

Fundación para la Innovación Agraria (FIA)

PROYECTOS DE INNOVACIÓN CONVOCATORIA NACIONAL TEMÁTICA 2012

**“Soluciones innovadoras para incrementar la disponibilidad y eficiencia en el uso de agua para riego y procesos del sector agroalimentario y forestal”**

## **PROPUESTA**

**Aumento y disponibilidad de la eficiencia en el uso del agua de riego a través de la adaptación del Sistema Vetiver para potenciar la agricultura sustentable en la región de Arica y Parinacota.**

**Beneficiario: Universidad de Tarapacá – Facultad de Agronomía**

(Fuente: Arial / Tamaño: 10)

**3 de Agosto 2012**

## TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	1
1. RESUMEN DEL PROYECTO .....	2
2. ANTECEDENTES DE LOS POSTULANTES .....	6
3. CONFIGURACION TECNICA DEL PROYECTO .....	10
4. ORGANIZACION .....	37
5. MODELO DE NEGOCIO (RESPONDER SOLO PARA BIENES PRIVADOS) .....	39
6. MODELO DE TRANSFERENCIA (RESPONDER SOLO PARA BIENES PUBLICOS).....	39
7. COSTOS DEL PROYECTO .....	43
8. INDICADORES DE IMPACTO .....	44
9. GARANTIAS .....	45
10. ANEXOS.....	46

## 1. RESUMEN DEL PROYECTO

### 1.1. Nombre del proyecto

**Aumento y disponibilidad de la eficiencia en el uso del agua de riego a través de la adaptación del Sistema Vetiver para potenciar la agricultura sustentable en la región de Arica y Parinacota.**

### 1.2. Subsector y rubro del proyecto de acuerdo a CIU-Clasificador de actividades económicas para Chile y especie principal, si aplica. (ver Anexo 1).

Código CIU	0113
Subsector	General para Sector Agrícola
Rubro	General para Subsector Agrícola
Especie (si aplica)	No aplica

### 1.3. Identificación del ejecutor (completar Anexos 2, 5, 8 y 9).

Nombre	UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ
Giro	Estudios Superiores
Rut	
Representante Legal	LUIS TAPIA ITURRIETA  Rector (S)
Firma Representante Legal	

1.4. Identificación del o los asociados (completar Anexos 3 y 5 para cada asociado).

Asociado 1: Agricultor de Lluta

Asociado 1 : Agricultor de Lluta	
Nombre	María Bernardita Alonso Berrios
Giro	agricultor
Rut	
Representante Legal	No aplica
Firma Representante Legal	

Asociado 2: Agricultor de Lluta

Asociado 1 : Agricultor de Lluta	
Nombre	Victor Cisterna Cahuer
Giro	Agricultor
Rut	
Representante Legal	Victor Cisterna Cahuer
Firma Representante Legal	

1.5. Período de ejecución

Fecha inicio	<b>Diciembre 2012</b>
Fecha término	<b>Marzo 2014</b>
Duración (meses)	<b>15</b>

1.6. Lugar en el que se llevará a cabo el proyecto

Región	Arica y Parinacota
Provincia	Arica y Parinacota
Comuna	Arica y Camarones

1.7. Estructura de costos del proyecto

Aportes	
FIA	
CONTRAPARTE	Pecuniario
	No pecuniario
	Subtotal
<b>TOTAL (FIA + CONTRAPARTE)</b>	

1.8. La propuesta corresponde a un proyecto de innovación en (marcar con una X):

Producto <sup>1</sup>		Proceso <sup>2</sup>	<b>X</b>
-----------------------	--	----------------------	----------

1.9. La propuesta corresponde a un proyecto de (marcar con una X):

Bien público <sup>3</sup>	<b>X</b>	Bien privado <sup>4</sup>	
---------------------------	----------	---------------------------	--

<sup>1</sup> Si la innovación se centra en obtener un bien o servicio con características nuevas o significativamente mejoradas, es una innovación en producto.

<sup>2</sup> Si la innovación se focaliza en mejoras significativas en las etapas de desarrollo del bien o servicio, es una innovación de proceso.

<sup>3</sup> Se entiende por bienes públicos, aquellos bienes o servicios que mejoran o aceleran el desarrollo empresarial, no presentan rivalidad en su consumo, discriminación en su uso y tienen una baja apropiabilidad.

<sup>4</sup> Se entiende por bienes y/o servicios privados, aquellos bienes que presentan rivalidad en su consumo, discriminación en su uso y tienen una alta apropiabilidad. Tienen un precio de mercado y quien no paga su precio, no puede consumirlos.

**1.10. Resumen ejecutivo del proyecto: indicar el problema y/u oportunidad, la solución innovadora propuesta, los objetivos y los resultados esperados del proyecto de innovación.**

La comuna de Arica y Parinacota presenta serios problemas en la calidad y caudal de aguas de riego. La alta salinidad del agua, sumado a la alta carga de contaminantes (metales pesados, boro y arsénico) de algunas localidades disminuyen los rendimientos, acotan el uso de la producción a algunos cultivos tolerantes y obligan al agricultor a usar altas cargas de agua en la fracción de lavado para el riego. En consecuencia la mala calidad del agua conlleva inevitablemente a una disminución de la eficiencia del uso del agua.

Un análisis de la situación actual del recurso hídrico en la Región revela que las napas de agua en el valle de Azapa han disminuido el último año en un 30% encontrándose el espejo de agua a 80 metros<sup>5</sup>. Esta tendencia, de seguir así, podría acabar con la producción agrícola en pocos años. Por otra parte se debe considerar que el uso del suelo agrícola aumenta rápidamente, hoy en día se cultivan 840 hás. de tomate de alto rendimiento, por lo que la producción sobrepasará la disponibilidad del recurso hídrico en pocos años.

Por tanto, se hace necesario introducir un sistema que mejore la calidad del agua de riego y que permita regar con menos cargas de agua. Para esto el proyecto propone implementar una plataforma tecnológica para la descontaminación y remediación de las aguas de riego a través de la fitorremediación con el Sistema Vetiver. Existen pocas alternativas tecnológicas que permiten abordar el tema de la remediación y recuperación de la calidad del agua, además presentan una alta complejidad y alto costo de inversión y operación (por ejemplo el uso de osmósis es económicamente inviable). Sin embargo la opción planteada a través de nuestro proyecto es la más costo/ eficiente, de fácil implementación, científicamente comprobada y de amplio espectro de descontaminación. El proyecto apuesta a que la implementación del Sistema Vetiver adaptado en la recuperación de aguas de riego, permitirá mejorar la calidad del agua de riego, optimizará su uso, y aumentará la productividad a través de un modelo tecnológico innovador en la agricultura y agroindustria que no se ha desarrollado en Chile.

