

Se presenta el Informe Final de la Consultoría, referidos a los resultados de la evaluación bioeconómica de la Estrategia Pesquera - Acuicola (EPA) para el camarón *Cryphiops caementarius*, en la cuenca del Río Choapa. Para el caso del Programa de Repoblamiento, se plantea la necesidad de aumentar el número de juveniles producidos en el hatchery a un nivel de 600.000 juveniles a ser introducidos en la población natural. Del mismo modo, en cuanto al Programa de Producción Acuípónica se plantea la necesidad de aumentar el tamaño productivo contemplado originalmente, ya que el módulo básico contemplado está más orientado a ser una unidad demostrativa más que una unidad productiva

*Informe Final De La Asesoría “Evaluación Bio-Economica De La Estrategia Pesquera-Acuicola (EPA) Para El Camarón *Cryphiops caementarius*, En La Cuenca Del Río Choapa”*

Preparado por

Dr. Eduardo P. Pérez E.

Viña del Mar – Chile

07 de diciembre de 2020

Contenido

1. Contexto	5
1.1. Objetivos de la Consultoría	5
2. Enfoque Metodológico.....	6
2.1. Modelo Programa de Repoblamiento	6
Submodelo Biológico.....	7
Submodelo Tecnológico	10
Submodelo Económico	11
Indicadores de Desempeño	11
Repoblamiento de Camarón de Río	12
2.2. Modelo Acuiponía	13
Submodelo biológico	13
Submodelo Tecnológico	17
Submodelo Económico	18
3. Resultados	21
3.1. Programa de Repoblamiento	21
3.1.1. Análisis de riesgo.....	25
3.2. Evaluación económica del Programa de Acuiponía (módulo básico y <i>full</i>). 25	
3.2.1. Módulo básico.....	25
3.2.2. Módulo <i>Full</i>	27
3.2.3. Escalamiento de los módulos.....	29
3.2.4. Análisis de riesgo.....	30
3.3. Evaluación económica del módulo de engorda.....	32
3.3.1. Análisis de riesgo.....	35
4. Discusión.....	36
4.1. Programa de Repoblamiento	36
4.2. Cultivo acuípónico	36
4.3. Cultivo de engorda.....	37
5. Conclusiones.....	37
6. Literatura Citada	39

Listado de Figuras

Figura 1. Modelo conceptual del Programa de Repoblamiento	8
Figura 2. Modelo conceptual para el cultivo multi específico en un sistema de recirculación.	15
Figura 3. Sistema de acuiponía diseñado e implementado según Merino (com. pers.), Figura aportada por Germán Merino.....	17
Figura 4. Comportamiento temporal de variables de desempeño en tres escenarios: sin programa de Repoblamiento (triángulos negros) y con programa introduciendo 25.000 (círculos blancos) y 600.000 (círculos negros) juveniles producidos en hatchery. La línea negra punteada del gráfico inferior derecho representa el punto de referencia.....	22
Figura 5. Costos medios por kilo capturado considerando el costo de los juveniles producidos en hatchery e introducidos en el río (gráfico superior); costo medio para el camaronero que no considera el costo del repoblamiento (gráfico medio) y costo medio por kilo captura de individuos que han sido introducidos en el río y que contribuyen al reclutamiento posterior (gráfico inferior). Sin programa de repoblamiento (triángulos negros); con 20.000 juveniles introducidos en el río (círculos blancos) y con 600.000 introducidos (círculos negros).	24
Figura 6. Resultados del análisis de riesgo para los tres niveles de repoblamiento: 0 (línea negra punteada), 25.000 (línea roja) y 600.000 juveniles (línea negra gruesa). La línea vertical punteada representa el punto de referencia. El eje de las ordenadas representa la probabilidad de obtener un ingreso per cápita igual o mayor que algún valor sobre el eje de las abscisas.	25
Figura 7. Dinámica temporal (primer año) del ingreso en el módulo básico: truchas (línea anaranjada); camarones (línea verde segmentada); albahaca (línea azul); ingreso total (línea verde continua) y costo total (línea roja).	26
Figura 8. Dinámica temporal (primer año) del ingreso en el módulo full: truchas (línea anaranjada); camarones (línea verde segmentada); albahaca (línea azul); ingreso total (línea verde continua) y costo total (línea roja).	28
Figura 9. Análisis de riesgo para el módulo básico con distintos números de socios en la organización: 24 socios (líneas azules) y con distintos niveles de escalamiento, x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada); 18 socios (líneas rojas), x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada); 12 socios (líneas verdes) y con distintos niveles de escalamiento, x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada)	31
Figura 10. Análisis de riesgo para el módulo full con distintos números de socios en la organización: 24 socios (líneas azules) y con distintos niveles de escalamiento, x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada); 18 socios (líneas rojas), x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada); 12 socios (líneas verdes) y con distintos niveles de escalamiento, x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada)	31
Figura 11. Análisis de riesgo para el cultivo de engorda de camarón en piletas de 40 x 20 m, en un escenario donde un privado aporta los juveniles. Las líneas gruesas	

representan las tendencias en los ingresos per cápita para organizaciones de 24 (línea negra), 18 (línea roja) o 12 miembros (línea punteada). 35

Listado de Tablas

Tabla 1. Variables y parámetros utilizados en el modelo de evaluación bioeconómica del Programa de Repoblamiento de camarón de río del norte en la cuenca del río Choapa.	10
Tabla 2. Parámetros usados en el modelo bioeconómico diseñado para la evaluación económica productiva del sistema de acuaponía.	16
Tabla 3. Detalles del proceso de alimentación y otros indicadores del cultivo.....	18
Tabla 4. Parámetros del modelo del cultivo de engorde.....	21
Tabla 5. Evaluación económica del módulo básico de acuaponía.	27
Tabla 6. Evaluación económica del módulo full de acuaponía.	29
Tabla 7. Resultados del escalamiento de los módulos de cultivo acuíponicos (básico y full) para la variable de desempeño ingreso per cápita. El punto de referencia para esta variable es de MM\$ 3,5.....	30
Tabla 8. Valores de la inversión en distintas dimensiones productivas (escalamiento).	30
Tabla 9. Evaluación económica del módulo de engorda de acuerdo con las especificaciones dadas por la Tabla 4.....	34
Tabla 10. Evaluación económica del módulo de engorda al aumentar la producción 10 veces.....	34
Tabla 11. Evaluación económica del cultivo de engorda basado en piletas de 800 m ²	34
Tabla 12. Ingreso per cápita anual esperado. El ingreso per cápita (1) representa el ingreso si el privado asume sólo el costo de juveniles y el ingreso per cápita (2) si asumiera todos los costos del cultivo de engorda en piletas aportadas por la organización.	33

1. Contexto

Dentro del Programa “Consolidación Estrategia Pesquera Acuicola Del Camarón De Rio Del Norte *Cryphiops caementarius*, En La Cuenca Hidrográfica Del Rio Choapa” IFOP licitó una Asesoría especializada en modelamiento bioeconómico que pudiera abarcar distintas etapas contempladas en el Programa. Estas etapas se relacionan con los siguientes experimentos de interés, a saber: i) repoblamiento de juveniles obtenidos en hatchery; ii) una experiencia acuicola a través de la implementación de módulos de cultivo acuapónicos con tecnología de recirculación, considerando para ello truchas, hortalizas y camarones de río; iii) sistemas de cultivos tradicionales de engorda con estanques instalados en tierra.

La Consultoría requerida tuvo relación con modelar desde un punto de vista bio – económico estas tres experiencias. De esta manera, los Objetivos pueden ser descritos en los siguientes términos,

1.1. Objetivos de la Consultoría

2. Modelar y evaluar en términos bio-económicos el desempeño de la experiencia de repoblación bajo distintos escenarios de simulación, incluyendo un análisis de riesgo.
3. Modelar y evaluar en términos bio-económicos el desempeño del sistema de acuaponía y de estanques en tierra bajo distintos escenarios de simulación, incluyendo un análisis de riesgo.

En términos del primer Objetivo el análisis estuvo orientado a evaluar el efecto que tiene sobre variables críticas el repoblamiento anual del río Choapa con 25.000 juveniles producidos en el hatchery de la Universidad Católica del Norte (UCN). Así se comparó la situación con y sin Programa de Repoblamiento. Adicionalmente, se exploró un escenario el cual buscaba dimensionar el volumen de repoblamiento necesario para mantener las expectativas de ingreso *per cápita* de los camaroneros de la cuenca a cierto nivel deseable y constante en el tiempo, esto en el marco de generar ingresos durante los siete meses al año en que la pesca es permitida.

En términos del segundo Objetivo el esfuerzo se orientó a determinar el nivel de producción necesario para satisfacer un ingreso per cápita durante cinco meses al año (en los que rige una veda extractiva del camarón) equivalente al ingreso generado por la actividad de pesca. En este análisis se comenzó con el nivel de producción contemplado en el marco del Proyecto, donde la UCN instalaría un módulo de acuaponía básico y se contrastó con el ingreso per cápita deseado. Así se fue escalando en el nivel de producción hasta encontrar un tamaño de producción que satisficiera las necesidades de organizaciones con distinto número de socios.

Lamentablemente, por distintas razones, entre ellas el estado de catástrofe sanitaria que fue implementado por la autoridad sanitaria, muchas de las actividades de terreno que tenía que generar los datos para proceder con los análisis no pudieron ser desarrolladas. Esta situación generó el escenario en que la evaluación concreta comprometida en los Objetivos de la Consultoría no pudiese ser desarrollada en los términos de realismo previstos inicialmente. En este contexto, varios e los insumos necesarios a los modelos desarrollados

debieron ser supuestos o aproximados de experiencias previas. Esto impactó en el desarrollo de algunas actividades, por ejemplo, en el análisis de riesgo del Programa de Repoblamiento el cual, bajo esa circunstancia no fue desarrollado.

2. Enfoque Metodológico

Basados en los modelos conceptuales que se muestran en las Figura 1 y Figura 2 se discutió con la Contraparte Técnica la disponibilidad de datos reales para avanzar en el diseño de los modelos matemáticos. Frente a la falta de datos para cubrir las necesidades de los modelos conceptuales se decidió realizar el diseño matemático basado en el supuesto que las variables del modelo se enlazan de una manera lógica de acuerdo con lo esperado por la teoría biológico – pesquera, por las indicaciones dadas por el fabricante del sistema de recirculación y por la teoría de evaluación de proyectos. Sobre esta base se revisaron básicamente tres trabajos fundamentales: Hilborn y Walters (1992), Gurney y Nisbet (1998) y Haddon (2001) para los aspectos de dinámica de poblaciones; Merino y von Brand (2019) para el funcionamiento del sistema de acuaponía y Sapag y Sapag (2008) para la evaluación económica; esto sumado a la experiencia previa del Consultor en otros proyectos anteriores en el cual ha participado. En la actualidad se está en la fase de buscar en la literatura especializada algunos parámetros biológicos (crecimiento en peso, mortalidad) que pueden servir para alimentar los modelos.

Se describe a continuación los modelos matemáticos asociados a cada Objetivo Específico.

2.1. Modelo Programa de Repoblamiento

La evaluación bioeconómica del Programa de Repoblamiento está descrita conceptualmente en la Figura 1.

El modelo cuantitativo representa un ejercicio educado respecto del potencial efecto que tiene la introducción de juveniles de camarón de río en la cuenca del Choapa. Esto básicamente se debe a la carencia de información acerca del tamaño poblacional ya sea como resultado de una evaluación directa o indirecta a través de métodos de éxito de pesca. Ante esta situación de cero información se decidió con la Contraparte Técnica desarrollar un ejercicio que representara de una manera aproximada a una población hipotética, de tamaño suficiente para explicar una captura anual de alrededor de 40 t.

El objetivo fundamental de este ejercicio es mostrar el efecto que tiene la introducción en el río de juveniles generados en hatchery sobre variables de desempeño tales como biomasa, reclutamiento, captura, ingreso *per cápita* anual, costo medio por kilo capturado y costo medio de individuos generados en el marco del Programa de Repoblamiento.

Un aspecto sustancial es explorar la contribución de un Programa de Repoblamiento que cumpla con lograr un ingreso por camaronero que sea equivalente a dos sueldos mínimos mensuales durante el periodo que se permite efectuar faenas de explotación en la cuenca del río Choapa. Este periodo dura siete meses y el nivel de ingreso *per cápita* se fijó en MM\$ 3,6.

Se compararon los resultados en las variables de desempeño evaluando tres escenarios: a) sin repoblamiento; b) con Programa de Repoblamiento introduciendo 25.000 juveniles en forma anual y c) introduciendo una cantidad de juveniles suficiente como para generar un ingreso per cápita de MM\$ 3,6.

