

INFORME FINAL

PROYECTO

**“CULTIVO INTEGRADO DE PECES DE AGUA
DULCE Y VEGETALES CON TECNOLOGÍA DE
RECIRCULACIÓN DE AGUA”**

PYT-2012-0048

DIAGUITAS, DICIEMBRE 2014

INFORME FINAL TÉCNICO Y DE DIFUSIÓN

**Cultivo integrado de peces de agua dulce y
vegetales con tecnología de recirculación de
agua**

PYT-2012-0048

OFICINA DE PARTES 2 FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	30 DIC 2014
Hora	11:30
Nº Ingreso	18436

Diciembre 2014

Contenido

INSTUCTIVO INFORME FINAL TÉCNICO Y DE DIFUSIÓN	2
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	6
2. RESUMEN EJECUTIVO	7
3. INFORME TÉCNICO	8

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Antecedentes Generales:

Código:	PYT-2012-0048
Nombre del Proyecto:	Cultivo integrado de peces de agua dulce y vegetales con tecnología de recirculación de agua
Región de Ejecución:	Región de Coquimbo
Nombre Ejecutor:	Germán Merino Araneda.
Nombre(s) Asociado(s):	Elisabeth von Brand.
Coordinador del Proyecto:	Germán Merino Araneda.
Costo total programado	
Costo total real	
Aporte del FIA (\$; % aporte) programado	
Aporte del FIA (\$; % aporte) real	
Periodo de Ejecución programado:	5 de noviembre, 2012 al 31 de octubre, 2014.
Periodo de Ejecución real:	5 de noviembre, 2012 al 30 de Diciembre, 2014.
Objetivo General:	Establecer un cultivo integrado de peces y plantas (acuaponía) a escala piloto comercial para diversificar la producción e incrementar la eficiencia de uso de agua en zona semiáridas.

2. RESUMEN EJECUTIVO

Resumen ejecutivo del desarrollo del proyecto, sus objetivos, justificación, resultados e impactos logrados. Debe ser globalizante, incorporando aspectos de importancia general dentro del proyecto, y dejando el detalle de la discusión en el Texto Principal. Debe ser corto y específico, no repitiendo las discusiones, análisis y calificaciones específicas contenidas en el Texto Principal

El proyecto se inició el 1 de noviembre del 2012 y abordó en forma paralela el desarrollo de los cinco objetivos específicos orientados a cultivar biointegradamente truchas arcoíris y lechugas, algunos con mayor y otros con menor grado de compromiso para los primeros 12 de 24 meses. Las primeras actividades se concentraron en la solicitud de los permisos en el Servicio de Evaluación Ambiental, en el Servicio Nacional de Pesca y en el Servicio Agrícola y Ganadero para desarrollar una actividad piloto comercial que involucra aspectos de acuicultura y agricultura, siendo los más relevantes los de acuicultura pues en su defecto no se podrían adquirir ni cultivar truchas arcoíris. No se consideró en el proyecto la creación de la empresa, aun cuando esta existe gracias al proyecto, pero si se comprometió el desarrollo de una página web y de una marca registrada. A mediados de año se ingresan los primeros juveniles de trucha arcoíris y concomitantemente se realiza la capacitación interna y difusión al público en general de la acuiponía a través de varios cursos cortos dictados por nuestros asesores nacionales e internacionales. A fines de invierno se comienza la producción de plantines y se adquieren mas juveniles de truchas y para mediados de primavera se gestionan las primeras ventas de hortalizas acuipónicas entre particulares y restaurantes. A inicios de primavera se realiza una prueba de cultivo adicional con camarón de río y otras hortalizas como albahacas, cebollines, rabanitos, berros, rúcula, espinaca y melones. Debido a un corte eléctrico programado pero sin aviso a nuestras instalaciones se pierden mas del 80% de los peces y con ello disminuye la producción de hortalizas lo que afecta a los planes de comercialización que se tenían para el verano 2013-2014, pero no afecta el haber logrado una biointegración de peces y hortalizas.

Durante la segunda parte del proyecto abordada durante el 2014 se trabaja en consolidar la producción y las metas de comercialización. Se inicia radiodifusión de nuestras actividades en una rdio local. Se activa la pagina web y Facebook y se consolidan mas de 20 restaurantes entre el Valle del Elqui, La Serena y Coquimbo. Las pruebas adicionales, no comprometidas en el proyecto, auguran que el camarón de río también puede ser cultivado en este sistema biointegrado asi como también las albahacas, cebollines y berros, no así las espinacas y rúcula. Entre febrero y junio se siembran todos los estanques con juveniles y todos los raceways hidropónicos comprometidos en el proyecto. Las hortalizas en producción y venta son varias variedades de lechugas, albahacas verde y morada, cebollines, berros y apios y se incorporan experimentalmente melones y tomates. Se incrementa el uso de energías renovables con la instalación de 5,2 kW adicionales a los 1,8 kW que estaban operando y que se adquieren con el ahorro energético durante el primer año de operación. Los paneles fotovoltaicos proveen de casi el 50% de la energía requerida. Se realiza una segunda capacitación interna y cursos cortos abiertos a la comunidad dictados por nuestros asesores internacionales e internacionales. Se vuelve a sembrar juveniles de camarón de río en noviembre 2014 que fueron obtenidos de los primeros camarones sembrados durante el 2013.

En diciembre se realiza la clausura oficial del proyecto con mas de 100 asistentes, la presencia de nuestros clientes y de investigadores que están abordando nuevas iniciativas de acuiponía y que fueron entrenados en nuestras instalaciones.

3. INFORME TÉCNICO

3.1. **Objetivo General:** Descripción del cumplimiento del objetivo general planteado en la propuesta de proyecto, en función de los resultados e impactos obtenidos.

Objetivo general	% de cumplimiento
Establecer un cultivo integrado de peces y plantas (acuaponía) a escala piloto comercial para diversificar la producción e incrementar la eficiencia de uso de agua en zona semiáridas	100%

3.2. **Objetivos Específicos:** Descripción del cumplimiento de los objetivos específicos planteados en la propuesta de proyecto, en función de los resultados e impactos obtenidos.

Nº OE	Descripción OE	% de cumplimiento
1	Desarrollar y validar un sistema acuipónico de truchas y lechugas a escala piloto comercial en la localidad de Diaguitas.	100%
2	Incrementar la producción de biomasa de truchas y lechugas que puedan producirse sustentablemente en un sistema acuipónico instalado en la localidad de Diaguitas.	100%
3	Reducir los requerimientos energéticos de un sistema acuipónico utilizando fuentes de energía renovables disponible.	100%
4	Reducir los costos de producción de un sistema acuipónico conociendo en detalle sus requerimientos básicos.	100%
5	Determinar estrategias de comercialización, distribución y venta de truchas y lechugas vivas localmente.	100%

3.3. **Cuantificación relativa del cumplimiento de los objetivos.**

Nº OE	Cuantificación
1	El objetivo se cumplió satisfactoriamente y la técnica de cultivo acuipónico se logró establecer durante el primer año de ejecución del proyecto. Se desarrolló una producción estable y creciente de varias variedades de lechugas y también de albahaca verde y morada, berros, cebollines y apio a densidades de 25 plantas/m ² . Los peces fueron ingresados en forma escalonada al sistema de cultivo de tal manera de generar diferentes poblaciones con talla de cosecha durante el periodo de producción. Las mortalidades de peces se debieron inicialmente a intoxicación por acumulación de amoníaco puesto que la biomasa de bacterias nitrificantes aún no estaba completamente desarrollada ni tampoco había una biomasa relevante de hortalizas en cultivo. Otra mortalidad importante estuvo asociada a un corte eléctrico programado por CONAFE y del cual no fuimos avisados y por lo tanto no teníamos el suficiente respaldo en oxígeno.

2	<p>Los peces fueron cultivados a densidades entre 500 (20 peces/m³) a 3000 (120 peces/m³) sin inconvenientes durante el invierno, sin embargo las densidades mayores a 1000 (40 peces/m³) presentaron problemas en los meses de mayor temperatura de agua principalmente por su demanda de oxígeno. Adicionalmente, en el caso de fallas eléctricas, es más complejo proveer de oxígeno como soporte de vida cuando se cultivan peces a altas densidades. En consecuencia, los tanques se siembran con 1000 juveniles de 10 a 20 g los que alcanzan un peso cercano a los 300 g al cabo de cinco meses y los 500 g a los 7 meses. Los peces no han presentado enfermedades.</p> <p>Para las hortalizas se cultiva a densidad de 25/m² y se seleccionan variedades según época del año, es decir para otoño-invierno y para primavera-verano. Las hortalizas, principalmente las lechugas son atacadas por pulgones y mosquita blanca y por lo tanto se procede a tratamiento con biopesticidas en un esfuerzo por mantener una producción orgánica. También se incluyen caléndulas y las propias albahacas como mecanismos de control biológico de pulgones.</p> <p>Se realizan durante julio capacitaciones internas y abiertas al público general en producción de camarón de río, hidroponía, acuaponía, bioeconomía y cultivo de truchas arcoíris por nuestros asesores nacionales e internacionales.</p>
3	<p>Durante el primer año de ejecución se instalaron 1,8 kW fotovoltaicos los que se complementaron en el segundo año con 5,2 kW fotovoltaicos lo que permite un autoabastecimiento energético de aproximadamente un 35% (asumiendo 6 h efectivas de radiación solar al día) y el complemento se obtiene de la red pública.</p> <p>La energía total requerida por el sistema es 3558 kWh/mes o 42696 kWh/año necesaria para operar en forma continua una bomba hidráulica, un soplador de aire y un generador de oxígeno, más la operación intermitente de un filtro rotatorio. La red pública complementa el 65% adicional. Cerca de 500 kg pez pueden ser cosechados mensualmente (1000 peces de 500 g) o 6000 kg pez/año y alrededor de 1200 hortalizas se pueden cosechar a la semana o 57600/año. Los peces se venden vivos a \$6500/kg, las lechugas \$600/unidad, albahacas a \$1500/unidad, apio a \$1000/unidad y berros a \$5000/kg; asumiendo solo truchas y lechugas, las ventas anuales de truchas serían de \$39 millones y de lechugas \$34 millones y en conjunto \$73 millones y el costo anual de 27752 kWh de energía pública para tarifa BT1 de CONAFE a \$123 kWh sería de \$3.413.496 que equivale a un 4,6% del precio de ventas anuales. La radiación solar en la localidad de Diaguitas permite el uso efectivo de energía renovable fotovoltaica.</p>
4	<p>Un estudio realizado a la Granja Agroacuicola Diaguitas como trabajo de titulación de INACAP indicó que el flujo de caja puro asumiendo la inversión del proyecto en \$204 millones brinda un VAN \$369 millones y un TIR de 25%. Adicionalmente, un flujo de caja mixto asumiendo un préstamo por el 67% de la inversión inicial genera un VAN \$240 millones y el TIR 20%. En ambos casos se supera el TIR 12% considerado como valor deseado del proyecto.</p> <p>En el análisis bioeconómico desarrollado por el asesor externo Dr. Marcelo Araneda considerando solo lechugas y truchas arcoíris se determinó, asumiendo una inversión inicial equivalente a lo requerido por el actual proyecto, que el precio neto mínimo de venta para trucha arcoíris es de \$4215/kg y para lechugas es de \$438/unidad para obtener un VAN igual a cero. Sin embargo la rentabilidad global puede mejorar notablemente con la incorporación de nuevos productos hidropónicos (albahacas, berros, apio, tomate) y de especies hidrobiológicas (camarón de río) por su incremento en la utilidad de la empresa. Será fundamental generar un nuevo estudio que permita encontrar la combinación óptima de productos por temporada que maximice la rentabilidad del negocio acuipónico</p>

5	<p>La empresa es nueva en la región no así sus productos trucha arcoíris y lechugas hidropónicas pues son conocidos y comercializados por otros oferentes. Por lo tanto se orientó el desarrollo de una marca, un logo comercial y difusión radial, además de una página web y Facebook corporativo. Se complementó la difusión a través de generar noticias de impacto mediático en televisión y diarios y la participación en programas de televisión (ej Recomiendo Chile, TecnoCiencia, entre otros). Adicionalmente se realizaron talleres de difusión y entrenamiento en acuiponía en las instalaciones de la Granja que también se complementaron con una inauguración y clausura con asistencia de autoridades nacionales, locales, público en general, prensa, radio y televisión.</p> <p>La empresa posee un logo definido e inscrito en el registro de marcas del país. Igualmente se adquirieron los dominios en www.acuiponia.com, www.acuiponia.cl y www.aquaponic.cl que ha permitido establecer un informativo digital. En julio 2014 se inicia radiofusión en radio local Montecarlo con 8 avisos diarios.</p> <p>Para posicionar los productos trucha arcoíris y lechugas se realizó una <u>Estrategia de penetración de mercado</u> en el Valle del Elqui, La Serena y Coquimbo, enfocado principalmente en restaurantes, la distribución de productos vivos y venta a pie de granja acompañados de tours en las instalaciones. En algunos casos fue posible elaborar una <u>Estrategia de desarrollo de mercado</u> participando en Ferias de Productores Orgánicos e incorporando un nuevo segmento de clientes a través de "slow food" www.slowfood.com participando de los "convivium de La Serena y Coquimbo". También se trabajó en una <u>Estrategia de desarrollo de producto</u> con una planta de proceso local para elaborar trucha arcoíris eviscerada para aquellos restaurantes o particulares que no desean adquirir trucha viva. Se está elaborando una <u>Estrategia de competencia y ampliación de mercado</u> a través de la planta de proceso que posee los medios para ingresar con sus productos a dos cadenas relevantes de supermercados del país. Y por ultimo una <u>Estrategia de diferenciación</u> de nuestros productos cultivados en un ambiente saludable sin antibióticos, sin daños al medioambiente, eficiente en el uso del agua, empresa local familiar.</p> <p>La combinación de estrategias permitió entre los meses de verano y otoño del 2014 vender una importante cantidad de hortalizas a particulares, restaurantes y pubs del Valle del Elqui, La Serena y Coquimbo las que se entregan directamente en formato vivo (con sus raíces), pero la venta declino al iniciarse el invierno. También se comercializaron truchas vivas a pie de granja como venta al detalle y procesadas en pesquera ALMAR Coquimbo en formato enteras sin vísceras. Las ventas abarcan a mas de 20 restaurantes que solicitan semanalmente lechugas, albahaca, cebollines y berros. También se venden truchas de la siembra 2013 y 2014 en 2 restaurantes del Valle del Elqui y en cuatro restaurantes de La Serena, además de ventas al detalle a pie de granja.</p>
---	--

3.4. Metodología del Proyecto

- Descripción de la metodología efectivamente utilizada (*aunque sea igual a la indicada en la propuesta de proyecto original*).
- Principales problemas metodológicos enfrentados.
- Adaptaciones o modificaciones introducidas durante la ejecución del proyecto, y razones que explican las discrepancias con la metodología originalmente propuesta.
- Descripción detallada de los protocolos y métodos utilizados, de manera que sea fácil su comprensión y replicabilidad (*se pueden incluir como anexos*).

