

ANALISIS ECONOMICO DEL CULTIVO DE TILAPIA (*Tilapia nilotica*) EN JAULAS FLOTANTES, CON EL FIN DE OBTENER UN TAMAÑO IDEAL PARA ENLATADO

William González*
Walter Salas**
Oscar Blanco***
Manuel Pontigo****

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el Centro Agrícola Cantonal de Turrialba, en él se probaron 5 niveles de alimentación, 5 densidades de siembra y 5 épocas de cosecha con la finalidad de obtener la combinación alimentación-densidad-edad de mayor rentabilidad para producción de tilapia para enlatado.

El experimento de campo se planteó con base en un diseño central rotatable y alternativamente como un diseño completamente aleatorizado en bloques y la información se obtuvo cada 15 días durante 4 meses. El análisis estadístico se realizó por medio de regresión y análisis de varianza. De acuerdo con él se obtuvo una combinación de 3% de alimentación, 10 peces por m³ y 120 días de cosecha. Tomando en cuenta los datos obtenidos; se sembraron 300 000 peces /ha/año, los que producirán 15760,5 kilogramos, de acuerdo con el precio de ¢ 14,75 (1980), dan un ingreso bruto/ha/año de ¢ 232 467,38 y un ingreso neto de ¢ 96 531,72. Con valores de ¢ 285 769,28 para el V.A.N., 1,46 para la relación beneficio-coste y una T.I.R. de 51%.

Con base en los resultados de esta investigación y en condiciones similares, la producción de tilapia en fines industriales es recomendable en Costa Rica.

ABSTRACT

The study was carried in Turrialba, the fifth county of the Province of Cartago, Costa Rica, 627 m above sea level.

* Economista Agrícola. Centro de Diversificación Agrícola, Turrialba.

** Profesor Asociado. Escuela de Economía Agrícola, Universidad de Costa Rica.

*** Profesor Asociado. División Universitaria de Puntarenas U.C.R.

**** Profesor-Investigador. Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica.

Weather conditions in the area are: annual average temperatures of 27° C, annual rain fall of 3 000 mm³ and an average relative humidity of 90 percent.

A 2 300 m² pond was used for the experiment in which 60 nylon wired cylindrical cages (1,02 m diameter by 1,5 high) were placed on the experimental plot consisted of a rotatable design which alternatively served as an irrestrictly randomized block design. With the aim of obtaining the highest profit combination of feed stuff, population density and age (size), to grow and process canned tilapia, the experiment tested five levels of each variable. Field information was gathered every 15 days during 4 months.

Statistical regression and variance analysis determined a feed rate of 3 percent by weight, an optimum population level of 10 fish per cubic meter and 120 days for harvesting.

INTRODUCCION

La tilapia es un animal de hábitos alimenticios herbívoros, consume fundamentalmente fitoplancton y algas filamentosas, aunque bajo ciertas condiciones puede ingerir otro tipo de alimento. Esta característica permite desarrollar cultivos intensivos, y extensivos de estos organismos (Chen, 1965).

Los cultivos de tilapia se remontan al año 2500 A.C. en Egipto (Maar *et al*, 1966). Hoy día el género *Tilapia* se cultiva en muchos países tropicales. En latinoamérica, especies tales como: *T. mossambica*, *T. hornorum*, *T. nilotica*, *T. aurea*, *T. roja* se han introducido procedentes de países orientales (Greenfiel *et al*, 1984), aunque estas especies se encuentran también en Australia, Asia y en otras regiones tropicales.

En Costa Rica, el sistema tradicional en el cultivo de tilapia ha consistido en el empleo de estanques de tierra, actividad de suma importancia que ha logrado integrarse con proyectos agrícolas. Cuando la tilapia

se cultiva en estanques de tierra, bajo un sistema extensivo, los peces aumentan en número rápidamente, alcanzando la madurez sexual cuando aún poseen un tamaño muy pequeño; consecuentemente, el rendimiento del cultivo resulta muy pobre (Chen, 1985). Para solucionar el problema de la sobrepoblación en estanques se han diseñado algunas técnicas entre las cuales se destacan: uso de depredadores, cultivo de organismos de un solo sexo, producción de híbridos y el cultivo en jaulas.

