



## **INFORME DE CIERRE FONDO DE INNOVACIÓN PARA LA COMPETITIVIDAD (FIC-R)**

### **Universidad de Atacama**

Nombre del Proyecto: “Desarrollo de un sistema de cultivo mixto sustentable de peces y hortalizas utilizando agua de atrapa-niebla y energías limpias en sector Falda Verde, comuna de Chañaral – III región de Atacama”.

Código BIP

FIC 1405

Fecha de Inicio de Convenio 18 de Noviembre de 2014.

Período de Evaluación (18 Noviembre 2014 a 30 Junio 2016)

Fecha de Presentación del Informe: Junio 2016.



<b>INDICE</b>	<b>Página</b>
<b>1 RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>2 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>3 ESTADO DE AVANCE DEL PROYECTO.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Logros por Objetivo General y Específicos.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Cumplimiento de las actividades del proyecto (de acuerdo al cronograma).....</b>	<b>12</b>
<b>4 RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Resultadosobtenidos en base a objetivo general y específico.....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 Resultadosadicionales obtenidos durante la ejecución del proyecto.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 Indicadores de cumplimiento, eficiencia, eficacia y gestión.....</b>	<b>19</b>
<b>5 BRECHAS SUPERADAS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Proveedores de insumos, equipos y servicios acuícolas.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 Proveedores en la provincia de Chañaral.....</b>	<b>26</b>
<b>5.3 Determinación demáxima capacidad de peces en sistema acuapónico.....</b>	<b>26</b>
<b>6 DESAFÍOS FUTUROS DE LA ACUAPONÍA EN REGIÓN DE ATACAMA.....</b>	<b>27</b>
<b>6.1 Supervivencia de peces en el cultivo acuapónico.....</b>	<b>27</b>
<b>6.2 Rol del CRIDESAT en el desarrollo del Borde Costero de Atacama.....</b>	<b>29</b>
<b>7 EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA PROYECTO FIC 1405.....</b>	<b>30</b>
<b>8 CONCLUSIONES.....</b>	<b>30</b>
<b>9 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>33</b>
<b>10 ANEXOS.....</b>	<b>34</b>



## 1 RESUMEN EJECUTIVO

La pesca artesanal en la región de Atacama ha sufrido una importante disminución de sus desembarques en los últimos años. Particularmente, en los últimos 10 años, la región ha mostrado disminuciones de los principales recursos pesqueros artesanales, los que incluyen algas, peces, moluscos y otros. Desde el año 2002 al 2012 el recurso algas ha disminuido de 64.726 ton a 24.590 ton, los peces de 130 ton a 123 ton, los moluscos de 146 ton a 135 ton y otros (erizo, piures) de 1.027 ton a solo 48 ton (Sernapesca, Anuario estadístico de pesca, 2002-2012). Estas cifras son preocupantes para la población de pescadores artesanales de la región, principalmente para las comunidades pesqueras de la provincia de Chañaral, las cuales están restringidas al uso de extracción de solo el 30% del territorio sur de la provincia debido a que el 70 % restante se encuentra dividido en territorio contaminado y protegido.

Dado este escenario de sobreexplotación de recursos y consecuentemente a la disminución de las extracciones, gran parte de la población pesquera de la región ha migrado a otras actividades económicas, principalmente a la minería. Bajo este escenario, la institución pública ha implementado planes de manejo y de fomento que ayuden a mitigar los efectos de esta crisis pesquera, sin embargo pese a los esfuerzos, aún no se ha logrado dar sustentabilidad al sector. Bajo este contexto, surge la necesidad de diversificar la economía del sector pesquero artesanal a través de sistemas de cultivo de especies acuícolas, actividad que es complementaria a la extracción de recursos pesqueros.

Es así, que la propuesta de este proyecto apunta a desarrollar un centro de producción de acuaponía con agua de atrapaniebla en el sector de Falda Verde en la comuna de Chañaral. La acuaponía es un sistema de producción que integra la hidroponía (cultivo de plantas sin sustrato agrícola) con la acuicultura (cultivo de especies acuáticas), todo en un mismo sistema, de tal manera que la producción de nutrientes de uno, suministra los requerimientos del otro, todo esto sistematizado con tecnología de recirculación de agua, reutilizando así el agua que se generará en el atrapaniebla. El sistema de recirculación requiere un recambio mínimo diario y permite utilizar y conservar el agua de manera más eficiente. La propuesta además considera complementar sus requerimientos energéticos, aprovechando la cota de 1000 metros entre la cumbre del cerro Falda Verde y su base,



con el fin de disminuir el uso de energía convencional y fomentar el uso de las energías limpias.

La selección del sitio para la instalación del sistema hidropónico se realizó en base a experiencias prácticas realizadas por la Agrupación de Atrapanieblas, a través de la ejecución de proyectos FOSIS en los años 2004-2006. Con el desarrollo de estos proyectos, los beneficiarios pudieron cultivar bajo sistema de sustrato en invernadero algunas hortalizas como tomates, zapallos italianos, habas y melones, entre otros. De esta forma, el proyecto FIC 1405 toma la misma ubicación para desarrollar el cultivo hidropónico, aprovechando la estructura de madera pre-existente del invernadero.

El cultivo acuapónico con recirculación de agua que se propone considera el cultivo de truchas y especies vegetales de alto valor comercial, como Aloe Vera, salicornia, berros y algunas especies de hortalizas, con el aporte de agua directamente de los atrapanieblas ubicados en el sector de Falda Verde y un cultivo en suelo agrícola de aloe vera el que será regado con las aguas de rebalse del sistema de recirculación. Se espera que este sistema permita diversificar e incrementar la producción de especies de interés comercial tanto de peces como de vegetales aportando así a la diversificación económica, al uso eficiente del recurso hídrico, al uso de energías limpias para la producción y a la innovación en la comunidad tanto pesquera y otros de la provincia de Chañaral.

El desarrollo del cultivo acuapónico en la región, además de ser inmensamente innovador, vendría a aportar soluciones concretas para la producción de peces y especies vegetales de interés comercial en tierra en sectores áridos que cuenten con aporte de agua dulce.

El desarrollo de un cultivo acuapónico en la región, además de aportar en I+D+i regional, aporta soluciones concretas a la diversificación productiva y da la oportunidad que comunidades pesqueras (y otras) tengan como actividad complementaria el cultivo en tierra de estos productos tan escasos en la región, aumentando así los ingresos económicos, la diversificación acuícola, el uso eficiente del recurso hídrico y el uso de energías limpias para la producción. Se espera que los beneficiarios de este sistema proyecten esta iniciativa como negocio a largo plazo.



## 2 INTRODUCCIÓN

La acuaponía inicia su desarrollo en la década del 2000, impulsada por los países desarrollados como USA y Australia que conscientes de la necesidad de apoyar la eficiencia del recurso hídrico desarrollaron la fusión de la acuicultura y la agricultura. La suma de energías renovables no convencionales como sistemas de energía cinética, presurizados, tecnificados y solares complementan el desarrollo de la ingeniería que apunta a la producción con bajo costo de especies de alto valor comercial, que permitan en pequeña escala definir una estructura operacional y productiva con resultados positivos de rentabilidad.

El sistema de recirculación acuapónico es una tecnología prometedora que puede definirse como un sistema de producción de alimentos que incorpora dos o más componentes (peces y vegetales o plantas) en un diseño basado en la recirculación de agua (Muñoz, 2012; García-Ulloa et al., 2005).

De esta forma, a fines del año 2014, la Universidad de Atacama, con el apoyo del Gobierno Regional de Atacama, comenzó las labores investigativas que apuntaban al diseño, implementación y puesta en marcha de una unidad piloto de producción acuapónica. La ubicación geográfica del proyecto se situó en el sector de Falda Verde, en la comuna de Chañaral, con una distribución territorial que considera el plano del cerro Falda Verde, en cota cero, hasta los 1000 metros de altura sobre el nivel de mar.

Los beneficiarios del proyecto FIC 1405 son 450 pescadores artesanales de la provincia de Chañaral organizados en la Agrupación de Atrapanieblas, organización sin fines de lucro, y en la Asociación de Buzos Mariscadores de Orilla y Ramas Afines que suma a 7 sindicatos de pescadores desde el sector de Torres del Inca hasta Caleta Palitos.

Una de las mayores dificultades de operar con un centro de acuaponía en el desierto son el abastecimiento de agua dulce, el cual es suministrado por un innovador sistema de captación de agua mediante atrapanieblas, construidos en la cumbre del cerro Falda Verde, el cual permite la captación de un volumen diario de agua del orden de 200 a 1500 litros. Dada la escasez de agua, el sistema de cultivo se sustenta con tecnología de recirculación de agua y un avanzado sistema de filtros biológicos y mecánicos que permiten el flujo constante de 41 metros cúbicos de agua con una tasa de recambio semanal de agua del 12%.