Objetivo N° 1

Desarrollar y validar un sistema acuipónico de truchas y lechugas a escala piloto comercial en la localidad de Diaguitas

El sistema de recirculación de agua para biointegrar truchas y lechugas fue diseñado utilizando como supuestos las bases técnicas del sistema acuipónico desarrollado por la University of Virgin Islands (Rakocy et al., 2004) el cual se opera con tilapias en vez de truchas. Las truchas y las lechugas para ser biointegradas requirieron de una calidad de agua o medios de cultivo que debieron satisfacer las necesidades biológicas de ambos grupos. El caudal de agua del sistema de recirculación biointegrado consideró, a saber: a) caudal de recirculación: que mueve la mayor parte del agua desde el tanque de truchas a las unidades de extracción de sólidos por sedimentación; b) caudal de renovación: fue la cantidad de agua renovada diariamente en el sistema acuipónico para reponer pérdidas por evaporación y por tratamientos de sólidos suspendidos (vaciado de sedimentadores), que comprendió hasta un 10% del volumen total diario de agua del sistema de cultivo; c) Caudal de tratamiento biológico: agua que se destinó a tratamiento en biofiltro para la generación de nitrato; d) todo el caudal efluente de los sedimentadores fue enviado al sistema hidropónico. Posterior a la construcción y puesta en marcha, se procedió a operar el módulo acuipónico diseñado para llevar a cabo las experiencias de pilotaje estipuladas en la carta gantt.

El desarrollo de la ingeniería del sistema y su puesta en marcha fue realizado por la empresa de ingeniería IGD Ltda a través de las etapas de ingeniería conceptual (desarrollada para la preparación de la PO), ingeniería básica (desarrollada para la preparación de la PO), ingeniería de detalle, "as built", y administración del proyecto de ingeniería, siendo estas últimas desarrolladas durante la ejecución del proyecto.

La validación productiva de la tecnología se realizó en tres etapas, siendo la primera de ellas la inoculación bacteriana y puesta en marcha del biofiltro, la segunda por la siembra de peces y vegetales, y la tercera por la primera cosecha de vegetales y la evaluación del crecimiento y supervivencia de los peces hasta el instante de la cosecha de los vegetales.

Los insumos alevines de truchas se adquirieron desde la Piscicultura de Rio Blanco (V región). El alimento de los peces se adquirió en Biomar localizada en la ciudad de Castro. Las semillas de hortalizas se adquirirán de productores nacionales. Algunos nutrientes (Ca, K, Fe) serán adquiridos desde distribuidores químicos. Los alevines de peces fueron transportados por el ejecutor desde la piscicultura en camioneta abierta con un tanque de 1 m³ de fibra de vidrio asistido por oxigenación permanente.

Las hortalizas se cultivaron hasta su cosecha por períodos entre 45 a 60 días. La temperatura del agua en el sistema acuipónico fue entre 8 y 26,5 °C de acuerdo a las condiciones ambientales imperantes. Se logró reducir la temperatura a 22 °C con la instalación de malla sombra sobre todos los estanques de cultivo de peces. La intensidad de luz y la temperatura ambiental diaria fue registrada desde la red CEAZAMet. Diariamente se registraron en el sistema acuipónico el oxígeno disuelto, la temperatura del agua, nitrógeno amoniacal total (TAN), Nitrito (NO₂-N), Fosfato (PO₄-P), Nitrato (NO₃-N), pH, y alcalinidad. La curva de ganancia de fitomasa (g), se estimó cuantificando los pesos húmedos de una muestra de hortalizas cada 2 semanas hasta el momento de su cosecha.

La cantidad de agua utilizada y reemplazada en el sistema biointegrado debido a procesos de evotranspiración, evaporación, retrolavado y/o limpieza de sistemas de captura de sólidos suspendidos fue cuantificada diariamente y visualmente en el pozo de bombas del sistema biointegrado. El ingreso de agua nueva será controlado manualmente por una válvula de mariposa conectada en el efluente del pozo acumulador. Las pérdidas de agua serán contrastadas con prácticas tradicionales de cultivo de peces a nivel de acuicultura de pequeña escala (APE) en agua dulce y del método mas popular de producción de hortalizas regional (sembrado en tierra y riego por surco), para cuantificar el uso y conservación del agua en cultivos tradicionales con respecto a un sistema biointegrado con recirculación de agua

Objetivo N° 2	Incrementar la producción de biomasa de truchas y lechugas que puedan producirse sustentablemente en un sistema acuipónico instalado en la localidad de Diaguitas
<p>Se evaluó la producción biointegrada de la especie piscícola <i>Oncorhynchus mykiss</i> o “trucha arcoíris” y de la hortícola <i>Lactuca sativa</i> o “Lechuga”. Los juveniles de truchas fueron adquiridos en la Piscicultura de Río Blanco (V Región) y las plántulas de hortalizas fueron producidas in situ previa compra de semillas en distribuidores locales o nacionales.</p> <p>El crecimiento de vegetales en sistemas acuipónicos requerirá de 16 elementos esenciales (Rakocy, 1996), los que se subdividen entre macro (Carbono, oxígeno, nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo y sulfuro) y micronutrientes (cloro, hierro, manganeso, boro, zinc, cobre, y molibdeno). Los sistemas hidropónicos establecen como base 5 mg Fe/L, 0.5 Mn/L, 0.1 mg Cu/L, 0.1 mg Zn/L, 0.5 mg B/L y 0.05 mg Mo/L. Se medirá la concentración de estos nutrientes por medio de un espectrofotómetro y de un colorímetro para determinar la presencia de estos nutrientes debido a la excreción de las truchas que son alimentadas diariamente con una dieta comercial. Lógicamente, mas nutrientes se dispondrán en el medio de cultivo al incrementar la densidad de cultivo de los peces y que se correlacionará con la cantidad de vegetales producidos, y que es definido como un índice que relaciona el alimento diario entregado en relación a la superficie del sistema de cultivo de plantas (Rakocy et al., 1993; Zweig, 1986).</p> <p>Se utilizaron ocho tanques de aproximadamente 25 m³ de volumen efectivo cada uno para el cultivo de truchas. La densidad de cultivo de truchas de 500 g fue evaluada entre 15 peces por m³ hasta 120 peces/m³ en términos de crecimiento y supervivencia. Las truchas fueron alimentadas con dietas comerciales a razón del 1 al 6% de su biomasa al día dependiendo del tamaño de la trucha, lo que implica alrededor de 1220 kg de alimento por ciclo de cultivo. Un ciclo de cultivo comprende la engorda de juveniles de 10 g hasta 500 g lo que se estimó tomaría unos 8 meses pero ocurrió en 6 meses, y por lo tanto para el proyecto se pueden obtener mas de los cuatro ciclos por año originalmente considerados. El área de cultivo hidropónico de lechugas requerido para biointegrarse con la producción de peces se relacionó bien con la cantidad de alimento entregada al día a razón de 1 m² hidropónico por cada 65 g de alimento entregado al día (Rakocy et al., 2004). El proyecto instaló ocho canales o tanques hidropónicos de 16 m³ (27 m largo x 2 m ancho x 0,3 m profundidad efectiva) cada uno para el cultivo hidropónico de lechugas. La densidad de cultivo de lechugas fue entre 20 y 25 unidades/m² de acuerdo a lo recomendado en sistemas acuipónicos y que fueron cosechadas entre cuatro a seis semanas dependiendo de la época del año. El diseño del componente hidropónico de hortalizas comprendió la utilización de un sistema de balsa (Raft technique) dado su éxito en acuiponía (Rakocy et al., 2004; Timmons et al., 2002).</p>	

Objetivo N° 3	Reducir los requerimientos energéticos de un sistema acuipónico utilizando fuentes de energía renovables disponibles
<p>Se identificarán durante la operación del sistema los requerimientos energéticos de la instalación acuipónica a escala piloto comercial para evaluar la incorporación de fuentes energéticas renovables no tradicionales para complementar la demanda de energía por bombeo de agua, bombeo de aire y luces.</p> <p>El análisis consideró el diagnóstico, análisis, clasificación, propuesta de alternativas, y cuantificación de ahorros. Lo anterior permitió identificar e incorporar las medidas de ahorro energético mas adecuadas para el sistema acuipónico instalado en Diaguitas con objeto de reducir los costos por energía pública y con ello mejorar las capacidades de producción.</p> <p>La implementación de una medida de mejoramiento de la eficiencia de uso de la energía eléctrica, generalmente tiene asociada una inversión, siendo uno de sus impactos la reducción en el consumo de energía eléctrica. El costo de la energía ahorrada, se expresó en \$/kWh.</p>	

Objetivo N° 4	Reducir los costos de producción de un sistema acuipónico conociendo en detalle sus requerimientos básicos
---------------	--

Se elaboró una estrategia para una unidad productiva y rentable en la localidad de Diaguitas, Valle del Elqui, Región de Coquimbo basada en un estudio bioeconómico considerando indicadores tradicionales de rentabilidad VAN y TIR.

El modelo bioeconómico otorgará funcionalidad económica y propondrá escenarios productivos de acuerdo a la zona objetivo de implementación del prototipo comercial. La modelación entregará respuestas del comportamiento del sistema ante diferentes variables. En este enfoque se integrarán dinámicamente los factores biológicos, tecnológicos y económicos que determinan las principales características del proceso productivo y de esta manera entregar los insumos necesarios para el cálculo del valor presente del beneficio neto generado por la operación, bajo diferentes escenarios productivos. El modelo considerará: a) evaluar las producciones de trucha arcoiris y de lechugas de acuerdo a los cohortes estipulados en el plan productivo además de las variaciones introducidas al proceso; b) información de los ámbitos biológicos, tecnológicos y económicos; c) los costos operacionales directamente asociables a estas cohortes, incorporando el impacto en cada uno de estos escenarios en cada uno de los ámbitos. La metodología de la modelación bioeconómica se desarrollará siguiendo los pasos que a continuación se detallan:

1. **Recopilación de Información Relevante del Sistema Biointegrado.** Se considerará el sistema biointegrado en su conjunto, además de la obtención de información individual de cada subsistema (piscícola y hortícola). La obtención de información también considera: a) Funcionamiento biológico: nivel de respuestas de las funciones biológicas (crecimiento, asimilación de alimento, reproducción y excreción frente a la tecnología y al medio ambiente, niveles de biomasa); b) Sistema tecnológico: representa el amplio espectro de elecciones en tecnología y equipamiento para cumplir los objetivos de producción y está directamente relacionado con el nivel de inversión y los costos operacionales; c) Consideraciones económicas: relacionado con criterios de evaluación de los sistemas de producción y traduce las relaciones tecnológicas y biológicas en costos e ingresos generados por la actividad.
2. **Construcción del Modelo Conceptual del Sistema Biointegrado.** Análisis cualitativo del modelo de interés para limitar el sistema objetivo a los componentes que fueron considerados importantes en la obtención de datos y que son relevantes en el desarrollo biointegrado del sistema.
3. **Clasificación de los Componentes del Sistema.** El sistema de interés se describirá en tres submodelos (biológico, tecnológico y económico) que están interconectados a través de la información transferida entre ellos. Los componentes de cada submodelo serán clasificados en: a) *Variables de estado*: caracterizan el estado del sistema en un tiempo dado, representando los puntos de acumulación dentro del sistema; b) *Variables de control*: son variables que afectan la dinámica del sistema y provocan un impacto en las variables de estado; c) *Ecuación de movimiento*: es la rapidez a la cual una variable de estado cambia en función del tiempo y están determinadas por las decisiones (variables de control); d) *Fuentes de decisión*: son ecuaciones que traducen la información disponible de los niveles del sistema.
4. **Construcción del Modelo Matemático.** Se cuantifican todas las relaciones que existen entre los componentes que fueron identificados en la información recopilada y en el modelo conceptual integrando los tres submodelos, los cuales serán utilizados luego en la determinación del tiempo óptimo de cosecha.
5. **Elección de la Estructura General Cuantitativa del Modelo.** Se utilizará para la estructura general de un análisis dinámico dentro de una planilla de cálculo para trazar y estudiar las trayectorias temporales específicas de las variables. La observación dinámica permite afectar temporalmente las variables al introducir explícitamente el tiempo en la descripción. Serán analizados los parámetros que mejor reflejen los datos obtenidos a través de ecuaciones interconectadas para describir explícitamente el comportamiento dinámico del sistema de producción bajo condiciones definidas. La estructura general del sistema ha ser evaluado utilizará un análisis integrado para valorar las relaciones biológicas y tecnológicas en tiempo continuo en forma de funciones de costos e ingresos en el tiempo con el objetivo de maximizar el beneficio.

6. **Aplicación de un Análisis Determinístico y Estocástico al Modelo Bioeconómico.** Para estimar los diferentes resultados que presentan las principales variables de desempeño, se utilizarán dos tipos de análisis: uno determinístico, que entrega un resultado único de solución; el otro estocástico, que aplica probabilidades para medir el riesgo y la incertidumbre en el desempeño económico. En el *Análisis determinístico* obtendrán resultados entregados por las variables de desempeño en cuanto a disponibilidad de biomasa en el tiempo, equipamiento utilizado para la producción de la cohorte y la evaluación económica del sistema, determinando el tiempo óptimo de cosecha, como también el costo medio de producción. En el *Análisis estocástico* se medirá la rentabilidad operacional (riesgo) frente a la aleatoriedad de los cambios en uno o más de los valores estimados en los parámetros. Se utilizará el programa “Crystal Ball” que trabaja con métodos de ensayos estadísticos para simular situaciones inciertas y definir valores esperados para variables no controlables a través de la selección aleatoria de valores en base a la estricta relación con sus respectivas distribuciones de probabilidades.
7. **Modelar Bioeconómicamente el Proceso Productivo.** Se analizan los rendimientos económicos de las cohortes de peces y de lechugas bajo diferentes escenarios a través de una simulación siguiendo la metodología descrita en el paso seis en su versión estocástica. A su vez, la elección de diferentes escenarios a diferentes escalonamientos productivos considerará la opinión de expertos (empresa privada e investigadores) que están a cargo del proceso.

Para determinar los costos unitarios de la producción del sistema biointegrado, se considerarán sólo los *costos relevantes o diferenciales*, es decir, aquellos que se originan exclusivamente por la realización de la producción de peces y hortalizas como también los generados en la fase piloto-productiva y piloto experimental.

Como método para la estimación total de costos se utilizará la técnica de factores combinados, la cual consiste en combinar estándares con valores reales, este generalmente se aplica en situaciones donde existe un componente de costos muy pertinentes y otro poco significativo. Mientras el primero de ellos se calcula en forma más precisa, el segundo usa información secundaria como estándares de costos. La siguiente ecuación expresa este modelo: $C = \sum C_d + \sum cu_i + q_i$, Donde C es el costo que se busca calcular, C_d el costo real de cada componente pertinente, cu_i el costo unitario del componente i de la estructura de costos y q_i la cantidad del componente i .