En la última década, el **Sistema Vetiver** (o VGT) ha emergido como el más innovador, de bajo costo y ambientalmente amigable de todos los métodos de fitorremediación existentes. La tecnología VGT ha sido empleada con éxito para este tipo de situaciones, en Australia, China, Sudáfrica, Tailandia y Venezuela. El SISTEMA VETIVER es un concepto que integra principios científicos relacionados a la hidrología, mecánica de suelos y los procesos naturales que se asimilan con el manejo de la tierra y el agua desde una escala ecológica, proporcionando importantes beneficios desde un punto de vista económico, ambiental y social. Este Sistema fue inicialmente desarrollado por el BANCO MUNDIAL, para la recuperación de suelos y aguas en la INDIA a mediados de los años ochenta y hoy está disponible para ser utilizado en cualquier lugar.

---

<sup>5</sup> Información levantada en terreno con agricultores de la zona.

## 2. ANTECEDENTES DE LOS POSTULANTES

2.1. Reseña del ejecutor: se indica **brevemente** la historia del ejecutor, cuál es su actividad y cómo éste se relaciona con el proyecto. Se describen sus fortalezas en cuanto a la capacidad de gestionar y conducir proyectos de innovación.

La Facultad de Cs.Agronómicas de la Universidad de Tarapacá es la unidad académica más antigua de esta casa de estudios, iniciando sus actividades en el año 1963. Su historia se remonta al origen del Laboratorio de Investigación y control de Plagas de la Universidad del Norte, creada con aportes de la Junta Nacional de Adelantos (JNA) que más tarde permitió estructurar el Centro de Investigación y Capacitación Agrícola (CICA), el cual derivó en el Departamento de Agricultura de la misma Universidad. Con la creación de la Universidad de Tarapacá, en el año 1982, nace el Instituto de Agronomía. Creada la carrera de Agronomía, desde 2006 la actual Facultad de Ciencias Agronómicas. Entonces la actual Facultad de Ciencias Agronómicas tiene 48 años de trayectoria en investigación, extensión y transferencia de tecnologías agrícolas en ecosistemas áridos e hiperáridos.

Centrándose desde sus inicios a evaluar variedades de cultivos, y determinar métodos y sistemas más eficientes, considerando el uso racional de los recursos, las necesidades y desafíos actuales, todo ello aglutinado en una visión holística. Actualmente e insertándose en los nuevos paradigmas de la agricultura que se han direccionado, sobretodo en la innovación y sustentabilidad, la Facultad de Cs. Agronómicas busca llevar a cabo iniciativas en el rumbo indicado. En este contexto, el trabajo de investigación y desarrollo de la Universidad y esta Facultad, se ha orientado a actividades priorizadas por la comunidad e instituciones de la macro región norte de Chile. Una de las importantes investigaciones que se han realizado en nuestra Facultad se materializó en una publicación científica denominada ***“El problema de salinidad en los recursos suelo y agua que afectan el riego y cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el norte de Chile”***.

La Universidad de Tarapacá cuenta con laboratorios equipados, además de los recursos humanos altamente calificados, que pone a disposición de los proyectos para realizar estudios y pruebas a esa escala, hacer análisis generales de agua y suelo (físicos, químicos y microbiológicos). Sus fortalezas son Alto nivel de experiencia y especialización resultante de años de trabajo en proyectos de investigación en ciencia básica y aplicada en distintos ámbitos de las ciencias agronómicas; red de relaciones nacionales plasmada en contactos profesionales establecidos con empresas e instituciones del ámbito público y privado regional, nacional e internacional (INNOVA CORFO, INIA, FIA, PROCHILE, UNIVERSIDADES, CYTED, IICA, Foro de Facultades de Agronomía del MERCOSUR, Bolivia y Chile), contactos con especialistas de diversas instituciones de Latinoamérica (Perú, Colombia, Brasil, Argentina), América del Norte (USA) y Europa (España, Francia, Alemania).

2.2. Reseña del o los asociados: indicar **brevemente** la historia de cada uno de los asociados, sus respectivas actividades y cómo estos se relacionan con el ejecutor en el marco del proyecto. Complete un cuadro para cada asociado.

Nombre asociado 1	Agricultor Lluta: Maria Bernardita Alonso Berrios
<p>Maria Bernardita Alonso Berrios es Agricultora/Propietaria del Lote 4, Porción Naciente Santa Adela, Rol: 3200-098, Superficie, 5,97 hás. Cultivos actuales, alfalfa- maíz Lluteño-zapallo de carga. Bernardita y su familia han desarrollado hace más de 11 años una intensa actividad agrícola y ganadera desarrollando proyectos innovativos (espárragos FIA 2001), abatimiento del boro (FIA 2004), tomate naomí con agua sin boro (asociado con Asitec-Corfo 2010) y otras interesantes experiencias (variedades de tomate cherry, proyecto Agrosol Corfo año 2010) además de algunas experiencias exitosas en choclo Lluteño, a partir de las experiencias y resultados demostrados por INIA Regional (300 sacos por hectárea), cultivo de papas andinas socoromeñas de excelente aceptación por los clientes de mi restaurant, motivó mi interés en participar de estas actividades de desarrollo agrícola, considerando en una primera etapa la implementación de un huerto de apoyo a mis actividades culinarias, aprovechando la frescura de hortalizas y frutas que se obtuvieron a partir del proyecto de abatimiento del boro (lechugas, pepinos, zapallos italianos, porotos verdes, jengibre, perejil, cilantro, albahaca, sandias, melones y otros obtenidos en el año 2005). Creo sinceramente que el uso del sistema Vetiver (del cual ya tengo conocimiento a partir de una charla en la exposición Agrícola Lluta 2011) lo que junto al abatimiento del boro ya obtenido nos permitirá obtener aguas para la producción de hortalizas y frutas para mejorar nuestra oferta del restaurant y además nos permitirá desarrollar una mayor variedad de plantas y flores para apoyar mi proyecto " Parque Colibrí " aprobado por Sercotec, para el desarrollo de un parque que permita concentrar la flora Lluteña a fin de aumentar las visitas de aves residentes ( especialmente el colibrí de Arica y otros colibríes locales )</p>	