Submodelo Biológico

El submodelo biológico inicializa con una población de tamaño conocido P, estructurada por sexo (hembras y machos) y edad (juveniles y adultos). Las hembras adultas de la población contribuyen al reclutamiento de juveniles de acuerdo con la función de reclutamiento

Ecuación 1
$$R_y = a \cdot HA_y \cdot e^{-b \cdot HA_y}$$

Donde R_y es el reclutamiento de juveniles en el año y; HA_y es la biomasa de hembras adultas en el año y; a, b son los parámetros de la ecuación de Ricker. Así el reclutamiento es función de la biomasa de hembras tanto de la población natural como de las hembras que son introducidas en el río y que fueron generadas en el hatchery de la UCN. En este caso se asumió una proporción sexual 1:1 de machos y hembras de hatchery y que además en la medida que las hembras crecen y sobreviven alcanzan su madurez sexual y contribuyen al reclutamiento a la población.

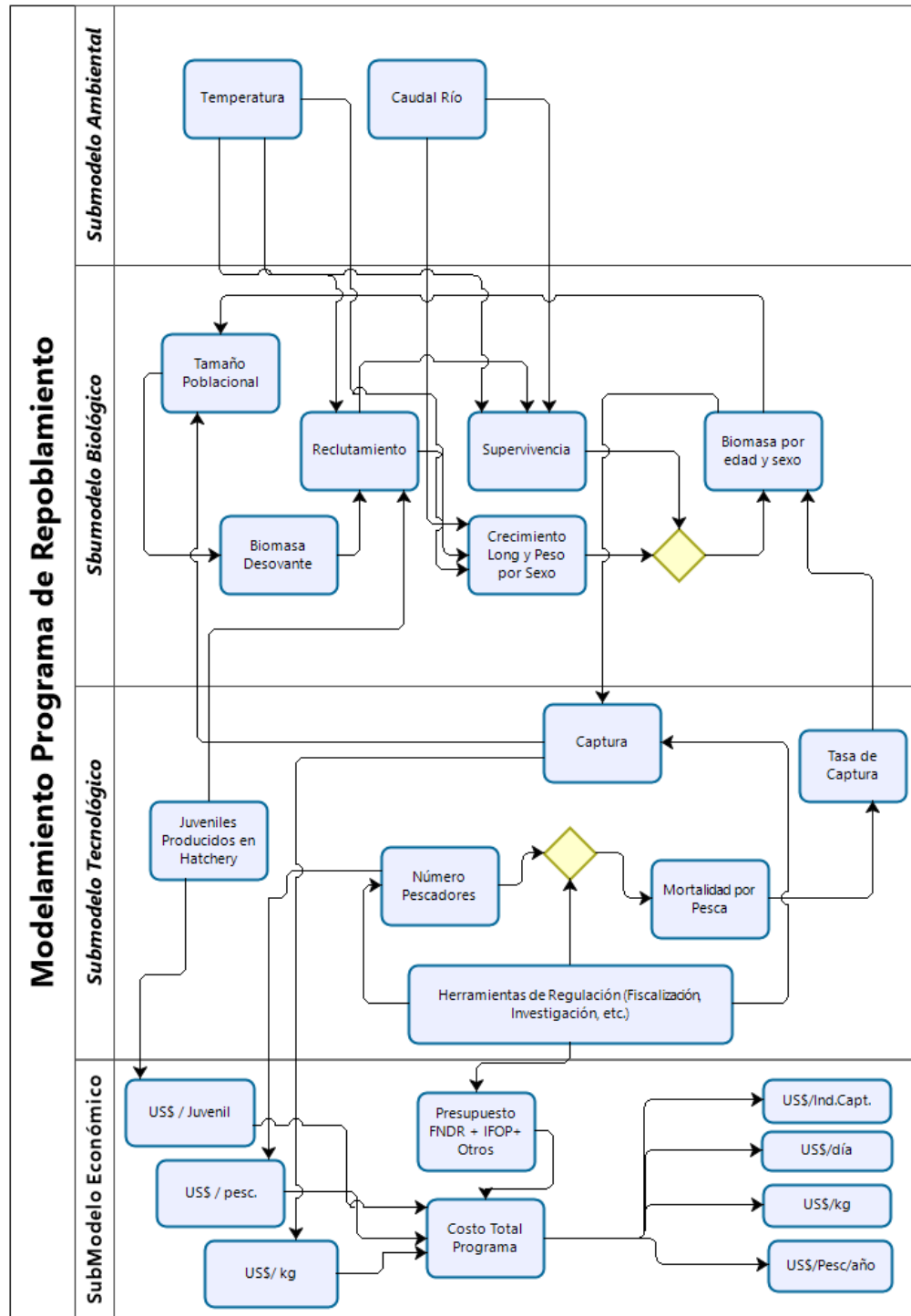


Figura 1. Modelo conceptual del Programa de Repoblamiento

El crecimiento por sexo será modelado mediante la conocida ecuación de von Bertalanffy, esto debido a la disponibilidad de datos en la literatura para modelar esta función

Ecuación 2
$$L_{t,s} = L_{\infty,s} * (1 - e^{-k_s(t - t_{0,s})})$$

donde $L_{t,s}$ es la longitud de un individuo de sexo s y de edad t ; L_{∞} es la longitud asintótica promedio; k es el coeficiente de Brody y $t_{0,s}$ es la edad teórica a la cual el individuo de sexo s tuvo longitud cero.

La supervivencia de los individuos a distintos años y edades ($N_{t,s,y}$) será modelada a través de la ecuación de extinción exponencial

Ecuación 3
$$N_{t,s} = N_{t-1,y} \cdot e^{-M_s \cdot t}$$

donde $M_{s,t}$ es la mortalidad estimada por sexo y edad.

Las ecuaciones anteriores permiten calcular la biomasa por sexo, edad y año a través de

Ecuación 4
$$B_{s,t,y} = N_{t,s,y} \cdot w_{s,t}$$

donde $w_{s,t}$ es el peso promedio de un individuo de sexo s y edad t . esta relación de peso se puede describir como

Ecuación 5
$$w_{s,t} = a_w \cdot L_{s,t}^{b_w}$$

De esta manera la biomasa total puede ser estimada como

Ecuación 6
$$B_{s,y} = \sum_{t=0}^{t=\max} N_{s,y} \cdot w_{s,t}$$

donde t es la edad.

La *Ecuación 6* permite ser usada como insumo en la *Ecuación 1* cuando sólo la biomasa de hembras maduras o adultas son estimadas.

El efecto de la incorporación de juveniles de edad t en el año y , asumiendo 50% de hembras y machos en este subsidio a la población natural, puede ser evaluado midiendo el impacto sobre el tamaño de la población total, generando dos escenarios posibles a ser simulados: con y sin subsidio de juveniles producidos en hatchery.

En esta versión del modelo no se incluyeron los efectos de variables ambientales sobre el reclutamiento dado que no se dispuso de datos. Por lo tanto, se desconoce el impacto que dichas variables podrían tener sobre esta variable.

La Tabla 1 contiene los valores de los parámetros usados en este submodelo.

Tabla 1. Variables y parámetros utilizados en el modelo de evaluación bioeconómica del Programa de Repoblamiento de camarón de río del norte en la cuenca del río Choapa.

Submodelo	Parámetro	Acrónimo	Hembras	Machos	Unidades
BIOLÓGICO - PESQUERO	Longitud máxima promedio	Linf	53	70	mm
	Coeficiente de Brody	K	0,768	0,576	año ⁻¹
	Edad a longitud cero	to	-0,225	-0,393	años
	Mortalidad natural	M	1,25	0,96	año ⁻¹
	Intercepto relación Long - Peso	a	1,10E-03	6,70E-04	gr
	Pendiente relación Long - Peso	b	2,69	2,87	gr/mm
	Intercepto relación Stock - Recluta	α	3,8		recl / hembra desovante
	Pendiente relación Stock - Recluta	β	0,00000022		recl / hembra desovante
	Proporción sexual	Ps	50	50	%
TECNOLOGICO	Número de pescadores	NP	100		Número Pesc.
	Número de juveniles sembrados (hatchery)	NJH	25.000		Número Ind.
ECONÓMICO	Costo unitario juvenil producido en hatchery	cu _j	198		\$ / ind
	Costo unitario asociado a la captura	cu _c	165.000		\$ / mes
	Precio de Venta			15.000	\$ / kg

Submodelo Tecnológico

El submodelo tecnológico incluye a los juveniles que fueron producidos en hatchery y su incorporación a la población natural, los que son sumados al reclutamiento “natural” estimado en la Ecuación 1.

La captura estimada guarda relación con una medida de ordenamiento pesquero que fija una tasa de captura o explotación (TE), esto es, un porcentaje aceptado de captura respecto de la población comercialmente explotada.

$$\text{Ecuación 7} \quad TE_y = \frac{F_y}{F_y + M_s} \left(1 - e^{-(F_y + M_s)} \right)$$

donde F_y es la mortalidad por pesca anual que satisface el criterio de una tasa de explotación aceptable para el administrador pesquero.

Este criterio de ordenación permite calcular una captura total anual a través de la siguiente expresión

$$\text{Ecuación 8} \quad C_y = \frac{F_y}{F_y + M_s} \left(1 - e^{-(F_y + M_s)} \right) * B_y$$

Esta captura anual puede ser dividida por el número de pescadores involucrados en la actividad con el fin de estimar la captura individual anual, asumiendo una distribución equitativa de la captura anual disponible para la pesca. Este resultado por pescador será utilizado posteriormente como un insumo para estimar el ingreso potencial anual por pescador como resultado de la herramienta de ordenación usada (la tasa de explotación).

En acuerdo con la contraparte técnica se fijó una mortalidad por pesca de referencia de 1,11 año⁻¹ que equivale a la mortalidad natural promedio entre ambos sexos.

En cuanto al esfuerzo de pesca nominal se consideró la presencia de 100 camaroneros que ejercen su esfuerzo de pesca en la cuenca del Choapa.

Submodelo Económico

Este submodelo incluye tanto los costos asociados al Programa de Repoblamiento, así como los beneficios obtenidos de la pesca, entre otros. La Tabla 1 resume la información económica relevante para el modelo de simulación.

Estimación de los Costos

Hay un costo asociado a la producción de juveniles en laboratorio, individuos que son transferidos a la población natural. Este costo puede ser estimado como

Ecuación 9
$$C_{JH_y} = cu_j \cdot NJH_y$$

donde C_{JH_y} es el costo de los juveniles producidos en hatchery en el año y e ingresados a la población natural; cu_j es el costo unitario del juvenil y NJH_y es el número de juveniles transferidos al río en el año y .

Eventualmente, se puede incorporar los costos asociados a la captura

Ecuación 10
$$C_{HV,y} = N_{SP,y} \cdot cu_{SP}$$

donde $C_{HV,y}$ es el costo asociado a la cosecha o captura; $N_{SP,y}$ es el número de salidas de pesca en el año y y cu_{SP} es el costo unitario de la salida de pesca.

También pueden o no ser incorporados como un costo adicional los fondos aportados por instituciones públicas o privadas en apoyo a este tipo de programas de repoblamiento y que se pueden traducir en aportes pecuniarios y no pecuniarios, pero que pueden ser valorizados, i.e. número de horas asignadas a investigación o fiscalización, entre otros. La discusión sobre incorporar o no estos ítems se llevó a cabo con la Contraparte Técnica del proyecto y fue desestimada.

Indicadores de Desempeño

Biomasa Total

Se calcula como la sumatoria de la biomasa de: hembras y machos de ambiente natural; hembras y machos introducidos en el río a partir de juveniles producidos en el hatchery de la UCN; hembras y machos nacidos en el ambiente natural, pero que son descendientes de individuos introducidos en el río.

Reclutamiento

El reclutamiento, calculado a partir de la ecuación de Ricker, mide la contribución de las hembras desovantes en términos de nuevos individuos que se incorporan a la población.

En esta variable se incorpora el efecto que tiene la sobrevivencia de hembras generadas en el hatchery de la UCN y que al sobrevivir y crecer a edades reproductivas generarán nuevos ingresos de juveniles a la población, lo que no ocurriría en ausencia de un programa de repoblamiento.

Valor de la Captura

El valor total de la captura puede ser calculada a partir de la *Ecuación 8* multiplicada por el peso de venta por kilo de camarón (\$ kg⁻¹). Dado que la *Ecuación 8* también puede ser expresada en términos de número de individuos un indicador de desempeño adicional puede ser establecido en términos del ingreso promedio por individuo capturado.

Costos Totales del Programa

El costo total anual puede entonces ser calculado mediante la suma de los costos parciales

$$\text{Ecuación 11} \quad CT_y = \text{Ecuación 9} + \text{Ecuación 10} + \text{Otros Costos}$$

A partir de la cantidad estimada por esta ecuación pueden calcularse otros indicadores de desempeño tales como el costo total por kilo capturado, sencillamente dividiendo el resultado de la *Ecuación 11* por la *Ecuación 8*.