Objetivo N° 5	Determinar estrategias de comercialización, distribución y venta de truchas y lechugas vivas localmente
<p>Estrategias de comercialización y distribución de truchas y lechugas vivas se desarrollaron en el Valle del Elqui, La Serena y Coquimbo para presentar los productos en hoteles, restaurantes y particulares a partir de la puesta en marcha del proyecto. Los canales de comercialización que fueron explorados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) La venta directa al detalle: está se realizará directamente en el centro de cultivo, en donde los clientes acuden a comprar pequeñas cantidades del producto. No implica distribución b) Venta en Ferias locales: se vende a través de un tercero o directamente a clientes que acuden a comprar diversos productos. Implica distribución c) Ventas en hoteles y restaurantes: se vende sobre pedido o por entregas periódicas, en donde la compra se concreta varios días antes de la entrega. Implica distribución d) Actividades de promoción y publicidad de los productos <p>Los productos comprometidos que generó el proyecto fueron truchas de 500 g y lechugas hidropónicas. Ambos productos son conocidos por el mercado objetivo local del Valle del Elqui y de la región de Coquimbo, siendo la gran novedad la oferta de truchas vivas que hoy no existe en el Valle de Elqui.</p> <p>Para la introducción de los productos al mercado se hicieron constantes ofertas a hoteles y restaurantes entregando muestras para que fueren degustadas por los dueños y chef de los mismos. La distribución geográfica del mercado entre el Valle del Elqui y la ciudad de Coquimbo tiene una extensión de 80 kilómetros, por ende es posible hacer una cobertura de un 100% de los mercados locales en un tiempo razonable dentro de la jornada laboral, lo que ayudará a posicionar las ventas en este segmento.</p>	

Asimismo, para atraer público en general, las ventas de truchas y lechugas también se realizaron directamente en el centro productor, lo que ayudó a difundir la actividad y a motivar las ventas. Es importante destacar que esta opción aparte de motivar las ventas a través del conocimiento de la actividad, también generó una alternativa turística novedosa para la zona y particularmente para el pueblo de Diaguitas. Dada la velocidad de crecimiento de las lechugas, se esperaba tener al menos dos ventas por mes sin embargo se realizaron ventas todas las semanas, y en el caso de truchas se esperaban tres ventas anuales para el primer año y 4 ventas para el segundo año sin embargo se venden todas las semanas a partir de julio del segundo año.

Todos los productos son vendidos frescos y vivos y al contado a valores de \$6500/kg vivo o \$8000/kg procesado en el caso de las truchas en las instalaciones de producción o en restaurantes o supermercados. Dado que el producto se vende vivo no se requiere de una resolución sanitaria, y en el caso de producto procesado la resolución sanitaria la posee la planta de proceso. Se producirían unos 3000 kg pez el primer año, pero gran parte de ellos se perdieron por un corte eléctrico, y hasta un máximo de 5000 kg de truchas el segundo año y aproximadamente 6000 lechugas/mes. Para la venta fuera de las instalaciones de producción los peces fueron transportados vivos en contenedor con agua fría y provisto de oxigenación. En el caso de las lechugas estas fueron distribuidas vivas en camioneta cerrada y vendidas a \$600/unidad. Se estimó originalmente que la trucha se vendería entre \$2000 y \$3000/kg y la lechuga entre \$300 y \$450/unidad.

A través de las ventas tempranas se logró posicionar la marca del producto y generar un atractivo agroacuícola turístico para los residentes locales y visitantes nacionales y extranjeros.

Las estrategias de comercialización y distribución de truchas y lechugas vivas también contemplaron desarrollar actividades de promoción y publicidad de los productos:

- a) Publicidad: se diseñó una campaña publicitaria en los medios de comunicación locales y trípticos informativos. Además se elaboraron boletines informativos que fueron repartidos a clientes potenciales.
- b) Fuerzas de venta: se realizaron visitas dirigidas a clientes potenciales

3.5. Actividades del Proyecto

- Carta Gantt o cuadro de actividades comparativos entre la programación planteada en la propuesta original y la real.

Nº OE	Nº RE	Actividades	Programado		Real		% Avance			
			Inicio	Término	Inicio	Término				
1	1	Capacitación Acuaponía en México Técnico 1	Mes 1	Mes 3	Mes 2	Mes 2	100%			
		Capacitación Acuaponía Técnico 2	El mes 1 (5 diciembre 2012) fue utilizado para la coordinación inicial de proveedores de servicios y la gestión de boletas de garantía. Lo que originó un desplazamiento en el tiempo real de partida de todas las actividades que se iniciaban en el mes 1	Todas estas actividades estaban originalmente programadas para terminar el mes 3 (5 febrero 2013). Pero se han reprogramado algunas de acuerdo a las necesidades operativas	Se suspende	Se suspende	0%			
		Estudio de Ingeniería.			Mes 1	Mes 3	100%			
		Adquisición de equipos.			Mes 3	Mes 6	100%			
		Instalación Invernaderos.			Mes 3	Mes 4	100%			
		Instalación sistema de cultivo acuípónico.			Mes 2	Mes 6	100%			
		Instalación eléctrica.			Mes 5	Mes 7	100%			
		2			Operación sistema en marcha blanca.	Mes 4 (5 marzo)	Mes 4 (30 marzo)	Mes 5	Mes 6	100%
						Mes 4 (5 marzo)	Mes 4 (30 marzo)	Mes 4	Mes 6	100%
						Activación del biofiltro.				

3	Cultivo de peces y hortalizas	Mes 4	Mes 6	Mes 6	Mes 9	100%	
	Control de variables calidad agua	Mes 4	Mes 6	Mes 6	Mes 9	100%	
	Muestreo para determinar curvas de crecimiento	Mes 4	Mes 6	Mes 6	Mes 9	100%	
	Indicador: Crecimiento de peces y Cosecha de hortalizas	Mes 4	Mes 6	Mes 6	Mes 10	100%	
	HITO CRITICO: Sistema validado con tasas de crecimiento igual o mayor a producción tradicional de truchas y lechugas		Mes 6		Mes 10	100%	
2	1	Producción/compra de plántulas de lechuga	Mes 6	Mes 6	Mes 6	Mes 6	100%
		Difusión 1 – Puesta en marcha proyecto	Mes 6	Mes 6	Mes 6	Mes 6	100%
		Capacitación – Curso Acuiponía Básico	Mes 6	Mes 6	Mes 6	Mes 6	100%
	Se inician 6 ciclos de peces el primer año que corresponden a las densidades finales de cosecha 7,5; 10; 15; 20; 25 y 30 kg pez/m ³ . Las cosechas de peces ocurrirían al primer mes del segundo año. Sin embargo un corte eléctrico mató a la mayoría de los peces. Las cosechas de lechugas ocurrieron en un plazo de 60 días de iniciada esta experiencia						
	Producción de peces 7,5 kg/m ³ ciclo 1 y lechugas	Mes 7	Mes 13	Mes 7	Mes 13	100%	
	Producción de peces 10 kg/m ³ ciclo 2 y lechugas	Mes 7	Mes 13	Mes 7	Mes 13	100%	
	Producción de peces 15 kg/m ³ ciclo 3 y lechugas	Mes 7	Mes 13	Mes 7	Mes 13	100%	
	Producción de peces 20 kg/m ³ ciclo 4 y lechugas	Mes 7	Mes 13	Mes 7	Mes 13	100%	
	Producción de peces 25 kg/m ³ ciclo 5 y lechugas	Mes 7	Mes 13	Mes 7	Mes 13	100%	
	Producción de peces 30 kg/m ³ ciclo 6 y lechugas	Mes 7	Mes 13	Mes 7	Mes 13	100%	
Indicador: Cosecha de truchas y de lechugas		Mes 13 Mes 13		Mes 13 Mes 13	100% 100%		

2	Incrementar producción por cultivo escalonado de peces y hortalizas					
	Producción escalonada de peces ciclo 1 y lechugas	Mes 13	Mes 20	Mes 15	Mes 21	100%
	Producción escalonada de peces ciclo 2 y lechugas	Mes 14	Mes 21	Mes 15	Mes 21	100%
	Producción escalonada de peces ciclo 3 y lechugas	Mes 15	Mes 22	Mes 16	Mes 22	100%
	Producción escalonada de peces ciclo 4 y lechugas	Mes 16	Mes 23	Mes 16	Mes 23.	100%
	Producción escalonada de peces ciclo 5 y lechugas	Mes 21	Mes 28 fuera proy	Mes 17	Mes 24	100%
	Producción escalonada de peces ciclo 6 y lechugas	Mes 22	Mes 29 fuera proy	Mes 18	Mes 27 fuera proy	100%
	Producción escalonada de peces ciclo 7 y lechugas	Mes 23	Mes 30 fuera proy	Mes 19	Mes 28 fuera proy	100%
	Producción escalonada de peces ciclo 8 y lechugas	Mes 24	Mes 31 fuera proy	Mes 19	Mes 29 fuera proy	100%
	Capacitación– Métodos orgánicos de control de plagas, Producción de plántulas de lechuga Indicador: Biomasa de peces y lechugas cosechada por ciclo		Mes 20		Mes 20	100%
		Mes 24		Mes 24	100%	
HITO CRITICO: Rendimiento mínimo 15 truchas por m ³ de agua en los tanques de cultivo de truchas		Mes 24		Mes 24	100%	

3	1	Diagnóstico de consumo de energía	Mes 10	Mes 18	Mes 10	Mes 18	100%
	2	Análisis factibilidad de disminuir costos energéticos a través de la incorporación de fuentes alternativas de energía renovables	Mes 16	Mes 24	Mes 6	Mes 24	100%
		Capacitación – Diseño de sistemas acuípónico	Mes 16	Mes 24	Mes 8	Mes 8	100%
		Difusión 5 – Cierre del proyecto	Mes 16	Mes 24	Mes 25	Mes 25	100%
		Indicador: Energía renovable factible seleccionada		Mes 24		Mes 15	100%
		HITO CRITICO: Costo variable eléctrico anual no supera el 20% del precio de ventas anuales		Mes 24		Mes 15	100%
4	1	Identificación de variables bioeconómicas Indicador: Variables bioeconómicas cuantificadas	Mes 7	Mes 15 Mes 15	Mes 8	Mes 18 Mes 18	100% 100%
	2	Modelamiento bioeconómico	Mes 13	Mes 18	Mes 14	Mes 18	100%
5	1	Diseño imagen corporativa.	Mes 1	Mes 6 (5 mayo)	Mes 1	Mes 6	100%
		Registro de marca.	Mes 1	Mes 6	Mes 4	Mes 6	100%
		Publicación en diario oficial.	Mes 1	Mes 6	Mes 4	Mes 6	100%
		Sitio y dominio web.	Mes 1	Mes 6	Mes 3	Mes 6	100%
		Hosting y programación web.	Mes 1	Mes 6	Mes 3	Mes 6	100%
		Folleto de Presentación.	Mes 1	Mes 6	Mes 5	Mes 6	100%
		Indicador: Pagina web publicada.				Mes 6	100%
	2	Identificación de presentación del producto	Mes 1	Mes 9	Mes 2	Mes 11	100%
Identificación de canales de distribución		Mes 1	Mes 9	Mes 2	Mes 18	100%	
Indicador: Producto y canales de distribución cuantificados			Mes 9		Mes 18	100%	

3	Estrategia de comercialización	Mes 8	Mes 15	Mes 10	Mes 24	100%
	Indicador: Estrategias de comercialización		Mes 15		Mes 24	100%
4	Patentamiento o registro propiedad intelectual.	Mes 1	Mes 6	Mes 3	Mes 9	100%

- Razones que explican las discrepancias entre las actividades programadas y las efectivamente realizadas.

Al iniciarse el proyecto ocurre un desfase de 2 meses en el desarrollo del **OBJETIVO ESPECIFICO 1** debido a un atraso en la construcción que desplazó la puesta en marcha del sistema acuípónico desde fines del mes 4 (5 marzo) a mediados del mes 6 en lo que se refiere a la marcha blanca (15 al 21 de mayo) y marcha con carga (ingreso 2200 peces Mayo 21). Para recuperar el tiempo perdido se decide acortar los periodos de marcha blanca y marcha con carga de tal manera de iniciar el **OBJETIVO ESPECIFICO 2** en el mes 7 (junio) (como estaba programado) con el ingreso de los peces para la prueba de densidad de cultivo. El sistema acuípónico requirió de tres meses post ingreso de peces para acumular los nutrientes orgánicos excretados por peces para nutrir a las hortalizas lo que ocurrió en el mes 9 (agosto) operando con 8 tanques hidropónicos y con 254 kg de peces (aproximadamente 7000 peces).

La producción comparada de densidad de cultivo en las truchas (**OBJETIVO ESPECIFICO 2**) mostró condiciones de falta de oxígeno disuelto a las mayores densidades probadas que se agudizaron con el alza ambiental de la temperatura (promedio 24 C) a mediados de noviembre. Los estanques cultivados con 40 a 60 truchas/m³ tuvieron un mejor comportamiento y menos mortalidades frente a eventos de cortes eléctricos o de reducción de oxígeno disuelto en el agua.

La siembra escalonada de peces en el segundo año (**OBJETIVO ESPECIFICO 2**) se retrasó 2 meses por trámites de permisos de transporte de SERNAPESCA y disponibilidad de juveniles por la Piscicultura de Rio Blanco. Para paliar el atraso se ingresan en dos meses (fines febrero y mediados de marzo) consecutivos los peces de cuatro estanques y se adelanta en 4 meses el ingreso de los peces de los restantes 4 estanques. Las densidades de siembra fueron entre 40 y 60/m³. El objetivo de adelantar las siembras fue para lograr cosechas escalonadas lo más cercano a la programación original, y que se logra con los peces que ingresaron a fines de febrero 2014 los que alcanzaron los 300 g a fines de julio y los 500 g en septiembre por lo tanto estaban en condiciones de ser cosechados aún más temprano de lo planificado. Desde septiembre en adelante se cosechan peces todos los días según requerimiento de clientes particulares y restaurantes. Cuatro estanques entran en cosecha en forma escalonada a partir de septiembre. Un evento positivo es la visita constante de personas que se acercan a adquirir truchas vivas o evisceradas a pie de granja.

La producción escalonada de lechugas (**OBJETIVO ESPECIFICO 2**) y otras hortalizas como albahacas y cebollines se desarrollan bastante bien en almácigos de esponja. Durante el invierno en el segundo año las plántulas de albahaca no brotan. La demanda por albahacas continúa, y se realiza una prueba de cultivo controlando artificialmente la temperatura del agua de los almácigos y se logra reactivar la producción de albahaca, y esta estrategia se aplicará para el próximo invierno para tener producción continua de albahacas. Las lechugas y cebollines continúan su cultivo durante el periodo invernal, pero con una menor demanda por parte de los clientes. En la primavera del segundo año, además de albahacas, se siembran berros y apio que se venden a \$1000/200g y \$1000/unidad, respectivamente. A mediados del primer año y nuevamente a fines del segundo año se ingresaron juveniles de camarón de río en los tanques hidropónicos (no se requirió de nueva infraestructura) y presentaron un crecimiento promisorio. Uno de los aspectos mas relevantes del sistema acuípónico es su versatilidad para tener una producción diversificada de productos hidropónicos y también hidrobiológicos.