Nombre asociado 2	Agricultor Azapa: Víctor Cisterna
<p>Víctor Cisterna es un agricultor ubicado en el sector de San Miguel del valle de Azapa cuenta con alrededor de 9 hás., de las cuales dedica al cultivo del olivo. Víctor Cisterna es productor de aceitunas desde hace 30 años. Él se encuentra participando activamente con la Universidad de Tarapacá en plantaciones orgánicas del olivo y obtiene buenos rendimientos, sin embargo en los últimos años ha notado fuertemente el efecto en la salinidad en el rendimiento de sus cultivos y la disminución en los niveles freáticos.</p> <p>Este agricultor se interesa por desarrollar nuevas técnicas sustentables en la agricultura, es representativo del nivel tecnológico medio y tiene gran motivación por usar soluciones innovadoras a los problemas productivos que temporada tras temporada tienen sus cultivos.</p>	

### 2.3. Reseña de los coordinadores del proyecto (completar Anexo 4).

#### 2.3.1. Datos de contacto – coordinador ejecutivo

Nombre	Vitelio Goykovic Cortés
Fono	
e-mail	

#### 2.3.2. Reseña del coordinador ejecutivo, experiencia laboral y competencias que justifican su rol de coordinador del proyecto.

El Coordinador Ejecutivo del proyecto, Dr. Vitelio Goykovic, es Ingeniero Agrónomo y Ph.D en Ciencias Silvoagropecuarias y Veterinarias de la Universidad de Chile. Desde el año 2012 ejerce como Decano de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Tarapacá. Anteriormente ejerció como Jefe de Carrera y Docente (1998-2012) impartiendo las Cátedras de desarrollo rural, fitotecnia y ciencias agronómicas.

Ha su haber cuenta con la participación en proyectos (FNDR, FONDEF y FIC) como Investigador Principal y Jefe de Proyecto. Como investigador cuenta con varias publicaciones en la revista IDESIA

#### 2.3.3. Datos de contacto – coordinador técnico

Nombre	Sandra Ugalde smolcz
Fono	
e-mail	

#### 2.3.4. Reseña del coordinador técnico, experiencia laboral y competencias que justifican su rol de coordinador del proyecto.

La coordinadora técnica del proyecto, Sandra Ugalde, es Ingeniero Agrónomo de la Universidad de Tarapacá, obtuvo su Maestría en Biología Vegetal en la Universidad de Barcelona (2010) con una especialización en bio y fitorremediación de suelos y aguas. Ejerció como asistente de investigación en el departamento de edafología de la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona (2009-2010), investigando el efecto de los metales pesados en los suelos y vegetación del Parque Nacional Cajas, Ecuador. Ha participado en varios simposios y congresos acerca del Sistema Vetiver y a la fecha se encuentra elaborando una propuesta para tratamiento de Riles y efluentes industriales para la industria porcina. Por otra parte, posee experiencia en el área de la investigación, desempeñando una pasantía en el Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Almería (2007) y en el CSIC, Madrid (2007). Desde el año 2010 al 2011 ejerció como Jefe de Carrera de Técnico Agrícola de la Universidad Santo Tomás, dirigiendo a un grupo de 10 docentes.

### 3. CONFIGURACION TECNICA DEL PROYECTO

3.1. Identificar y describir claramente el problema y/u oportunidad que da origen al proyecto de innovación.

El plan Arica y Parinacota es una estrategia de desarrollo que define los cinco motores de la región, entre ellos se encuentran: la minería, el turismo, la agricultura, la pesca y el comercio. Dentro de estas áreas se define seis ejes prioritarios. Existe un nexo de gran potencia entre el proyecto que se plantea y los ejes como: el desarrollo productivo; el riego y agua potable; salud y medio ambiente. Paralelo a los ejes de desarrollo definidos por el gobierno regional, están las líneas priorizadas por la SEREMI de Agricultura, que son Agricultura Limpia y Uso Eficiente del Recurso Hídrico.

Los valles de Lluta, Azapa y Camarones presentan condiciones agroclimáticas que permiten proyectar a la Región como productora y comercializadora de productos hortofrutícolas, tanto por la variedad de cultivos actuales (tomates, porotos verdes, cebollas, orégano, maíz, aceitunas, plátanos, mangos, pomelos y otros frutos tropicales), como por las cosechas contrastacionales respecto de la producción nacional.

La Región posee experiencia en la aplicación de tecnología de punta en la producción de importantes volúmenes de productos agrícolas, lo que sumado a la existencia de infraestructura de abastecimiento y comercial que permite acceder a la macro-región andina, hace de Arica y Parinacota un territorio con excelentes perspectivas, **pero esta proyección no se ha materializado por una serie de razones, siendo una de ellas la mala calidad del agua y su escasez.**

A esto se suma que diversificar la actual oferta exportable de productos frescos y envasados es una oportunidad que ha sido desaprovechada, a pesar de las ventajas climáticas que posee esta zona, las condiciones ambientales (alta concentración de sales, Arsénico y Boro) van en contra de las expectativas planteadas.

Como ya se mencionó en puntos anteriores, la prioridad del gobierno regional es la potenciación de la agricultura, logística y turismo. Dentro del contexto agrícola de la región nos enfrentamos a los graves síntomas de una agricultura intensiva en ambos valles, donde la explotación de monocultivos (tomate, maíz) crea año a año un aumento en el uso de fertilizantes generando un aumento en la salinidad de los suelos y obligando al agricultor a aumentar sus cargas de fracción de lavado en el riego. A esto se suma la presencia de Arsénico y Boro en el agua de algunos de los suelos agrícolas, como es el caso de Lluta y Camarones que limitan su uso a unos pocos cultivos tolerantes con baja productividad. Estas malas prácticas generan un aumento de la infertilidad del suelo y la consecuente desertificación y mal aprovechamiento y contaminación del recurso agua. Actualmente parte importante de la agenda del Gobierno Regional es encontrar procedimientos para el mejor aprovechamiento del recurso hídrico. En este sentido esta propuesta viene a aportar una solución de fácil implementación al incorporar métodos que no requieren de infraestructura pública