La niebla es una nube a ras de suelo. Se compone de gotas de agua que por ser tan pequeñas (<40 micrones) no tienen peso suficiente para caer y, por lo tanto, quedan suspendidas en el aire y son desplazadas por el viento. Al igual que las plantas captan el agua, los atrapanieblas están diseñados para que al pasar la masa nubosa por ellos, dichas gotas queden atrapadas en una malla especialmente construida con ese fin (Cereceda, 2000).

El sistema de captación de agua que se condensa debido a la camanchaca presente en el norte de Chile, fue diseñado en base a la experiencia de los pescadores de la Agrupación

DeAtrapanieblas de Chañaral, los cuales en los últimos 10 años han buscado en las cumbres del límite sur de la Reserva Nacional Pan de Azúcar, las áreas aptas para la captación y acumulación de agua dulce. A través del proyecto FIC 1405, el CRIDESAT de la Universidad de Atacama implementó en la cumbre del cerro Falda Verde 16 unidades de atrapanieblas. De esta forma, se ha conseguido la creación de un sistema de captación de agua a través de atrapanieblas, para abastecer de este líquido al sistema acuapónico.

Con respecto a los permisos para la instalación de los atrapanieblas en el sector de Falda Verde, La Agrupación Atrapanieblas de Atacama, Personería Jurídica N° 119/2000, formuló una solicitud de Concesión de Uso Gratuito de un predio fiscal singularizado en Zona ZUI-7 del Plan Intercomunal Costero, sector Falda Verde, comuna y provincia de Chañaral, según consta en el Certificado N° 130 de la Secretaría Regional Ministerial de Bienes Nacionales de Atacama, de fecha 17 de mayo de 2002 (Ver Anexo N° 32). Con respecto a la autorización para la captación de aguaniebla, el Código de Aguas vigente no señala que el aguaniebla sea objeto de administración del Estado, por lo tanto no existe un marco regulatorio en el país.

Dentro del desarrollo del cultivo de peces, el proyecto permite definir parámetros productivos como tasa de crecimiento y alimentación bajo cultivo con agua niebla. Al analizar la sobrevivencia de los peces, se demuestra empíricamente que las truchas se han adaptado al agua de atrapanieblas y han tenido un crecimiento normal en este tipo de cultivo.

La especie Trucha Arcoíris utilizada en el sistema acuapónico, ha demostrado su adaptación sin grandes inconvenientes. La Trucha Arcoíris, es una especie perteneciente a la familia Salmonidae, originaria de las costas del Pacífico de América del Norte, que



debido a su fácil adaptación, su crianza se ha difundido en casi todo el mundo (Mendoza y Palominos, 2004).

En el sistema acuapónico, la calidad de agua utilizada debe tener la mayor atención para que el sistema funcione bien, debido a que éste es el medio en el cual conviven peces y bacterias y del cual las plantas obtienen sus nutrientes. Es por esto que el agua debe tener la calidad suficiente como para mantener adecuadamente a las tres comunidades existentes en el sistema acuapónico. Algunos parámetros físico-químicos del agua deben ser medidos en forma diaria (temperatura, oxígeno disuelto y pH), mientras que otros pueden ser medidos de manera periódica (nitrógeno amoniacal, nitritos y nitratos) (Caló, 2011).

Algunas propiedades físicas y químicas del agua para el cultivo de Truchas (rango óptimo)  
(Caló, 2011)

- Temperatura del agua: 10 – 16°C
- Oxígeno disuelto: 6,5 – 9 ppm
- pH: 6,5 – 8,5
- CO<sub>2</sub>: < 7ppm
- Alcalinidad: 20 – 200 mg/L
- CaCO<sub>3</sub> Dureza: 60 – 300 mg/L CaCO<sub>3</sub>
- NH<sub>3</sub>: No mayor de 0,02 mg/L
- H<sub>2</sub>S: Máximo aceptado de 0,002 mg/L
- Nitratos: No mayor de 100 mg/L
- Nitritos: No mayor de 0,055 mg/L
- Nitrógeno amoniacal: No mayor de 0,012 mg/L
- Fosfatos: Mayores de 500 mg/L
- Sulfatos: Mayor de 45 mg/L
- Fierro: Menores de 0,1 mg/L

**Compuestos nitrogenados:**

El nitrógeno amoniacal (NAT) excretado por los peces como desecho metabólico se compone de amonio no ionizado (NH<sub>3</sub>) y amonio ionizado (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), originado en el metabolismo de las proteínas realizada por los peces y la descomposición orgánica de los desechos sólidos en el sistema. El amonio no ionizado es extremadamente tóxico para los peces, y su cantidad depende del pH y la temperatura del agua. Diferentes estrategias de filtración biológica, han sido utilizadas para el control del NAT, inclusive la utilización de minerales como la zeolita que han sido evaluados con resultados alentadores. Si bien no se encuentran bien definidos los efectos sub-letales del amoníaco, concentraciones bajas



desde 0,02 a 0,07 mg/L han demostrado reducir el crecimiento y provocar daños en los tejidos branquiales en especies de aguas cálidas. Los nitritos son un producto intermedio en el proceso de nitrificación y así como el amonio no ionizado, son tóxicos también en concentraciones relativamente bajas, dependiendo de la especie a cultivar. Concentraciones de 0,5 mg/L son estresantes para el channelcatfish (*Ictalurus punctatus*), mientras que concentraciones de 5 mg/L parecen causar un ligero estrés en el caso de la tilapia. Los nitratos son el producto final del proceso de nitrificación y es la forma nitrogenada menos tóxica para los peces. Dependiendo de la especie de peces bajo cultivo, ellos no alcanzarán a ser tóxicos, sino hasta llegar a los 300 ppm. No obstante, esta concentración de nitratos nunca alcanza a estar presente en un sistema, debido al recambio de agua diario, con lo cual no producirán grandes problemas.

#### **pH:**

El pH es un factor que interviene en varios procesos. El primero, es el mencionado con anterioridad, llamado nitrificación. Este puede ocurrir en un rango muy variado de pH como 6 a 9 pero algunos autores sostienen que el rango óptimo se encuentra entre 7,2 a 7,8. También interviene en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que nutrientes esenciales como el hierro, manganeso, cobre, zinc y boro, se encuentran menos disponibles para las plantas a pH mayores de 7,5; mientras que la solubilidad del fósforo, calcio y magnesio, disminuye con pH menor a 6. Por último, el pH debe ser adecuado para la especie de pez que se desee cultivar, siendo en general, valores dentro de un rango de 7 a 7,5, para todas las especies. Mantener en nuestro sistema acuapónico un pH de 7 hará que el mismo funcione en forma correcta. No obstante, no se debe dejar de tener en cuenta que una precisa nitrificación, resultará en ácido carbónico, que hará que el sistema tienda a disminuir su pH. Normalmente, en sistemas de recirculación ello se resuelve añadiendo bicarbonato de sodio, pero en un sistema acuapónico, no debe ser utilizado. La acumulación de Sodio, combinado con la presencia de Cloro, es tóxica para las plantas. El descenso de pH en sistemas acuapónicos puede ser subsanado con Hidróxido de Calcio, Hidróxido de Potasio, Carbonato de Calcio o Carbonato de Potasio, según la conveniencia del productor.

#### **Temperatura:**

La trucha arco iris es un pez resistente y fácil de desovar, de crecimiento rápido, tolerante a una amplia gama de ambientes y manipulaciones. La especie puede soportar amplias gamas de variación de temperatura (0-27 °C), pero el desove y crecimiento ocurren en una





gama más estrecha (9-14 °C). La temperatura óptima del agua para el cultivo de trucha arco iris está por debajo de 21 °C.

### **Oxígeno disuelto:**

El oxígeno disuelto no requiere de tantos detalles como el pH. Simplemente cabe mencionar que este gas, debe mantenerse por encima de 3 mg/L, siendo preferible una concentración igual o mayor a 5 mg/L. De encontrarse disminuido el oxígeno en el sistema, no se realizará una buena nitrificación; restando desechos metabólicos sin filtrar y acumulándose en concentraciones tóxicas para los peces. Los peces y plantas ante la ausencia de oxígeno, dejan de crecer, y en el caso particular de los peces, pueden dejar de alimentarse y morir. Un buen momento para la medida del oxígeno, es luego de alimentar, cuando el metabolismo de los peces se incrementa.