Se evalúa el consumo de energía (**OBJETIVO ESPECIFICO 3**) de los equipos en operación y de la energía generada por los paneles fotovoltaicos instalados 10 meses antes de lo programado. Durante el periodo invernal la radiación solar disminuyó desde 1000 a 600 W/m² y con ello disminuye el rendimiento de los paneles. Debido al buen funcionamiento de la energía fotovoltaica y a la importante radiación solar en Diaguitas se incorporan a fines de julio 5,2 kWh de nuevos paneles solares. Los 7 kWh de energía fotovoltaica instalada proveen casi un 47% de la energía requerida dependiendo de la radiación solar disponible. Adelantar la instalación de energía renovable permitió un ahorro energético y reutilizar recursos económicos para fines productivos.

El **OBJETIVO ESPECIFICO 4** se retrasa entre 1 y 3 meses principalmente debido a la mortalidad de peces que ocurre a fines del primer año (diciembre) producto de un corte eléctrico programado del cual no fuimos avisados oportunamente. Las consecuencias son no disponer de peces en cantidad suficiente para comercializar y la disminución de nutrientes en el agua de cultivo que también obliga a una menor producción de lechugas. Sin embargo este objetivo no es crítico para la continuidad del proyecto. Con el arribo de nuevos peces a partir del mes 15 se incrementan los nutrientes en el agua y con ello se restablece la producción de hortalizas. Se venden a particulares en el Valle del Elqui, La Serena y Coquimbo, además de restaurantes en el Valle del Elqui, en La Serena y en Pubs en Coquimbo las lechugas de cualquier variedad a \$600/unidad, cebollines a \$500/tres unidades, berros a \$1000/200g, apio a \$1000/unidad y las albahacas a \$1500/unidad todos con IVA incluido. Las truchas se venden primeramente procesadas por pesquera ALMAR en formato filete y entera sin vísceras a restaurantes a \$6500+IVA, pero lentamente particulares se acercan a la granja para adquirir el producto trucha viva que se vende a \$5500+IVA.

El **OBJETIVO ESPECIFICO 5** se reprograma y se alargan los tiempos para obtener resultados puesto que se trabaja permanentemente en como presentar los productos, identificar nuevos canales de distribución y abordar diferentes estrategias de comercialización a medida que se incrementa el número de clientes. Esto resulta positivo para el buen desarrollo del proyecto pues implica una observación continua del comportamiento del mercado objetivo y de sus demandas por variedades de hortaliza, truchas y camarón de río.

3.6. Resultados del Proyecto

- Descripción detallada de los principales resultados del proyecto, incluyendo su análisis y discusión utilizando gráficos, tablas, esquemas, figuras u otros, que permitan poder visualizar claramente los antecedentes que sustentan las conclusiones relevantes del desarrollo del proyecto.

Desarrollar y validar un sistema acuipónico de truchas y lechugas a escala piloto comercial en la localidad de Diaguitas.

Se realizó el diseño del sistema de cultivo, el cual esta basado en un sistema llamado acuaponia, la cual integra de manera simbiótica el cultivo de peces u otro animal acuático con un cultivo hidropónico, donde los desechos excretados por los peces en este caso son transformado en nutrientes para las plantas utilizando diversos sistemas de tratamiento de agua (remoción de sólidos, Biofiltración). El diseño debió satisfacer los principales requerimientos fisiológicos tanto de los peces como de las hortalizas.

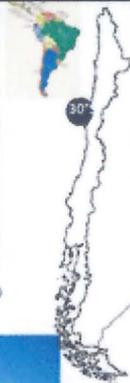
Se diseñó un modelo conceptual apoyado en diversas publicaciones de revistas científicas y sistemas de cultivo similares en otros lugares del mundo. Actualmente en Chile no existe registro del uso de esta tecnología (escala piloto comercial) la cual permite una producción sustentable de peces y hortalizas utilizando una cantidad mínima de agua fresca (1% a

10% recambio diario). Bajo el actual escenario del stress hídrico de la región de Coquimbo, este sistema aporta un pilar fundamental en el ahorro de tan importante recurso.

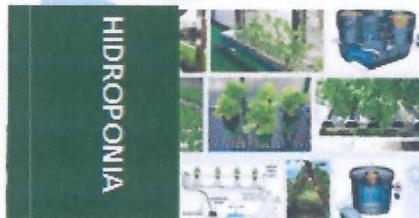
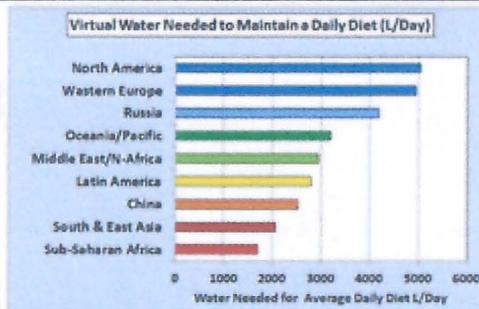


Situación del agua

Rainfall in La Serena-Chile at 30°S from 1869 to 2003 (30-years smoothed means, in mm).



Dam built in 1998.



HIDROPONIA

Alrededor de 2000 a 5000 L para generar el alimento diario de una persona

Requerimientos de agua varían dependiendo del clima y de las prácticas de cultivo

Hidroponía permite un uso eficiente del agua

... mucho más fresco

www.acuiponia.cl

La bioplanificación del proyecto se realizó de tal forma que se obtenga un número de cosechas de peces y hortalizas similares todos los meses. Los estanques de cultivo fueron sembrados con un desfase de al menos un mes respecto a otro estanque o en su defecto

desfasar las cosechas un mes entre tanques de cultivo. Para calcular el número de cosechas en los dos años que duró el proyecto se utilizó el tiempo que demora el pez en engordar hasta la talla comercial (500 g). En la siguiente tabla se define el tiempo y la densidad de cultivo junto a la tasa de alimentación.

Tabla I: Producción por estanque

Numero inicial peces		1557			
Volumen estanque (m3)		25			
Peso pez inicial (gramos)	Peso pez final (gramos)	Densidad cultivo (kg/m3)	Numero peces	% Alimentacion	Meses
10	26	2	1557	6%	1
26	53	3	1499	5%	2
53	94	5	1442	4%	3
94	149	8	1388	3%	4
149	222	12	1336	3%	5
222	315	16	1286	2%	6
315	432	21	1238	1%	7
432	574	25	1191	1%	8

Incrementar la producción de biomasa de truchas y lechugas que puedan producirse sustentablemente en un sistema acuipónico instalado en la localidad de Diaguitas.

Se estimó bio-planificación de la producción para el presente proyecto considerando un horizonte de 24 meses. La siguiente tabla establece el número de cosechas totales durante la duración del proyecto.

Tabla II: Biomasa en Cultivo

Volumen Tanque (m3)		25								
Tiempo		Densidad de Cultivo (Kg/m3)								
Proyecto (meses)	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4	Tanque 5	Tanque 6	Tanque 7	Tanque 8	Biomasa (kg)	
1	2								40	
2	3	2							119	
3	5	3	2						255	
4	8	5	3	2					462	
5	12	8	5	3	2				759	
6	16	12	8	5	3	2			1.164	
7	21	16	12	8	5	3	2		1.698	
8	25	21	16	12	8	5	3	2	2.323	
9	2	25	21	16	12	8	5	3	2.323	
10	3	2	25	21	16	12	8	5	2.323	
11	5	3	2	25	21	16	12	8	2.323	
12	8	5	3	2	25	21	16	12	2.323	
13	12	8	5	3	2	25	21	16	2.323	
14	16	12	8	5	3	2	25	21	2.323	
15	21	16	12	8	5	3	2	25	2.323	
16	25	21	16	12	8	5	3	2	2.323	
17	2	25	21	16	12	8	5	3	2.323	
18	3	2	25	21	16	12	8	5	2.323	
19	5	3	2	25	21	16	12	8	2.323	
20	8	5	3	2	25	21	16	12	2.323	
21	12	8	5	3	2	25	21	16	2.323	
22	16	12	8	5	3	2	25	21	2.323	
23	21	16	12	8	5	3	2	25	2.323	
24	25	21	16	12	8	5	3	2	2.323	

Se determinó el consumo de alimento para todo el proyecto, además del consumo de alimento máximo diario. Con este valor junto a las variables de bioingeniería disponible en diversas publicaciones científicas fue posible dimensionar las unidades que conformaron el sistema de recirculación y de esta forma satisfacer los requerimientos ambientales por parte de los peces y de las plantas.

Tabla III: Consumo de alimento diario según etapa de cultivo

Volumen estanque (m3)		25							
Proyecto (meses)	Consumo de alimento (Kg)								Diario max (kg)
Tiempo	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4	Tanque 5	Tanque 6	Tanque 7	Tanque 8	
1	2								2
2	4	2							6
3	5	4	2						12
4	6	5	4	2					18
5	7	6	5	4	2				25
6	8	7	6	5	4	2			34
7	5	8	7	6	5	4	2		39
8	6	5	8	7	6	5	4	2	45
9	2	6	5	8	7	6	5	4	45
10	4	2	6	5	8	7	6	5	45
11	5	4	2	6	5	8	7	6	45
12	6	5	4	2	6	5	8	7	45
13	7	6	5	4	2	6	5	8	45
14	8	7	6	5	4	2	6	5	45
15	5	8	7	6	5	4	2	6	45
16	6	5	8	7	6	5	4	2	45
17	2	6	5	8	7	6	5	4	45
18	4	2	6	5	8	7	6	5	45
19	5	4	2	6	5	8	7	6	45
20	6	5	4	2	6	5	8	7	45
21	7	6	5	4	2	6	5	8	45
22	8	7	6	5	4	2	6	5	45
23	5	8	7	6	5	4	2	6	45
24	6	5	8	7	6	5	4	2	45
Total (Kg)									27.104

Luego, se realizó la bioplanificación para la producción de hortalizas, para lo que se consideró solo el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) el cual tiene un ciclo productivo de aproximadamente 2 meses bajo las condiciones ambientales del lugar donde se ubica el proyecto. Además se consideró colocar 22 lechugas por cada m² pero terminamos cultivando 25/m² La literatura recomienda que por cada 65 gr de alimento suministrado a los peces se deba implementar 1 m² de cultivo de lechugas. La siguiente tabla ilustra la producción de lechugas en el periodo considerado para la duración del proyecto.

Tabla IV: Bioplanificación producción de Hortalizas (Lechuga)

Proyecto (meses)	Consumo Alimento (kg)	Produccion lechuga (unidad)	Area de Cultivo	Numero de estanques utilizados
2	3,5	1185	54	1
4	15	5077	231	5
6	29	9815	446	10
8	42	14215	646	14
10	45	15231	692	15
12	45	15231	692	15
14	45	15231	692	15
16	45	15231	692	15
18	45	15231	692	15
20	45	15231	692	15
22	45	15231	692	15
24	45	15231	692	15
	TOTAL	152138		

Se consideró la instalación de 8 estanques para el cultivo de peces, estos estanques tienen dimensiones de 4.5 m de diámetro y 1.6 m de alto. La forma de estos estanques es cilindro-cónico con doble drenaje, uno en la sección superior por donde se evacua el 80% del caudal de recirculación y otro drenaje en la sección inferior donde se evacua el 20% restante del caudal de recirculación. El fondo del estanque posee una pendiente equivalente al 7% que permite que el estanque se comporte como un sedimentador de remolino donde la rotación del agua trasladará los sólidos en suspensión al centro siendo retirados por el desagüe central. El volumen de estos estanques equivale a 25 m³ y fueron construidos utilizando malla Acma y geomembrana.



mucho más fresco

www.acuiponia.cl

Para el cultivo hidropónico de lechugas se consideró la instalación de 16 estanques con dimensiones 27 m de longitud, 2 m de ancho y 0.45 m de altura. Estos estanques poseen

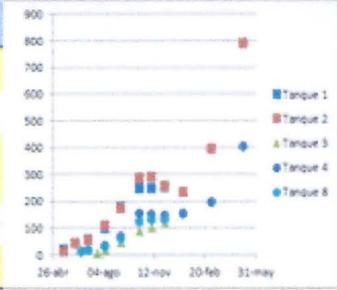
una capacidad de 16 m³ de agua y son de forma rectangular con una gran a área superficial (54 m² cada uno). Sobre estos se colocaron planchas de polietileno de alta densidad donde se cultivaron hidropónicamente las hortalizas. Los estanques se colocaron dentro de un invernadero para lograr un mejor control térmico.



Los peces fueron ingresados inicialmente en Mayo, Junio y Agosto del 2013 para generar un efecto de siembra escalonada. El crecimiento de los peces en este periodo fue el esperado hasta que se inició el verano. En ese instante el agua del cultivo ascendió a 26.5 °C y aun cuando no se registraron mortalidades importantes si se constató que los peces dejaron de comer y con ello se generó una pérdida de peso y una disminución en la tasa de crecimiento (Ver figura Stock de peces 2013). El alza de temperatura se minimizo al instalarse una techumbre con malla sombra con lo que se logró una reducción de la temperatura del agua a 22 °C y la apetencia de los peces se restableció.

Stock de peces 2013

Tank	Date	Tank vol m ³	Days	Fish	Weight g	Biomass kg	Density kg/m ³	SGR
1	may 21, 2013	18,98		1100	20	22	1,2	
	december 6, 2013		199		250	275	14,5	1,3
2	may 21, 2013	20,79		1100	20	22	1,1	
	december 6, 2013		199		300	330	15,9	1,4
4	June 22, 2013	19,07		1100	12	13,2	0,7	
	december 6, 2013		167	963	148	162,8	8,5	1,5
	may 21, 2014		365	600	550	330	17,3	0,9
8	June 22, 2013	18,44		1100	12	13,2	0,7	
	december 6, 2013		167		132	145,2	7,9	1,4
3	august 23, 2013	22,9		3150	8	25,2	1,1	
	december 6, 2013		105		120	378	16,5	2,6



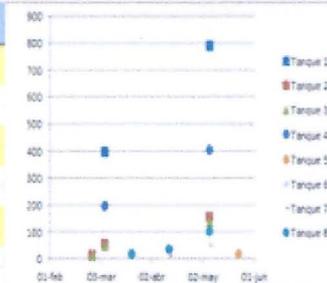
Se pierden 6450 peces de un total de 7550

macho más fresco

Durante el periodo 2014 se ingresaron peces a fines de Febrero, Marzo, Abril, Mayo y junio. Los peces son cultivados a densidades entre 40 y 60 peces/m³ que fue determinada como mas segura en base a las experiencias previas. La seguridad se traduce en menores episodios de anoxia y menores mortalidades. Las tasas de crecimiento son mejores que las obtenidas en el periodo anterior y los peces alcanzan los 300 g en cuatro meses y los 500g en seis meses. El sistema consideró 6 tanques de cultivo pues se pensó que cada 8 meses se cosecharía un estanque y que en ese periodo los peces alcanzarían los 500 g, sin embargo ahora se dispone de dos meses adicionales para generar un pez de mayor peso y poder auscultar el mercado con este nuevo producto. En este periodo no se registran mortalidades importantes, a pesar de haber tenido varios cortes de luz y uno de casi 7 horas de duración, y todo gracias a contar con el respaldo de un generador de energía.