Los cultivos de tilapia en jaulas flotantes se emplean experimentalmente con el fin de obtener una eficiente producción. Pagán-Font (1975) utilizó las jaulas flotantes para controlar su reproducción y crecimiento.

Guerrero (1977) determinó las conversiones de alimento de ciertas dietas suministradas a tilapias cultivadas en jaulas, Sjansudin (1980) observó que los promedios de crecimiento de *T. nilotica* cultivada en jaulas (1 m³) son mayores que los determinados para la misma especie cultivada en estanques de más de una hectárea.

Nanne (1980) reportó un rendimiento de 2200 kg por jaula (6 x 6 x 2 metros) con densidades de siembra de 240 peces por metro cúbico.

La situación actual de la producción de tilapia en Costa Rica presenta las siguientes características:

1. Escasa investigación a nivel de producción para enlatado,
2. Poca información a productores,
3. Aumento desmedido de los costos de alimento y
4. Deficiente conversión alimenticia de los peces en estados avanzados de su ciclo de vida.

De acuerdo con estas características, la producción de la tilapia es una actividad no consolidada. Sin embargo, es importante la investigación en producción y enlatado de tilapia, ya que potencialmente podría competir (precios y contenido nutricional) con los productos enlatados de origen marino.

El objetivo de este trabajo es el de demostrar la importancia de un análisis económico del cultivo de *Tilapia nilotica* en jaulas flotantes, con el fin de obtener un tamaño ideal para enlatado.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en Turrialba, Costa Rica, en un estanque seminatural irregular con una área de

espejo de agua aproximada a los 2300 m² y con profundidad promedio de 1,5 m. El lugar está ubicado a una altitud de 627 m sobre el nivel del mar, con temperatura promedio de 27° C, precipitación pluvial de 3000 mm y humedad relativa de 90%. Para el estudio se utilizaron 60 jaulas con volumen de 15 m³ construidas con mallas de nylon de 1,02 cm de apertura (Figura No. 1).

La distribución de las jaulas en el estanque se realizó con base en un diseño central con quince tratamientos y cuatro repeticiones. Las jaulas se colocaron en dos hileras en forma de "L" a una distancia de 0,5 m entre ellas y a dos metros de la orilla. Las jaulas fueron sembradas con alevines de *Tilapia nilotica*, con densidades de 5, 10, 15, 20 y 25 peces por metro cúbico de agua con un peso promedio de 22,5 g por pez.

Se utilizó alimento concentrado en pelet, preparado por la Central Agrícola de Cartago, con la siguiente composición: salvadillo, semolina, harina de semilla de algodón, harina de carne y de pescado, soya, vitaminas y minerales, con un contenido mínimo de 22% de proteína, 4% de grasa y 10% máximo de fibra.

La dosis diaria de alimento concentrado se calculó con base en el peso total de los peces en la jaula, aplicando 1%, 2%, 3%, 4% y 5% según el tratamiento y fue suministrada en dos raciones diarias. Durante la realización del experimento se aplicó al estanque diariamente 2,5 kg de gallinaza como fertilizante orgánico y 0,9375 kg/semana del fertilizante 0-46-0 (super fosfato triple). Todos los meses se pesó la población confinada en cada jaula, para permitir ajustar la ración de alimento de acuerdo con la biomasa existente.

En el cálculo del índice de conversión se aplicó la fórmula propuesta por Kuri-Nivón (1980):

$$I.C.A = \frac{\text{Peso total de alimento suministrado}}{\text{Incremento en peso de los peces}}$$

Los principales parámetros físico-químicos se determinaron diariamente:

- el pH utilizando un medidor FISCHER modelo Nº 607,
- el oxígeno disuelto mediante el método modificado Winkler y
- la temperatura con un termómetro de escala de 0° C a 50° C.



FIGURA No. 1. Sistema de jaulas. Encierros de 1,5 m³ construidos con red de nylon de 1,02 cm de apertura.