Algo similar es posible con el costo del kilo de camarón capturado cuyo origen estuvo en el hatchery. Para ello primero se calcula la sobrevivencia de los individuos que fueron “sembrados” en el río y que tuvieron su origen en el hatchery, usando para ello la *Ecuación 3* utilizando para ello el número de individuos del hatchery puestos en el río. Luego se calcula la captura esperada a través de la *Ecuación 8*. Luego el costo asociado a cada camarón adulto pero que proviene de hatchery (CINDH_y) será

$$\text{Ecuación 12} \quad CINDH_y = \frac{\text{Ecuación 3 y Ecuación 8}}{cu_j}$$

Finalmente, se puede estimar el indicador de ingreso *per cápita* anual por pescador IPP_y

$$\text{Ecuación 13} \quad IPP_y = \frac{VC_y}{Npesc_y}$$

y el ingreso neto, una vez descontado sus costos (INPP_y)

$$\text{Ecuación 14} \quad INPP_y = IPP_y - Cpesc_y$$

Repoblamiento de Camarón de Río

El detalle de cada escenario fue discutido con la contraparte técnica y se propuso explorar los siguientes escenarios alternativos

- a. Repoblamiento con 25.000 juveniles producidos en hatchery
- b. Repoblamiento con un número de 600.000 juveniles producidos en hatchery incorporados a la población natural. Esta cantidad se basó en corridas de simulación donde se logra mantener un punto de referencia para el ingreso *per cápita* anual de

\$ 4.487.000, equivalente a dos ingresos mínimos mensuales por siete meses que es la longitud del periodo de extracción, ya que hay una veda de cinco meses.

2.2. Modelo Acuiponía

El modelo de acuiponía supone un sistema de recirculación donde se cultivan simultáneamente trucha arco iris, camarón de río del norte y albahaca. Esta última especie fue incluida ya que análisis preliminares indicaron un nivel de ingresos más alto con esta hortaliza que con las especies alternativas lechuga y cebollín.

La unidad de negocios que implica este modelo productivo acuípónico asume un precio de venta y un costo de producción ex estanque, esto es, que es el comprador quien asume el costo de extraer el producto de los estanques y de transportarlo al destino final.

Submodelo biológico

El crecimiento de la trucha arco iris en el sistema de recirculación fue modelado usando la siguiente ecuación diferencial conocida como el modelo de crecimiento de Gompertz

Ecuación 15
$$g(w) = a \cdot w - b \cdot w \cdot \ln(w)$$

donde $g(w)$ es la tasa de crecimiento en función del peso; a y b son parámetros. Así el crecimiento en peso puede expresarse como

Ecuación 16
$$w(t) = w_0 + \int_0^t g_i(w(t),) dt$$

Los datos utilizados para parametrizar este modelo provinieron de Merino y von Brand (2014) en el cual se reportan datos contenidos en gráficos sobre el peso de cohortes de truchas (2013 - 2014) producidas en Diaguitas Granja Agro – Acuícola en la región de Coquimbo. Estos gráficos fueron digitalizados y los valores numéricos reconstruidos usando la escala original contenido en las figuras del citado documento. Sobre la base de esas parejas de datos edad – peso se ajustaron los parámetros de la *Ecuación 15* y *Ecuación 16*.

En el caso del camarón de río no se pudo seguir el mismo protocolo por la ausencia de datos acerca del crecimiento de camarón en sistemas de recirculación que correspondan simultáneamente a cultivos con truchas y hortalizas. Según Merino (com. pers.) sólo existen datos referenciales que indican que en piletas excavadas en tierra el camarón de río del norte crecería a razón de $0,31 \text{ gr día}^{-1}$.

El peso de cosecha, para ambas especies, fue fijado en conjunto con la contraparte técnica. En el caso de la trucha se fijó un peso promedio de cosecha aprox. de 260 gr, lo cual ocurre alrededor del día 300 de cultivo, lo que permite generar solo un ciclo anual. En el caso de los camarones el peso de cosecha se fijó en 38 gr, lo que ocurre aprox. al día 120 de cultivo. De esta forma se pueden generar tres ciclos anuales de producción. Estos criterios difieren de lo reportado por Merino y von Brand (2019) quienes sugieren un peso de cosecha de 500 gr para la trucha, sin embargo, los datos disponibles indican que este peso no sería

alcanzado por los peces en cultivo dentro de un ciclo anual. También en el caso del camarón los mismos autores sugieren un peso de cosecha de 45 gr ind⁻¹, pero este peso objetivo fue disminuido para permitir la producción de tres ciclos dentro de un año calendario.

Con relación a la densidad inicial de cultivo esta fue de 240 ind en estanques de 7 m³ para truchas (peso individual promedio de 10 gr) y 184 individuos de camarón de río del norte por estanque de 1,8 m³ con un peso promedio individual de 0,31 gr.

Cultivo de hortalizas

Análisis preliminares indicaron que la mejor opción de cultivo de hortaliza fue la albahaca, fundamentalmente dado por el mayor precio de venta y cero mermas en el cultivo. Así, esta especie constituyó la mejor opción para contribuir a aumentar los ingresos del sistema de acuaponía. La albahaca tiene un ciclo de producción de 35 días y es posible generar 10 ciclos anuales de producción.

El detalle de valores de entrada para el modelo biológico – productivo se entregan en la

Tabla 2.

El modelo cuantitativo se construirá a partir de los señalado en el modelo conceptual (Figura 2).

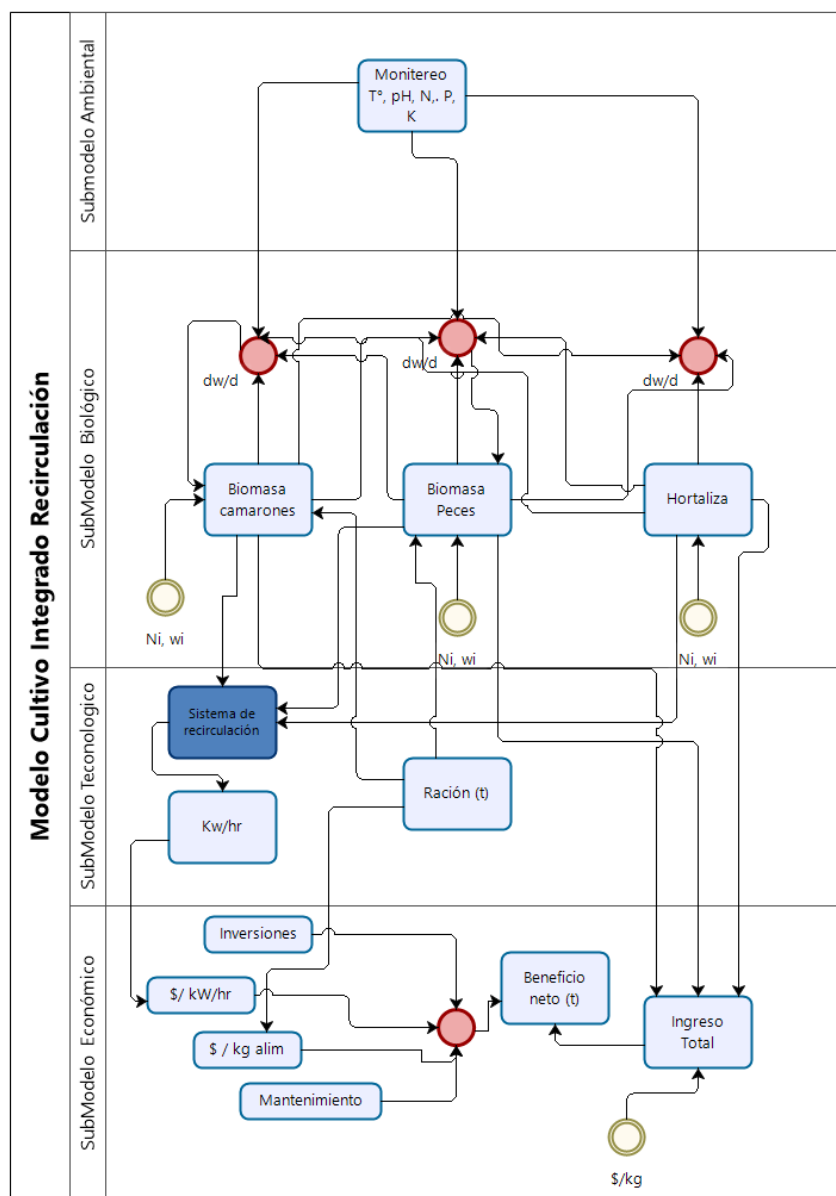


Figura 2. Modelo conceptual para el cultivo multi específico en un sistema de recirculación.

Tabla 2. Parámetros usados en el modelo bioeconómico diseñado para la evaluación económica productiva del sistema de acuaponía.

Peces :			
Condiciones Iniciales	Nr. estanques 7 m3	12	nr
	Peces por estanque	240	nr
Mortalidad	M	0,0001	% año-1
Crecimiento	a	0,0740	parámetro anabolismo
	b	0,0000	Parámetro T°
	c	0,0131	Parámetro Catabolismo
Alimentación	Mes 2	4	% Peso Corp.
	Mes 3	3	% Peso Corp.
	Mes 4	3	% Peso Corp.
	Mes 5	2	% Peso Corp.
	Mes 6	2	% Peso Corp.
	Mes 7	1	% Peso Corp.
	Mes 8	1	% Peso Corp.
Camarones :			
Condiciones Iniciales	Nr. raceways 1,8 m3	24	nr
	Camarones por estanque	184	nr
Crecimiento	Mortalidad	0,001	ind día-1
	Crecimiento diario	0,31	gr día-1
Hortalizas :			
Condiciones Iniciales	Nr. raceways 1,8 m3	24	nr
Hortalizas por estanque	Lechugas (1)	150	nr ind
	Albahaca (2)	96	nr ind
	Cebollín (3)	480	nr ind
	Mortalidad	0	ind día-1
Ciclo de Producción	Lechugas (1)	35	días
	Albahaca (2)	35	días
	Cebollín (3)	49	días
	(1), (2) o (3)	3	código vegetal
Vegetal a Cultivar		35	
Económicos :			
Energía	Costo	\$ 152	\$ kWh
	Mantenim. red húmeda	\$ 30.000	\$ / mes
Costo semilla	peces	\$ 12	\$ / gr
	Camarones	\$ 198	\$ / ind.
	Lechugas	\$ 43	5% precio de venta
	Albahaca	\$ 124	5% precio de venta
Precio venta	Cebollín	\$ 12	5% precio de venta
	Trucha	\$ 6.569	\$ / kg muerto
	Camarón	\$ 15.000	\$ / kg vivo
	Lechuga	\$ 866	\$ / unidad
	Albahaca	\$ 2.474	\$ / unidad
Alimento	Cebollín	\$ 247	\$ / unidad
	Truchas	\$ 876	\$ / kg
	Camarones	\$ 876	\$ / kg
Semillas	Smolt	\$ 7	\$ / gr
	Camarones	\$ 200	\$ / ind
Otros			
Personal	Sueldo Técnico	\$ 600.000	\$ / mes
	Sueldo Operario	\$ 400.000	\$ / mes
	Nr. Técnicos	1	nr.
	Nr. Operarios	1	nr.
	Altura manométrica	3	m
	Cuadal Bomba	75	L/m

Submodelo Tecnológico

El sistema de recirculación utilizado será el propuesto por Merino (com. pers.) y que en términos de estructura se muestra en la Figura 3. En este Informe Final esta estructura se le denominó “full” y consiste en tres estanques de 7 m³ cada uno, donde se cultivan las truchas y seis estanques de 1,8 m³ denominados raceways.

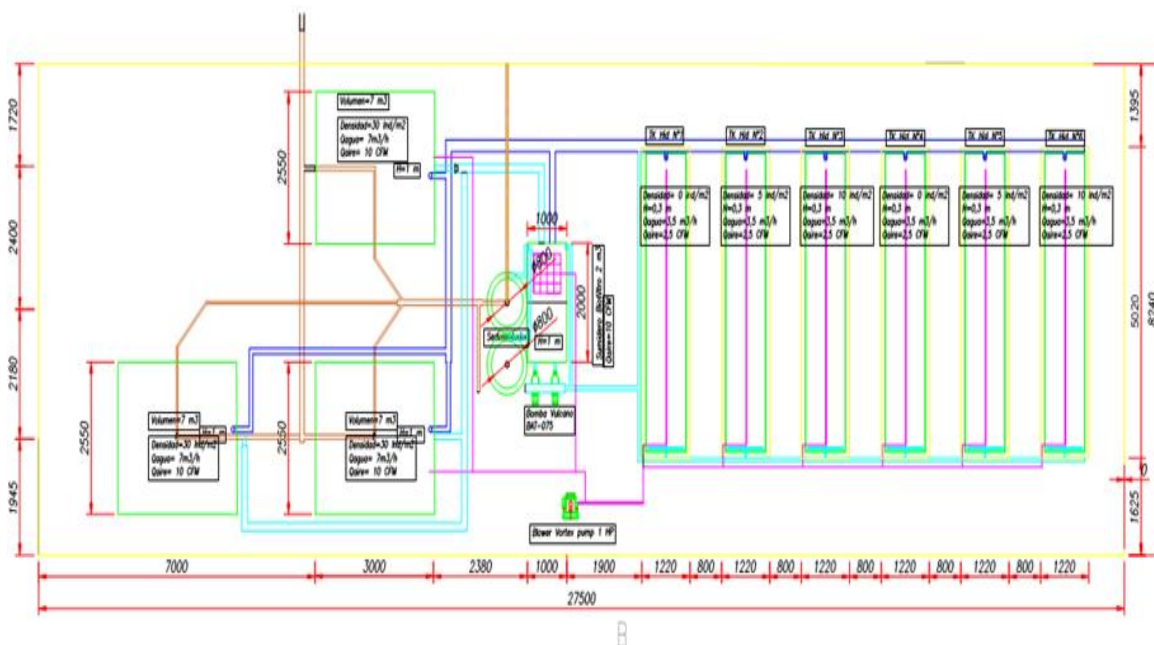


Figura 3. Sistema de acuaponía diseñado e implementado según Merino (com. pers.), Figura aportada por Germán Merino.