### 3.2. Justificar la relevancia del problema y/u oportunidad identificado.

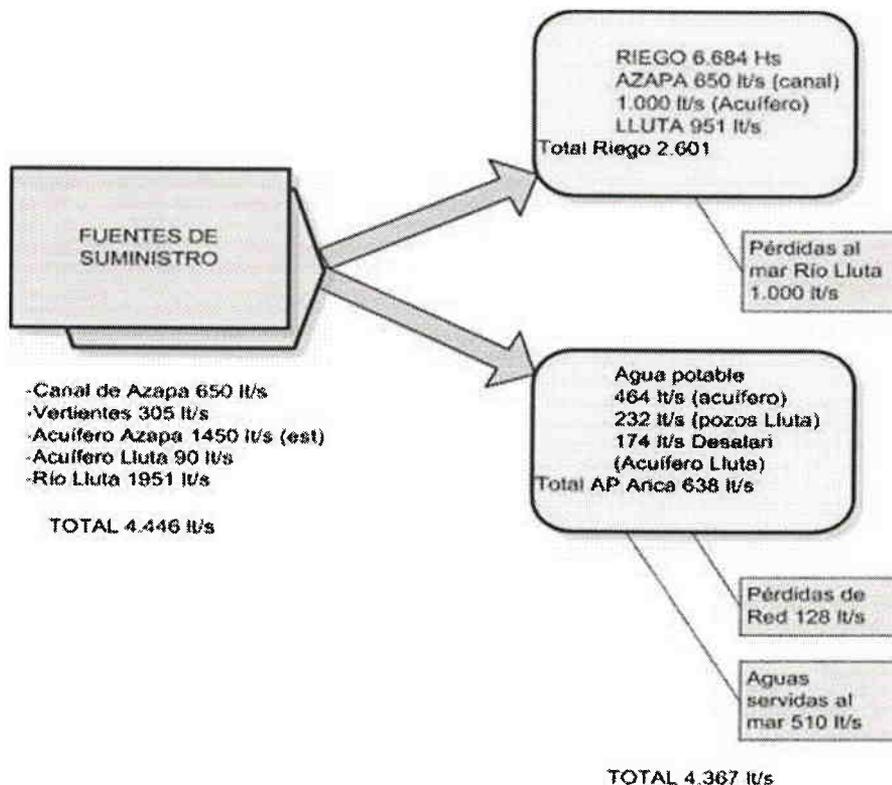
Según el último censo agropecuario, en el valle de Azapa existen 2877 hectáreas cultivables, de las cuales 1224 hectáreas corresponden a olivos; 840 hectáreas a tomate, 290 hectáreas a poroto verde. Además se cultivan, pero en menos escala morrón, ají y zapallo italiano entre otros (INE, 2007).

El valle de Lluta por otra parte, presenta una situación totalmente diferente en cuanto a la composición de especies agrícolas. En él se cultivan alrededor de 2.600 hectáreas, de las cuales 1.100 hectáreas son dedicadas a la producción de maíz lluteño; 830 de alfalfa, 400 hectáreas de cebolla y 270 hectáreas entre otros cultivos como ajo, betarraga, tomates y haba. Las razones de esta distribución radican fundamentalmente en que las especies mencionadas son cultivares altamente tolerantes a la salinidad y Boro, características químicas que imperan en los suelos y el agua de riego del valle. La producción de cebollas, es una de la actividad más interesante para el valle, con rendimientos productivos óptimos, pero con bajos ingresos. Las variedades de maíz están por muchos años adaptada a estas condiciones de salinidad, resultando un cultivo de baja a mediana rentabilidad para la zona (FDI-CORFO, 2000). Mientras en la comuna de Camarones se cultivan solamente 61 hectáreas (11% de su superficie), limitadas principalmente al cultivo de alfalfa por ser una variedad adaptada a las altas concentraciones de Boro y Arsénico.

En 1996 el valle de Azapa tenía 3.213 hectáreas, de estas hoy en día se cultivan unas 2.877, regadas con una demanda cercana a los 800 lt/seg y el Valle de Lluta tenía 2.600 hectáreas con una demanda de 951 lt/seg.<sup>6</sup> El Valle de Lluta es regado por el único río que llega al mar donde se pierde un caudal de unos 1.000 lt/seg que servirían para regar unas **2.200 hectáreas** adicionales si el agua se aprovechara íntegramente como ocurre con el Canal de Azapa ¿por que no se aprovecha esta agua? No se aprovecha por su **mala calidad**, alta en Boro y cloruros que solo sirve para una limitada variedad de cultivos. Este hecho termina por desalentar la construcción de un embalse.

---

<sup>6</sup> Extraído de censo agropecuario y plan de desarrollo estratégico para el desarrollo hídrico de la región de Arica y parinacota-DGA.



El Río San José encauzado en el Canal de Azapa tiene un caudal de 796 lt/seg, más pequeñas vertientes con un promedio de 305 lt/seg y el acuífero subterráneo con unos 180 pozos que en 1993 extrajeron aproximadamente 302 millones de metros cúbicos. Si consideramos que la demanda en 1996 fue de 800 Lt/seg y que desde entonces la superficie cultivada de tomate ha aumentado en un 30% aproximadamente y el caudal para Azapa es de unos 1100 Lt/seg, estamos ante una escasez hídrica importante. El reuso de aguas en la ciudad es mínimo, excepto en el caso de la central hidroeléctrica de paso de Chapiquiña que entrega las aguas al canal de Azapa. Las aguas servidas son arrojadas al mar con un caudal de 510 lt/seg que permitirían regar unas 1000 há.

La mala calidad del agua de los Valles de Lluta y Camarones supone hoy en día el subdesarrollo de al menos 3000 há de suelo agrícola. Una mejora en la calidad del agua a través de un sistema de fitoremediación permitiría el desarrollo de una mayor variedad de cultivos, con altos rendimientos y mayor rentabilidad.

Por otra parte la remediación y posterior reuso de las aguas servidas a bajo costo permitiría el riego de más de 1.000 há. Estas aguas pueden perfectamente suplir la demanda hídrica, por ejemplo, de la Pampa Concordia, además de permitir un desarrollo sustentable para el Valle de Azapa.