Stock de peces 2014

Tank	Date	Tank vol m ³	Days	Fish	Weight g	Biomass kg	Density kg/m ³	SGR
1	may 21, 2013	18,98						
brood	may 6, 2014		350	80	790	63,2	3,3	
2	feb 26, 2014	20,79		1000	13,2	13,2	0,6	
	may 6, 2014		69		155	155	7,5	3,6
3	feb 26, 2014	22,9		1000	13,2	13,2	0,6	
	may 6, 2014		69		139	139	6,1	3,4
4	june 22, 2013	19,07		1100	12	13,2	0,7	
harvest	may 21, 2014		365	600	550	330	17,3	0,9
5	may 23, 2014	20,83		1400	15	21	1,0	
6	march 21, 2014	19,4		1000	14	14	0,7	
	may 6, 2014		46		92	92	4,7	4,1
7	april 12, 2014	17,28		1000	13,5	13,5	0,8	
	may 6, 2014		24		48,3	48,3	2,8	5,3
8	march 21, 2014	18,44		1000	14	14	0,8	
	may 6, 2014		46		102	102	5,5	4,3



7400 peces nuevos

TANQUE 4
700 peces procesados vendidos
77 peces vendidos vivos
100 disponibles aun

... mucho más fresco

www.acuiponia.cl

La densidad de peces pronto genera nutrientes en las concentraciones que se reportan para otros sistemas acuíponicos. Lo que se traduce en un adecuado crecimiento de las lechugas, albahacas, berros, cebollines y apio. Algunas otras hortalizas no presentan buen desarrollo tales como las espinacas y rúcula.

Nutrientes

Concentraciones mg/L

	acuiponía	hidroponía	Nosotros
Ca	10 a 82	150	90 a 100
Mg	0.7 a 12.9	50	10 a 15
K	0,3 a 192	150	20
NO3-N	0,4 a 82	115	20 a 30
PO4-P	0,4 a 15	50	9,8
SO4-S	0 a 23	113	25,4

La relación Ca y K debe ser 2:1 o 1,5:1 y no menos que 1:1

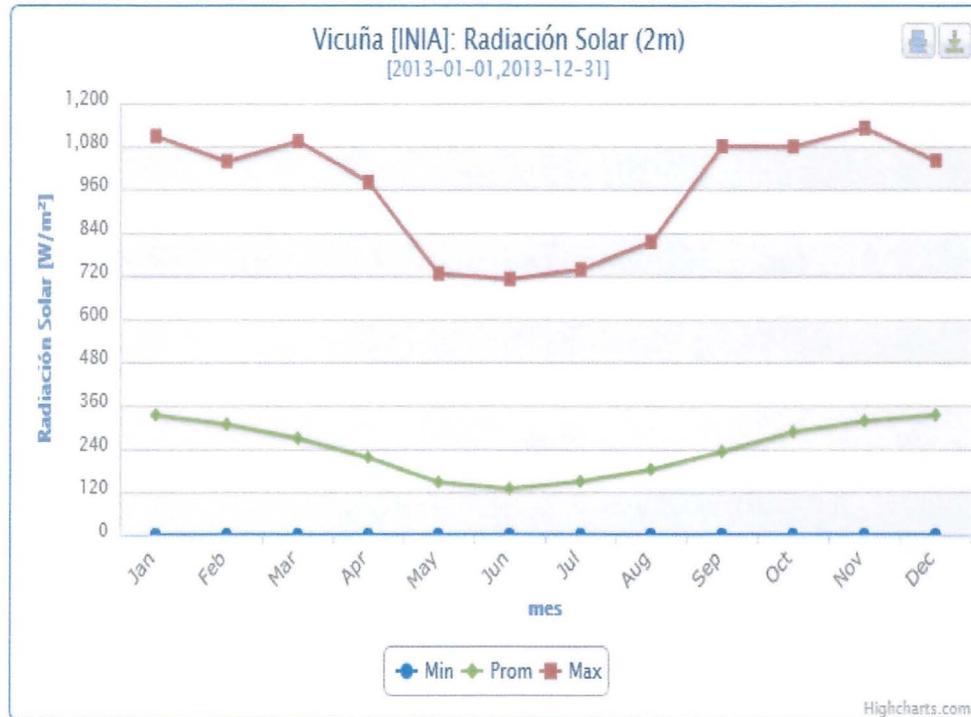
Mayor presencia de Ca interfiere con la captación de K

<http://www.acuiponia.cl>

... mucho más fresco

Reducir los requerimientos energéticos de un sistema acuípónico utilizando fuentes de energía renovables disponible.

Se consideró que los equipos que conforman el sistema de cultivo operen solamente con energía monofásica, ya que se contempla el uso de energía proveniente de un sistema de paneles fotovoltaicos el cual solo puede suministrar energía monofásica. Se implementó este sistema para disminuir los costos por concepto de energía aprovechando que el sector presenta uno de los índices de radiación solar más elevados del mundo.



Se determinó que el requerimiento de energía de los equipos del sistema de acuiponía corresponde a la operación de:

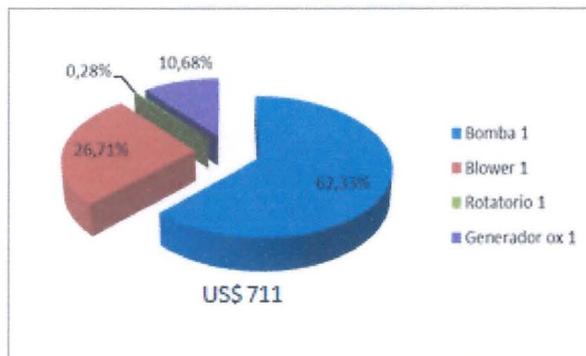
- 2 bombas hidráulicas (3,08 kW cada una)
- 2 Blowers (1,32 kW cada uno)
- 2 generadores de oxígeno (0,53 kW cada uno)
- 1 filtros rotatorios (0,33 kW cada uno)

En síntesis el requerimiento de energía máximo del sistema de cultivo equivale a **8 kW/hora, 17,5 Watts/m³** (Cultivo efectivo). Se consideró que la potencia máxima capaz de

suministrar el sistema fotovoltaico equivale a **3 kW/hora** (durante 6 hora), lo cual equivale al **37%** del requerimiento energético.



ENERGIA RENOVABLE



46,9% aporte

...mucho más fresco

www.acuaporja.cl

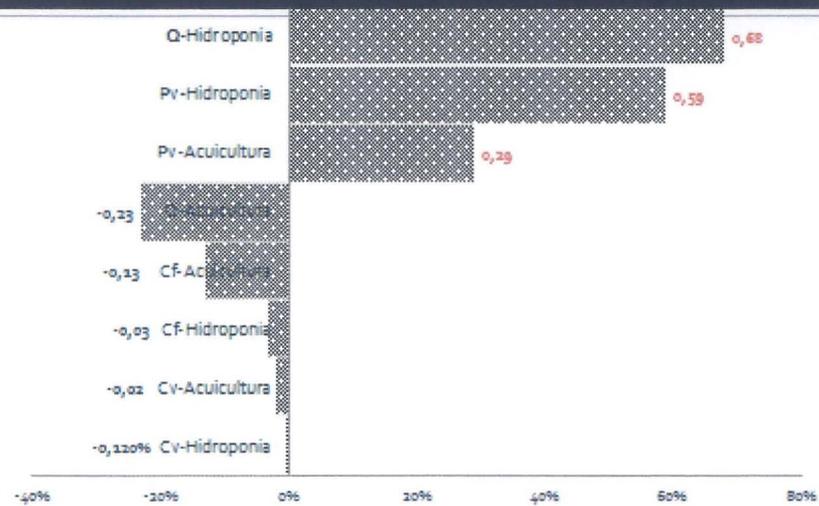
Reducir los costos de producción de un sistema acuipónico conociendo en detalle sus requerimientos básicos.

Los detalles del estudio económico están mas adelante, sin embargo es importante destacar en esta sección que en términos de **cobertura mínima** en la producción de hortalizas (cajas de lechugas por año), el modelo bio-económico muestra que en promedio es aceptable una disminución de 23.3% respecto al valor original de producción. En cuanto al nivel de riesgo, la probabilidad de alcanzar rentabilidades menores a cero (VAN<0) en la condición actual de la granja de Diaguitas es de 35.1%.

Estos resultados contemplando los niveles de riesgo inherente en el proyecto indican que la propuesta acuapónico es rentable dentro de las condiciones y planes actuales de producción.

Sin embargo, es necesario incorporar nuevos productos hidropónicos que incrementen la utilidad de la empresa. Para ello será fundamental generar un estudio que permita encontrar la combinación optima de productos por temporada que maximice la rentabilidad del negocio acuapónico. Estos aspectos se han evaluado parcialmente con la incorporación de especies vegetales de mayor valor tales como albahaca, apio y berros, así como también de una especie hidrobiológica de camaron de río.

Análisis de Riesgo: Biotecnología de Acuaponía



✱ Correlación VAN-Fuentes de Incertidumbre



Primeros productos acuíponicos comercializados en Chile



...mucho más fresco

www.acuiponia.cl

Nuestros productos



...mucho más fresco

www.acuiporia.cl

Determinar estrategias de comercialización, distribución y venta de truchas y lechugas vivas localmente.

Las estrategias de comercialización abordadas se describen en la siguiente figura. Adicionalmente, es posible tener ingresos a través de cursos técnicos, entrenamientos y asistencia en el desarrollo de proyectos acuipónicos que no fueron considerados como una fuente de ingresos.

Distribución y comercialización

- A pie de granja
 - Diaguitas
- Entrega directa a restaurantes
 - La Serena, Coquimbo, Vicuña, Paihuano
- Participando en un pequeño Mercado de cultivadores orgánicos
 - Coquimbo
- Explorando otros canales de distribución
 - Lider Express
 - ALMAR



...mucho más fresco

www.acuiporia.cl

Cursos y entrenamientos



- Hidroponia – Dra Constanza Jana, INIA
- Cultivo camarón de río – Dra María Morales, UCN
- Cultivo de trucha – MSc Víctor Vidal, BIOMAR
- Acuicultura – MSc Carlos León, BOFISH
- Bioeconomía – Dr Marcelo Araneda

- Cuadro comparativo de los resultados esperados en la propuesta de proyecto y los alcanzados finalmente.
- Razones que explican las discrepancias entre los resultados esperados y los obtenidos.

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
1	1	R.1 Diseño e instalación del sistema de acuaponía piloto comercial.	Sistema diseñado en sus fases de ingeniería conceptual, básica y detalle instalado.	Sistema en etapa de ingeniería conceptual, no construido aún.	Sistema acuípónico diseñado e instalado para la producción de truchas y lechugas.	Sistema acuípónico instalado.	100%
	2	R.2 Puesta en marcha del sistema piloto comercial.	Sistema probado en vacío o marcha blanca.	Sistema en etapa de ingeniería conceptual, no construido aún.	Sistema acuípónico satisfactoriamente probado operacionalmente para la producción de truchas y lechugas.	Sistema acuípónico operando.	100%
	3	R3.- Validar el sistema piloto comercial	Sistema operado con carga de peces y hortalizas	Sistema en etapa de ingeniería conceptual, no construido aún	Sist. operando a variables deseadas de calidad de agua con filtros activados biológicamente.	Sistema acuípónico operando a variables deseadas de calidad de agua.	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
2	1	R1.- Incrementar la producción de biomasa de truchas y lechugas en el sistema piloto comercial por aumento de densidad	Cosecha de truchas y lechugas	Sistema en etapa de ingeniería conceptual, no construido aún	Mínimo de 15 truchas por m ³ y de 20 unidades de lechugas por m ² .	Se cultivaron hasta 120 peces/m3 pero resultado mas seguro entre 40 y 60 peces/m3. Se cultivan hortalizas a 25/m2.	100%
	2	R2.- Incrementar la producción en el sistema piloto comercial por técnicas de siembra escalonada de truchas y lechugas	Biomasa de peces y lechuga cosechada por ciclo de producción	Sistema en etapa de ingeniería conceptual, no construido aún	Mínimo 15 truchas por m ³ y 20 lechugas por m ² . Tres cosechas al año de truchas y tres cosechas mensuales de lechugas	Esta actividad tenia fecha de inicio el mes 13 (Dic 2013) pero se inició el mes 15 (Feb 2014) con la compra de 2000 truchas de 13 g; mes 16 (Marzo) con 2000 truchas de 14 g; mes 17 (Abril) 1000 truchas de 13,5 g; mes 18 (mayo) con 1400 truchas de 15 g; mes 22 se ingresan 3000 juveniles de 10 g. Las siembras son con un mínimo de 40 truchas/m3 y máximo de 60 truchas/m3. A fines de julio se inicia cosecha de peces sembrados en mes 15 que alcanzan promedio de 300 g.	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
2						<p>Se siembran lechugas carmoli (Lollo rosso), levistro (lollo verde), verpia (española), Alexandria (española), nataly (española), krystine (española) a una densidad de 25 hortalizas/m2.</p> <p>La siembra se albahacas se descontinuo a fines de mayo pues las bajas temperaturas no permitieron continuar con su cultivo. Sin embargo, se realizaron pruebas con sistema acuíponico experimental con agua temperada y con aire temperado; los resultados indican que con agua temperada a 18 C las albahacas comienzan a crecer.</p> <p>El crecimiento de las hortalizas ha sido más lento en el periodo de invierno y la temperatura del agua es de 8 C. Se incorpora al cultivo radicchio, berros, cebollines y apio.</p>	
				38			

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
2						<p>La producción escalonada de peces permite la cosecha de peces a fines de julio 2014 en forma continua todos los meses lográndose la cosecha y siembra escalonada durante el segundo año.</p> <p>La producción de hortalizas en invierno fue lenta por las bajas temperaturas, pero la siembra escalonada de peces permite contar con suficientes nutrientes disponibles. Se realizó un nuevo aporte pecuniario en enero 2014 para comprar un fotómetro de análisis de nutrientes y sus reactivos (nitrato, calcio, magnesio, fosforo, potasio, sulfato y amoniaco) \$990.232 y un oxigenómetro \$399.045 no contemplados en el proyecto y que permiten un seguimiento in situ de los nutrientes y condiciones de calidad de agua.</p>	
				39			