Una configuración alternativa, denominada básica en este Informe, consiste en una versión acotada de la configuración “full” y consiste en dos estanques de 7 m³ y cuatro raceways de 1,8 m³. Esta configuración básica tiene como objetivo fundamental la docencia y es un módulo más bien demostrativo, pero al cual no se le ha hecho una evaluación económica de su potencial productivo.

Aunque en el marco del Proyecto el compromiso es instalar el módulo básico en el modelamiento económico – productivo se evaluaron distintas escalas de producción a partir ya sea de la configuración básica o full del sistema de acuaponía. En este sentido se evaluó amplificar por 2, 3 y 4 veces su tamaño original, en términos de cantidad de estanques involucrados en el escalamiento, esto con el fin de evaluar qué tamaño productivo es el más idóneo en términos de obtener un rendimiento económico.

En el módulo básico, el sistema consiste básicamente de un estanque acumulador de agua de 1,4 m³, una bomba de 1 HP, 1 blower, una serie de biofiltros, 1 bio mineralizador de 1,3 m³, un estanque circular de 7 m³ para el cultivo de peces y cuatro estanques rectangulares (raceways) de 1,8 m³ de capacidad para el cultivo de camarones y albahaca.

El recambio de agua se hace completamente cada 1 hora, tanto en los raceway, que contienen camarones y lechugas, como en los estanques circulares que contienen a los peces.

Hasta donde se ha conversado con la contraparte técnica, el subsistema tecnológico es una paquete completo, ya construido e instalado in situ. Una vez instalado es necesario inicializar el sistema por partes, a saber (Merino y von Brand, 2019):

- a) Inicialización del sistema de biofiltro
- b) Inicialización del sistema plantas (lechugas)
- c) Inicialización del sistema peces (truchas)
- d) Inicialización del sistema camarones

Los requerimientos técnicos específicos se modelaron siguiendo las indicaciones contenido en Merino y von Brand (2019).

Se modelaron específicamente las funciones de alimentación, en el caso de los peces y camarones; consumo de energía en el caso del recambio de agua de los sistemas acuíponicos (raceways y estanques circulares) y blowers. Así, el consumo de energía mensual (cE_m) será

$$\text{Ecuación 17} \quad cE_m = \sum(E_{\text{agua}_m} + E_{\text{blow}_m})$$

donde E_{agua_m} es el consumo eléctrico mensual debido al movimiento de agua; E_{blow_m} es el consumo eléctrico mensual debido a los blowers.

El consumo de alimento se estimó, en general, de acuerdo con lo pautado por Merino y von Brand (2019), lo cual se detalla con otros indicadores en la Tabla 3.

Tabla 3. Detalles del proceso de alimentación y otros indicadores del cultivo

ITEM	MESES							
	0	1	2	3	4	5	6	7
% peso corporal		4	3	3	2	2	1	1
Alimento (kg / día)		x	x	x	x	x	x	x
Alimento (kg / mes)		x	x	x	x	x	x	x
Total alimento ciclo (kg)								x
FCRb		x	x	x	x	x	x	x
FCRe		x	x	x	x	x	x	x
FCRb Ac								x
FCRe Ac								x
GF3 Ac								x
Prod / pez								x

Otros detalles respecto del submodelo tecnológico pueden observarse en la

Tabla 2.

Submodelo Económico

El módulo de producción básico de acuiponía tiene un costo de inversión de \$7.524.726 + IVA y se asume que será asumido por privados como una donación a la organización de camaroneros. El modelo bioeconómico tampoco incorpora las depreciaciones de los equipos ya que se asume que las reposiciones también serán vía donaciones de privados.

El costo de producción es ex estanque, o sea, es el comprador quien asume el costo de extracción y proceso. En este sentido, la trucha se vende viva, lo mismo que el camarón.

En términos del tamaño de la organización de camaroneros el modelo evalúa tres posibles tamaños, a saber: 12, 18 y 24 socios. Para cada uno de estos tamaños se evalúa mediante un análisis de riesgo, la probabilidad de obtener un ingreso *per cápita* anual de \$ 3.500.000, asumiendo que el sistema acuípónico permitirá a cada socio obtener un ingreso de \$700.000 durante los cinco meses que el recurso camarón está en veda en la cuenca del río.

En el análisis de riesgo se asumió una variabilidad del +/- 15% en los siguientes ítems:

- a. Crecimiento de truchas y camarones
- b. Mortalidad de truchas y camarones
- c. Precio de venta de truchas, camarones y albahaca

La razón para trabajar un porcentaje fijo de variación, acordado con la contraparte técnica, deriva del hecho de no tener observaciones de variabilidad en los ciclos biológicos ni contar con datos de mercado potencial para los recursos producidos.

Detalles de los parámetros de entrada para el submodelo económico se pueden observar en la

Tabla 2.

En este submodelo la inversión inicial (I_0) se entiende como el valor comercial de la unidad productiva que es construida por la UCN. Se requerirá tener acceso al costo de instalación (CI_0) de la unidad productiva (obras civiles y otras), además del capital de trabajo (KT_0) requerido para iniciar la unidad, puesto que inicialmente no habrá ingresos por ventas y costos de materiales ($cMAT_0$) de monitoreo (pHmetros, etc).

Los principales costos de operación (Cop_m) incluyen

- i. Costos de Capital
- ii. Amortizaciones
- iii. Costos de energía eléctrica
- iv. Costos de mantenimiento
- v. Costos de mano de obra
- vi. Costos de alimentación
- vii. Costos de juveniles de camarón y trucha
- viii. Costos de almácigos de albahaca

Los costos totales anuales de operación (CTOp_y) es la suma horizontal de dichos costos.

Los ingresos totales anuales (IT_y) serán la sumatoria de los ingresos calculados al momento de las cosechas (IT_m). Estos se estiman como el producto entre el nivel de producción mensual al cierre de ciclo de cada especie por el precio de venta, ya sea por unidad (albahaca) o peso (camarón y trucha).

Indicadores de desempeño del Proyecto Productivo

El indicador global de desempeño para el proyecto será el VAN y la TIR (Sapag y Sapag, 2008)

Ecuación 18
$$VAN = I_0 - K_t - cMAT_0 + \sum_{t=1}^n \frac{IT_y - CTOp_y}{(1+r)^t}$$

Otro indicador importante será el ingreso *per cápita* anual y la probabilidad de obtener un resultado igual o mayor al punto de referencia económico que corresponde a los \$ 3.5000.000 *per cápita* anual.

Escenarios de Simulación

Como se mencionó anteriormente los escenarios de simulación incluyen dos configuraciones distintas del módulo productivo (básico y *full*); cuatro escalamientos de cada uno de ellos (1, 2, 3 o 4 veces su tamaño original) y tres tamaños de la organización (12, 18 y 24 socios).

2.3. Modelo Estanque de Engorde

Este submodelo se considera un complemento al modelo de acuíponía en el sentido que viene a complementar el ingreso generado por el cultivo mixto de peces, truchas y hortalizas. Consiste básicamente en dos estanques para el cultivo de camarón de río bajo un sistema de flujo abierto. Uno de estos estanques está destinado al cultivo de engorda y un segundo para el mantenimiento de la cosecha. No requiere un sistema de bombeo de agua, pero sí de una aireación constante a través de una bomba de 2 hp. El costo de inversión de un módulo de engorda es de \$ 3.987.410 más IVA.

Alternativamente, se evaluó el desempeño económico – productivo de un sistema de engorda basada en la utilización de piletas o tranques preexistentes que son propiedad de una organización de camaroneros. Estas piletas tienen una dimensión de 40 x 20 m y la organización tiene dos disponibles en un paño de terreno bajo su administración.

Se incluyó un análisis de riesgo, basado en iteraciones de Monte Carlo, utilizando como fuentes de incertidumbre la mortalidad y el precio de venta del camarón, en cada caso con una variación de +/- 15% del valor de referencia.

Tabla 4. Parámetros del modelo del cultivo de engorde.

Ítem	Cantidad	Unidades
Escalamiento	1	-
Nr. Estanques	1	nr.
Vol. Estanque	54	m ³
Superficie estanque	50	m ²
Densidad de siembra	30	ind / m ²
L asintótico hembras	95	mm
Coef. Brody hembras	0,77	1 / año
to hembras	0	años
a L/P hembras	0,0011	gr
b L/P hembras	2,69	gr / mm
L asintótico machos	123	mm
Coef. Brody machos	0,57	1 / año
to machos	0	años
a L/Pm machos	0,00067	gr
b L/P machos	2,87	gr / mm
M hembras	0,00327479	día ⁻¹
M machos	0,00245609	día-1
Caudal Q	40	m ³ / h
Aireación	120	CFM
Alimento camarón	5	% peso corporal diario
Personal	2	persona
Sueldos	326.500	\$ / mes / persona
Costo juvenil	198,0	\$ / camarón
Energía	152	\$ / kW
Alimento	876	\$ / kg
Precio camarón	15.000	\$ / kg
Inversión	4.745.018	\$ IVA incluido

3. Resultados

3.1. Programa de Repoblamiento

Los principales resultados para las variables de desempeño biomasa, reclutamiento, captura e ingreso *per cápita* anual se muestran en la Figura 4.

La biomasa inicial de la población hipotética que representa al camarón de río del norte en la cuenca del río Choapa fue ajustada aproximadamente en 95 toneladas. Se observa que el comportamiento de la biomasa sin programa de repoblamiento e introduciendo 25.000 juveniles provenientes de hatchery (triángulos negros y círculos blancos, respectivamente) no presenta mayores diferencias. Con repoblamiento en este nivel la biomasa es marginalmente mayor, de hecho, las biomazas casi se sobreponen y la tendencia es a la disminución desde 95 t a 69 al cabo de seis años. La biomasa se muestra estable si el nivel de introducción de juveniles fuera del orden los 600.000 (círculos negros). Esto implica amplificar en casi 24 veces la cantidad prevista en el Proyecto para ser introducida en el río.

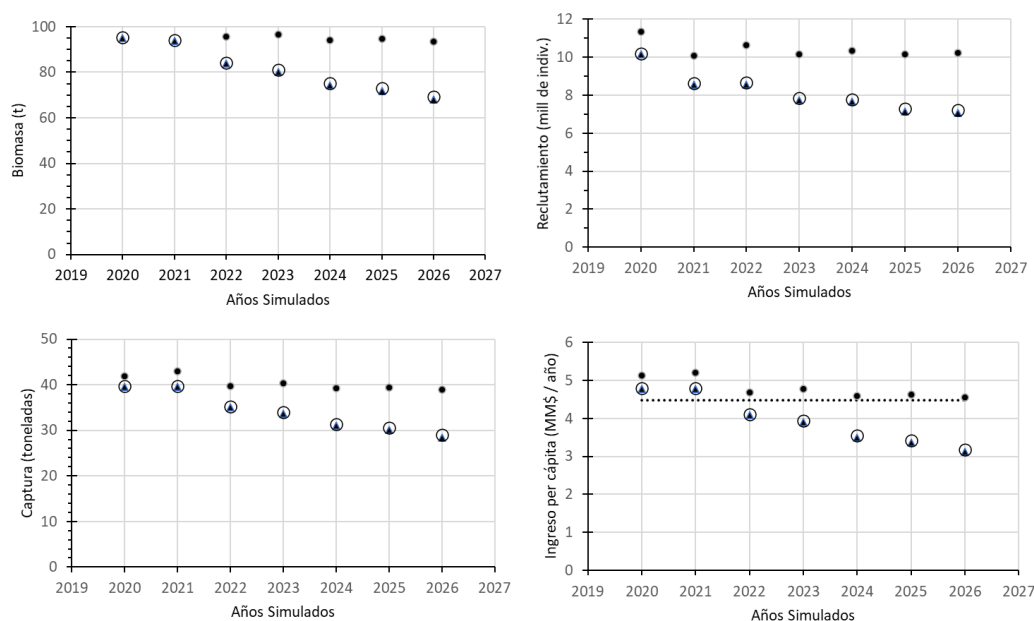


Figura 4. Comportamiento temporal de variables de desempeño en tres escenarios: sin programa de Repoblamiento (triángulos negros) y con programa introduciendo 25.000 (círculos blancos) y 600.000 (círculos negros) juveniles producidos en hatchery. La línea negra punteada del gráfico inferior derecho representa el punto de referencia

En línea con la tendencia de la biomasa, el reclutamiento y la captura anual muestra un patrón similar. Ambas variables muestran idénticos patrones, donde la diferencia sin repoblamiento y con 25.000 juveniles introducidos es prácticamente indistinguible. En contraste, con un repoblamiento de 600.000 juveniles ambas variables muestran una estabilidad en el tiempo de simulación.