Como variable de respuesta se tuvo diferentes épocas de cosecha: a los 92, 99, 106, 113 y 120 días respectivamente, de acuerdo con las características de los peces sembrados y su comportamiento. Este tiempo es el necesario para alcanzar el tamaño deseado, o sea de 15 a 23 cm de largo y un peso entre 50 y 130 gramos, todo ello con fines de enlatado para consumo popular.

En el Cuadro No. 1 se observa el diseño planteado y su ortogonalización mientras que la Figura No. 2 muestra la distribución en el espacio del diseño estadístico utilizado. Cada uno de los tratamientos se repite cuatro veces aleatorizados en cada bloque.

La evaluación estadística se realizó en el siguiente modelo de regresión:

$$Y = b_0 + b_1 R + b_2 A + b_3 D + b_4 E + b_{11} A^2 + b_{22} D^2 + b_{33} E^2 + b_{12} AD + b_{23} DE$$

donde:

- Y = variable en estudio
- b(0)-b(2-3) = coeficiente de regresión
- R = repeticiones
- A = alimentación
- D = densidad
- E = edad

Alternativamente las variables se analizaron mediante un diseño completamente aleatorizado en bloques con 15 tratamientos, con 3, 14, 42 y 59 grados de libertad respectivamente para bloques, los tratamientos, el error y el total. Para comparar medias se utilizó la Prueba de Duncan. Posteriormente se utilizó una proyección por medio del lenguaje Fortran, para realizar la elección del mejor tratamiento, por eliminación de acuerdo con las restricciones de tamaño y peso necesario para enlatado (Cuadro No. 2).

El análisis económico se hizo partiendo de la proyección del mejor tratamiento obtenido. Se consideró el desarrollo de la actividad dentro de la concepción de proyecto agropecuario, con una vida útil de 6 años, haciendo la evaluación respectiva mediante el valor actual neto (VAN), la relación beneficio-costos (B/C), la tasa interna de retorno (T.I.R.)/ha, además del punto de equilibrio. La información sobre costos se realizó en colaboración con el Centro Agrícola Cantonal de Turrialba.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las unidades de cultivo la temperatura del agua varió de 24 a 29° C; el nivel promedio de

CUADRO No. 1. Distribución de los tratamientos en el diseño

# Jaula	Alimentación % peso \bar{x} diario/pez	Densidad Peso/m ³ agua	Epoca de cosecha	X	Y	Z
1	-2	10	99	-1	-1	-1
2	2	10	113	-1	-1	1
3	2	20	99	-1	1	-1
4	2	20	113	-1	1	1
5	4	10	99	1	-1	-1
6	4	10	113	1	-1	1
7	4	20	99	1	1	-1
8	4	20	113	1	1	1
9	1	15	106	-2	0	0
10	5	15	106	2	0	0
11	3	5	106	0	-2	0
12	3	25	106	0	2	0
13	3	15	92	0	0	-2
14	3	15	120	0	0	2
15	3	15	106	0	0	0

