los operarios de la hacienda cuatro veces por mes. Con un total de diez truchas diarias. Una vez que el tanque fue cosechado completamente se procedió a sembrarlo nuevamente. De esta forma se tiene pescado en la dieta de los operarios durante todo el año.

Según los costos de la proteína para el almuerzo, se calculó un costo de un dólar y medio por trucha, este valor es calculado sacando en promedio del costo actual de la alimentación diaria, esperando ver la rentabilidad del cultivo como una fuente viable de proteína de pescado.

Los costos energéticos están determinados por el consumo de dos bombas de 60 watts con un total de 120 watts. Entregando cuatro mil litros hora convirtiendo a una tasa de cambio de 1, esto significa que se cambia el volumen total de agua una vez por hora en el tanque de cultivo.

En cuanto a la calidad del agua se realizaron muestreos mensuales de: Potencial de hidrogeno, dureza total, dureza de carbonatos, nitrito, nitrato, amonio y carbonato de calcio los resultados se observan en el gráfico 1. Utilizando un kit comercial por colorimetría para peceras.

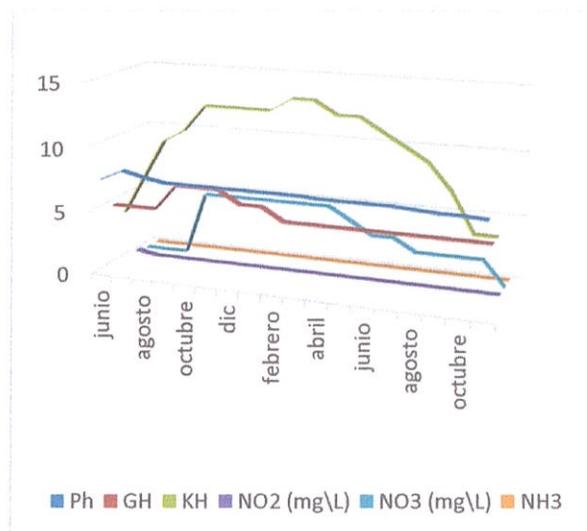


Gráfico 1. Mediciones de parámetros de calidad de agua.

### 3. Planificación de la instalación

Con el objetivo de mantener un cultivo que garantice las cosechas descritas con una producción de 240 truchas, se puede proyectar el crecimiento de los peces mediante la fórmula;  $L_f = Lin + (CUT * UTA)$ . Conociendo los parámetros  $CUT = 0.01$ ,  $K = 0.06$  y  $UTA = 450$ . En la tabla 1 se muestra el crecimiento esperado.

Según la estimación de la supervivencia se considera cuatro casos de cultivo, además la cantidad de alevines que se deben sembrar para compensar las pérdidas por mortalidad se observa en la tabla 2. Teniendo una escala que fluctúa del 60 al 90%.

Tabla 1. Crecimiento esperado.

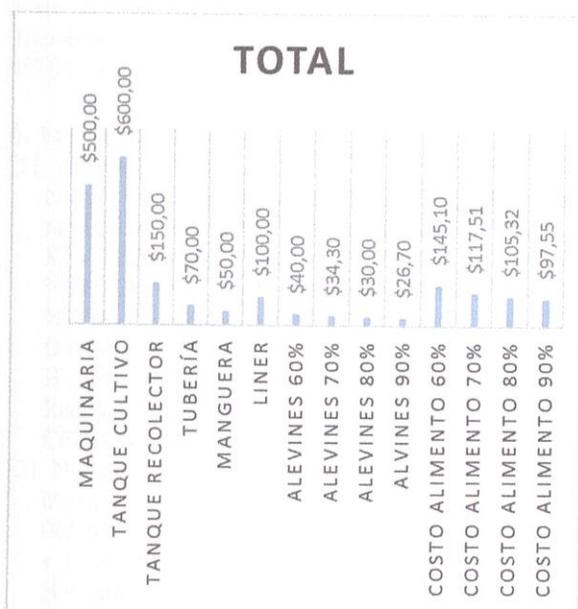
Meses	Crecimiento esperado		
	Peso g.	Biomasa kg.	Kg. Alimento a entrega mensual
1	1.02	0.30	0.14
2	8.19	2.36	1.06
3	27.05	7.64	3.44
4	63.42	17.55	7.90
5	123.06	33.37	15.02
6	211.71	56.26	25.32
7	335.12	73.87	22.16
8	499.06	87.85	26.35
9	709.27	93.98	28.20
10	971.50	87.30	26.19
11	1291.50	62.07	18.62
12	1675.04	11.89	3.57

**Tabla 2;** Estimación de los alevines a sembrar en cuatro casos de supervivencia.

Total peces requeridos	Alevines a sembrar	
	Porcentaje de supervivencia	Peces a sembrar
240	60	400
240	70	343
240	80	300
240	90	267

#### 4. Análisis económico

Considerando todos los costos de instalación, alevines y alimento, se calculó un monto inicial para operar el cultivo de 1600 USD aproximadamente según el porcentaje de supervivencia. Como se observa en el gráfico 2. Las variables que alteran este valor están relacionadas al porcentaje de supervivencia y la alimentación. Considerando un total de 140 a 75 centavos de dólar por kilogramo se tiene un costo de alimentación de 105.32 dólares.



**Gráfico 2:** Costos totales de instalación y de porcentaje de supervivencia y alimentación.

Los costos de alimentación fueron considerados con el 1.5 por ciento del peso corporal en promedio, hasta el primer mes de cosecha, luego el porcentaje de peso corporal fue reducido a 0.7 con el objetivo de mantener a los peces. La tabla 4 muestra los resultados considerados hasta el primer mes de cosecha, debido a que los costos después de cosechar 40 peces disminuyen. Resultando en un total de 140.43 kilos de alimento entregado para todo el periodo con el 80% de supervivencia.