En términos del ingreso per cápita anual, sólo el escenario con un repoblamiento de 600.000 juveniles muestra ser capaz de mantener un ingreso igual o mayor a MM\$ 3,6, que les permite a los camaroneros obtener un ingreso aceptable durante la temporada de pesca.

El análisis del costo medio de la captura (\$ / kg) puede ser hecho en tres niveles: 1) considerando el costo de los juveniles producidos en hatchery y que “alguien”, que no son los camaroneros, debe absorber; 2) el costo medio para los extractores quienes no consideran el costo que tiene individualmente cada camarón de hatchery liberado en el río; 3) el costo medio que tiene el kilo de camarón capturado y que forma parte del grupo de juveniles liberados al río y que en su estado adulto genera nuevos individuos que pasan a formar parte de la población y que son capturados.

La Figura 5 muestra el análisis de costo medio por kilo de camarón capturado. Considerando el costo que significa la producción de juveniles en hatchery, el repoblamiento anual con 600.000 juveniles produce un costo medio (\$/kg) más alto, cercano a los \$ 6.000 kg⁻¹ y que se mantiene relativamente estable en el tiempo. Por su bajo volumen, el costo medio con 25.000 juveniles introducidos anualmente es marginalmente superior al costo medio sin programa, lo que indica que hay un aporte marginal en la captura de los camaroneros cuando la cantidad de juveniles incorporados al río es de baja intensidad. En ambos casos la tendencia del costo medio es a aumentar aproximadamente en mil pesos al cabo de seis años de simulación. Para el camaronero, quien no internaliza el costo del repoblamiento, el costo medio tiene un comportamiento diferente (gráfico medio en la Figura 5). El repoblamiento con 600.000 juveniles tiene el efecto de generar un costo medio más bajo que sin programa o con 25.000 juveniles introducidos. Este efecto se debe a un mayor nivel de captura en el escenario con 600.000 juveniles (ver Figura 4) comparado con los otros dos escenarios que ven disminuidas sus capturas en el tiempo, lo que hace que el costo medio sea mayor y con una tendencia al aumento. Mientras que el costo medio por kilo capturado sin programa de repoblamiento se mueve entre los \$ 3 y \$ 4 mil kg⁻¹ este monto es sustantivamente diferente cuando se considera el costo que tiene la captura de un kilo de camarón que tuvo su origen en el hatchery. Hay que recordar que este costo medio resulta de la decisión del costo total de los juveniles incorporados al río (\$198 individuo⁻¹) dividido entre la cantidad de kilos que son capturados a partir de estos juveniles cuando crecen y son vulnerables a la pesca. La dinámica de este costo medio se observa en el gráfico inferior de la Figura 5. Al año 2020 el costo medio es cero ya que en el caso de no haber juveniles sembrados en el río el costo de estos es cero. En el caso de los escenarios de repoblamiento con 25.000 y 600.000 juveniles anuales es también cero porque los individuos aún no son vulnerables a la pesca, ya que sólo se incorporan a la fracción explotable al año de vida. Inicialmente, al ser explotados el costo medio supera los \$ 100.000 kg⁻¹ para ambos. Esto significa que en los primeros años el costo de generar ese kilo de camarón capturado supera el precio de venta del producto (\$ 15.000 kg⁻¹). La situación cambia a partir del cuarto año de simulación, cuando el costo medio se estabiliza alrededor de \$ 80.000. Esto implica que la diferencia entre el costo medio de un kilo de camarón de ambiente natural es sustancialmente más La disminución en costo medio por kilo capturado de los camarones repoblados se explica porque anualmente más juveniles son incorporados a la población y estos comienzan a producir descendencia. Así la nueva biomasa originada a partir del repoblamiento comienza a aumentar lo que genera una mejor captura que viene a dividir el costo total de los juveniles introducidos en el río.

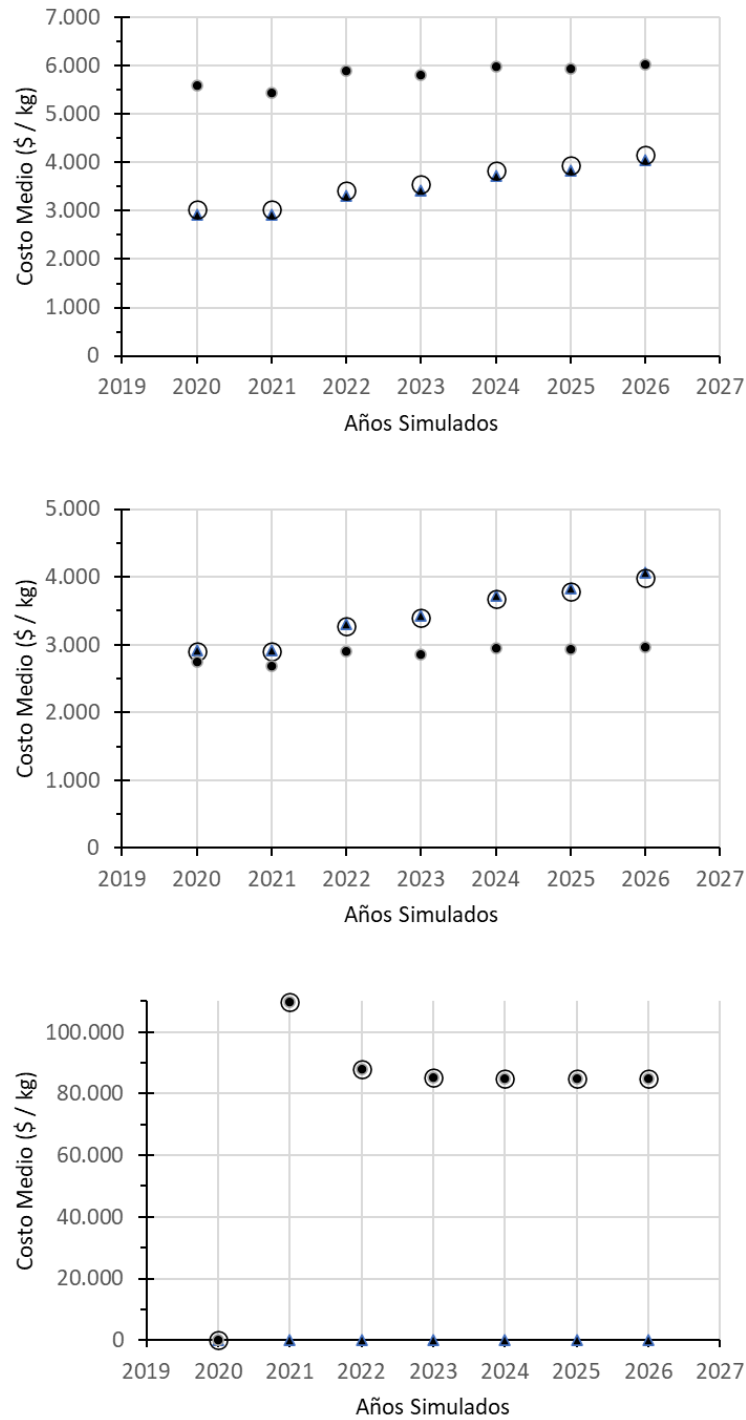
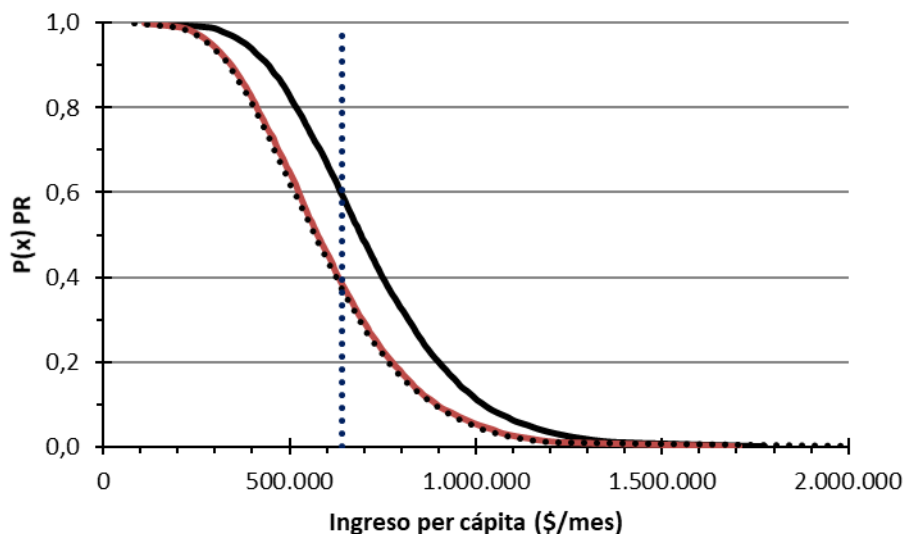


Figura 5. Costos medios por kilo capturado considerando el costo de los juveniles producidos en hatchery e introducidos en el río (gráfico superior); costo medio para el camarónero que no considera el costo del repoblamiento (gráfico medio) y costo medio por kilo captura de individuos que han sido introducidos en el río y que contribuyen al reclutamiento posterior (gráfico inferior). Sin programa de repoblamiento (triángulos negros); con 20.000 juveniles introducidos en el río (círculos blancos) y con 600.000 introducidos (círculos negros).

3.1.1. Análisis de riesgo



Los resultados (

Figura 6) indican que, al incorporar las fuentes de incertidumbre, la probabilidad de obtener un ingreso *per cápita* mensual durante la temporada de pesca igual o mayor a los \$ 641.000 es de 38% con un repoblamiento de 25.000 juveniles versus el 61% con 600.000 juveniles. Sin programa de repoblamiento la probabilidad es de 37%.

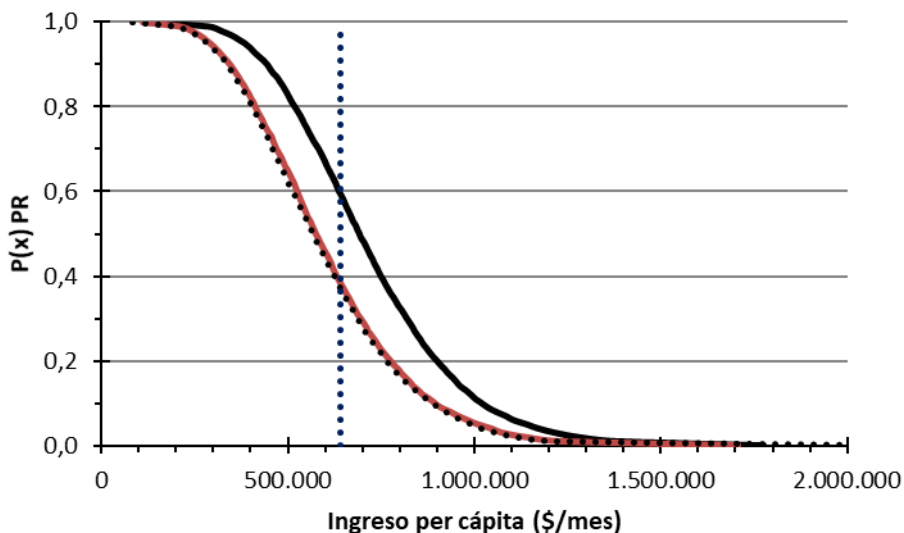


Figura 6. Resultados del análisis de riesgo para los tres niveles de repoblamiento: 0 (línea negra punteada), 25.000 (línea roja) y 600.000 juveniles (línea negra gruesa). La línea vertical punteada representa el punto de referencia. El eje de las ordenadas representa la probabilidad de obtener un ingreso per cápita igual o mayor que algún valor sobre el eje de las abscisas.

3.2. Evaluación económica del Programa de Acuaponía (módulo básico y full)

A continuación, se presentará una evaluación económica – productiva de ambos módulos considerando una organización con 24, 18 y 12 socios.

3.2.1. Módulo básico

La Figura 7 muestra la dinámica temporal de cinco variables de importancia en el análisis económico – productivo para el módulo de acuaponía básico. Lo primero que se observa es que el costo total es mayor al ingreso total, lo que indica claramente que esta configuración es ineficiente en términos económicos. Lo segundo es que el principal ingreso lo constituye la venta de la producción de albahaca (59% del total de ingresos), lo que genera un escenario donde camaroneros históricos se transforman en productores de hortalizas, lo que puede no ser bien percibido por los involucrados.