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
3	1	R1.- Diagnosticar los requerimientos energéticos por subsistema peces y hortalizas	Requerimientos de energía cuantificados.	Sistema en etapa de ingeniería conceptual, no construido aún. Producción de tilapia en recirculación tiene un consumo de 7,1 kWh/kg pez, y con acuaponía 3.5 kWh/kg pez	Costo variable eléctrico anual no supera el 20% del precio de ventas anuales	Se realizaron controles con amperímetros en las máquinas asociadas al sistema de acuaponía. En este periodo solo se utiliza una bomba hidráulica, un soplador, un generador de oxígeno y el filtro rotatorio que generan un consumo total de energía de 118,6 kWh/día. La energía requerida por el sistema actualmente es 3558 kWh/mes o 42696 kWh/año de la red pública. Cerca de 500 kg pez pueden ser cosechados mensualmente (1000 peces de 500 g) y en un año serian 6000 kg o 12000 truchas. Alrededor de 1200 hortalizas se pueden producir a la semana o 57600/año. Se consumen por lo tanto 0,6 kWh/unidad de producto vendido al año.	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
3	1					<p>Los peces se venden a \$6500/kg, las lechugas \$600/unidad y albahacas a \$1500/unidad; asumiendo solo truchas y lechugas las ventas anuales de truchas \$39 millones y lechugas \$34 millones y en conjunto \$73 millones y el costo anual de 42696 kWh de energía pública a \$123 kWh sería de \$5.251.608 que equivale a un 7,19% del precio de ventas anuales.</p> <p>Si todos los equipos funcionaren 24 h el consumo sería de 88007 kWh/año que corresponden a \$10.824.865 y equivalen al 14,8% de las ventas.</p> <p>El consumo eléctrico no supera el 20% de las ventas anuales estimadas.</p>	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
3	2	R2.- Analizar alternativas de energía renovables fotovoltaica para ser incorporadas al sistema acuípónico para reducir requerimientos de energía de la red pública	Energía solar renovable instalada	Fuente principal de energía por sistema público. De acuerdo al diseño de ingeniería se requerirán 8.3 kWh en el proyecto de acuíponía	Mínimo 30% de la energía eléctrica requerida es suministrada a través de sistemas fotovoltaicos.	<p>Los equipos en operación asociados al sistema acuípónico (bombas hidráulicas; sopladores; generadores de oxígeno; filtro rotatorio) poseen un requerimiento combinado de energía de 3558 kWh/mes que se correspondería a un costo de al mes..</p> <p>Los paneles solares adquiridos inicialmente aportan entre 10 y 12.1 kWh/día, con radiación efectiva entre 6 y 7,2 h al día lo que representa entre un 8,5% y 10,2 % de la energía consumida y genera un ahorro entre \$37 mil y \$44 mil al mes.</p>	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
3						<p>Se instalaron 5,2 kWh adicionales de paneles fotovoltaicos que proveen entre 31,3 y 37.6 kWh/día.</p> <p>En conjunto, el sistema fotovoltaico permite un autoabastecimiento entre 34,9 y 41,9% de la energía requerida por los equipos actualmente en operación y el complemento proviene de la red pública.</p> <p>La energía requerida por el sistema es 3558 kWh/mes o 42696 kWh/año y entre el 58 y 65% proviene de la red pública.</p>	

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
4	1	R1.- Determinar los costos fijos y variables básicos de producción	Variables bioeconómicas cuantificadas	Sistema en etapa de ingeniería conceptual, no construido aún	Rentabilidad del sistema a escala comercial con TIR mayor a 12%	<p>En julio 2013 se definieron con el asesor Dr. Araneda las variables bioeconómicas a ser cuantificadas para ser consideradas para el análisis bioeconómico del sistema integrado.</p> <p>Un análisis de factibilidad económica realizado con los datos reales de la Granja Agroacuicola Diaguitas como parte del trabajo de titulación de la carrera de Ingeniería en Administración de Empresas mención Marketing de INACAP indica que la rentabilidad a nivel de flujo puro tiene un TIR de 25% y un VAN de ; y en su flujo mixto el TIR es 20% y el VAN</p> <p>La rentabilidad puro y mixta presenta un TIR mayor al indicador deseado de 12%</p>	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
4	2	R2.- Reducir los costos de producción del sistema a escala comercial de acuíponía	Análisis de costos	Costos de producción y/o rentabilidad de sistemas tradicionales de cultivo de trucha y lechuga	Rentabilidad del sistema a escala comercial con TIR mayor a 12%	<p>De acuerdo a las modelaciones bioeconómicas realizadas, el precio mínimo aceptante (VAN=0) para cada uno de los productos fue de \$ 4,215/ kg trucha y \$ 438/unidad de lechuga. Valores de precios menores a los mencionados generan que el proyecto presente rentabilidades negativas.</p> <p>En cuanto al nivel de riesgo, la probabilidad de alcanzar rentabilidades menores a cero (VAN<0) en la condición actual de la granja de Diaguitas es de 35.1%. Estos resultados contemplando los niveles de riesgo inherente en el proyecto indican que la propuesta acuípónica es rentable dentro de las condiciones y planes actuales de producción.</p>	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
5	1	R1. Desarrollar una imagen corporativa.	Página web publicada.	No existe.	Imagen corporativa registrada	Se adquirieron los NIC www.acuiponia.cl , www.acuiponia.com y www.aquaponic.cl que han sido registradas a nombre de Granja Agroacuícola Diaguitas EIRL. La página web está terminada y accesible. Se inscribieron en INAPI los derechos de la marca por un periodo mínimo de 10 años.	100%
	2	R2.- Presentación y canales de distribución del producto	Producto y canales de distribución cuantificados	No existe	Se celebrarán convenios de compra de los productos con hoteles y/o restaurantes localizados en el Valle del Elqui y un convenio con un feriante establecido en la Feria minorista de Vicuña.	El producto se ha identificado como trucha viva y hortalizas vivas. La mayoría de los restaurantes solicitan trucha procesada y eviscerada que se les ha vendido entre \$6500 y 8000/kg. Consumidores locales adquieren truchas a pie de granja vivas por \$6500/kg y también procesadas a \$8000/kg. No se celebraron convenios pero si compras semanales.	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
5					<p>También venta directa en el lugar de producción. Comprobantes de pago.</p>	<p>Las truchas evisceradas y envasadas individualmente se procesan en planta ALMAR.</p> <p>Las lechugas se han vendido a particulares y restaurantes a \$600 la unidad, albahacas \$1500, apio a \$1000, cebollines a \$500 atado de tres unidades y berros a \$1000/200g.</p> <p>Se realizan entregas programadas en restaurantes de la Avenida del Mar en La Serena, Coquimbo y en el Valle del Elqui.</p>	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
5						<p>Los canales de distribución explorados por venta directa son:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) restaurantes b) consumidor final (venta personalizada y al pie de granja en Diaguitas) c) Feria orgánica Slow food <p>Aun se intenta abordar nuevos canales en:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) supermercados a través de un tercero 	100%
	3	R3.- Estrategia de comercialización y distribución de truchas y lechugas	Estrategias de comercialización	No existe	Se establecerá un sistema de órdenes de compra a través de la página web de la empresa.	La estrategia de comercialización explorada ha sido la venta directa de hortalizas vivas a particulares y restaurantes.	100%

N° OE	N° RE	Resultado Esperado (RE)	Indicador de Resultados (IR)			Valor Actual	
			Indicador (cuantificable)	Línea base (situación sin proyecto)	Meta proyecto	Resultado	% Avance
5						<p>Adicionalmente la venta de truchas se ha realizado principalmente procesada en formato entera sin vísceras o viva a pie de granja.</p> <p>Todas las ventas se concentran entre el Valle del Elqui, La Serena y Coquimbo.</p> <p>Se inició en julio y hasta diciembre 2014 un aviso en radio Montecarlo con aparición de 8 avisos diarios todos los días. Las ventas y visitas se han incrementado a pie de Granja con esta estrategia.</p>	
	4	R.4 Patentamiento o registro propiedad intelectual.	Se registrará la marca y el logo de la empresa que constituyen la imagen corporativa.	No existe.	Marca y logo registrados.	Se ha registrado el logo y marca de la empresa.	100%

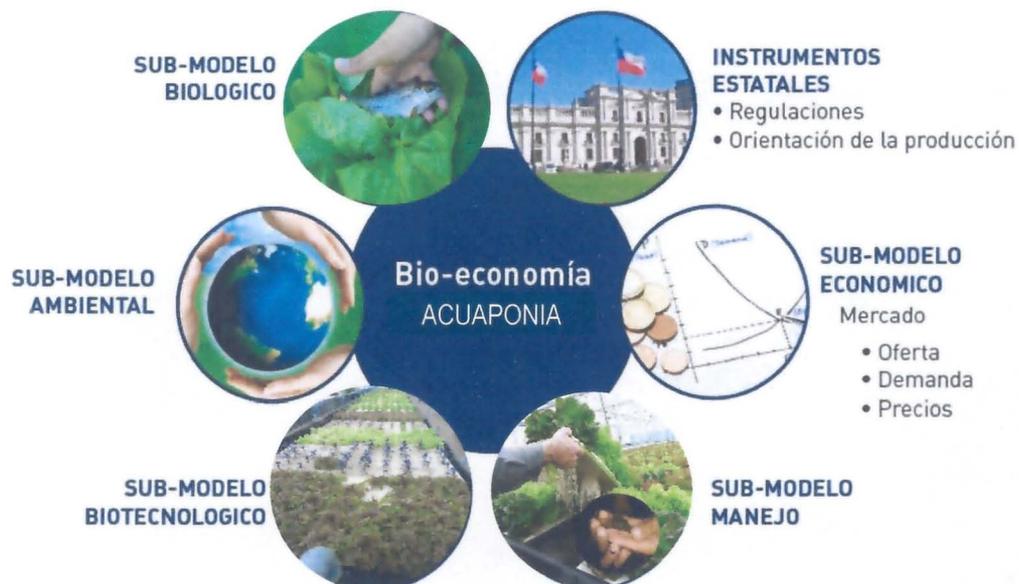
3.7. Fichas Técnicas y Análisis Económico

- Fichas técnicas y de costos del o los cultivos, rubros, especies animales o tecnologías que se desarrolló en el proyecto (*según corresponda a la naturaleza del proyecto*).
- Análisis económico actualizado, comparando con los análisis de la propuesta de proyecto.
- Análisis de las perspectivas del rubro, actividad o unidad productiva desarrollada, después de finalizado el proyecto.
- Descripción estrategias de marketing de productos, procesos o servicios (*según corresponda a la naturaleza del proyecto*).

Análisis de la producción de acuaponía: Un enfoque Bio-económico

1. ANTECEDENTES Y PREGUNTAS DE INVESTIGACION

La Bioeconomía es una ciencia que se utiliza como herramientas para la toma de decisiones técnicas y económicas en la producción de recursos naturales. La producción acuapónica no está ajena a este tipo de estudios. El objetivo de este cultivo es buscar la óptima gestión de subproductos (vegetales y acuícolas) y asignación de factores productivos (alimento, energía, agua, entre otras) que permitan maximizar el beneficio económico total de la unidad productiva. Para buscar este óptimo es necesario emplear una visión sistémica, fundamentada en la Teoría General de Sistemas (). Esta visión permite fortalecer decisiones en gestión productiva a través de la predicción de los posibles efectos económicos de aquellas medidas. Esto trae una ventaja considerable si tomamos en cuenta que las consecuencias positivas o negativas de una decisión hecha mediante intuición o experiencia solo son vistas al final de un ciclo de producción. La bio-economía ayuda a minimizar este riesgo y a cuantificarlo. Esta herramienta permite inter-relacionar todos los aspectos que influyen en el manejo de la producción acuapónica, específicamente elementos biológico-ambientales, manejo, biotecnológicos, económicos tales como características de mercado-costos y restricciones gubernamentales (Figura 1).



Figura

1. Interrelación de los sub-sistemas que componen el estudio bio-económico en la producción de acuapónica de Diaguaitas



El análisis se construye a partir de estas variables que evolucionan continuamente en el tiempo y se expresan matemáticamente mediante funciones. El propósito es obtener indicadores que aporten información relevante para el decisor, tanto en decisiones de producción como en inversión. Actualmente el cultivo acuapónico de Diaguítas se encuentra en plena fase de adopción tecnológica, por tanto, es necesario a través de estudios bio-económicos encontrar su valores límites de producción, precio y nivel de riesgo a partir del cual la rentabilidad del proyecto es positiva ($VAN < 0$). Por tanto, el objetivo de esta sección del proyecto fue responder tres preguntas esenciales para la fase en la cual se encuentra el cultivo acuapónico de diaguítas. A continuación se presenta cada una de ellas.

- 1. Por producto ¿Cuál es el precio mínimo?**
- 2. En un Horizonte de 10 años ¿Cuál es el tamaño mínimo de producción Hidropónico?**
- 3. Considerando fuentes de incertidumbre ¿Cuál es la probabilidad de alcanzar rentabilidades negativas ($VAN < 0$)**

2. METODOS

2.1 PRIMER PASO: Conceptualización del problema

El primer paso fue construir la conceptualización y función económica que describe el sistema productivo. La ecuación 1 describe la función de beneficio económico π de la producción de acuaponía (Figura 2). Cada cambio en la función de producción tendrá un efecto concreto en los resultados económicos, principalmente en la producción Q (acuícola v/s vegetales), en los costos variables, así como también en la asignación de costos fijos y el costo de capital invertido para llevar a cabo el sistema de producción. Para encontrar parámetros que se ajusten principalmente en la producción acuícola, que en tiempo de producción es mayor, se utilizaron principalmente los datos observados productivos generados en la granja.

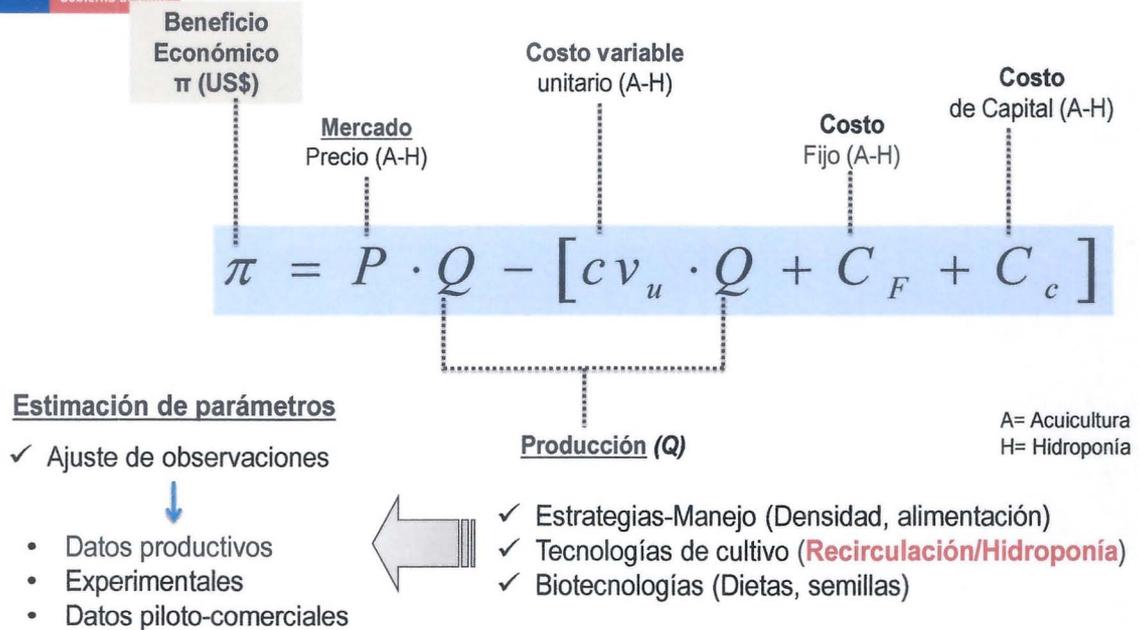


Figura 2. Ecuación de beneficio utilizada para valorar bio-económicamente la producción de acuaponia en Diaguítas

2.2 SEGUNDO PASO: Modelación del escenario base

Una vez parametrizada y representada la información técnica-económica a través de la ecuación 1, correspondió la formalización del modelo base de producción (Figura 3). El modelo diseñado contempla una producción límite de truchas de 3,125 kg el primer año y 7,500 kg a partir del segundo año hasta el año 10. Estos valores se consideran para un total de 8 tanques de 25 m³.