El otro componente de la acuaponía, además de la acuicultura, es la hidroponía. El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua lo define como el cultivo de plantas en soluciones acuosas, sin embargo, actualmente la palabra involucra todas aquellas formas en que se cultivan plantas con algún soporte (arena, grava, carbón, etc.), sin el uso de suelo, en donde son alimentadas mediante una solución de nutrientes minerales (sales minerales) que se les suministran por medio del agua de riego. La hidroponía es una técnica alternativa y relativamente nueva en nuestro medio para producir cultivos saludables. Esta técnica permite cosechas en períodos más cortos que la siembra tradicional, con mejor sabor y calidad del producto, mayor homogeneidad y producción. La hidroponía permite un ahorro considerable en el uso del agua de riego en la época seca y es una técnica económica, eficiente y racional en cuanto a la aplicación de los nutrientes minerales (sales minerales o fertilizantes). Por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos, de esta forma la familia consumirá alimentos más frescos y sanos. Son muchas las especies que se pueden cultivar bajo esta técnica, entre las hortalizas que pueden utilizarse, son comunes las siguientes familias: Solanáceas (tomate, berenjena, papa), Liliáceas (cebolla, ajo, cebollín, puerro), Crucíferas (nabo, repollo, coliflor, brócoli, berro), Cucurbitáceas (pepino, ayote, melón, sandía), Umbelíferas (culantro, apio, perejil y zanahoria), Compuestas (lechuga)(Guzmán, 2004; Mundo, 2013).



### 3 ESTADO DE AVANCE DEL PROYECTO

#### 3.1 Logros por Objetivo General y Específicos

Objetivo General	Objetivos Específicos Asociado	% Avance por Objetivo (*)
<p>Fomentar una cultura de innovación y emprendimiento en el sector acuícola y agrario de la comuna de Chañaral, región de Atacama, mediante la implementación de un sistema de cultivo mixto sustentable de peces y hortalizas (acuaponía) utilizando agua de atrapa-niebla y energías limpias en sector Falda Verde, comuna de Chañaral, región de Atacama.</p>	<p>1. Implementación y puesta en marcha de un sistema acuapónico de truchas y Hortalizas utilizando energía alternativa a escala piloto comercial en la localidad de Falda Verde – Comuna de Chañaral.</p>	<p>90%. Se encuentra operativo un sistema de producción de peces y especies vegetales de alto valor comercial, con una capacidad máxima de 8 toneladas de peces y 2000 unidades de vegetales. Esta unidad es un sistema de recirculación de agua dulce en donde se alcanzan altos estándares de eficiencia hídrica. Se utiliza energía cinética desde el agua captada en los atrapanieblas con una cota de 1000 metros sobre el nivel del mar. Este objetivo específico no se cumplió en un 100% debido a que el proyecto FIC 1405, consideraba en su presupuesto inicial, en la partida “Gastos Inversión, Implementación y Equipamiento” la compra de una bomba solar de un monto de \$ 650.000 pesos. Sin embargo, dado el aumento sostenido del dólar, desde la aprobación del proyecto en octubre 2014 hasta junio 2016, no fue posible comprar un equipo similar ya que el valor del producto aumentó a \$ 1.497.496 (Ver en Anexo N° 30 y Anexo N° 31, cotizaciones adjuntas). No obstante, para el traslado del agua desde los atrapanieblas, la utilización de la energía cinética que se genera con la diferencia de cota entre la cumbre y la falda del cerro y el aprovechamiento de la pendiente del cerro Falda Verde, permitió el ahorro energético de 3 bombas de 2,5 hp. (Ver Anexo N° 20, puntos 4 y 5)</p>



	<p>2. Establecer los parámetros productivos y costos de producción del sistema integrado de cultivo de truchas y hortalizas.</p>	<p>100%. Se encuentran establecidos los siguientes parámetros de cultivo para peces y vegetales, con agua de atrapaniebla: tasa específica de crecimiento (SGR), tasa específica de alimentación (SFR), conversión de alimento (FCR). Además, de los costos operacionales para alcanzar volúmenes de producción.</p>
	<p>3. Difundir y Fortalecer los conocimientos del sector pesquero artesanal y acuícola de la Región de Atacama mediante capacitaciones en técnicas de acuaponía.</p>	<p>100%. Se han realizado capacitaciones, inducciones y charlas de cultivo de acuaponía de manera directas a 40 beneficiarios y a 200 personas de manera indirecta. Tanto dentro de la región, con el equipo profesional de CRIDESAT, como apoyado por entidades externas como PUCV y la UCN. El 14 de mayo 2016, se cumplió con el último hito de capacitación en materias de “Instalación, Operación y Mantenimiento de Sistemas de Cultivo Hidropónicos bajo Recirculación de Agua”.</p>
	<p>4. Proponer estrategias de comercialización y plan de negocios sustentable para los productos.</p>	<p>100%. Se desarrolló una marca comercial asociada a la producción acuapónica. Además, se realizó un levantamiento de aceptación de productos acuapónicos en 18 restaurantes de la Región de Atacama, Región de Coquimbo y Santiago, determinado rangos de precios por productos. Adicionalmente, se toma contacto con un comprador nacional que solicita truchas de calibre entre 280-320 gramos de peso final, carne blanca, evisceradas con cabeza y cola.</p>

(\*) Indica el porcentaje de avance en el cumplimiento del objetivo y fundamente dicho avance.



### 3.2 Cumplimiento de las actividades del proyecto (de acuerdo al cronograma)

Objetivo Específico	Actividad	Avances por Actividad (Fundamente)
<p>1. Implementación y puesta en marcha de un sistema acuapónico de truchas y hortalizas utilizando energía alternativa a escala piloto comercial en la localidad de Falda Verde – Comuna de Chañaral.</p>	<p>Solicitar los permisos experimentales correspondientes a las instituciones públicas pertinentes del sector acuícola. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 1)</b></p>	<p>100%. Se obtiene la autorización de Centro de Cultivo Experimental por parte del SEA, Subsecretaría de Pesca y Sernapesca, permitiendo la incorporación de la especie Trucha Arcoiris (<i>Onchoryncusmikyss</i>) a la región de Atacama. (Ver Anexos N° 1 y N° 2).</p>
	<p>Reinstalar la capacidad de 16 unidades de atrapanieblas. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 2)</b></p>	<p>100%. Con una capacidad de captación de aguanieblas de 200 a 1500 litros por día, soporte del cultivo acuapónico. (Ver Anexo N° 3 y N° 4).</p>
	<p>Implementar el galpón de cultivo de truchas con sistema de recirculación. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 3)</b></p>	<p>100%. Se construye galpón de cultivo de 500 metros cuadrados para el cultivo de peces, con sistema de protección de radiación y aislación térmica. (Ver Anexo N° 5 y N° 6).</p>
	<p>Capacitación del equipo técnico y beneficiarios en técnicas de cultivo de truchas. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 4)</b></p>	<p>100%. Se han realizado capacitaciones e inducciones en materias de cultivo de peces, ERNC, sistemas de recirculación y manejo de ecosistemas. En el mes de junio de 2015 se ejecutó la capacitación para los beneficiarios del proyecto en el manejo de peces de la especie Trucha Arcoiris en la piscicultura de Río Blanco, en Los Andes. La última capacitación fue en hidroponía y se realizó el 14 de mayo de 2016 en la localidad de San Pedro. (Ver Anexos N° 7, N° 9 y N° 10) (Ver las listas de asistencia a las capacitaciones)</p>
	<p>Puesta en marcha del cultivo acuapónico. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 5)</b></p>	<p>100%. Se cumplió con la puesta en marcha del cultivo acuapónico, y</p>



	<b>Informe Actividad – 5)</b>	se dispone de un cultivo de peces y especies vegetales de alto valor comercial en crecimiento y en óptimo estatus sanitario.
2. Establecer los parámetros productivos y costos de producción del sistema integrado de cultivo de truchas y hortalizas.	Ingreso de los peces al sistema. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 6)</b>	100% Se trasladaron las truchas Arcoiris desde la piscicultura de Rio Blanco de la PUCV que se encuentra en Los Andes e ingresaron al cultivo acuapónico de Falda Verde. El traslado de los peces fue realizado por el equipo técnico del proyecto FIC 1405. (Ver Anexo N° 11).
	Estimar parámetros productivos poblacionales. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 7)</b>	100%. Se ha alcanzado la sobrevivencia de los peces bajo agua de atrapanieblas, justificando su crecimiento con muestreos biológicos que arrojan histogramas de frecuencias de peso y talla de la distribución de la población en cultivo. Motivo por el cual, se ha procedido a graduar los peces de acuerdo a su tamaño a objeto de acelerar su crecimiento. Se determina la densidad de cultivo óptima. (Ver Anexo N° 8 y N° 12).
	Medir parámetros físico-químicos del agua. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 8)</b>	100%. Se poseen curvas de comportamiento de parámetros del agua de atrapanieblas en cultivo, como temperatura, oxígeno disuelto en saturación y concentración, pH, amonio, nitrito y nitratos. (Ver Anexo N° 8, N° 13 y N° 14).
	Estimación de conversión de alimento en truchas. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 9)</b>	100%. Se posee la determinación de sobrevivencia y la tasa de conversión de alimentos (FCR) para cultivo de truchas bajo agua de atrapanieblas recirculada. (Ver Anexo N° 8 y N° 12).
	Estimación de crecimiento de vegetales. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 10)</b>	100%. Se debe considerar que se cambia la especie en cultivo desde lechugas a plantas de aloe vera ya que esta última se adapta a las