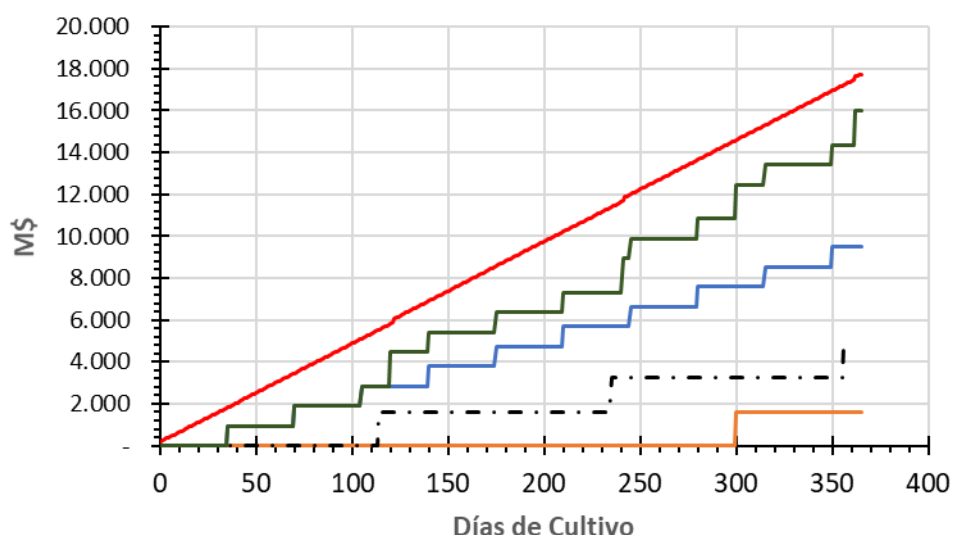


Figura 7. Dinámica temporal (primer año) del ingreso en el módulo básico: truchas (línea anaranjada); camarones (línea verde segmentada); albahaca (línea azul); ingreso total (línea verde continua) y costo total (línea roja).

La

Tabla 5 muestra la evaluación económica de esta configuración. El Van es negativo (- \$ 17,6 millones) y claramente este resultado es insuficiente en términos del punto de referencia *per cápita*, ya que no cumple con lo requerido.

Tabla 5. Evaluación económica del módulo básico de acuíponía.

ITEMS	PERIODO EVALUACION					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Fijos						
Inversión	\$ 8.954.424					
Terreno						
Depreciaciones						
Capital de trabajo	\$ 7.200.000					
Valor residual	\$ -					
Amortizaciones		\$ 7.200.000				
Total	\$ 7.200.000	\$ 7.200.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Personal y otros						
Técnico		\$ 7.320.000	\$ 7.320.000	\$ 7.320.000	\$ 7.320.000	\$ 7.320.000
Operarios		\$ 4.880.000	\$ 4.880.000	\$ 4.880.000	\$ 4.880.000	\$ 4.880.000
Mantenición red húmeda		\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000
Total		\$ 12.560.000	\$ 12.560.000	\$ 12.560.000	\$ 12.560.000	\$ 12.560.000
Costos variables						
Producción						
Electricidad		\$ 3.917.252	\$ 3.917.252	\$ 3.917.252	\$ 3.917.252	\$ 3.917.252
Costo Alimento		\$ 516.966	\$ 516.966	\$ 516.966	\$ 516.966	\$ 516.966
Costo Juveniles trucha		58.368	\$ 58.368	\$ 58.368	\$ 58.368	\$ 58.368
Costo Juveniles Camarón		\$ 582.912	\$ 582.912	\$ 582.912	\$ 582.912	\$ 582.912
Costo Albahaca		\$ 476.365	\$ 476.365	\$ 476.365	\$ 476.365	\$ 476.365
Costo Variable Total		\$ 5.551.863	\$ 5.551.863	\$ 5.551.863	\$ 5.551.863	\$ 5.551.863
Egresos Totales		\$ 18.111.863	\$ 18.111.863	\$ 18.111.863	\$ 18.111.863	\$ 18.111.863
Ingresos						
Truchas		\$ 1.608.876	\$ 1.608.876	\$ 1.608.876	\$ 1.608.876	\$ 1.608.876
Camarón		\$ 4.873.050	\$ 4.873.050	\$ 4.873.050	\$ 4.873.050	\$ 4.873.050
Albahaca		\$ 9.500.160	\$ 9.500.160	\$ 9.500.160	\$ 9.500.160	\$ 9.500.160
Total		\$ 15.982.086	\$ 15.982.086	\$ 15.982.086	\$ 15.982.086	\$ 15.982.086
Utilidades Antes Impuesto		\$ -2.129.777	\$ -2.129.777	\$ -2.129.777	\$ -2.129.777	\$ -2.129.777
Impuesto a las Utlidades (27%)		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidades Después Impuesto		\$ -2.129.777	\$ -2.129.777	\$ -2.129.777	\$ -2.129.777	\$ -2.129.777
Amortizaciones		\$ 7.200.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo Caja Neto	\$ -7.200.000	\$ -9.329.777	\$ -2.129.777	\$ -2.129.777	\$ -2.129.777	\$ -2.129.777
VAN (16%)	\$-17.569.322					
TIR						
Nr. Camaroneros (socios)	24					
Ingreso per cápita (año)		\$ -388.741	\$ -88.741	\$ -88.741	\$ -88.741	\$ -88.741
Ingreso per cápita (por mes anual)		\$ -32.395	\$ -7.395	\$ -7.395	\$ -7.395	\$ -7.395
Ingreso per cápita (5 meses)		\$ -77.748	\$ -17.748	\$ -17.748	\$ -17.748	\$ -17.748
		No cumple con el PRO	No cumple con el PRO	No cumple con el PRO	No cumple con el PRO	No cumple con el PRO

3.2.2. Módulo Full

La Figura 8 muestra el resultado dinámico para el primer año de cultivo¹. En el caso del módulo full, hacia en último cuatrimestre del año los costos totales son inferiores al ingreso total, generando un margen de excedente. En cuanto a la importancia relativa de las especies en términos de ingreso, la venta de albahaca sigue siendo la más relevante y da cuenta del 51% del ingreso total. Le sigue el camarón con el 31% y finalmente la trucha con el 13% restante.

¹ Dado que los ciclos se repiten anualmente, los resultados son los mismos independiente del año. Por razones prácticas se muestra sólo el primero.

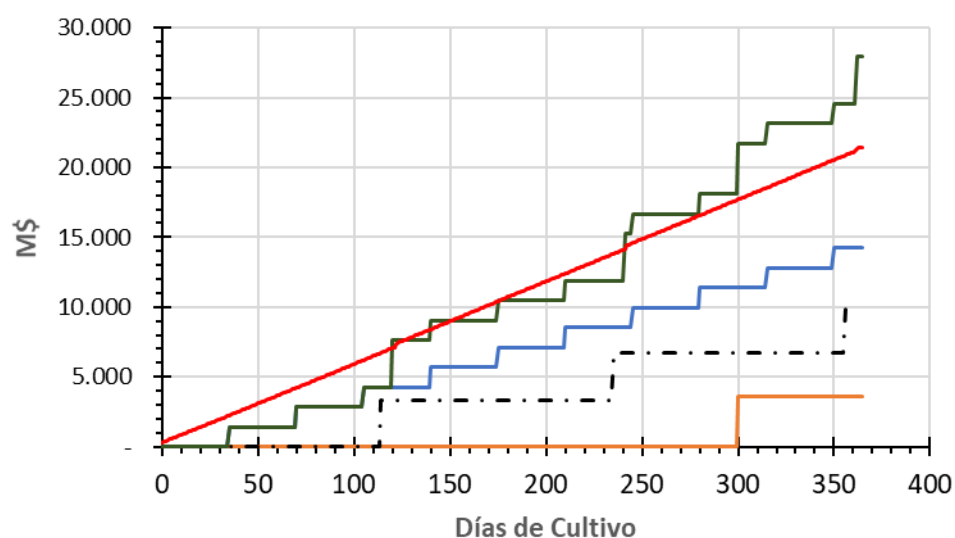


Figura 8. Dinámica temporal (primer año) del ingreso en el módulo full: truchas (línea anaranjada); camarones (línea verde segmentada); albahaca (línea azul); ingreso total (línea verde continua) y costo total (línea roja).

En la Tabla 6 se muestra la evaluación económica del módulo full. En ella se puede apreciar que si bien el VAN es positivo el ingreso *per cápita* no satisface el punto de referencia. En efecto, este indicador muestra un valor de \$ 184.119 para el año 2². Así, al igual que el módulo básico este módulo requiere ser ampliado para lograr aumentar la producción anual.

² No se considera en este comentario el año 1 puesto que en este año se amortiza el capital de trabajo dejando un saldo negativo en el flujo de caja neto.

Tabla 6. Evaluación económica del módulo full de acuaponía.

ITEMS	PERIODO EVALUACION					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Fijos						
Inversión	\$ 11.909.384					
Terreno						
Depreciaciones						
Capital de trabajo	\$ 7.200.000					
Valor residual	\$ -					
Amortizaciones		\$ 7.200.000				
Total	\$ 7.200.000	\$ 7.200.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Personal y otros						
Técnico		\$ 7.320.000	\$ 7.320.000	\$ 7.320.000	\$ 7.320.000	\$ 7.320.000
Operarios		\$ 4.880.000	\$ 4.880.000	\$ 4.880.000	\$ 4.880.000	\$ 4.880.000
Mantenición red húmeda		\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000	\$ 360.000
Total		\$ 12.560.000	\$ 12.560.000	\$ 12.560.000	\$ 12.560.000	\$ 12.560.000
Costos variables						
Producción						
Electricidad		\$ 6.855.190	\$ 6.855.190	\$ 6.855.190	\$ 6.855.190	\$ 6.855.190
Costo Alimento		\$ 765.962	\$ 765.962	\$ 765.962	\$ 765.962	\$ 765.962
Costo Juveniles trucha		87.552	\$ 87.552	\$ 87.552	\$ 87.552	\$ 87.552
Costo Juveniles Camarón		\$ 874.368	\$ 874.368	\$ 874.368	\$ 874.368	\$ 874.368
Costo Albahaca		\$ 714.548	\$ 714.548	\$ 714.548	\$ 714.548	\$ 714.548
Costo Variable Total		\$ 9.297.620	\$ 9.297.620	\$ 9.297.620	\$ 9.297.620	\$ 9.297.620
Egresos Totales		\$ 21.857.620	\$ 21.857.620	\$ 21.857.620	\$ 21.857.620	\$ 21.857.620
Ingresos						
Truchas		\$ 3.619.970	\$ 3.619.970	\$ 3.619.970	\$ 3.619.970	\$ 3.619.970
Camarón		\$ 10.040.625	\$ 10.040.625	\$ 10.040.625	\$ 10.040.625	\$ 10.040.625
Albahaca		\$ 14.250.240	\$ 14.250.240	\$ 14.250.240	\$ 14.250.240	\$ 14.250.240
Total		\$ 27.910.835	\$ 27.910.835	\$ 27.910.835	\$ 27.910.835	\$ 27.910.835
Utilidades Antes Impuesto		\$ 6.053.215	\$ 6.053.215	\$ 6.053.215	\$ 6.053.215	\$ 6.053.215
Impuesto a las Utilidades (27%)		\$ 1.634.368	\$ 1.634.368	\$ 1.634.368	\$ 1.634.368	\$ 1.634.368
Utilidades Después Impuesto		\$ 4.418.847	\$ 4.418.847	\$ 4.418.847	\$ 4.418.847	\$ 4.418.847
Amortizaciones		\$ 7.200.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo Caja Neto	\$ -7.200.000	\$ -2.781.153	\$ 4.418.847	\$ 4.418.847	\$ 4.418.847	\$ 4.418.847
VAN (16%)		\$915.263				
TIR						
Nr. Camaroneros (socios)	24					
Ingreso per cápita (año)	\$	-115.881	\$ 184.119	\$ 184.119	\$ 184.119	\$ 184.119
Ingreso per cápita (por mes anual)	\$	-9.657	\$ 15.343	\$ 15.343	\$ 15.343	\$ 15.343
Ingreso per cápita (5 meses)	\$	-23.176	\$ 36.824	\$ 36.824	\$ 36.824	\$ 36.824
		No cumple con el PRO	No cumple con el PRO	No cumple con el PRO	No cumple con el PRO	No cumple con el PRO

3.2.3. Escalamiento de los módulos

Con el fin de explorar cuál es el tamaño productivo que genera resultados económicos que satisfagan al punto de referencia (ingreso *per cápita* de MM\$ 3,5) se aumentó el tamaño productivo original de los módulos. Los resultados determinísticos de este escalamiento se muestran en la Tabla 7. Se observa que ninguna de las dos configuraciones genera valores de ingreso *per cápita* anual iguales o mayores a MM\$ 3,5 ni en su tamaño original ni ampliando dos veces. Cuando el escalamiento es x3 y x4 el fracaso en alcanzar el punto de referencia se mantiene para el módulo básico. De hecho, este módulo sólo permitiría valores satisfactorios amplificando por cuatro veces su capacidad productiva sólo en el caso de que la asociación de camaróneros esté compuesta por 12 o 18 socios.