La recuperación del agua de riego hoy en día en la región de Arica y Parinacota es una prioridad. La tendencia al aumento de las áreas cultivadas en los últimos años está generando serios problemas de escasez que de seguir así no permitirán el desarrollo de una agricultura sustentable y de la Región.

### **3.3 Describir la solución innovadora que se pretende desarrollar en el proyecto para abordar el problema y/u oportunidad identificado.**

Existen muchas alternativas tecnológicas que permiten abordar el tema de la remediación y recuperación de aguas en Arica y Parinacota, sin embargo la opción planteada a través de nuestro proyecto es la más costo/ eficiente. El proyecto apuesta a que la implementación del Sistema Vetiver adaptado en la recuperación de aguas de riego y suelos de producción agrícola, permitirá mejorar la productividad, aumentar la superficie agrícola de forma sustentable en el tiempo permitiendo el desarrollo de **cultivos rentables, hacer uso eficiente del recurso hídrico y conservar el recurso hídrico.**

Hasta ahora las iniciativas de recuperación han sido escasas, concentrándose particularmente en tecnologías convencionales, de alto costo y no sustentables, lo que limita su uso en zonas de amplia contaminación.

Dentro de las tecnologías emergentes sustentables, con probada eficacia y adecuada relación costo beneficio se encuentra la fitorremediación en sus diversas modalidades. Esta novedosa tecnología tiene muchas ventajas con respecto a los métodos convencionales de tratamientos de lugares contaminados; en primer lugar es una tecnología económica, en segundo lugar posee un impacto regenerativo del suelo en lugares en donde se aplica y en tercer lugar su capacidad extractiva se mantiene debido al crecimiento vegetal (Harvey et al., 2002).

La remediación de las tecnologías convencionales: técnicas de confinamiento, *in situ* y *ex situ*, se utilizan para limpiar la gran mayoría de los sitios contaminados por metales e hidrocarburos. La razón es porque son rápidos y relativamente insensibles a la heterogeneidad de la matriz contaminada, pueden actuar sobre una amplia gama de oxígeno, pH, presión, temperatura, y potencial osmótico (Cunningham et al., 1997). Sin embargo, **también tienden a ser poco eficientes, costosas y perjudiciales para el medio ambiente (Cunningham y Ay, 1996) y estar sujetas a la textura y permeabilidad del suelo.**

De las desventajas de los métodos de reparación convencional, **el costo** es la fuerza principal de la conducción detrás de la búsqueda de tecnologías alternativas de remediación, como la fitorremediación. Los métodos clásicos de remediación para sustancias solubles (caso más barato) cuestan en el entorno de 100.000 a 1.000.000 de Euros por hectárea. Por el contrario, la fitorremediación tiene un costo entre 200 y 10.000 Euros por hectárea.

La aplicación de medidas de fitorremediación ha sido ampliamente probada en países industrializados. Específicamente en las últimas décadas la especie *Vetiveria zizanioides* ha probado ser la más efectiva para la descontaminación y recuperación de aguas, suelos y su biodiversidad, debido a sus características que en su totalidad son únicas para una especie en particular: especie no invasora, adaptable a condiciones edafoclimáticas extremas y de alta capacidad fitorremediadora abarcando todo tipo de metales pesados, crecimiento rápido, masa radical muy profunda, no presenta plagas ni enfermedades y no requiere de mayores manejos agronómicos después de establecida.

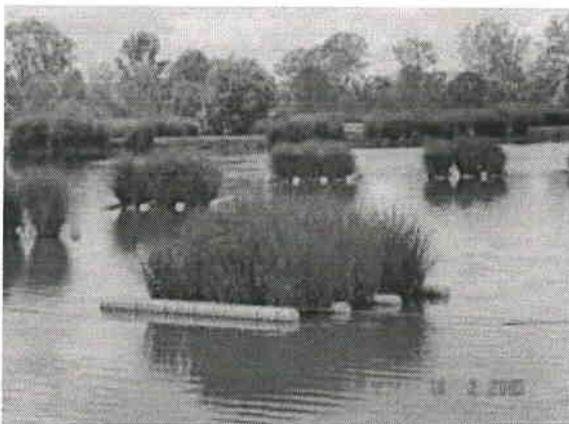
La fitorremediación consiste en la utilización de especies vegetales capaces de absorber, acumular, transformar y/o excluir en la rizósfera metales pesados, hidrocarburos, sales, entre otros. El SISTEMA VETIVER es un concepto que integra principios científicos relacionados a la hidrología, mecánica de suelos y los procesos naturales que se asimilan con el manejo de la

tierra y el agua desde una escala ecológica, proporcionando importantes beneficios desde un punto de vista económico, ambiental y social. Este Sistema fue inicialmente desarrollado por el BANCO MUNDIAL, para la recuperación de suelos y aguas en la INDIA a mediados de los años ochenta.

En la última década, el Sistema Vetiver (o VGT) ha emergido como el más innovador. De bajo costo y ambientalmente amigable de los métodos de fitorremediación de residuos de la actividad minera. La tecnología VGT ha sido empleada con éxito para rehabilitar este tipo de residuos en Australia, China, Sudáfrica, Tailandia y Venezuela.

En el ámbito de la fitorremediación, el Vetiver se ha identificado como la planta con mayores capacidades fitoremediadoras de suelos y agua hasta ahora estudiada. Sus raíces de 5 m y su rápido crecimiento, además de su adaptabilidad a todo tipo de climas y suelos la convierte en la estrella de la fitorremediación. Su rango fitorremediador abarca todos los metales pesados y metaloides y Boro. En el caso del arsénico, por ejemplo, el umbral de toxicidad de las demás plantas estudiadas (400 Plantas) está entre 1 a 10  $\text{mgKg}^{-1}$ , mientras que el Vetiver acumula niveles de hasta 72  $\text{mgKg}^{-1}$ , para el Pb acumula 3,000  $\text{mg kg}^{-1}$ . La absorción de herbicidas y pesticidas, tales como parathion, endosulfan, clorpyrifos, también es una resultante exitosa, al igual que los hidrocarburos y los lixiviados de rellenos sanitarios y fosas sépticas, y últimamente la aplicación en la descontaminación por radionucleosis.