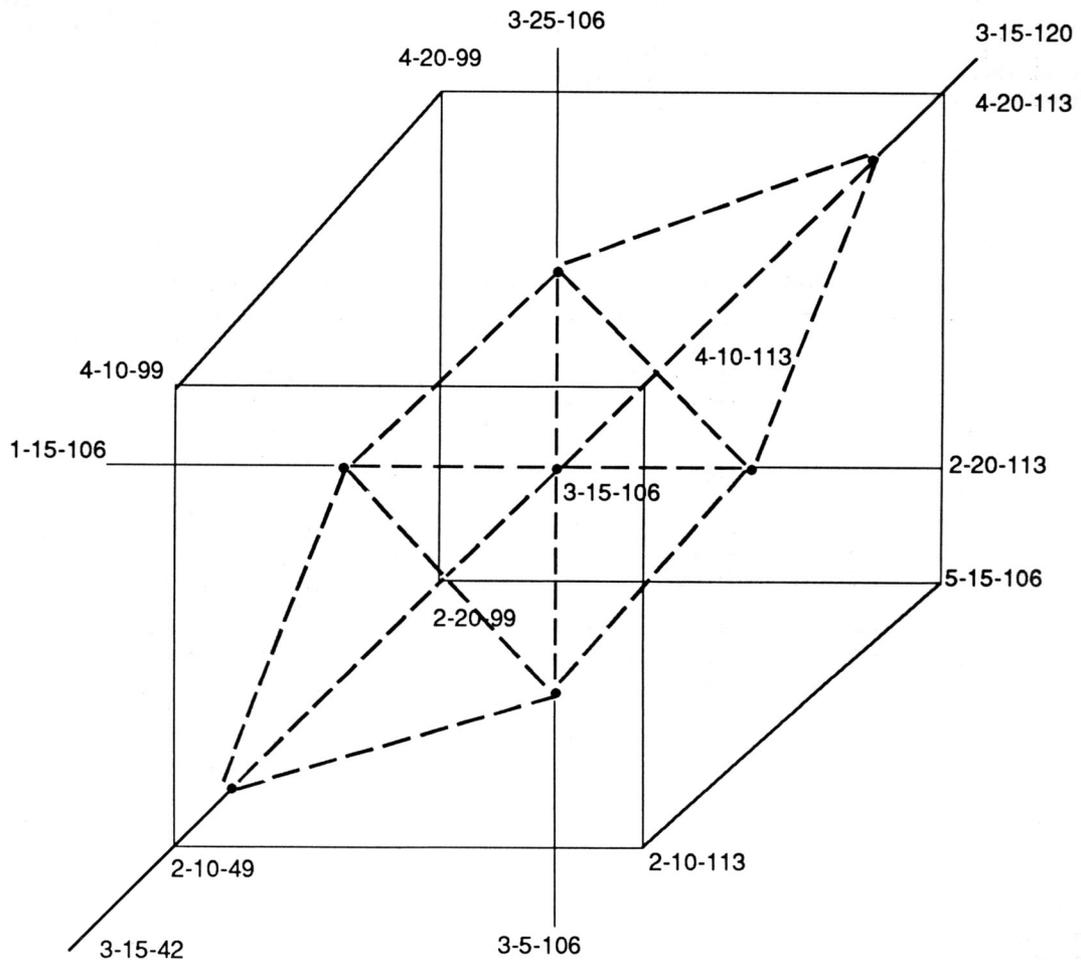


FIGURA No. 2. Distribución en el espacio del diseño utilizado

CUADRO No. 2. Proyección de variables seleccionadas para realizar la elección del mejor tratamiento

Nº	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	1%	5	106	151,40	58,06	241,33	1,03	2,53	1,03	3,56			
2	1	5	113	155,10	60,01	240,35	0,95	2,59	0,95	3,54			
3	1	5	120	159,02	60,51	217,96	0,88	2,33	0,88	3,21			
4	2	5	106	153,00	62,26	282,68	1,62	2,54	1,62	4,16			
5	2	5	113	157,50	65,50	294,30	1,59	2,75	1,59	4,34			
6	2	5	120	161,40	67,29	284,52	2,13	2,62	1,57	4,19			
7	3	5	106	154,32	65,73	311,98	2,15	2,47	2,13	4,60			
8	3	5	113	159,21	70,26	336,21	2,19	2,80	2,15	4,95			
9	3	5	120	163,49	73,35	339,04	2,31	2,61	2,19	5,00			
10	3	10	120	151,55	61,46	525,35	2,57	5,44	2,31	7,75	232 467,38	135 935,66	96 531,72
11	4	5	106	155,37	68,47	329,25	2,65	2,28	2,57	4,85			
12	4	5	113	160,64	74,29	366,09	2,64	2,75	2,65	5,40			
13	4	5	120	165,81	78,67	381,53	2,69	2,88	2,74	5,62			
14	4	10	113	150,66	63,41	558,33	2,94	5,44	2,79	8,23	247 061,03	164 182,03	82 879,00
15	4	10	120	153,75	66,70	578,01	2,94	3,58	2,94	8,52	255 769,43	173 009,02	82 760,41
16	5	5	106	156,13	70,49	334,48	3,08	1,99	2,94	4,93			
17	5	5	113	161,79	77,60	383,93	3,22	1,58	3,08	5,66			
18	5	5	120	166,85	83,20	411,98	3,30	2,85	3,22	6,07			
19	5	10	113	152,20	66,63	586,34	3,50	5,24	3,30	8,74	259 455,45	194 193,80	65 261,65
20	5	10	120	155,67	71,22	618,36	3,50	5,62	3,50	9,12	271 411,80	205 963,12	65 448,68