Tabla 7. Resultados del escalamiento de los módulos de cultivo acuipónicos (básico y full) para la variable de desempeño ingreso per cápita. El punto de referencia para esta variable es de MM\$ 3,5.

Nr. Socios	Módulo	1	2	3	4
12	Basico	\$ -777.481	\$ 666.592	\$ 2.782.547	\$ 5.736.275
	Full	\$ -231.763	\$ 2.782.547	\$ 7.262.788	\$ 13.564.840
18	Basico	\$ -518.321	\$ 444.394	\$ 1.855.031	\$ 3.824.183
	Full	\$ -154.509	\$ 1.855.031	\$ 4.841.858	\$ 9.043.227
24	Basico	\$ -388.741	\$ 333.296	\$ 1.391.273	\$ 2.868.137
	Full	\$ -115.881	\$ 1.391.273	\$ 3.631.394	\$ 6.782.420

Para el módulo full se alcanzaría en promedio el punto de referencia escalando al triple de su diseño productivo original. Esto significa que del tamaño orinal (3 estanques de 7 m³ y seis raceways de 1,8 m³) habría que instalar el equivalente a tres módulos full con un total de 9 estanques de 7 m³ y 18 raceways de 1,8 m³, al menos. escalando cuatro veces su tamaño original significaría instalar 12 estanques de 7 m³ y 24 raceways de 1,8 m³.

Naturalmente, distintos escalamientos requieren que la inversión inicial sea diferente para el privado que donará los módulos. La Tabla 8 resume los montos de la inversión que tendría que ser desembolsada en cada caso.

Tabla 8. Valores de la inversión en distintas dimensiones productivas (escalamiento).

Módulo	1	2	3	4
Basico	\$ 8.954.424	\$ 17.908.848	\$ 26.863.272	\$ 35.817.696
Full	\$ 11.909.384	\$ 23.818.768	\$ 35.728.152	\$ 47.637.535

3.2.4. Análisis de riesgo

De la Tabla 7 se tomaron los resultados no negativos y se estimó la probabilidad de alcanzar el punto de referencia de MM\$ 3,5 de ingreso *per cápita* anual. El análisis implica determinar la probabilidad de obtener un valor dado considerando en el análisis todas las fuentes de variabilidad identificadas en el modelo bioeconómico.

Para el caso del módulo básico (Figura 9) se observa que la probabilidad de obtener un ingreso per cápita igual o mayor que el punto de referencia en todos los casos, excepto dos, es cero. Para el caso de un escalamiento x4 y con un tamaño organizacional de 18 socios la probabilidad de obtener un resultado igual o mayor que el punto de referencia es de aprox. 70%, mientras que es del 100% para la misma magnitud de escalamiento, pero con sólo 12 socios.

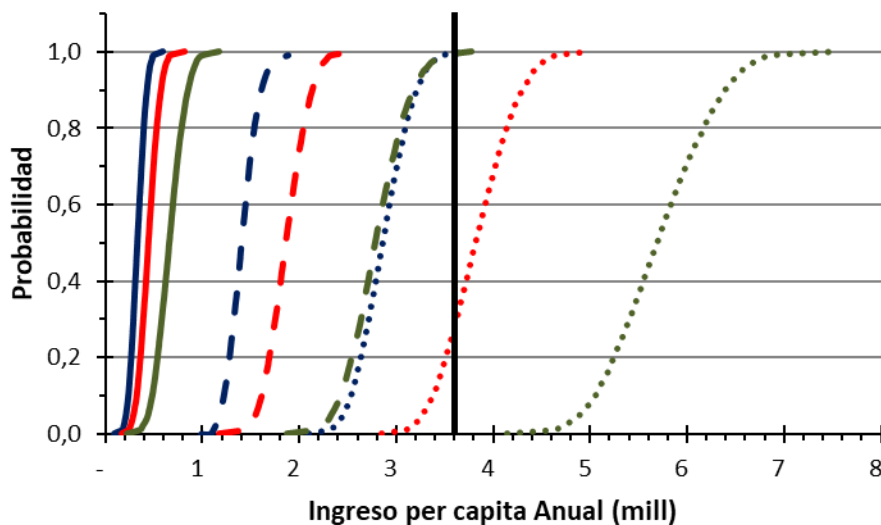


Figura 9. Análisis de riesgo para el módulo básico con distintos números de socios en la organización: 24 socios (líneas azules) y con distintos niveles de escalamiento, x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada); 18 socios (líneas rojas), x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada); 12 socios (líneas verdes) y con distintos niveles de escalamiento, x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada)

Para el caso de análisis de riesgo del módulo *full* la situación es distinta (Figura 10). En este caso los tres escenarios de escalamiento x2 fallan en alcanzar el punto de referencia. Esto es claro puesto que en la Figura 10 este escenario en los tres tamaños de organización caen a la izquierda de la línea vertical que indica el valor del punto de referencia.

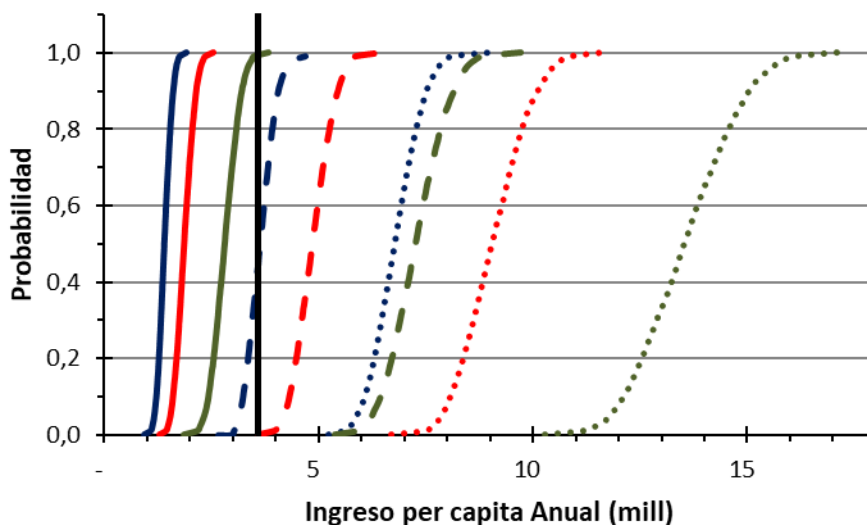


Figura 10. Análisis de riesgo para el módulo *full* con distintos números de socios en la organización: 24 socios (líneas azules) y con distintos niveles de escalamiento, x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada); 18 socios (líneas rojas), x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada); 12 socios (líneas verdes) y con

distintos niveles de escalamiento, x2 (línea continua), x3 (línea segmentada) y x4 (línea punteada)

En el escenario de una organización con 24 socios y un escalamiento x3 existe un 54% de alcanzar el punto de referencia o su equivalente en términos de fracaso de un 46%. Todos los demás escenarios muestran un 100% de probabilidades de obtener un ingreso per cápita anual de MM\$ 3,6. Para una organización compuesta por 24 socios el escalamiento mínimo necesario sería x4 y x3 para una organización de 18 o 12 socios.

3.3. Evaluación económica del módulo de engorda

La Tabla 10 resume los resultados económicos del módulo de engorda calculados a partir de los valores de entrada del modelo contenidos en la Tabla 4. En este escenario el beneficio neto es negativo. Este resultado se genera por dos causas fundamentales. Una es el bajo nivel productivo del módulo ya que la cosecha alcanza a sólo 23 kg de biomasa y al alto costo total asociado. De estos últimos el principal ítem lo constituye el costo de personal (74%), seguido del costo de energía (18%). El costo medio de producción por kilo de camarón es de \$ 228.994 contra los \$15.000 del precio de venta por kilo de camarón vivo. El escalamiento de este módulo no genera un cambio en el sentido de lograr un beneficio neto positivo y un costo de producción inferior a los \$ 15 mil. A modo de ejemplo, escalar el sistema aumentando a 10 los módulos instalados (Tabla 11) si bien logra disminuir el costo medio no logra generar beneficios positivos por el alto nivel de costos, donde el costo de energía pasa a ser el principal ítem de costo (55%) y costos de personal en segundo lugar con 22%. Así el módulo de engorda tal como está concebido originalmente falla en generar beneficio económico para la organización de camaroneros.

El resultado anterior sugiere la necesidad de generar un escenario alternativo donde la carga de costos totales para la organización de camaroneros pueda ser aliviada. La Tabla 12 resume el análisis en un escenario donde se suprimió el costo de personal, pensando en utilizar el recurso humano empleado en el módulo de acuíponía, es decir, que estas dos personas se hagan cargo también de la operación del módulo de engorda. En este nuevo escenario este módulo también falla en generar un beneficio neto positivo y es el costo de energía el principal ítem que explica el 71% del costo total. Escalando la producción no se logra tampoco el efecto deseado.

Un escenario alternativo es prescindir del estanque de engorda, tal como es el diseño original de la UCN y ocupar dos piletas de 40 x 20 m (800 m²) administradas y disponibles para los camaroneros de modo tal que se puede iniciar un cultivo de engorde en esas instalaciones. Las condiciones para la operación suponen también el omitir el personal original para el módulo de engorde y emplear al mismo personal contratado para el módulo acuípónico. Además, en términos de inversión en bienes de capital sólo se requiere de una bomba de 2 hp por pileta ya que con esta potencia sería suficiente para la aireación de una superficie de 800 m². En este sentido un pie cúbico por minuto de aire (cfm) puede ser suficiente para suministrar aire a un estanque de 200 m³ con peces. Por último, se asume que el costo de los juveniles es absorbido por un privado que los dona a la organización en lugar de invertir en los estanques de 54 m³.

La Tabla 12 resume los resultados de este nuevo escenario. En este caso el costo medio baja a \$ 6.569 kg⁻¹, lo que deja un margen de ganancia de \$ 8.431 lo que permite que el

beneficio neto por ciclo productivo sea de \$ 3.073.252. El principal costo lo constituye el costo de alimentación (60%), el 40% restante se debe a la energía del aireador.

En términos de la inversión que debe asumir el privado ocurre un hecho notable. Para obtener una superficie cultivo de 800 m² se requiere un total de 16 módulos de engorde a un costo de más de \$ 76 millones, a diferencia de invertir en la compra de los juveniles y la bomba de 2 hp para el cultivo en piletas que ascendería a un poco más de \$ 5 millones. Un cambio en el diseño del cultivo de estanques a piletas genera un beneficio neto positivo a un menor costo para el privado que donaría lo necesario para iniciar el cultivo.

Además, los días necesarios para obtener el peso de cosecha son 177 días, lo cual permite producir dos ciclos de camarones anualmente, es decir, el beneficio neto anual sería del orden de \$ 6.146.503 a la organización. Así, anualmente el cultivo de engorda de camarón de río en piletas puede generar un ingreso per cápita dependiendo del número de camaroneros que conforman la organización, ingreso que constituye para los camaroneros un ingreso adicional al ingreso producto del sistema acuípónico. Este resultado se muestra en la Tabla 9. En ella se muestran dos resultados posibles. El primero (ingreso per cápita (1)) es el ingreso esperado si la organización de camaroneros asume sólo los costos de la energía y de los juveniles. El segundo (ingreso per cápita (2)) representa el ingreso por socio si todos los costos fueran asumidos por el privado. En este caso, naturalmente, el ingreso per cápita aumenta y el costo para el privado ascendería a aproximadamente \$ 7,5 millones, es decir, menos del 10% del que incurriría al financiar un sistema basado en el módulo de engorda original que además no genera beneficios económicos.

Tabla 9. Ingreso per cápita anual esperado. El ingreso per cápita (1) representa el ingreso si el privado asume sólo el costo de juveniles y el ingreso per cápita (2) si asumiera todos los costos del cultivo de engorda en piletas aportadas por la organización.

Nr. Socios	ingreso per cápita (1)	ingreso per cápita (2)
12	\$512.209	\$911.331
18	\$341.472	\$607.554
24	\$256.104	\$455.665

Tabla 10. Evaluación económica del módulo de engorda de acuerdo con las especificaciones dadas por la Tabla 4.

VARIABLES DE CONTROL				RESULTADOS CICLO PRODUCTIVO													
Peso cosecha (gr)	Escalamiento	Superficie Estanque	Edad ingreso (días)	Peso Ingreso (gr)	Día Cosecha	Nr. camarones	Biomasa (kg)	Costo Total	Ingreso total	Beneficio Neto	Costo Personal	Costo energía	Costo alimentación	Costo juveniles	Costo medio (\$/kg)	Inversión Privada Estanques	Inversión Privada Juveniles
25	1	50	80	1,5	177	906	23	\$ 5.217.232	\$ 341.749	\$ -4.875.483	\$ 3.874.467	\$ 955.834	\$ 89.931	\$ 297.000	\$ 228.994	\$ 4.745.018	\$
											74%	18%	2%	6%			

Tabla 11. Evaluación económica del módulo de engorda al aumentar la producción 10 veces.