		condiciones ambientales de Falda Verde y a las características fisicoquímicas del agua de atrapanieblas.(Ver Anexo N° 8y N° 15).
	Estimación de crecimiento de salicornia y/o Aloe Vera. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 11)</b>	100%. Se determina la tasa de crecimiento para Aloe vera bajo sistema de cultivo acuapónico y con sustrato. Así como se alcanza el equilibrio del cultivo de salicornia en hidroponía y en sustrato del cerro Falda Verde. En el caso del cultivo en sustrato terrestre se instala un sistema de regadío tecnificado con fertirrigación por fecas y heces de peces en cultivo.(Ver Anexo N° 8 y N° 16).
3. Difundir y Fortalecer los conocimientos del sector pesquero artesanal y acuícola de la Región de Atacama mediante capacitaciones en técnicas de Acuaponía.	Visitas guiadas de inducción al centro de cultivoacuapónico. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 12)</b>	100%. Se han capacitado vía inducción a 150 personas asociadas al sector pesquero artesanal de la provincia de Chañaral, en materias de sistema de acuaponía con agua de atrapanieblas y ERNC.(Ver Anexo N° 17).
	Talleres de capacitación. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 13)</b>	100%. Se ha capacitado vía talleres a 40 personas de la provincia de Chañaral en materias de acuaponía.(Ver las listas de asistencia).
	Talleres prácticos en el centro de cultivo. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 14)</b>	100%. Se realizaron talleres prácticos a establecimientos educacionales y organizaciones sociales permitiendo beneficiar 50 personas. (Ver las listas de asistencia).
4. Proponer estrategias de comercialización y plan de negocios sustentable para los productos.	Elaborar un sitio web con la información del proyecto. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 15)</b>	En la página web de CRIDESAT se aloja un banner con la información del proyecto al cual se puede acceder de manera gratuita. Por otra parte, información sobre las características y desarrollo del proyecto fue entregada a la comunidad a través de



		informativos escritos (diarios) y páginas WEB de diferentes medios de comunicación (Ver Anexo N° 18).
	Fabricar la marca de negocios para los productos. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 16)</b>	Se desarrolló una marca del proyecto que simboliza la producción orgánica y sustentable de peces y vegetales con agua de atrapaneiblas, resaltando el nulo impacto ambiental del proyecto desarrollado y las proyecciones que posee el puerto de Chañaral para el desarrollo del sector productivo silvoagropecuario.
	Formular un modelo de negocios sustentable para los productos del proyecto. <b>(Ver Anexo Informe Actividad – 17)</b>	Mediante el levantamiento de aceptación de productos aquapónicos se realizó una encuesta a 18 empresas de la región de Atacama, Coquimbo y Santiago y se ha determinado que el peso mínimo de peso de venta de truchas es de 280 a 400 gramos en formato <i>pan size</i> . Este producto se prepara entero, en platos gourmet de las principales cadenas de restaurantes del mundo. (Ver Anexo N° 19).



## 4 RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.1 Resultados obtenidos en base a objetivo general y específico.

Resultado Esperado (*)	Cumplimiento (SI/NO)	Resultado Obtenido (Fundamentación) (**)
1.Implementación y puesta en marcha de un sistema acuapónico de truchas y hortalizas utilizando energía alternativa a escala piloto comercial en la localidad de Falda Verde – Comuna de Chañaral.	SI	<p>Construcción en la cumbre del cerro Falda Verde (1000 metros sobre nivel del mar) en Chañaral, de 16 unidades de atrapanieblas de 6x12 metros, que entregan una superficie de 1152 metros cuadrados para la captación de agua niebla.</p> <p>Medios de verificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planos de construcción y diseño de ingeniería</li> <li>- Memoria de cálculo de resistencia de fuerzas</li> <li>- Control de registro de agua de ingreso al cultivo acuapónico.</li> <li>- Registros fotográficos y de videos</li> </ul> <p><u>Ver Anexos N° 3, 4, 20, 21.</u></p>
1.1. Sistema acuapónico piloto de truchas y hortalizas totalmente implementado y funcionando.	SI	<p>Construcción de galpones de cultivo de peces de 500 metros cuadrados e invernadero hidropónico de 200 metros cuadrados.</p> <p>Medios de verificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Planos de construcción y diseño de ingeniería</li> <li>- Memoria de cálculos hidráulicos y de producción del sistema de cultivo de peces y vegetales.</li> <li>- Órdenes de compra de equipos, sistemas, insumos y servicios de construcción.</li> </ul> <p><u>Ver Anexos N° 5, 6, 13, 14, 23, 24.</u></p>
2.Establecer los parámetros productivos y costos de producción del sistema integrado de cultivo de truchas y hortalizas.	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolución N°027 del 21 enero 2015, del Servicio de Evaluación Ambiental Atacama, en donde aprueba la ejecución del proyecto.</li> <li>- ORD N° 065219 del 22 abril 2015, del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura que autoriza el funcionamiento del centro de cultivo Falda Verde otorgando el Folio N° 23128 y el código de centro N° 30175.</li> <li>- Informes de producción con incorporación de sobrevivencia del cultivo de truchas, tasa específica de crecimiento (SGR), factor de conversión de alimento y tasa específica de alimentación (FCR). Además de la determinación de la densidad de cultivo óptima y del rendimiento de equipos asociados al volumen de producción estimado a un máximo de 2 toneladas de peces.</li> <li>- Informe y reportes de parámetros ambientales y físico</li> </ul>





		<p>químicos del agua de atrapanieblas bajo sistema de cultivo acuapónico con determinación de los rangos óptimos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informe de determinación de la calidad de agua elemental para el cultivo de truchas bajo agua de atrapanieblas.</li> <li>- Informes de producción de sobrevivencia de especies vegetales evaluadas en sistema de cultivo hidropónico.</li> <li>- 2000 plantas de aloe vera en cultivo hidropónico.</li> <li>- Muestreo biológico de las colonias de bacterias nitrogenosas y nitrobacter que equilibran los 2 biofiltros y permiten alcanzar el equilibrio en la calidad de agua de cultivo.</li> <li>- Reporte de sobrevivencia y adaptación al agua de atrapanieblas para un segundo batch de truchas que reúne a 1000 ejemplares bajo cultivo.</li> <li>- Tabla y gráfico de densidades óptimas de cultivo de truchas bajo sistema acuapónico con agua de atrapaniebla.</li> <li>- Protocolo de manejo productivo básico de cultivo bajo sistema acuapónico.</li> </ul> <p><u>Ver Anexos Nº 1, 2, 8, 12, 15, 16, 22.</u> <u>Ver Procedimientos (3 documentos).</u></p>
<p>3. Difundir y fortalecer los conocimientos del sector pesquero artesanal y acuícola de la Región de Atacama mediante capacitaciones en técnicas de acuaponía</p>	<p>SI</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actas de asistencias de beneficiarios a capacitaciones realizadas en materias de cultivo de peces y hortalizas.</li> <li>- Actas de asistencia de beneficiarios a charlas y talleres de inducción en ERNC, sistemas de cultivos y normativas sectoriales.</li> <li>- Página web con información del proyecto. (<a href="http://www.cridesat.cl/?page_id=383">http://www.cridesat.cl/?page_id=383</a>).</li> <li>- Actas de reunión de promoción del proyecto con dirigentes de pescadores artesanales (Agrupación de Atrapanieblas, A.G. Bumaro, Caleta Palitos, Torres del Inca y Pan de Azúcar).</li> <li>- Actas de visitas guiadas y talleres guiados con establecimientos educacionales y organizaciones sociales.</li> <li>- Actas de reuniones con autoridades provinciales, regionales y municipales.</li> </ul> <p><u>Ver Anexos Nº 7, 9, 10, 17, 25.</u> <u>Ver Listas de Asistencia a capacitación, talleres y charlas (7 listas de asistencia).</u></p> <p><u>Medios de verificación de notas de prensa relacionadas</u></p> <p>Se realizó la difusión de algunas actividades de capacitación, talleres y charlas realizadas durante el desarrollo del proyecto, en diferentes medios de comunicación y páginas web. <b>En el Anexo N° 18</b> se presenta un resumen con los links de las publicaciones, presentadas desde los sitios web de cada medio de comunicación, según la fecha de la primera publicación. Las notas de prensa, redactadas por la</p>