La densidad de cultivo fue de 25 kg m³. Por su parte, la producción de lechugas, vegetal objetivo, contempla una producción en el primer año de 3,000 cajas (15 lechugas por caja). Este valor fue incrementado en un 10% promedio durante los 10 años. Se considera precios conservadores de \$ 4,500 kg⁻¹ y \$ 550 unidad⁻¹ para truchas y lechugas respectivamente. El nivel de la inversión total de proyecto para su evaluación fue de \$ 204 millones de pesos. Para cuantificar el nivel de riesgo económico de la actividad se consideraron fuentes de incertidumbre, específicamente en el precios de venta, trucha-lechuga (distribución triangular). Los costos variables y fijos que consideraron una distribución normal. Los niveles de producción de acuicultura y hidroponía se describieron simultáneamente a través de una distribución triangular. Las medidas de respuesta para el proyecto fueron el índice de VAN y su probabilidad de alcanzar valores negativos de rentabilidad

Variables de Entrada (DATOS)

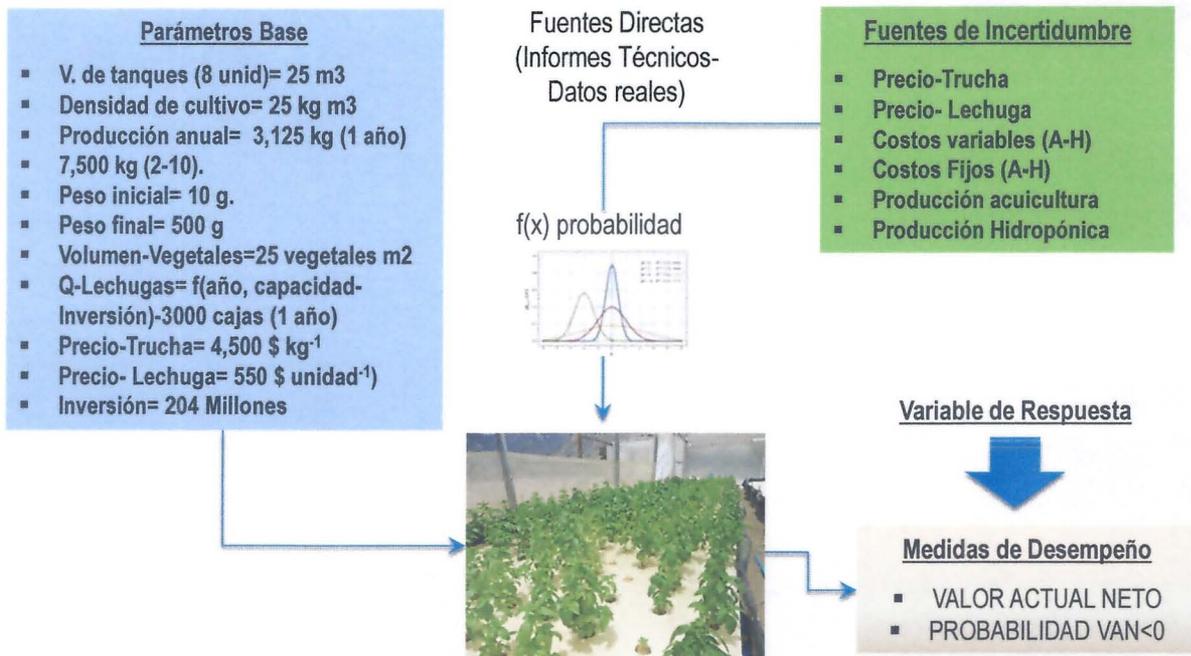


Figura 3. Modelo conceptual que muestra el escenario base para la evaluación bio-económica de la producción de acuaponia en Diaguitas

2.3 TERCER PASO: Implementación y solución

Elaborada el escenario base de producción acuapónica se procedió a responder cada una de las preguntas diseñadas para esta investigación. El proceso se inició con la aplicación de técnicas de optimización que permitiesen responder la **cobertura mínima** de producción de cajas de vegetales (lechugas) considerando los parámetros bases descritos en el punto número dos de métodos. En segundo lugar se procedió a encontrar para cada producto, los precios de venta a partir del cual la rentabilidad se hace cero (VAN=0). Esta estimación es relevante para productor, ya que le permite conocer sus niveles límites aceptantes de precio para el proyecto. Se consideró también en esta sección el método de Monte Carlo con el objetivo de simular y conocer el nivel de riesgo del proyecto. Esto se realizó simulando 5,000 escenarios para localizar la probabilidad de que el proyecto de acuaponia alcance probabilidades de rentabilidad negativas.

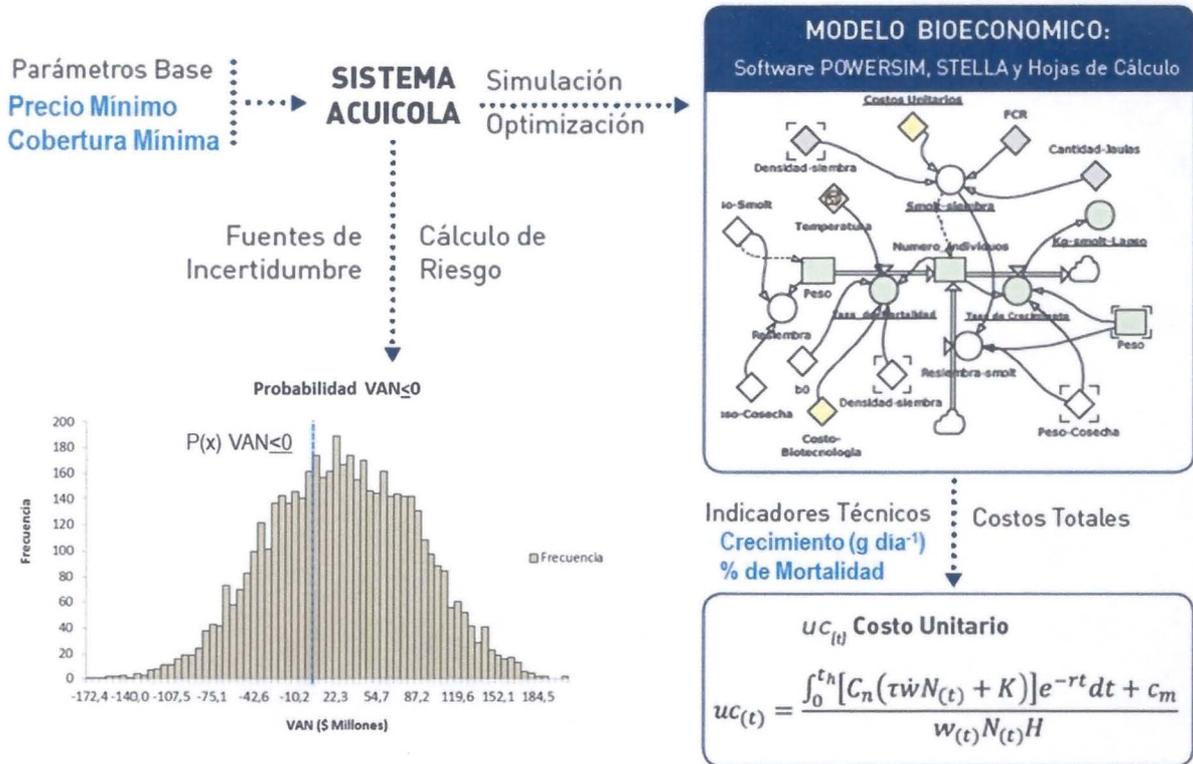


Figura 4. Modelo matemático utilizado para la evaluación de optimización y simulación de riesgo en la evaluación bio-económica de la producción de acuaponia en Dipterygion

3. RESULTADOS

De acuerdo a las modelaciones realizadas, el precio mínimo aceptante (VAN=0) para cada uno de los productos fue de \$ 4,215 kg⁻¹ y \$ 438 unidad⁻¹ para truchas y lechugas respectivamente (Figura 5). Valores de precios menores a los mencionados generan que el proyecto presente rentabilidades negativas.

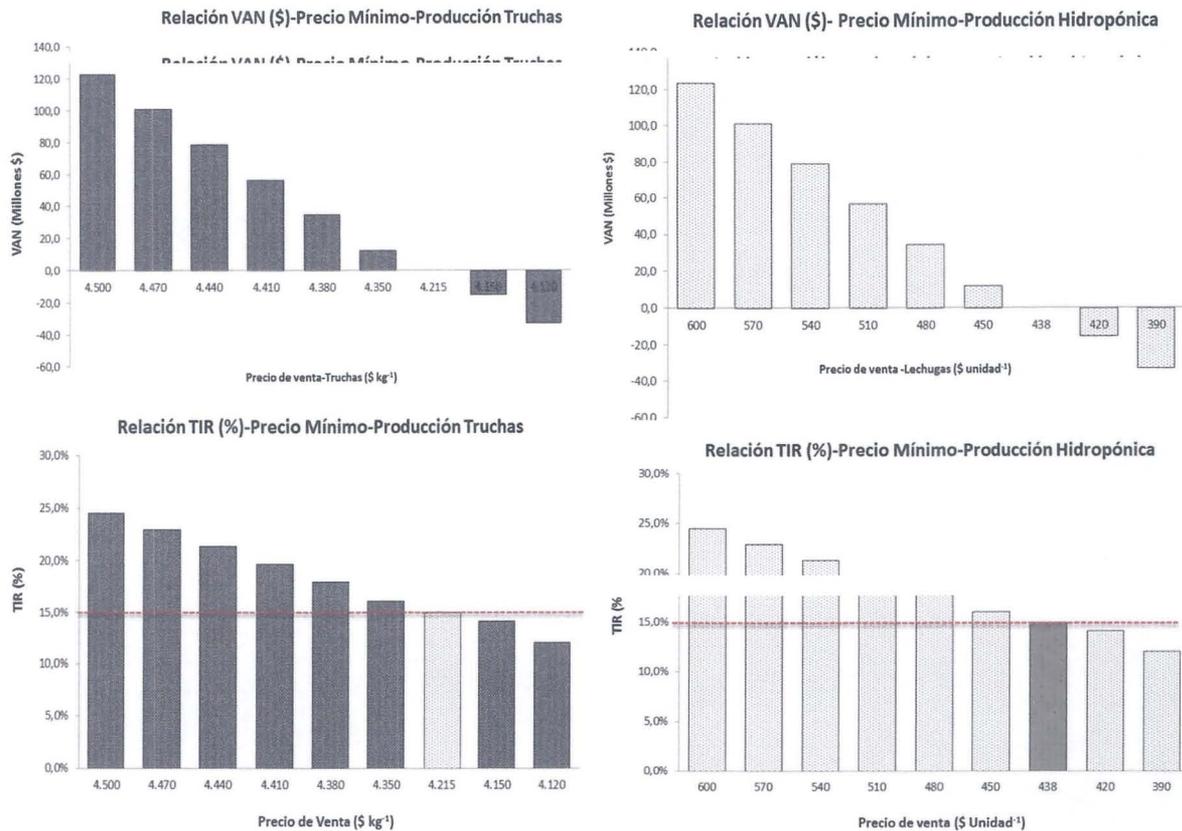


Figura 5. Resultados del precio mínimo a partir del cual el proyecto presenta rentabilidad CERO (VAN=0; TIR=15%) en la producción de acuaponía en Diaguítas

En términos de **cobertura mínima** en la producción de hortalizas (cajas de lechugas por año), el modelo bio-económico muestra que en promedio es aceptable una disminución de 23.3% respecto al valor original de producción (Figura 6). En cuanto al nivel de riesgo, la probabilidad de alcanzar rentabilidades menores a cero (VAN<0) en la condición actual de la granja de Diaguítas es de 35.1%. Estos resultados contemplando los niveles de riesgo inherente en el proyecto indican que la propuesta acuapónica es rentable dentro de las condiciones y planes actuales de producción. Sin embargo, es necesario incorporar nuevos productos hidropónicos que incrementen la utilidad de la empresa. Para ello será fundamental generar un estudio que permita encontrar la combinación óptima de productos por temporada que maximice la rentabilidad del negocio acuapónico.

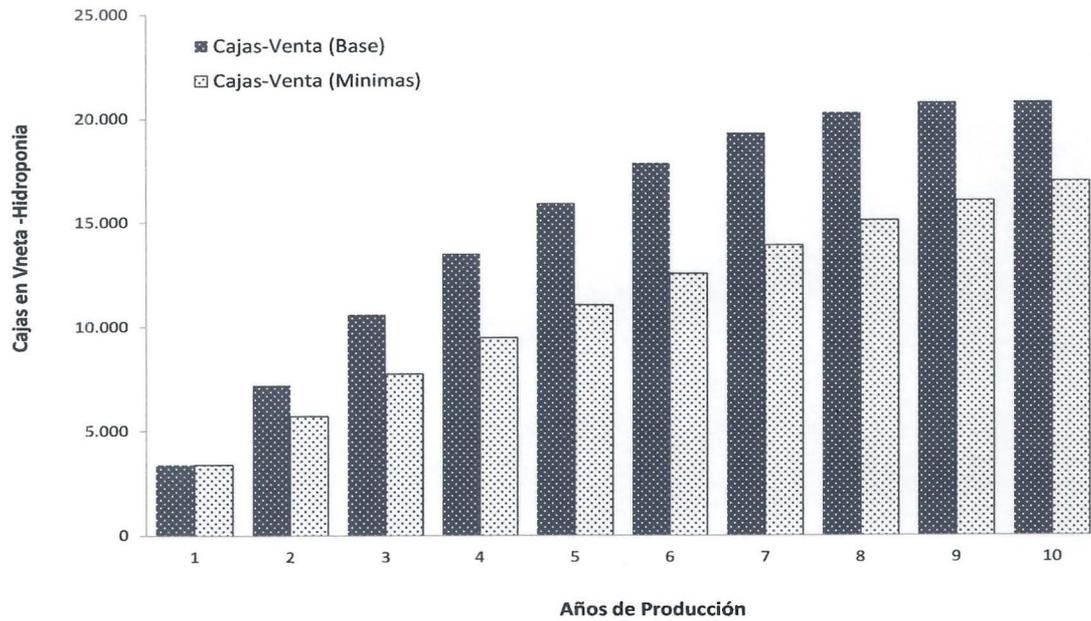


Figura 6. Resultados de la cantidad mínima de producción de cajas de lechuga en la producción de acuaponia en Diaguitas