Como antecedente que valida esta opción frente a otras, de las aproximadamente 400 plantas identificadas y estudiadas en el mundo como fitorremediadoras todas presentan la desventaja de hiperacumular principalmente en la parte aérea, además de presentar baja biomasa, crecimiento lento y baja densidad radical, por lo que son lentas en el proceso de acumulación y sólo abarcan el área superficial del suelo. Tampoco son adaptables a todo tipo de suelos y/o climas. Contrariamente, esta especie es adecuada para la fitorremediación de cualquier espacio, ya que su capacidad acumuladora se concentra en la raíz dejando la parte aérea sin toxicidad, lo que la convierte en la planta más adecuada para el propósito de esta iniciativa.



La imagen muestra una aplicación del sistema Vetiver en el tratamiento de aguas residuales en China ([www.vetiver.org](http://www.vetiver.org))

**3.3. Estado del arte: Indicar qué existe en Chile y en el extranjero relacionado con la solución innovadora propuesta, indicando las fuentes de información más relevantes.**

En Chile

Para Chile no se han encontrado experiencias referentes al mejoramiento de la calidad del agua a través de la fitorremediación. Si existe una experiencia realizada con el Sistema Vetiver para descontaminación de suelos afectados por acumulación de purines de cerdos en la VI Región. En esta experiencia se comprobó que Vetiver fue capaz de absorber 1.200mg/K de N al año provenientes de efluentes de cerdos (Molina, 2010). (Datos presentados en el Congreso Internacional de Vetiver, Universidad de las Américas, Santiago-Chile, 2010).

En el extranjero

Un ejemplo exitoso de depuración de agua contaminada con arsénico a través de Sistema Vetiver, es el obtenido por John, et al. (2008) que llevó a cabo un procedimiento para depurar el agua contaminada por arsénico en un estanque en Nakhon Si Thammarat, en el sur de Tailandia. Plantar el estanque consistió en "tierra roja" - cáscara de arroz y grava - plantadas con vetiver y *Colocasia esculenta*, luego se inundaba dos veces al día, hasta aprox. 20 cm de altura. El resultado indicó que en un estanque con un volumen de 9 m<sup>3</sup> y un caudal de 1,5 m<sup>3</sup> de agua al día, se puede reducir el contenido de arsénico de 800 a menos de 10 µg/L a la salida por día, lo que está de acuerdo con el valor de la OMS. Este tiene una seguridad de funcionamiento de un año por lo menos. La operación y mantenimiento de los filtros de suelo cultivado son bastante simples y cumplen todas las expectativas de un proceso de depuración simple. No se necesitan productos químicos que se añaden al agua. La demanda de energía es baja, especialmente mediante el uso de un gradiente natural para el arreglo y la construcción de los estanques. El proceso de depuración reúne todos los requisitos para un sistema de tratamiento de arsénico en el agua efectivo, económico y sostenible.

Datos recientes en absorción de Boro: En tratamiento de efluentes urbanos en Australia se encontró una tasa de absorción de 37 ppm en análisis hechos después de 6 meses de tratamiento ([www.vetiver.org](http://www.vetiver.org)).

En 1996, el Sistema Vetiver se aplicó por primera vez en Australia para el tratamiento de efluentes de aguas residuales. El efluente con altas cargas de Nitratos (10 mg/L) y Fosfatos (10mg/L) fue purificado después de 4 días. El sistema Vetiver redujo el N a 6mg/L y de P a 1mg/L (Truong and Hart, 2001).

Remoción de lixiviadas de relleno sanitario, (Xia et al. 2000) (remoción de carbonatos y cloruros)

Pollutants		High concentration leachate	Low concentration leachate
COD	Reduction %	69.0	61.9
	Removal (mg/pot)		
Carbonate + Bicarbonate	Reduction %	80.6	59.0
	Removal (mg/pot)		
Total N	Reduction %	79.4	71.10
	Removal (mg/pot)	232.1	255.4
Total P	Reduction %	70.0	65.0
	Removal (mg/pot)	7.63	4.66
Chloride	Reduction %	21.5	7.9
	Removal (mg/pot)	321.9	207.8

Remoción de contaminantes de aguas contaminadas en China (Zheng et al. 1997)

Pollutants		River 1 *	River 2 **	Tap water
Total N	Concentration (mg/L)	13.8	10.5	0.1
	Removal %	71.0	58.1	
Total P	Concentration (mg/L)	0.94	1.03	ND
	Removal %	99.3	93.7	
*After 3 weeks				
** After 2 weeks				
ND Not detectable				

Reducción de contaminantes de efluentes domésticos bajo un tratamiento hidropónico (Disminución de C.E)

### **Reduction of Pollutants from Domestic Effluent under Hydroponics Treatment**

	Total N (mg/L)	Total P (mg/L)	COD	E. coli (org/100 mL)	EC (dS/m)
<b>Initial</b>	66.0	12.4	252	>1600	963
<b>Day 14</b>	20.3	6.5	93	50	634
<b>Reduction %</b>	76	59	63	97	34
<b>Reduction per bin</b>	8 002 (mg)	1 165 (mg)	-	-	-

Descontaminación de Metales Pesados de Agua Industrial:

Roogtanakiat et al. (2007) investigaron la capacidad del vetiver para la absorción de metales pesados de aguas residuales industriales. Tres ecotipos de vetiver, se cultivaron en 4 tipos de aguas residuales industriales: fábrica de leche, planta de fabricación de baterías, planta de luz eléctrica, fabrica de tinta. Se encontró que el vetiver puede crecer bien en estas aguas residuales. Tres de los ecotipos de vetiver absorbieron Fe>Mn> Zn> Cu>Pb, concentrando más Pb en las raíces que en los brotes. La absorción total de Fe y Zn fueron mayores en el vetiver que creció en W1, mientras que la mayor absorción de Pb total se presentó con la mayor concentración de Pb. El vetiver que creció en el agua de la industria lechera presentó la eficiencia de remoción más alta de Mn, Fe, Zn y Pb (33.72, 27.63, 52.73 y 8.94%), respectivamente. El ecotipo 'Sri Lanka' tuvo el mejor crecimiento y la más alta eficiencia de remoción de metales pesados.

**3.5 Indicar si existe alguna restricción legal (ambiental, sanitaria u otra) que pueda afectar el desarrollo y/o la implementación de la innovación y una propuesta de cómo abordarla.**

La propuesta planteada consiste en la aplicación de un sistema de fitorremediación a través de la especie vegetal *Vetiveria zizanoide* que cuenta con Registro del **SAG código U/FO/07-1339**.