		<p>periodista Alejandra Miranda, fueron enviadas a los medios de comunicación, los que en su mayoría publicaron de manera íntegra lo redactado por la periodista.</p>
<p>4. Proponer estrategias de comercialización y plan de negocios sustentable para los productos.</p>	<p>SI</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de imagen comercial del proyecto.</li> <li>- Informe de resultados de aceptación de productos acuapónicos en 18 empresas nacionales. Se determina el rango de peso de venta de las truchas entre 280 a 400 gramos en formato <i>pan size</i>, o sea, un producto que se sirve completo en el plato de restaurantes gourmet.</li> <li>- El sistema de cultivo de peces posee un volumen de recirculación de agua niebla de 40 metros cúbicos, con los cual se puede proyectar una producción de 2 toneladas de biomasa con una estimación de venta, cada 6 meses, de M\$25.000.-</li> <li>- Producción de 2000 plantas de Aloe Vera bajo sistema de cultivo hidropónico con una estimación de ventas cada 3 meses de M\$5.000 de pesos, en mercado regional. Esta especie que reemplaza a las hortalizas posee un mayor valor comercial y es factible la fabricación de productos con alto valor agregado en proyectos de emprendimientos enfocados a la producción de bebidas energéticas, cosméticos, sustancia bioactivas para industria farmacéutica, entre otros.</li> <li>- La empresa minera aportante al proyecto (Mantos Copper ex Angloamercian), ha propuesto la compra de las producciones de truchas que se generen, con el objeto de abastecer a sus casinos internos de proteína de buena calidad y de alto valor nutricional (rico en omega 3) y así contribuir a la salud ocupacional de trabajadores(as) de sus faenas. Para alcanzar la meta de ser un proveedor de las empresas de servicios de alimentación del sector minero, se debe escalar el volumen productivo del cultivo llegando a producir al menos 5 toneladas de biomasa cada 6 meses. Este es uno de los objetivos del proyecto de continuidad FIC Falda Verde 2.</li> </ul> <p><u>Ver Anexos N° 19, 26, 29.</u></p>

(\*) Indica el resultado esperado cuando se formuló el proyecto.

(\*\*) Explica de qué forma se cumplió el resultado y cuáles son los medios de verificación.



#### 4.2 Resultados adicionales obtenidos durante la ejecución del proyecto.

Resultado Obtenido	Fundamentación
Cultivo hidropónico de la especie Aloe Vera y su utilización como eficiente biofiltro de purificación de agua dulce.	Frente a las dificultades con la adaptabilidad de las especies de hortalizas tradicionales que se cultivaron bajo hidroponía (lechugas, tomates, acelgas, berros, ají, entre otras), se realizan ensayos con siembras de Aloe Vera que en 3 meses alcanzaron tallas comerciales (sobre 40 cm de largo). El Aloe Vera, es una especie de alto valor comercial y su uso se ha diversificado desde el sector alimentos hasta al farmacéutica. Adicionalmente, las plantas de Aloe Vera han desarrollado en sus raíces colonias de bacterias nitrogenosas y nitrobacter que actúan como eficientes purificadores del agua dulce de cultivo que se recircula hasta los estanques de truchas. De esta forma, podemos suponer que el éxito de la sobrevivencia de las truchas en cultivo a una densidad de 1 a 3,3 kg/m <sup>3</sup> se debe al equilibrio físico químico alcanzado en el agua de cultivo.
Inserción de la Universidad de Atacama en la comunidad de la Provincia de Chañaral.	A través del desarrollo del proyecto FIC 1405, el equipo profesional que opera en la comuna de Chañaral, contribuye permanentemente en los programas de educación ambiental de los establecimientos educacionales de enseñanza pre-básica, básica y media. De igual forma, participa como consultor en el Comité Técnico Asesor de la Gobernación Provincia de Chañaral, específicamente exponiendo sobre las alternativas productivas sustentables y seguras en el territorio que involucra la provincia.
Inicio de acondicionamiento de peces reproductores de la especie Trucha Arcoíris.	Tener peces reproductores permitirá sustentar el nacimiento de nuevos centros de cultivo de pequeña escala, con aporte a la dinamización de la economía regional de Atacama.

#### 4.3. Indicadores de cumplimiento, eficiencia, eficacia y gestión.

La instalación de un cultivo acuapónico en el sector de Falda Verde, Chañaral, se ha regido por la reglamentación vigente en Chile. Bajo esta lógica, los indicadores de cumplimiento, eficiencia, eficacia y de gestión del centro de cultivo acuapónico apuntaron a la obtención de los permisos sectoriales y a la creación de un sistema piloto de cultivo de peces y vegetales de alto valor comercial, que permitiera transferir al sector pesca artesanal la estructura de funcionamiento de un cultivo con características productivas. Siendo la determinación de objetivos productivos, la administración de recursos públicos, la creación de cultura de innovación y el fortalecimiento de los valores organizacionales, los principales indicadores de éxito del proyecto FIC 1405.



Indicadores de cumplimiento Proyecto FIC 1405

Para alcanzar la meta del proyecto, fue necesario corregir problemas propios de la etapa de desarrollo tecnológico y operacional del cultivo acuapónico, lo que trajo como consecuencia la creación de un stock de peces reproductores de la especie Trucha Arcoíris (*Onchoryncusmykiis*). De esta forma, se proyecta el nacimiento de nuevos centros de cultivos manejados por pescadores artesanales que se distribuyan en el territorio de la Región de Atacama. Adicionalmente, se crea un vivero de producción de la especie vegetal Aloe Vera, con las mismas características de expansión, en donde ambas producciones futuras pueden ser soportadas por un innovador sistema de captación de agua niebla en el desierto de Atacama, contribuyendo a las políticas públicas de diversificación de la matriz productiva de la región de Atacama y al control y tecnología en la eficiencia hídrica (ver tabla sobre Indicadores de cumplimientos).

En un esfuerzo por cubrir las necesidades de Capital Humano avanzado que se sumara a los proceso de producción piloto acuapónico, las organizaciones de pescadores artesanales fueron beneficiadas con un programa de capacitación de manera de fortalecer las competencias y habilidades acuícolas. Así, en la actualidad los pescadores artesanales forman parte diaria de las operaciones del cultivo, siendo aún necesaria la continuidad de nuevas etapas de capacitación laboral que permitan el manejo del cultivo en su integridad. El enfoque del proyecto FIC 1405 es levantar las bases técnicas del cultivo acuapónico para derivar a mediano plazo en un Sistema de Gestión Integrado (SGI), en donde los pescadores deberán controlar la totalidad de los procesos, garantizando la eficiencia de sus procesos, para alcanzar una escala comercial que permita entregar bienes o servicios de alta calidad a clientes externos.

Tabla - Indicadores de cumplimiento Proyecto FIC 1405.

Objetivo asociado	Nombre del Indicador	Fórmula de Cálculo	Medio de Verificación
1. Implementación y puesta en marcha de un sistema Acuapónico de truchas y Hortalizas utilizando energía alternativa a escala piloto comercial en la localidad de Falda Verde – Comuna	Implementación de sistemas para La producción de truchas y hortalizas.	$(N^{\circ} \text{ de sistemas implementados} / N^{\circ} \text{ de sistemas a implementar}) * 100$	Términos técnicos de referencia de las etapas de construcción de galpones e instalación de sistemas de cultivo de peces y vegetales.



de Chañaral.			
2. Establecer los parámetros productivos y costos de producción del sistema integrado de cultivo de truchas y hortalizas.	Parámetros productivos y de costos del cultivo.	(N° de parámetros medidos/N° total de parámetros propuestos en el proyecto)*100	Informe técnico de evaluación de los parámetros propuestos en términos productivos, costos, considerando estrategias de manejo biológico y estimaciones de producción.
3.- Difundir y fortalecer los conocimientos del sector pesquero artesanal y acuícola de La Región de Atacama mediante capacitaciones en técnicas de acuaponía.	Capacitación en cultivo acuaponico a pescadores artesanales, pequeños acuicultores y liceo técnico profesional.	(N° de capacitaciones realizadas mensualmente/N° de capacitaciones total (4) del proyecto)*100	Actas de participación en procesos de capacitación impartidas en manejo de peces, dependencias de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso en Los Andes y en materias de hidroponía dictadas por el especialista Sergio Rubilar Lufi.