**Tabla 4;** Consumo de alimentación en cuatro casos de supervivencia hasta cosecha.

Meses	Consumo de alimentación según porcentaje de supervivencia			
	Kg. Alimento a entrega mensual 60 %	Kg. Alimento a entrega mensual 70 %	Kg. Alimento a entrega mensual 80%	Kg. Alimento a entrega mensual 90%
1	0.18	0.15	0.14	0.12
2	1.37	1.19	1.06	0.96
3	4.36	3.81	3.44	3.15
4	9.86	8.67	7.90	7.32
5	18.44	16.31	15.02	14.06
6	30.58	27.22	25.32	23.95
Total	64.79	57.35	52.88	49.56

Para calcular el costo energético se tiene; el consumo energético de 120 watts que resulta en:  $120 \text{ w/h} |24\text{h/día}| 30\text{días/mes} |kw/1000w| = 86.4 \text{ Kw/mes}$  cuyo costo considerando a 0.08 USD por KW se calcula un costo total de 6.91 USD por mes resultando en un costo total por ciclo de cultivo de 41.46 USD.

#### 5. Conclusiones y recomendaciones.

El cultivo resultó con éxito en cuanto a no demandar mantenimiento, el dimensionamiento de las tuberías fue suficiente para garantizar el paso del agua sin obstrucción, las bombas no dieron problema alguno en un año de funcionamiento y el biofiltro se mantuvo fluido sin subidas de nivel, además la geomembrana evita el crecimiento de plantas en el filtro.

En cuanto a la calidad de agua los análisis nos dan una clara idea del automático ajuste de los parámetros nitrificados, gracias a las bacterias del sistema.

Considerando los costos operativos por ciclo de cultivo como; el alimento 105.32 USD, mano de obra de 300 USD calculado solo por media hora diaria dedicada a la alimentación y revisión parcial de flujos de un operario de la huerta de la hacienda, y un costo energético de 82.92 USD. Se tiene una suma semestral de 488.24 USD.

Si consideramos el costo de 1.5 dólar por trucha tenemos una producción de 360 USD por tanque que equivale a 720 USD anuales. Que permite pagar los costos operativos y deja un excedente anual de 256.76 USD para pagar la inversión. Haciendo al cultivo bastante aceptable puesto ya que se trata de un cultivo libre de mantenimiento.

El costo de la alimentación de los operarios es de 1.5 de proteína por persona resultando en 720 USD anuales, lo cual resulta en un ahorro de 231.76 USD al año y por cada tanque de cultivo, convirtiendo el plazo de devolución de la inversión en 52 cuotas. Como es de

esperarse con un mayor porcentaje de supervivencia la rentabilidad económica mejora, bajando costos de alimento y de compra de alevines puesto que la necesidad a siembra se reduce.

Es importante analizar el costo beneficio, como se trata de un cultivo específico para la alimentación de los operarios de una hacienda y sabiendo que la proteína de pescado es rica nutricionalmente, se puede dar como aprobado el cultivo.

Se recomienda el uso de tanques plásticos para el cultivo debido a la facilidad para su instalación además de garantizar un correcto sello en la junta con la brida, evitando goteras y pérdidas de agua. Por otro lado las paredes lisas de plástico sin poros evitan la fijación y el desarrollo de colonias de bacterias, facilitando la limpieza de los mismos.

Se recomienda el uso de ripio en el biofiltro debido a que es económico y abundante, además permite un suficiente sustrato para bacterias, da sombra al agua para evitar cambios bruscos de temperatura y forma un flujo laminar que facilita la decantación de sólidos suspendidos menores.

Recomiendo el uso de geomembrana para evitar pérdidas de agua por filtración hacia la tierra además de servir de barrera física para evitar el ingreso de patógenos.

Recomiendo el uso de bombas sumergibles ya que el costo es relativamente barato y el consumo es casi despreciable, además de cumplir con el requerimiento del flujo de agua.

## 6. referencias

- [1] Alleman & Preston en;
- [2] Noticia, Cultivo de truchas en China en;  
[http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2010/06/10/cultivo\\_de\\_truchas\\_en\\_sistemas\\_cerrados\\_e\\_s\\_la\\_novedad\\_en\\_china.html](http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2010/06/10/cultivo_de_truchas_en_sistemas_cerrados_e_s_la_novedad_en_china.html) Bierman, H. and Hausman W., "The Resolution of Investment Uncertainty Through Time," *Management Science* 18, no. 12, 1972, pp. B:654 – B:662.
- [3] Ministerio de la producción del Perú en;  
<http://www.proyectosperuanos.com/truchas.html>
- [4] Emmanuelle Roque d'Orbcastel, y colaboradores, 2009 en;  
<http://archimer.ifremer.fr/doc/2009/publication-6509.pdf>
- [5] Genovega y otros en;  
[http://investigacion.izt.uam.mx/rehb/publicaciones/13-4PDF/247-254\\_Ingle.pdf](http://investigacion.izt.uam.mx/rehb/publicaciones/13-4PDF/247-254_Ingle.pdf)
- [6] Michael B Timmons, James M. Ebeling en;  
<http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/RecircWorkshop/Workshop%20PP%20%20&%20Misc%20Papers%20Adobe%202006/4%20Culture%20Tank%20Design/Culture%20Tank%20Design.pdf>
- [7] Montaña en;  
<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/397/1/MontanaCamilo2009.pdf>