A: Alimentación
 B: Densidad/m³
 C: Días de cosecha
 D: Producción en mm
 E: Producción en gramos
 F: Producción total en gramos
 G: Costos alimentación
 H: Utilidad en ¢
 I: Costo alimentación
 J: Ingreso Bruto
 K: Ingreso Bruto/ha en ¢
 L: Costos Producción/ha en ¢
 M: Ingreso neto = Utilidad/ha en ¢

CUADRO No. 3. Resultado de respuesta por tratamientos y variables

I	II	III	IV	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	2	10	99	413,58	1061,36	1,38	2,00	256,08	25,02	263,36	26,33	0,004
2	2	10	113	492,50	1151,99	1,55	2,71	327,50	32,75	315,99	31,59	0,005
3	2	20	99	761,34	2184,93	1,38	3,67	423,84	21,19	474,93	23,74	0,004
4	2	20	113	867,92	2221,36	1,43	4,36	524,79	26,23	483,86	24,14	0,005
5	4	10	99	424,79	1113,36	2,71	3,96	256,04	25,60	258,36	25,85	0,009
6	4	10	113	564,85	1167,86	2,75	5,33	401,72	40,17	341,36	34,13	0,009
7	4	20	99	841,26	2266,97	2,62	7,73	503,76	21,18	556,97	27,84	0,009
8	4	20	113	976,66	2233,22	3,18	11,03	644,79	32,23	551,72	27,53	0,011
9	1	15	106	545,48	1553,43	0,79	1,51	303,61	20,24	327,93	21,86	0,002
10	5	15	106	746,34	1725,18	3,20	8,23	499,09	33,27	471,18	31,41	0,011
11	3	5	106	326,25	677,00	2,08	2,32	236,25	47,25	221,00	44,20	0,007
12	3	25	106	1040,34	2739,63	2,24	8,06	624,09	29,96	630,63	25,22	0,007
13	3	15	92	566,14	1572,39	1,86	3,66	318,64	21,24	318,39	21,22	0,006
14	3	15	120	668,46	1715,75	2,48	5,97	440,96	29,39	461,75	30,78	0,008
15	3	15	106	666,00	1614,58	2,12	4,96	429,75	28,65	417,58	27,83	0,007

A: Producción media en gramos
 B: Longitud media en milímetros
 C: Conversión alimenticia media
 D: Costo medio de alimentación en ¢
 E: Incremento del peso total en gramos
 F: Incremento del peso individual en gramos
 G: Incremento de longitud total en milímetros
 H: Incremento de longitud individual en milímetros
 I: Conversión por colón gastado por alimentación
 I: Número de tratamientos
 II: % de alimentación
 III: Densidad de siembra/m³
 IV: Días de cosecha

CUADRO No. 4. Flujo de ingreso y gastos en colones. Proyecto de producción de tilapia en condiciones de 3% de alimentación, 10 peces/m³ y 120 días para cosechar

Concepto	Años					
	1	2	3	4	5	6
Costos de inversión	35 347,60	—	—	—	—	—
Costos de operación	135 935,66	135 935,66	135 935,66	135 935,66	135 935,66	135 935,66
Intereses	9 578,81	9 578,81	9 578,81	6 740,15	3 560,83	—
Total de costos	180 862,07	145 514,47	145 514,47	142 675,80	139 496,49	135 935,66
Venta pescado	220 844,01	220 844,01	220 844,01	220 844,01	220 844,01	220 844,01
Total ingresos	220 844,01	220 844,01	220 844,01	220 844,01	220 844,01	220 844,01

oxígeno disuelto alcanzado fue de 5 mg/litro y el pH osciló entre 6,5 y 9,2.