### Indicadores de eficiencia Proyecto FIC 1405

Desde el punto de vista organizacional, los procesos artificiales de cría artificial de especies acuáticas y vegetales (acuaponía) suponen una actividad productiva, susceptible de generar consideraciones en calidad. Las actividades diarias que se desarrollan en el cultivo acuapónico, se iniciaron con procedimientos de trabajos tradicionales como la construcción de galpones y sistemas de captación de agua niebla. Sin embargo, una vez introducidas las especies biológicas de cultivo (peces y vegetales) los procedimientos han girado hacia la investigación, tecnología e innovación. Esta etapa fue la más compleja de cubrir, considerando que los pescadores artesanales beneficiarios no poseían las competencias y además los insumos acuícolas básicos se encuentran mayoritariamente en la Región de Los Lagos. Si a esto sumamos los efectos negativos en la cadena distribuidora de insumos básicos, por los aluviones que afectaron la región en marzo del 2015, el resultado es un esfuerzo considerable del equipo técnico del proyecto FIC 1405 y el



departamento de Planificación e Inversiones de la UDA por dar cumplimiento a los objetivos tendientes a la validación de la unidad piloto de acuaponía. Ahora, independiente de la especie de cultivo (animal o vegetal), el sistema de producción, y por ende sus procesos, fueron estandarizados y ligados al conocimiento resultante. Además, se registra una base de procedimientos y programas de producción acuapónico capaces de ser reproducidos en nuevos proyectos. El indicador de eficiencia más destacado es la certificación del centro de cultivo experimental otorgado por Sernapesca, que reconoce las instalaciones como aptas para actividades de cultivo, siendo el primer paso para la comercialización de productos (ver tabla de indicadores de eficiencia).

Tabla - Indicadores de eficiencia Proyecto FIC 1405.

Objetivo asociado	Nombre del Indicador	Fórmula de Cálculo	Medio de Verificación
1.-Implementación y puesta en marcha de un sistema Acuapónico de truchas y Hortalizas utilizando energía alternativa a escala piloto comercial en la localidad de Falda verde – Comuna de Chañaral.	Obtención de permisos sectoriales.	$\frac{\text{Meses de la obtención de la resolución de Subpesca/Nº total de meses propuestos}}{100}$	Resolución de Servicio de Evaluación Ambiental para inicio de proyecto.  Ordinario del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura, que señala la autorización a operar como centro de cultivo.  Certificado y ordinario del Ministerio de Bienes Nacionales, que gestiona el otorgamiento de la zona de Falda Verde como concesión de uso gratuito de suelo fiscal.
	Puesta en marcha del cultivo de truchas y hortalizas.	$\frac{\text{Meses de implementación de la puesta en marcha/Nº total de meses propuestos en el proyecto}}{100}$	Informe técnico de puesta en marcha.



Indicadores de eficacia Proyecto FIC 1405

Una organización dedicada al cultivo de especie hidrobiológicas con valor comercial, debe cumplir los siguientes pasos para asegurar una mínima eficacia en sus resultados productivos:

- a) Definir e identificar los procesos necesarios para aplicar procedimientos de cultivo replicables, documentables y auditables.
- b) Determinar la secuencia e interacción lógica de los procesos.
- c) Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurar de que tanto la operación de cultivo como el control de estos procesos sean eficaces.
- d) Asegurar la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de los procesos nacientes.
- e) Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos y su aplicación diaria.
- f) Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de los procesos.

De acuerdo a la tabla de los indicadores de eficacia, los puntos descritos anteriormente han sido abordados en su totalidad durante la ejecución del proyecto FIC 1405. Dado lo anterior, las subunidades de cultivo de peces y vegetales se muestran en la actualidad como una unidad bifuncional en la cual la operación se basa en pasos secuenciales trasladando los nutrientes y energías a través del agua de niebla capturada en la cima del cerro Falda Verde, y sin la presencia de impactos ambientales significativos, lo cual convierte a este proyecto en una iniciativa de alto valor agregado, por la naturaleza de sus productos y con una clara proyección comercial a mediano plazo.

Tabla - Indicadores de eficacia Proyecto FIC 1405.

Objetivo asociado	Nombre del Indicador	Fórmula de Cálculo	Medio de Verificación
Implementación y puesta en marcha de un sistema Acuapónico de truchas y Hortalizas utilizando energía alternativa a escala piloto comercial en la localidad de	Instalación de atrapanieblas.	$\left( \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de atrapanieblas instalados}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de atrapanieblas programados}} \right) * 100$	Informe técnico de la instalación y puesta en marcha de 16 atrapanieblas.



Falda verde – Comuna de Chañaral.			
Establecer los parámetros productivos y costos de producción del sistema integrado de cultivo de truchas y hortalizas.	Ingreso de peces al sistema.	(Nº de peces ingresados/Nº total de peces programados (5.000))*100	Certificados sanitarios de movimiento, emitidos por Sernapesca, con número de peces de traslado.
Difundir y fortalecer los conocimientos del sector pesquero artesanal y acuícola de La Región de Atacama mediante capacitaciones en técnicas de Acuaponia.	Porcentaje de participación como exponente en seminarios, congresos y talleres, planificados por la Dirección del Proyecto	(Nº de exposiciones mensuales en actividades académicas de ciencia aplicada y tecnología/Nº de exposiciones total en 15 meses del proyecto)*100	Informes entregados por la Dirección del proyecto con planificación de talleres y visitas guiadas al centro de cultivo.

### Indicadores de gestión Proyecto FIC 1405

Por otra parte, la tabla de los indicadores de gestión es la base de los registros de la operación del cultivo acuapónico, utilizados para procesos de identificación y evaluación del crecimiento de las especies en cultivo, detección de peligros, identificado potenciales situaciones de emergencia que pueden poner en riesgo la sobrevivencia de los peces, la salud de personas o el medioambiente. Para responder a estas situaciones, se elaboran los siguientes documentos: Manual de Planes de Contingencia Proyecto FIC 1405; Procedimiento de Alimentación y Mantenimiento de Cultivo de Peces y Vegetales; Procedimiento Muestreo de Truchas y Requerimientos Nutricionales Aloe Vera; Procedimiento Limpieza y Desinfección de Estanques para Cultivo de Truchas en Centro Experimental Acuapónico y Procedimiento Manejo de Mortalidades en Centro de Cultivo Experimental. De esta forma, el proyecto ha generado la implementación de un programa de operaciones y simulacros que permiten poner a prueba periódicamente, cuando es factible, estos documentos.





Tabla - Indicadores de gestión Proyecto FIC 1405.

	Nombre del Indicador	Fórmula de Cálculo	Medio de Verificación
Control de Gestión del proyecto	Porcentaje de Reportes mensuales de Control de Gestión emitidos al GORE antes del día 5 de cada mes, respecto al total de reportes mensuales emitidos.	$(\text{N}^\circ \text{ de Reportes mensuales de Control de Gestión emitidos al GORE antes del día 5 de cada mes} / \text{N}^\circ \text{ de Reportes mensuales (15) de Control de Gestión emitidos}) * 100$	Informes de Control de Gestión Mensual enviados a GORE.
	Porcentaje de reuniones mensuales realizadas, respecto al total de reuniones programadas.	$(\text{N}^\circ \text{ de reuniones mensuales realizadas} / \text{N}^\circ \text{ reuniones (15) programadas por realizar}) * 100$	Acta de las reuniones realizadas
	Porcentaje de Bases de Licitación efectivamente enviadas al Departamento de Planificación e Inversiones de la UDA, respecto al total de Bases de Licitación programadas a enviar.	$(\text{N}^\circ \text{ de Bases de Licitación efectivamente enviadas a planificación de la UDA} / \text{N}^\circ \text{ de bases de licitación programadas a enviar}) * 100$	Documentos enviados al Departamento de Planificación e Inversiones de la UDA.
	Nº de observaciones por visitas a terreno.	$(\text{N}^\circ \text{ de observaciones por visita} / \text{N}^\circ \text{ total de visitas programadas (2 mensuales)})$	Planilla de seguimiento de observaciones.



## 5 BRECHAS SUPERADAS DURANTE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se señalan las dificultades encontradas durante toda la ejecución del proyecto y su fundamento.

### 5.1 Proveedores de insumos, equipos y servicios acuícolas

La actividad productiva denominada acuicultura parte en Chile en los años 80, con la inversión de capitales privados que vieron en los fiordos y canales del sur austral la posibilidad de cultivar especies de salmones y truchas de alto valor comercial. Dada esa condición, los principales prestadores de servicios y distribuidores de equipos se encuentran en Puerto Montt, presentado una dificultad permanente para la adquisición de los equipos e insumos del proyecto FIC 1405. Si a esto sumamos el bajo porcentaje de empresas de servicios acuícolas que ofertan vía la Ley de Compras Públicas, se presenta un escenario de dificultad y extensión de las gestiones y esfuerzos tendientes a traer a la comuna de Chañaral insumos acuícolas.

### 5.2 Proveedores en la provincia de Chañaral

Producto de los aluviones del 25 de marzo 2016, en la comuna de Chañaral, donde se emplaza físicamente el proyecto, no existen proveedores que puedan suministrar insumos básicos asociados a mantenciones periódicas, como fitting hidráulico clase 6 o superior, tuberías y piezas hidráulicas sobre 60 mm, entre otros. Esta condición, genera traslados adicionales a las comunas de Caldera y/o Copiapó para la compra y obtención de insumos, aumentando los cargos al ítem combustible y peajes.