Según los requerimientos establecidos por el MMA y MINSAL la aplicación del Sistema Vetiver no incumple ninguna normativa o ley ambiental ya que el proceso de fitorremediación no genera ningún tipo de residuos. Por otra parte, la fitorremediación se realizará en las aguas que hoy se usan para riego. En el caso del pilotaje con aguas servidas, estas se mantendrán en estanques y sólo serán muestreadas, en ningún caso serán reutilizadas y serán mantenidas en el recinto del MOP.

3.6 Propiedad intelectual: Indicar si existen derechos de propiedad intelectual (patentes, modelo de utilidad, diseño industrial, marca registrada, Denominación de Origen e Indicación geográfica, derecho de autor, secreto industrial y registro de variedades) **relacionados directamente** con el presente proyecto, que se hayan obtenido en Chile o en el extranjero (marque con una X).

SI		NO	X
----	--	----	---

3.6.1 Si la respuesta anterior es **SI**, indique cuáles.

<b>NO APLICA</b>
------------------

3.6.2 Declaración de interés: indicar si existe interés por resguardar la propiedad intelectual de la innovación que se desarrolle en el marco del proyecto (marcar con una X).

SI		NO	X
----	--	----	---

3.6.3 En caso de existir interés especificar quién la protegerá. En caso de compartir el derecho de propiedad intelectual especificar los porcentajes de propiedad previstos.

Nombre institución	% de participación
<b>NO APLICA</b>	

3.6.4 Indicar si el ejecutor y/o los asociados cuentan con una política y reglamento de propiedad intelectual (marcar con una X).

SI		NO	x
----	--	----	---

### 3.7 Mercado (**responder solo para bienes privados**)

3.7.2 Demanda: describir y dimensionar la demanda actual y/o potencial de los bienes y/o servicios generados en el proyecto o derivados del proceso de innovación de éste.

NO APLICA

3.7.3 Oferta: Describir y dimensionar la oferta actual y/o potencial de los bienes y/o servicios que **compiten** con los generados en el proyecto o con los derivados del proceso de innovación del proyecto.

NO APLICA

### 3.8 Beneficiarios (**responder solo para bienes públicos**)

#### 3.8.1 Identificar los beneficiarios del bien público a desarrollar en el proyecto.

##### *Característica de los usuarios potenciales del Sistema Vetiver Adaptado*

Los usuarios potenciales del Bien Público a desarrollar, son todos los agricultores de los sectores de Azapa, Lluta y Camarones.

La estrategia será transferir la herramienta en la forma y modo que responda directamente a las necesidades de sector agropecuario de Arica y Camarones. Es decir el diseño o adaptación del producto responderá directamente a lo que requiera un agricultor específico. De forma preliminar, se detectan las siguientes necesidades de los agricultores de Camarones y Arica son beneficiarios directos:

- Necesidad del agricultor por realizar su propia construcción y operación de la herramienta
- Necesidad del agricultor por saber en detalle las implicancias de la implementación para tomar la decisión
- Necesidad del agricultor de apoyo técnico en el exceso y compra de insumos (planta y/o equipamiento)
- Necesidad de apoyo técnico directo durante la ejecución completa de implementación de la herramienta.

Los empresarios agrícolas de Camarones y Arica presentan distintas realidades que determinarán la decisión del producto tecnológico pertinente para su proceso productivo. Si bien ambas comunas son cercanas, presentan características distintas, tal como se indica a continuación:

##### **Características de los Beneficiarios directos**

<b>Beneficiario Directo</b>	<b>Características y supuestos relevantes</b>
Empresarios agrícolas de la Comuna de Camarones	Beneficiarios directo del proyecto: Empresarios directos que requieren de apoyo mayor para la implementación.

	Presentan escasez de recursos y nivel de conocimiento, por tanto, requieren de una asesoría durante la ejecución y operación, además de apoyarlos en el acceso de financiamiento para llevar a cabo la herramienta
Empresarios agrícolas de la Comuna de Arica (Lluta, Azapa)	Beneficiarios directo del proyecto:  Empresarios con distintos niveles de recursos, acceso de información e infraestructura.

Por la característica de replicabilidad de los productos tecnológicos se detecta que es posible responder a las necesidades de otros sectores industriales que deben abatir metales pesados y/o plaguicidas en agua o suelo. Dichos potenciales clientes se indican a continuación:

#### **Características de los potenciales clientes de los productos tecnológicos**

Beneficiario Directo	Características y supuestos relevantes
Empresarios agrícolas de otras regiones del país	Empresarios agrícolas con distintos niveles de recursos, acceso de información e infraestructura. Se encuentran en distintas regiones, presentan problemas de contaminación por Boro, arsénico, sales, metales pesados y/o de plaguicidas o manejo de Riles.
Empresarios de distintos rubros industriales	Empresarios con distintos niveles de recursos, acceso de información e infraestructura. Se encuentran en distintas regiones, presentan problemas de contaminación por Boro, arsénico, sales, metales pesados y/o de plaguicidas o manejo de Riles.
Asesores y Consultores	Empresarios con una orientación más de apoyo y asesoría a las empresas
Asociaciones gremiales	Empresarios con una orientación más de apoyo y asesoría a las empresas

Para el sector agropecuario de Arica y Camarones, se realizarán diversas variaciones a la transferencia de la herramienta en función a las necesidades específicas del sector. Se promocionará y se podrá atender a sectores agropecuarios de otras zonas del país que pudiesen tener similares problemáticas tanto con sales como con metales pesados, metaloides, Boro y/u otros contaminantes. Se promocionará y se podrá atender a otros sectores industriales que pudiesen verse beneficiados con el Sistema Vetiver.

El grado de disposición a pagar no se conoce por el momento, es posible que sea el valor del entrenamiento, de la aplicación de la metodología o de los insumos que se requieren para implementar. A través de los seminarios realizados en la UTA, serán consultados si "estarían dispuesta a pagar alrededor de US\$ 500 por acceder a una metodología que le permitiría

ahorrar y optimizar en su recurso hídrico, mejorar su productividad y darle un valor agregado a su producto.