Mediante el análisis del diseño ortogonalizado se pudo determinar un efecto lineal significativo al 5% para la densidad de siembra, así como una participación del 54% en la variación del experimento. La alimentación y la época de cosecha tiene una respuesta poco significativa y la participación en la variación del experimento es pequeña. El efecto cuadrático solo se determinó como significativo al 5% en la densidad, cuando se estudió directamente sobre el incremento medio de peso.

Las interacciones no dieron resultados significativos; mientras que el efecto repetición fue significativo para costos de alimentación, conversión alimenticia y la conversión por unidad monetaria (colón) gastada.

Analizado el experimento mediante regresión, se logró determinar un efecto lineal de alimentación, densidad y época de cosecha, mostrando una mayor participación en lo que respecta a variación por parte de la densidad de siembra. El único efecto cuadrático que existió fue el de la densidad al relacionarla con el peso y la longitud individual. El efecto de interacción fue significativo para la alimentación-densidad y alimentación-edad de recolección. Se logró determinar un efecto significativo de repetición cuando se analizaron las variables costos de alimentación, conversión alimenticia y conversión/colón.

Los resultados obtenidos por medio de regresión nos dan algunas tendencias de ubicación del punto central, hacia el cual se orientó la investigación. Se hace notar la densidad de siembra como la variable de mayor influencia en los resultados obtenidos.

En el Cuadro No. 3 se resumen los resultados de respuesta de los distintos tratamientos para las diferentes variables.

La Prueba de Duncan permite ubicar los tratamientos en tres grupos específicos, en lo que respecta a ganancia total, tanto en peso como en longitud. Los tratamientos de mayor densidad resultaron ser los mejores, es decir, los de 30 y 25 peces/m³ de agua. Así se puede inferir que las altas densidades dan mejores producciones. Sin embargo, estas producciones son respuestas a altas alimentaciones en el experimento, como son 3% y 4% del peso corporal de los peces en el estanque. De acuerdo con los incrementos individuales de peso y longitud, estos tratamientos se mantienen dentro de aquellos que mostraron una respuesta intermedia. Como respuesta al análisis económico estos tratamientos mostraron ser poco eficientes.

Mediante la Prueba de Duncan se pudieron establecer tres grupos específicos de tratamientos, con respecto a ganancia total de peso y longitud. Los mejores tratamientos fueron los de mayor densidad, así el número 12: (3%-25-106), número 8 (4%-20-133) y número 7 (4%-20-99) fueron los mejores. De esto se pudo deducir que las altas densidades dan mejores producciones, sin embargo estos son resultados de alimentaciones altas, lo que hace a los tratamientos muy caros.

El tratamiento número 11 (3%-5-106) presentó el mejor comportamiento con respecto al incremento individual de longitud y peso; además cuando se comparó con respecto a conversión alimenticia y costos de alimentación, se comportó como el mejor tratamiento.

El tratamiento número 9 (1%-15-106) es importante y debe ser destacado con respecto a producciones totales por jaula en longitud y peso. El mismo se comporta como un tratamiento de respuesta intermedia. Cuando se analizó con respecto a conversión alimenticia y costos de alimentación, se comportó como el mejor tratamiento.

Orientado el análisis a las condiciones de peso y longitud necesarias para enlatado, se encontró que el tratamiento número 11 (3%-5-106) dio una respuesta de peso final individual mayor de 50 gramos, con peso promedio de 70 gramos. Para efectos de utilidad neta respecto a costos de alimentación y considerando un precio de venta de ¢ 14,75/kg del producto, los tratamientos número 11 (3%-5-106), número 6 (4%-20-113), número 14 (3%-15-120) y el número 15 (3%-15-106) obtuvieron pesos entre 50 y 90 gramos necesarios para enlatado, siendo precisamente el número 15 el mejor. Debe hacerse notar que este corresponde al tratamiento central, resultado que concuerda con los obtenidos por Nanne (2), Sánchez (3), Greenfield (1).