### 5.3 Determinación de máxima capacidad de peces en sistema acuapónico

Si bien es cierto, que el proyecto consideraba inicialmente la incorporación de 5000 ejemplares de la especie trucha arcoíris (*Onchorynchus mykiss*), bajo un sistema acuapónico de cultivo sustentado por 43 metros cúbicos de agua niebla recirculante, con ingreso de peces en un tamaño entre 25 y 35 gramos, se ha determinado, en base a la disponibilidad de agua niebla y a la capacidad de los biofiltros de transformación de los elementos químicos tóxicos del agua (nitrito, amonio, y CO<sub>2</sub>), que la capacidad máxima de



número de peces en cultivo son 1500 ejemplares, los cuales en etapa máxima de crecimiento alcanzarán una biomasa vendible de 2.000 kilogramos.

Para dar sustentación económica al cultivo, dentro de la segunda etapa del proyecto, se considera la incorporación de más aguaniebla al sistema acuapónico (5000 litros diarios), lo cual permitirá el aumento del número de peces desde 1500 a 5000 ejemplares con el consiguiente aumento de biomasa final desde 2.000 kilogramos a 8.000 kilogramos disponible para la etapa comercial. De la misma forma, la segunda etapa del proyecto, permitirá aumentar la superficie de cultivo de Aloe Vera y salicornia pasando de 2000 unidades a 4500 unidades. De la misma forma, en la segunda etapa del proyecto se considera el acondicionamiento de un stock de peces reproductores, que permita la autosustentación de individuos juveniles a incorporar en el desarrollo de nuevos proyectos acuícolas en la región de Atacama, transformándose en la primera piscicultura enfocada en el desarrollo de cultivos acuícolas sustentables del norte de Chile.

## **6 DESAFÍOS FUTUROS DE LA ACUAPONÍA EN REGIÓN DE ATACAMA**

### **6.1 Supervivencia de peces en el cultivo acuapónico.**

Los peces ingresados el año 2015 (1500 peces), mantuvieron su condición normal de cultivo hasta la semana del 04 al 10 de enero de 2016, en donde se registró un evento de mortalidad masiva de los peces. Con la muerte de peces registrada en el mes de enero de 2016, se murieron finalmente los 1500 peces que se habían ingresado al cultivo el año 2015. Las causas de la muerte masiva de peces ocurrida en la semana del 04 al 10 de enero de 2016 no están claras. Al parecer, los factores que pudieron haber provocado este evento son el aumento de la temperatura, las concentraciones altas de nitritos, nitratos o amonios, o la presencia de CO<sub>2</sub>.

Ante este problema ocurrido, para el control de la temperatura y los factores que puedan afectar la supervivencia de los peces, en el mes de febrero de 2016 se trabajó en las siguientes modificaciones al sistema de cultivo de peces:

- Separar el grupo electrógeno de combustión diesel de las unidades de blowers, para evitar la incorporación accidental de CO<sub>2</sub> a los estanques de cultivo.
- 
-



- Reenvió de solicitud de compra de equipos al Departamento de Planificación e Inversiones de la UDA, para poder controlar todos los parámetros de cultivo y poder medir nitrito, nitrato y amonio.
- Suspensión del traslado de los 1000 peces que se encuentran en la piscicultura de Los Andes (PUCV) hasta que se tenga instalado el sistema de control de temperatura (chiller).
- Implementación de un sistema de refrigeración de agua de cultivo y bypass acelerador de los recambios de agua.
- Compra de difusores de aire comprimido de cerámica para mejorar el intercambio de gases.
- Implementación de nuevo estanque acumulador (6 mil litros).
- Diseño de un protocolo de medición de gases, que permita medir los gases todas las mañanas y en las horas de mayor temperatura ambiente.
- Entregar alimento adecuado para el tamaño del pez.
- Red de salida de agua, para lograr tener un mayor recambio de agua en los estanques de peces.
- Incorporar difusores de mejor calidad (aunque el O<sub>2</sub> no fue problema).

Después de la mortalidad de los peces, se trasladaron desde la piscicultura de Los Andes un segundo grupo de peces consistente en 1000 ejemplares. Los resultados que se han alcanzado con estos nuevos peces han sido bastante positivos en cuanto a sobrevivencia y crecimiento. Actualmente se cumple con el programa de monitoreo de parámetros físico-químicos del proyecto, se ha encontrado y se ha logrado el equilibrio químico de absorción de nitrato, nitrito y amoníaco por parte del sistema de biofiltro que componen las plantas en cultivo hidropónico. Es importante señalar, que se ha hecho un cambio de especies en el cultivo hidropónico desde hortalizas a Aloe Vera y salicornia. Esta acción se realizó tomando en cuenta la temperatura ambiente que se manifiesta en el sector de Falda Verde en Chañaral (22 a 28° C), que de acuerdo a los ensayos realizados indicaron que en general no es recomendable el cultivo de lechugas y hortalizas. Por otra parte, las especies Aloe Vera y salicornia han presentado viabilidad de su cultivo bajo un sistema hidropónico. Es por ello, y dado el mayor valor comercial que presentan estas dos últimas especies, que se determinó continuar con su escalamiento productivo que deberá culminar con la prospección comercial de ambos productos en el mercado. Por otra parte, de acuerdo a lo que se puede observar en terreno, se logra el equilibrio energético del cultivo acuapónico debido a la colonización de las raíces de las plantas de Aloe Vera y salicornia, lo que es muy importante para la purificación del agua que alimenta el cultivo de los peces, potenciando su crecimiento.



## 6.2 Rol del CRIDESAT en el desarrollo del Borde Costero de Atacama.

El cultivo acuapónico desarrollado en la comuna de Chañaral bajo la ejecución del proyecto FIC 1405, es catalogado técnicamente como un sistema de producción de Acuicultura de Pequeña Escala (APE). Esta metodología de producción sustentable fue desarrollada por la FAO en la década del 2000 y en nuestro país está generando cambios reglamentarios, como la modificación del reglamento de Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB). El reglamento asociado a la APE permite el cultivo de moluscos y algas en concesiones de acuicultura y AMERB por parte de organizaciones de pescadores artesanales. Actualmente se cultiva principalmente moluscos (mitílidos y ostión) y algas, pero existe interés en aumentar la diversidad, incorporando experimentalmente otros recursos como peces, piures, erizos y diferentes tipos de algas.

Teniendo en cuenta dicho escenario, el CRIDESAT, a través de su área marina, está orientado en apoyar a las organizaciones de pescadores artesanales, mipymes y pymes del sector acuícola, de manera que puedan ampliar las posibilidades productivas de sus Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos y Concesiones de Acuicultura (CC.AA.) complementando la oferta natural de sus recursos. De esta forma, la Universidad de Atacama ha generado una importante discusión regional en materias relacionadas con el desarrollo sustentable del borde costero, la integración con las comunidades con mayores brechas de emprendimientos y la necesidad de buscar la diversificación productiva en una zona del país que se encuentra con alta dependencia del sector productivo minería.

Dentro del área de la innovación, abarcada por el desarrollo del proyecto FIC 1405, se está contribuyendo a la definición de políticas públicas que promuevan el desarrollo acuícola en las costas del país. Considerando la necesidad de contar con tecnología para el cultivo de distintos recursos de valor comercial con proyección en los mercados regionales, nacionales e internacionales como es el caso de las especies cultivadas (Trucha Arcoíris, Aloe Vera, y salicornia). Sin duda, la implementación del primer sistema de cultivo acuapónico en la región de Atacama ha detectado brechas relacionadas con la habilidad organizacional del sector pesquero artesanal y mipymes acuícolas. Sumando, además, algunas trabas reglamentarias o de normativa que no permiten o dificultan explorar alternativas productivas con agua dulce o marina.



## 7 EJECUCIÓN PRESUPUESTARIA PROYECTO FIC 1405

La ejecución presupuestaria del proyecto será presentada mediante un informe financiero, el cual contendrá la ejecución financiera de los recursos del GORE Atacama y la ejecución financiera de los recursos aportados por la empresa Angloamerican. Esto está reflejado en el anexo N°33.

## 8 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados alcanzados se puede indicar que a través de la ejecución del proyecto se ha fomentado una cultura de innovación y emprendimiento en el sector acuícola y agrario de la comuna de Chañaral, con la implementación de un sistema de cultivo acuapónico de truchas Arcoíris y Aloe Vera utilizando agua de atrapanieblas, en el sector de Falda Verde, en Chañaral.