VARIABLES DE CONTROL				RESULTADOS CICLO PRODUCTIVO														
Peso cosecha (gr)	Escalamiento	Superficie Estanque	Edad ingreso (días)	Peso Ingreso (gr)	Día Cosecha	Nr. camarones	Biomasa (kg)	Costo Total	Ingreso total	Beneficio Neto	Costo Personal	Costo energía	Costo alimentación	Costo juveniles	Costo medio (\$/kg)	Inversión Privada Estanques	Inversión Privada Juveniles	
25	10	50	80	1,5	177	9.057	228	\$ 17.302.123	\$ 3.417.491	\$ -13.884.632	\$ 3.874.467	\$ 9.558.344	\$ 899.313	\$ 2.970.000	\$ 75.942	\$ 47.450.179	\$	
											22%	55%	5%	17%				

Tabla 12. Evaluación económica del cultivo de engorda basado en piletas de 800 m².

VARIABLES DE CONTROL				RESULTADOS CICLO PRODUCTIVO													
Peso cosecha (gr)	Escalamiento	Superficie Estanque	Edad ingreso (días)	Peso Ingreso (gr)	Día Cosecha	Nr. camarones	Biomasa (kg)	Costo Total	Ingreso total	Beneficio Neto	Costo Personal	Costo energía	Costo alimentación	Costo juveniles	Costo medio (\$/kg)	Inversión Privada Estanques	Inversión Privada Juveniles
25	1	800	80	1,5	177	14.491	365	\$ 2.394.734	\$ 5.467.986	\$3.073.252	\$ -	\$ 955.834	\$ 1.438.900	\$ -	\$ 6.569	\$ 76.240.286	\$ 5.072.000
											0%	40%	60%	0%			

3.3.1. Análisis de riesgo

La Figura 11 muestra los resultados del análisis de riesgo de uno de los escenarios más favorables para el cultivo de engorda que es con el uso de las piletas de engorda y con el privado donando los juveniles de camarones. Obviamente con un menor número de socios las probabilidades son más altas. Así si se quiere determinar cuál es la probabilidad de obtener un ingreso *per cápita* anual igual o superior a los \$ 500.000 esta sería de 0,4% para una asociación con 24 socios; 6% para una de 18 y 54% para una de 12 miembros.

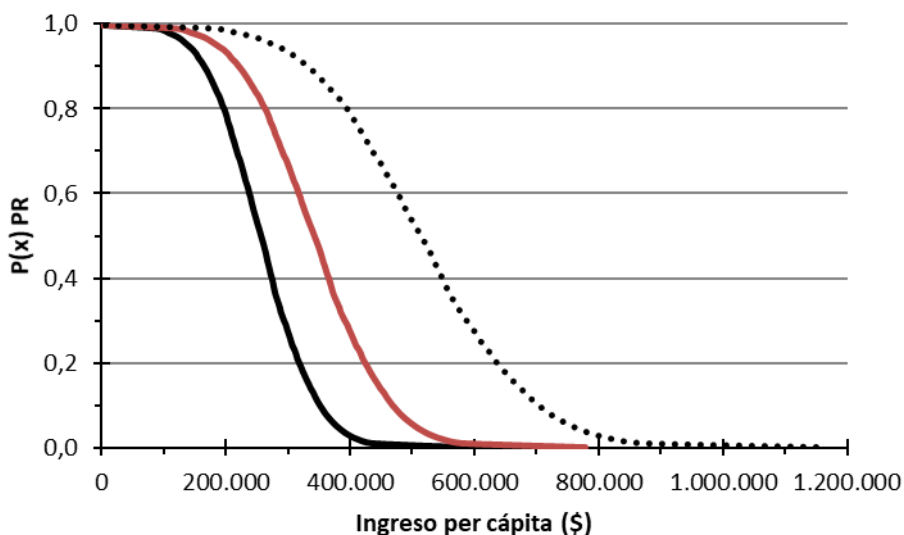


Figura 11. Análisis de riesgo para el cultivo de engorda de camarón en piletas de 40 x 20 m, en un escenario donde un privado aporta los juveniles. Las líneas gruesas representan las tendencias en los ingresos per cápita para organizaciones de 24 (línea negra), 18 (línea roja) o 12 miembros (línea punteada).

4. Discusión

4.1. Programa de Repoblamiento

Lo primero es recordar que el análisis del Programa de Repoblamiento es un ejercicio hipotético en el sentido de que se desconoce el tamaño actual de la población de camarón de río del norte en la cuenca del Choapa. En este sentido, la población recreada fue sintonizada de manera tal que al primer año de simulación rindiera una captura similar a la observada, es decir, alrededor de 40 – 42 t anuales. Bajo este supuesto el tamaño de la población fue de alrededor de 15 millones de individuos, mientras que la fracción explotable fue de alrededor de 4 millones de individuos. Este supuesto es relevante ya que dependiendo del número de juveniles generados en el hatchery de la UCN el aporte porcentual de éstos podría ser diferente. Por ejemplo, bajo las condiciones del supuesto del tamaño poblacional el primer escenario de repoblamiento evaluado (25.000 juveniles) representa apenas un 0,15%. Dado que el porcentaje respecto del total es bajo las diferencias con el escenario sin repoblamiento son marginales, tal como se muestra en los resultados. En este sentido, un nivel de repoblamiento de esta magnitud no hace diferencia en términos de las expectativas de los camaroneros ya que no genera un ingreso *per cápita* que sea sostenible en el tiempo. Distinta es la situación cuando el nivel de repoblamiento aumenta hasta 600.000 individuos, que representa un 4% del total poblacional en la población “actual”³. Bajo este escenario es posible cumplir con el punto de referencia evaluado en el texto, es decir, generar a un nivel sostenible un ingreso per cápita igual o mayor a los \$ 4.487.000 para el periodo de pesca de siete meses al año. Así, si el tamaño poblacional inicial fuera el descrito se requeriría amplificar 27,3 veces la cantidad que se piensa insertar en la población natural que es 25.000 juveniles. El costo de este mayor esfuerzo sería de \$ 106.800.000 (600.000 juveniles) versus los \$ 3.916.000 por 25.000 juveniles. En el modelo no se sabe quién se haría cargo de este costo, ni tampoco se conoce en la actualidad la capacidad productiva real del hatchery de la UCN. Lo ideal habría sido tener el tamaño real de la población, ya sea obtenido de evaluaciones directas o basadas en éxito de pesca, pero por distintas razones, ajenos al Consultor, no fue posible contar con esta información. En este sentido los resultados presentados en este Informe deben ser visto con precaución ya que se desconoce el nivel de exactitud y precisión del tamaño hipotético de la población asumida para el análisis.

4.2. Cultivo acuípónico

Respecto de la unidad productiva de recirculación acuípónica los resultados indican que la unidad o módulo básico a ser instalado por la UCN en el marco de este Proyecto, no sería suficiente para sustentar una actividad económica que satisfaga las expectativas de una organización de camaroneros de entre 12 – 24 socios. Tal como la unidad técnica de la UCN lo menciona explícitamente, esta unidad básica tiene fines demostrativos, educativos o de capacitación, pero no necesariamente constituye una unidad económicamente

³ “Actual” entre comillas dado que el tamaño de inicio de la población es un supuesto.

sustentable. Sería necesario escalar el nivel de producción. En este sentido, sería recomendable pensar en una instalación que al menos triplique la capacidad productiva del módulo *full* pensando en una organización de entre 12 – 18 socios, mientras que para un tamaño organizacional de 24 socios lo recomendable sería cuadruplicar la capacidad productiva del módulo *full*. Quizás lo recomendable sería este último nivel de producción para poder tener cierta holgura en absorber los costos de puesta en marcha y operación no contemplados e el análisis, esto dado a que se desconocen datos reales para estos ítems.

Así, el costo en términos de inversión unidad productiva de acuiponía sería de entre MM\$ 36 y MM\$ 48, sumado a un costo anual en términos de repoblamiento de alrededor de MM\$ 107.

4.3. Cultivo de engorda

Los resultados mostraron que el diseño original del cultivo en engorda, esto es, usando estanques de 54 m³, no resulta económicamente viable ya que no genera beneficios netos positivos a cualquier escala. Esto es así ya que este diseño está concebido para fines demostrativos y no con fines comerciales.

Si el diseño original se modifica reemplazando los estanques de engorda por piletas aportadas por la organización de camaroneros, que ya están construidas, se lograría generar un beneficio económico positivo, el cual podría aportar entre \$ 911 mil y \$ 256 mil por camaronero, lo que aumentaría el ingreso per cápita global por actividades de acuicultura. En última instancia el monto de este ingreso adicional dependerá de los ítems a ser financiados por el privado y del número de camaroneros que conforman la organización.

5. Conclusiones

Con respecto al Programa de Repoblamiento en la cuenca del río Choapa hay bastante incertidumbre en términos del tamaño actual de la población. En este sentido se trabajó con un tamaño probable que pueda proporcionar un nivel de captura similar a la actual. En esta situación los resultados mostraron que con un nivel de repoblamiento basado en 25.000 juveniles anuales el efecto sobre la población, las capturas y los ingresos de los camaroneros no sería muy diferente a no hacer el repoblamiento. Para que el Programa de Repoblamiento pudiera representar algún grado de aporte sería necesario aumentar significativamente el aporte de juveniles. En el escenario simulado un aporte de 600.000 juveniles podría mantener a la población en un tamaño estable que signifique biomasa constante, capturas mayores a las actuales y un nivel de ingreso que satisfaga las expectativas de los camaroneros de la cuenca. Esto sugiere que el número de juveniles requeridos para lograr un repoblamiento exitoso supera ampliamente las capacidades actuales de la UCN para generar este número necesario. De acuerdo con lo declarado por la UCN su capacidad actual no supera los 50.000 juveniles.

Con relación al módulo de acuaponía contemplado en el proyecto, los resultados demuestran que efectivamente, este módulo tiene una finalidad más bien educativa y de capacitación más que productiva a un nivel de generar rentabilidad económica. A fin de obtener algún beneficio económico es necesario escalar significativamente el nivel de producción. En este sentido habría que pensar en un nivel de producción tres veces superior al módulo descrito como full, esto es con nueve estanques de 7 m³ y 18 raceways, situación que involucra un mayor nivel de inversión y de costos de operación, pero que harían al sistema rentable si un privado estuviera dispuesto a donar la inversión inicial en los módulos de cultivo. Dado que no todos los costos fueron incluidos en el análisis (por ejemplo, inicialización de los módulos o costos de cosecha) quizás hasta sería recomendable escalar hasta cuatro veces el módulo denominado full, esto es llegar a 12 estanques de 7 m³ y 24 raceways, con un mayor costo para el privado.

Finalmente, el módulo de engorda propuesta originalmente en el Proyecto también constituye una instalación más bien demostrativa, cosa que la UCN reconoce. Al respecto se recomienda reemplazar este módulo por un diseño de cultivo de engorda que basada en piletas de cultivo de mayor tamaño. La organización de camaroneros dispone de una pileta de 40 x 20 m, lo que aumentaría la biomasa producida, elevaría los ingresos brutos, pero aun a mayor costo genera un ingreso *per cápita* positivo que puede constituir un adicional a los ingresos por acuaponía con el fin de que los camaroneros tengan un ingreso equivalente a la pesca e río durante los cinco meses que el recurso está en veda.

6. Literatura Citada

- Dominguez – May, R., E. Gasca – Leyva y D. Robledo. 2015. Haversting time optimization and risk analysis for the mariculture of *Kappaphycus alvarezii* (Rodophyta). Rev. Aquacult. 0: 1 – 11.
- Gurney, W.S.C. y R. M. Nisbet. 1998. Ecological dynamics. Oxford University Press. New York. 335 pp.
- Haddon, M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman & Hall, New York. 406 pp.
- Hilborn, R. y C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Chapman & Hall, New York. 570 pp.
- Merino, G., E. von Brand y M. C. Morales. 2014. Trout and river prawn culture in a recirculating system with hydroponic. 29 pp.
- Merino, G. y E. von Brand. 2019. Módulo acuípónico educacional: descripción, puesta en marcha y operación. Curso de acuíponía. Junio de 2019. 46 pp.
- Ricker, W.E. 1979. Growth rates and models. En: Bioenergetics and growth. W.S. Hoar, D.J. Randall y J.R. Brett (Eds.). Fish Physiology. 8: 1 -1 786.
- Sapag, N. y R. Sapag. 2008. Preparación y evaluación de proyectos. 5ª Edición. McGraw – Hill Interamericana. Bogotá, Colombia, 2008. 463 pp.