Al revisar los datos del Cuadro No. 2, la mejor producción kg/ha/año se obtiene con el tratamiento extrapolado número 20 (5%-10-120), pero el costo de alimentación es de ¢ 105 000/ha/año, lo que influye en los costos de producción y hace que la utilidad neta por ha/año sea de ¢ 65 488,68 (cálculo hecho con base en el cambio en 1980: ¢ 8,60/\$USA).

En tanto que el tratamiento número 10 (3%-10-120) da como resultado una utilidad neta/ha/año para el producto de ¢ 96 532.

Discriminando mediante la utilidad neta como parámetro para seleccionar el mejor tratamiento, se eligió el tratamiento número 10 (3%-10-120) para luego hacer las evaluaciones económicas, considerando la producción de tilapia como un proyecto agropecuario con una vida útil de 6 años y tomando una hectárea de estanque como unidad de explotación. En la estimación de costos e ingresos para un período de vida útil de seis años, no se tomó en cuenta la inflación en el supuesto que afecta igual a ambos rubros (Cuadro No. 4).

Al actualizar los datos al 12% (tasa de interés del préstamo bancario para esta línea productiva) el proyecto arroja un valor anual neto (V.A.N.) de ¢ 285 769,28 y una relación beneficio-costos (B/C) de 1,46, así como una tasa interna de retorno (T.I.R.) de 51%, indicando que la inversión soporta tasas de interés altas antes de llegar al punto de equilibrio. A

todas luces los indicadores anteriores muestran la rentabilidad del proyecto en las condiciones de estudio.

Un análisis financiero adicional permite calcular que el proyecto posee un precio de equilibrio (sin obtener pérdidas ni ganancias) de ¢ 9,41/kg a diferencia de ¢ 14,75/kg que es el precio de venta. Por otra parte, la cantidad necesaria para llegar al punto de equilibrio para el precio considerado sería de 10056,48 kg/año/ha, o sea el 64% de la producción estimada.

Para satisfacer la demanda actual, (estimada en 575 T.M. de tilapia) se requerirán 36,5 hectáreas de estanque sembrados con 10 peces por metro cúbico de agua, una alimentación del 3% del peso y recolectado a los 120 días de edad.

Con estos resultados se considera viable incentivar la producción de tilapia, con fines industriales; ya que se tiene capacidad técnica y un amplio mercado potencial, promoviendo así una actividad agropecuaria e industrial no tradicional.

LITERATURA CITADA

- Chen, F.Y. **Report of the Tropical Fish**. Culture Research Institute. Malacca. 8 p. 1965.
- Guerrero, R.D. **Cage culture of Tilapia**. F.A.O. **Aquaculture Bull**, 8 (2): 8-9. 1977.
- Greenfield, J.E., Lira, E.R. and Jenson, J. **Economic evaluation of Tilapia hybrid culture in N.E. Brazil**. Paper of F.A.O./CARPAS Symposium, Montevideo. 1974.
- Maar, A; Mortimer, M.A. and Van der Lingen I. **Fish culture in Central East Africa**. F.A.O. Rome. 160. 1966.
- Nanne E.H. **Jaulas flotantes: nuevo sistema utilizado en cultivos de peces**. **Revista de la Asociación Bananera Nacional**, 4 (2): 12-15. 1980.
- Pagán-Font, F.A. **Cage culture as a mechanical method for controlling reproduction of Tilapia aurea** (Steindachner) **Aquaculture**. 6:243-247. 1975.
- Sjamsudin, A.R. **Control of reproduction of Tilapia nilotica using cage culture**. **Aquaculture**. 20:177-185. 1975.
- Kuri-Nivon, E. **Determinación del factor de conversión de alimento** (FACA) México. Departamento de Pesca. **Manuales técnicos de Acuicultura Nº 1**. 33 p. 1980.