De acuerdo a las experiencias en cultivo acuapónico desarrolladas en Chile por universidades como la Universidad de Atacama, Universidad Arturo Prat, Universidad Católica del Norte, Universidad Andrés Bello, Universidad de Concepción, entre otras, la especie idónea para producir es la trucha Arcoíris (*Onchoryncus Mykiss*). Los atributos de esta especie son la resistencia a factores ambientales, la aceptación comercial, buen precio de mercado y el desarrollo de una cadena de proveedores de insumos y equipos al alero de la oscilante industria salmonera del sur de Chile. Por el momento, la especie en cuestión es la que presenta mejores ventajas comparativas, mientras no se desarrollen cultivos de peces de otras especies. Un desafío a mediano plazo es ubicar y acondicionar especies nativas (y herbívoras) de peces para ser utilizadas en acuaponía. Por otra parte, una de las principales brechas es el abastecimiento de truchas desde la Piscicultura de Río Blanco en Los Andes, que pertenece a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

De acuerdo a las favorables proyecciones que posee este tipo de iniciativa en el norte de Chile, se hace necesario la implementación de un centro de cultivo con reproductores de truchas en la zona norte del país, tanto por factores económicos (altos costos de transporte de alevines a la zona norte), como para crear una barrera sanitaria norte-sur (con división en la V región), para evitar traer enfermedades presentes en la industria



salmonera de gran escala. En esta materia, dentro de los resultados del proyecto FIC 1405, el CRIDESAT dispone de los primeros ejemplares de truchas bajo el proceso de acondicionamiento de reproductores, lo que se proyecta como la unidad comercial que permitirá el aumento de los centros de cultivo en el borde costero de Atacama, dedicados a la producción de peces de alto valor comercial.

La creación de una Barrera Sanitaria está tipificada en el RESA (Reglamento Sanitario para la Acuicultura), y es el SERNAPESCA (Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura) quien tiene la facultad para decretar una zona norte de vigilancia sanitaria, donde impida la circulación de peces vivos desde zonas más contaminadas a menos contaminadas. Esta tramitación deberá comenzar con una carta solicitud, directamente al SERNAPESCA, por los interesados.

Otro punto importante de destacar, es educar al consumidor acerca de los beneficios de los productos acuapónicos (vegetales y peces), siendo relevante sumar los proyectos a una red de difusión de los esfuerzos públicos. Otro modelo de difusión interesante de explorar, es que dentro de los ítems presupuestarios de los fondos concursables públicos y privados que apoyan la competitividad e innovación se aumente el porcentaje total de recursos financieros destinado al área de difusión y marketing. De esta forma, se puede desarrollar estrategias de “branding” que hace referencia al proceso de hacer y construir una marca mediante la administración estratégica del conjunto total de activos vinculados en forma directa o indirecta al nombre y/o símbolo que identifican a la marca influyendo en el valor.

La capacitación, asistencia técnica y seguimiento a las organizaciones que realicen esfuerzos de acuaponía, son temas relevantes para el desarrollo eficiente de las unidades productivas. En estas materias, el CRIDESAT tendrá un rol activo en la segunda parte del proyecto “Falda Verde”. Efectivamente, si el Estado está interesado en implementar este tipo de centros de cultivo, se necesita de personas capacitadas en dirección, gerencia y operación de las unidades acuapónicas de manera que puedan llevar a cabo las tareas productivas.

Dados los resultados mostrados en el proyecto FIC 1405, podemos inferir que el cultivo acuapónico de Trucha Arcoíris y Aloe Vera con agua de atrapanieblas es viable con



métodos de producción sustentables, siendo una alternativa productiva para la acuicultura convencional del país. El desafío es la incorporación de nuevas especies de valor comercial para diversificar la acuaponía. Indudablemente, incrementar la variedad de especies hidrobiológicas que pudieren cultivarse en sistemas terrestres, incluyendo la acuaponía, brinda más oportunidades para diversificar la acuicultura y/o para estimular emprendimientos de acuicultura a nivel PYME. Algunas potenciales especies de cultivo bajo el mismo sistema son el camarón de río (*Cryphiopscaementarius*), la rana chilena (*Caudiverberacaudiverbera*), los peces ornamentales para acuarios, no descartando la introducción de especies exóticas (extranjeras) como lo son el paiche (*Arapaima gigas*) y/o la tilapia (*Oreochromis*). Por su parte, la especie trucha café requiere aguas frías y podría ser una alternativa para cultivos en el norte, quizás para el sur de Chile.

Los cultivos PYME que pudieran nacer en base a la tecnología acuapónica, requieren de un abastecimiento de juveniles lo más cercano al centro de cultivo. Lo ideal es producirlos con el fin de disminuir los costos, considerando que el costo de producir 1 kg de pez debe sumar el valor del alimento, la operación, la logística, los RR.HH. involucrados, la adquisición de alevines (juveniles), inversión, etc. La acuaponía es factible, pero es necesario, para aumentar la competitividad, disminuir el costo de los alimentos, de los alevines y de los insumos en general, así como tener mejoras en la legislación nacional para el desarrollo de la acuicultura en base a PYMES.

A la fecha, las universidades chilenas y otras instituciones que están liderando el desarrollo de tecnología acuapónica, son las siguientes:

1° Universidad de Atacama

([http://www.uda.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2098:llegan-los-primeros-alevines-de-truchas-al-cultivo-acuaponico-de-chanaral&catid=15&Itemid=277](http://www.uda.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=2098:llegan-los-primeros-alevines-de-truchas-al-cultivo-acuaponico-de-chanaral&catid=15&Itemid=277))

2° Universidad Arturo Prat

([http://www.unap.cl/prontus\\_unap/site/artic/20160524/pags/20160524092858.html](http://www.unap.cl/prontus_unap/site/artic/20160524/pags/20160524092858.html))

3° Universidad Católica del Norte

(<http://www.acuiponia.cl/>)

4° Universidad Andrés Bello





(<http://investigacion.unab.cl/centro-de-investigacion-cimarq-unab-inicia-proyecto-de-acuiponia-con-centro-incar/>)

5° Instituto del Medio Ambiente

(<http://idma.cl/curso-diseno-y-construccion-de-sistemas-de-acuiponia/>)

6° Universidad de Chile

([http://www.hortyfresco.cl/not\\_hortyfresco/294-proyecto-fic-acuapon%C3%ADa-en-el-que-participa-el-cepoc.html](http://www.hortyfresco.cl/not_hortyfresco/294-proyecto-fic-acuapon%C3%ADa-en-el-que-participa-el-cepoc.html))

7° Fundación Chile

(<http://www.fch.cl/acuiponia-solar-plantas-y-peces-para-comunidades-aisladas/>)

Actualmente, producto de la importancia naciente del cultivo acuapónico en Chile, la Subsecretaría de Pesca ha encargado el diseño de un fondo concursable en esta materia, el cual será financiado por el FAP (Fondo de Administración Pesquera) y que apunta, en una primera medida, a apoyar a los pescadores artesanales de la IV y VII región. Dado que no está considerada la región de Atacama en este programa de la Subpesca, se hace necesario que el Gobierno Regional siga apoyando el desarrollo de la acuaponía en Atacama.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

Caló, P. Introducción a la Acuaponia. Centro Nacional de Desarrollo Acuícola-CENADAC- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina, 15 pp, 2011.

Cereceda, P. Los atrapanieblas, tecnología alternativa para el desarrollo rural sustentable. Ambiente y Desarrollo, Vol. XVI, N° 4, pp. 51-55, 2000.

García-Ulloa, M.; León, C.; Hernández, F; Chavez, R. Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. Avances en Investigación Agropecuaria, Vol. 9, N° 1, 5 pp., 2005.

Guzmán, G. Hidroponía en casa: una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Agronomía, San José, Costa Rica, 25 pp., 2004.



Mendoza, R.; Palominos, A. Manual de cultivo de Truchas Arcoíris en jaulas flotantes. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, Perú, 123 pp., junio 2004.

Mundo, C. Proyecto Tecnología Hidropónica – Producción de Jitomates y Lechugas. Tesis de Ingeniero Químico, Universidad Nacional autónoma de México, 208 pp., 2013.

Muñoz, M. Sistemas de recirculación acuapónicos. Informador Técnico, Edición 76, pp. 123-129, enero-diciembre 2012.

Rivas, S; Herrera, M. Datos sobre Salicornia L (*Chenopodiaceae*) en España. Anales Jardín Botánico de Madrid, N° 54, pp. 149-154, 1996.

Vega, A.; Ampuero, N.; Díaz, L.; Lemus, R. El Aloe Vera (*Aloe Barbadensis Miller*) como componente de alimentos funcionales. Revista Chilena de Nutrición, Vol. 32, N° 3, 11 pp., diciembre 2005.

## 10 ANEXOS

- Anexos de Informes por Actividad (17 Informes).
- Anexos que complementan los Informes por Actividad (33 Anexos).
- Anexos sobre las listas de Asistencia a capacitaciones, visitas guiadas, talleres, charlas (07 listas de asistencia).
- Anexos sobre Procedimientos: alimentación de truchas; muestreo de truchas; limpieza y desinfección de estanques (03 Procedimientos).