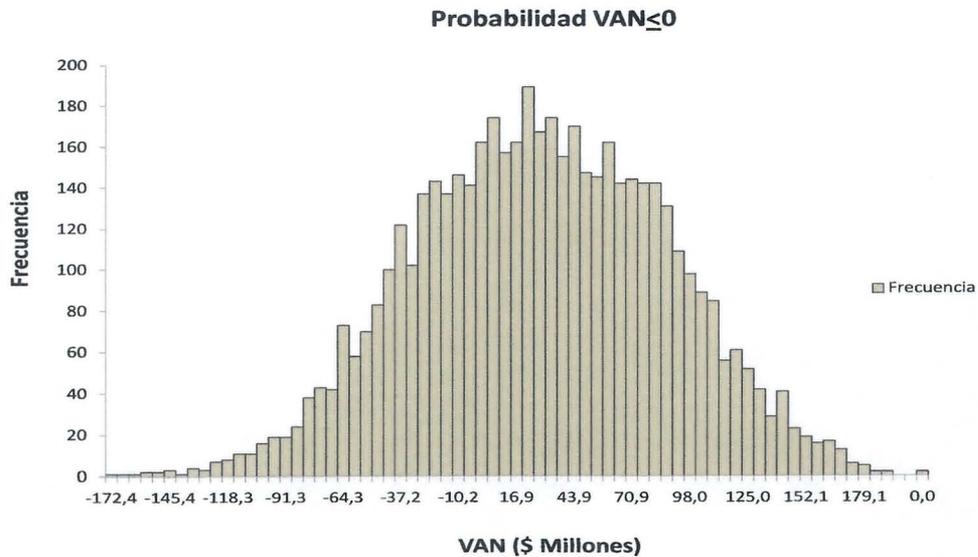


Figura 7. Probabilidad de alcanzar rentabilidades menores a cero ($VAN < 0$) en la producción de acuaponia en Diaguitas

3.8. Impactos y logros del Proyecto

- Descripción y cuantificación de los impactos obtenidos, y estimación de lograr otros en el futuro, comparación con los esperados, y razones que explican las discrepancias.
- Indicadores de impactos y logros a detallar dependiendo de los objetivos y naturaleza del proyecto:

Impactos Productivos, Económicos y Comerciales

Logro	Al inicio del Proyecto	Al final del proyecto	Diferencial
Formación de empresa o unidades de negocio	1	1	0
Producción lechugas (unidades)	0/semana	800/semana	800/semana
Producción truchas (unidades)	0/mes	900/mes	900/mes
Costos de producción lechuga	0	/unidad	
Costos de producción trucha	0	/kg	
Ventas y/o Ingresos	0		
<i>Nacional</i>	0	/mes	
<i>Internacional</i>	0		
Convenios comerciales	0		

Impactos Sociales

Logro	Al inicio del Proyecto	Al final del proyecto	Diferencial
Nivel de empleo anual	0	2	2
Nuevos empleos generados			
Productores o unidades de negocio replicadas			

Impactos Tecnológicos

Logro	Numero			Detalle
	Nuevo en mercado	Nuevo en la empresa	Mejorado	
Producto	si	si	si	Truchas y lechugas cultivadas acuiponicamente con menor impacto ambiental y menor requerimiento de agua
Proceso	si	si	si	Sistema biointegrado de

				truchas y hortalizas
Servicio	si	si	no	Servicio de diseño, puesta en marcha y operación de sistemas acuíponicos

Propiedad Intelectual	Número	Detalle
Patentes	1	Marca comercial y logo empresa
Solicitudes de patente	0	
Intención de patentar	0	
Secreto industrial	0	
Resultado no patentable	1	Sistema acuíponico para producir hortalizas, peces y camarones en zonas áridas
Resultado interés público	0	

Logro	Número	Detalle
Convenio o alianza tecnológica	1	Convenio con empresa Bofish de México con desarrollo acuípónico de tilapias.
Generación nuevos proyectos	1	Asistencia técnica en desarrollo sistema acuípónico en Arica y Parinacota

Impactos Científicos

Logro	Número	Detalle (<i>Citas, título, descripción</i>)
Publicaciones	0	
		<i>(Por Ranking)</i>
Eventos de divulgación científica	Mas de 5	Asistencia a congresos y charlas nacionales e internacionales
Integración a redes de investigación	1	Con colegas de México, Brasil y Chile.

Impactos en Formación

Logro	Numero	Detalle (<i>Título, grado, lugar, institución</i>)
Tesis pregrado	0	
Tesis postgrado	0	
Pasantías	4	Tres estudiantes de Ingeniería en Acuicultura de la Universidad Católica del Norte; Un estudiante de Biología Marina de Canadá
Cursos de capacitación	9	Cultivo de camarones; Cultivo hidropónico; Cultivo truchas; Acuíponia; bioeconomía

3.9. Problemas enfrentados durante el proyecto

- Legales
 - No hubieron problemas legales para la instalación del proyecto. Si fue requisito obtener previamente una resolución del Servicio de Evaluación Ambiental y luego una autorización de centro acuícola por el Servicio Nacional de Pesca. Por último para comercializar los productos vivos se requirió de una resolución de la Seremía de Salud.
- Técnicos
 - Problemas técnicos se vincularon principalmente a la falta de respaldo de oxígeno y de generador de energía lo que conllevó a una importante pérdida de truchas en diciembre del 2013.
 - La adquisición de juveniles de trucha es a través de un único proveedor distante 500 km de nuestras instalaciones. Los juveniles de truchas han incrementado su precio en cada venta, por lo que se hace imperante establecer una unidad propia de reproductores y de generación de juveniles para independizarse o complementar la existente.
- Administrativos
 - Operando como PYME no hemos tenido problemas administrativos relevantes. Nos hemos apoyado con la asesoría de un contador y de un administrador de proyectos.
- Gestión
 - Esta quizás ha sido el área más novedosa pues hemos tenido que aprender sobre la marcha como gestionar proveedores y también clientes.
- Medidas tomadas para enfrentar cada uno de ellos.
 - No fue necesario nada especial, pues fueron resueltas prontamente en su momento.

3.10. Otros aspectos de interés

En julio se realizaron los cursos cortos todos los fines de semana con la llegada de nuestros asesores en materias de camarón de río, hidroponía, cultivo de truchas, acuiponía y bioeconomía. Los principales asistentes son investigadores y microempresarios vinculados a cultivos que se están iniciando en aspectos de acuiponía en Antofagasta y en Arica y Parinacota.

Luego del inicio de nuestra iniciativa se han presentado otras a nivel nacional, pero todas ellas vinculadas a Universidades y no lideradas por emprendedores como ha sido nuestro caso. Las iniciativas son:

- a) Arica y Parinacota a través de FIC 2013, acuiponía con Paiche y lechugas, Universidad Arturo Prat
- b) Antofagasta a través de FIC 2012, acuiponía con truchas y lechugas, Universidad de Antofagasta

- c) Atacama a través de FIC 2014, acuiponía con truchas y lechugas, Universidad de Atacama
- d) Coquimbo a través de FIC 2014, acuiponía con pejerrey y lechugas, Universidad de Chile

Gran parte de los investigadores y profesionales vinculados a los mencionados proyectos FIC han asistido a nuestros cursos técnicos en Diaguítas y algunos han tomado entrenamiento en nuestras instalaciones de acuiponía.

3.11. Conclusiones y recomendaciones

- Desde el punto de vista:
 - Técnico
 - El sistema de acuiponía es muy versátil, al menos en la localidad de Diaguítas. Ha sido posible producir en forma sostenida truchas arcoíris y lechugas, mas una variedad de hortalizas entre ellas cebollines, apio, albahacas, berros rúcula, espinaca, melón, tomate, rabanitos, entre otros. También se hicieron pruebas de cultivo de camarón de río con resultados promisorios, lo cual permite también diversificar en la producción acuícola.
 - La localidad de Diaguítas posee condiciones de radiación y de horas luz que hacen factible la instalación de energía renovable fotovoltaica para complementar e incluso proveer de toda la energía que se requiere en el sistema acuipónico. Considerando que existe energía eléctrica pública no es necesario adquirir baterías para almacenar el excedente de energía, sino que mas bien se utiliza el mismo servicio eléctrico público como "baterías" y la energía almacenada durante el día se recupera durante las horas de oscuridad.
 - La tarifa eléctrica mas económica es la BT1 que permite unos 40 amperes y unos 10 kWh. El sistema de acuiponía se diseñó considerando tales restricciones de tal manera de aprovechar las ventajas de una tarifa eléctrica menor.
 - Las bajas de temperatura durante otoño-invierno impiden la producción de albahacas y hacen mas lento el crecimiento de las lechugas. Hemos resuelto el problema de la producción de albahaca a través de temperar el agua del sistema acuipónico y que será implementado para la próxima temporada invernal.
 - Deficiencia de nutrientes al iniciarse el cultivo acuipónico o por muerte repentina de peces. En tales casos se puede sostener la producción vegetal adicionando nutrientes de manera artificial como ocurre con la hidroponía tradicional.
 - Económico
 - Producir peces y hortalizas no ha sido un desafío relevante en comparación a "poner" el producto en el "plato del consumidor". Tenemos la capacidad de producir mensualmente 500 kg de trucha y entre 1000 y 2000 hortalizas semanales. Sin embargo, trucha que no se vende crece un poco mas, pero hortaliza que no se vende se pierde. Aún así los ingresos por venta de truchas y de hortalizas son interesantes y se posee una demanda semanal por nuestros productos, sobre todo hortalizas. Sin embargo requerimos de mayor celeridad para posicionar nuestros productos en el mercado a fin de alcanzar la máxima producción que el sistema puede generar.



- De gestión.
 - Todas se vinculan a las estrategias para colocar nuestro producto a disposición del consumidor. Nos enfocamos principalmente en la venta a pie de granja, la cual en un principio no fue exitosa pues "nadie" sabía dónde estábamos. Con la difusión a través de una radio local fue posible incrementar las visitas y ventas a pie de granja pero aun no es suficiente.
 - Creemos que la difusión debió iniciarse desde un principio de una manera mas agresiva, sin embargo si realizo en el cuarto final de la vida del proyecto.

4. INFORME DE DIFUSION

- Difusión de los resultados obtenidos **adjuntando** las publicaciones realizadas en el marco del proyecto o sobre la base de los resultados obtenidos, el material de difusión preparado y/o distribuido, las charlas, presentaciones y otras actividades similares ejecutadas durante la ejecución del proyecto.
- Listado (número y detalle) de actividades por instrumento de difusión, como por ejemplo:
 - Presentaciones en congresos y seminarios
 - Organización de seminarios y talleres
 - Días de campo o reuniones técnicas
 - Publicaciones científicas
 - Publicaciones divulgativas
 - Artículos en prensa
 - Páginas web

Fecha	Lugar	Tipo de Actividad	Nº participantes*	Documentación Generada*
Junio 2013	Diaguitas, Chile	Lanzamiento proyecto acuiponia	Mas de 50	Noticias varias en portales electrónicos y television
Junio y Julio 2013	Diaguitas, Chile	Cursos Técnicos	Mas de 40	Powerpoint de cada curso
Agosto 2013	Arica y Parinacota, Chile	Proyecto Acuiponía FIC "Sistema Acuapónico, como alternativa sustentable y de diversificación productiva para los sectores acuícola y agrícola de la región de Arica y Parinacota".	10 vinculados al proyecto	Powerpoint y documento de Ingeniería conceptual y básica
Septiembre 2013	Toluca, México	Conferencia Acuaponia	Mas de 200	Powerpoint
Junio 2014	Australia	Congreso Internacional	Más de 200	Powerpoint y resumen
Junio 2014	Arica y Parinacota, Chile	Seminario Acuícola	Mas de 40	Powerpoint
junio 2014	Chile	Reportaje Recomendando Chile	televidentes	Reportaje televisado
junio 2014	Chile	Reportaje Ciencia y Tecnología 13c	televidentes	Reportaje televisado
Julio 2014	Diaguitas,	Cursos Técnicos	Mas de 40	Powerpoint de cada curso

	Chile			
Julio 2014	Diaguitas, Chile	Capacitación	5 personas	Entrenamiento in situ
Julio 2014	Chile	Radio Montecarlo	radiescuchas	8 anuncios al día toda la semana
Agosto 2014	Los Angeles, Chile	II JIPA	Mas de 150	Powerpoint
Noviembre 2014	Antofagasta, Chile	Building International Cooperation on Arid Zones Research	Mas de 100	Powerpoint
Noviembre 2014	Mexico	LAQUA	Mas de 200	Powerpoint
Diciembre 2014	Diaguitas, Chile	Clausura Proyecto	Mas de 100	Powerpoint, video y noticias varias en portales electrónicos y television
Diciembre 2014	Coquimbo, Chile	Congreso de Acuicultura	Mas de 150	Powerpoint
Diciembre 2014	Arica y Parinacota	Sustentabilidad de la acuicultura en zonas áridas: proyectando la Región de Arica y Parinacota a un futuro acuícola	Mas de 50	Powerpoint

5. ANEXOS

Como fue indicado para los informes de avance técnico, pero en este caso la información no corresponde sólo a la actualización sino a la histórica. Por ejemplo, cambios en el equipo técnico, se debe adjuntar la ficha de todos los participantes que participaron en alguna de las etapas del proyecto aunque hayan sido reemplazados.



6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Rakocy, J., Donald S Bailey, R. Charlie Shultz, and Jason J. Danaher, 2004. **A Commercial-Scale Aquaponic System Developed at the University of the Virgin Islands**
- Rakocy, J.E., J.A. Hargreaves and D.S. Bailey. 1993. Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system integrated with hydroponic vegetable production. Pages 148-158 in J.K. Wang, editor. *Proceedings of the Aquaculture Engineering Conference on Techniques for Modern Aquaculture*. Aquacultural Engineering Group, American Society of Agricultural Engineers.
- Rakocy, J.E. 1989. Hydroponic lettuce production in a recirculating fish culture system. University of the Virgin Islands, Agricultural Experiment Station, Island Perspectives 3:4-10.
- Rakocy, J.E. 1997. Integrating tilapia culture with vegetable hydroponics in recirculating systems. Pages 163-184 in B.A. Costa-Pierce and J.E. Rakocy, Eds. *Tilapia Aquaculture in the Americas*, Vol. 1. 1997. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana.
- Rakocy, J.E., D.S. Bailey, K.A. Shultz and W.M. Cole. 1997. Evaluation of a commercial-scale aquaponic unit for the production of tilapia and lettuce. Pages 357-372 in K. Fitzsimmons, ed. *Tilapia Aquaculture: Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Orlando, Florida.
- Rakocy, J.E., D.S. Bailey, R.C. Shultz and E.S. Thoman. 2004a. Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. Pages 676-690 in R.B. Bolivar, G.C. Mair, K. Fitzsimmons, Eds. *Proceedings from the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Manila, Philippines.
- Rakocy, J.E., Shultz, R.C., Bailey D.S. and Thoman, E.S. 2004b. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horticulturae (ISHS)* 648:63-69. (http://www.actahort.org/books/648/648_8.htm)
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., 2002. *Recirculating aquaculture systems (Northeastern Reg. Aquaculture Ctr. Pub. No. 01-002)*, 2nd ed.
- Zweig, R., 1986. An integrated fish culture hydroponic vegetable production system. *Aquaculture Magazine*, May/June, 34-40.