### **3.8.2 Explicar cuál es el valor que genera para los beneficiarios identificados, el bien público a desarrollar en el proyecto.**

El número de hectáreas en Arica y Camarones utilizadas para la explotación agrícola son 15.000 há, repartiéndose aproximadamente el 50% entre ambas comunas.

**Camarones** utiliza el 11% de su suelo para cultivos, donde su principal cultivo es la alfalfa con un 480 há., utilizado como alimento para el ganado ovino y caprino.

La alfalfa no es un cultivo de alta rentabilidad por lo que no representa una fuente de ingresos significativa. Pero este cultivo es el único que se ha adaptado a los suelos y aguas salinas y con presencia de metales pesados característico de la Comuna. Esta contaminación es provocada por el agua de riego utilizada proveniente de La laguna Roja, principal afluente del río Camarones. Se tienen registros que de forma natural contiene más de 1ppm de arsénico superando los límites permitidos por la norma *NCh 1.333.0f78 Requisitos de calidad del agua para diferentes usos (0.1 ppm agua para riego y 0.05 ppm agua de consumo humano)*. Este cultivo solo se utiliza para alimento del ganado ovino y caprino para la producción de quesos. Los quesos son la única fuente de ingresos del agricultor local y los vectores de traspaso de arsénico y plomo a la cadena alimenticia.

Los suelos contaminados con metales pesados no permiten el crecimiento de especies hortícolas por fitotoxicidad, por tanto se anula la posibilidad a los agricultores de cambiar cultivos con mejores retornos económicos o cambiar el uso de suelos aprovechando la abundancia de agua, suelo y las favorables condiciones de clima para productos de consumo humano.

En el caso de existir alguna especie hortícola resistente a este escenario, dichos cultivos no cumplirían con el *Reglamento Sanitario de los Alimentos en función a los límites de metales pesados en producción agrícola* (Arsénico 1mg/kg de producto final, Cu 10 mg/kg de producto final, entre otros) y por tanto se presentarían severas restricciones para su comercialización, debido a los problemas de salud potenciales.

Por ello, los aproximadamente 80 agricultores no pueden cambiar su producción a cultivos más rentables, sino todo lo contrario, debido a la acumulación de contaminantes los suelos son cada vez menos aptos para su cultivo y menos ricos para generar actividad agropecuaria.

Reconociendo que esto se produce por el tipo de agua de riego utilizada solo es posible modificar o alterar esa situación, si se pone a disposición del sector una herramienta que permita abatir contaminantes en niveles como los encontrados en Camarones, de simple manejo y de bajo costo. El uso de esta herramienta permitirá cambiar las condiciones actuales hacia el favorecimiento de una diversidad de cultivos con mejores las condiciones económicas y así las expectativas de crecimiento del sector y de la Región.

En **Arica** (específicamente en el Valle de Azapa y Valle de Lluta), el 77% de los suelos de explotación agrícola son utilizados como suelo de cultivo, 2800 há (40%) son para producción de hortalizas, destacándose el choclo, tomate y cebolla.

Si consideramos que la demanda hídrica en 1996 fue de 800 Lt/seg y que desde entonces la superficie cultivada de tomate ha aumentado en un 30% aproximadamente y el caudal para Azapa es de unos 1100 Lt/seg, estamos ante una escasez hídrica importante. El reuso de aguas en la ciudad es mínimo, excepto en el caso de la central hidroeléctrica de paso de Chapiquiña que entrega las aguas al canal de Azapa. Las aguas servidas son arrojadas al mar con un caudal de 510 Lt/seg que permitirían regar unas 1.000 há. La remediación y posterior reuso de las aguas servidas a bajo costo permitiría el riego de más de 1.000 há. Estas aguas pueden perfectamente suplir la demanda hídrica, por ejemplo, de la Pampa Concordia, además de permitir un desarrollo sustentable para el Valle de Azapa.

A esto hay que añadir el **mejor uso del recurso hídrico** que el sistema de fitoremediación permitiría, ya que la disminución de sales bajaría las tasas de lavado en las cotas de riego, permitiendo un ahorro sustancial de los caudales. Así es que, para una C.E 3 en el agua (C.E promedio de Lluta y Azapa) en un riego por surco para maíz tendríamos un RL real de de 0,3mm, mientras que para una C.E 1 (C.E alcanzada con la fitorremediación) el RL real sería 0,1mm.

Desde otra perspectiva podemos señalar que la producción de esta zona se dirige a 3 grandes centros: consumo dentro de la región, la Vega Central de Santiago y cadenas de supermercados a lo largo del país.

De forma permanente los productores se esfuerzan por lograr acuerdos comerciales con las grandes cadenas de supermercados, debido al tamaño de mercado que ello implica y a las mejores condiciones de estabilidad y formalidad en el pago del producto.

Hoy, el 5% del total de la producción de Arica se transa en las cadenas de supermercados.

En el año 2010, hubo un cambio de escenario, luego de promulgarse la Resolución 33 que *Fija Tolerancias Máximas de Residuos de Plaguicidas en Alimentos*, que obliga al control de usos de plaguicidas.

Dicha promulgación puso en evidencia que el uso y manejo de plaguicidas en la producción de cultivos de esta zona no ha sido con la rigurosidad técnica que implica, traduciéndose en un exceso de utilización de plaguicidas permitidos o no; y la existencia de grandes extensiones de suelos con presencia de plaguicidas. Con esto último, las producciones venideras tendrán presencia de trazas de plaguicidas y exceso de nitrógeno, que actualmente se encuentran en el agua y el suelo.

En el corto plazo, el no cumplimiento de esta normativa, produce un barrera para el ingreso de los productos a los supermercados (tanto a los productores que hoy mantienen un contrato como los que tienen interés de usar este canal de comercialización) y posteriormente un riesgo en los otros mercados cuando éstos hagan exigible esta normativa.

Para asegurar participación de mercados y/o entrar a nuevos mercados con mejores condiciones de venta es condición el cumplimiento de esta regulación. Este cumplimiento requiere la ejecución de 2 acciones paralelas: el cambio inmediato en el tipo y dosis de plaguicidas siguiendo lo estipulado por la Resolución 33, y un tratamiento para eliminar la presencia de contaminantes presentes en el agua.

Por otra parte, La mala calidad del agua de los Valles de Lluta y Camarones supone hoy en día el subdesarrollo de al menos 3000 há de suelo agrícola. Una mejora en la calidad del agua

a través de un sistema de fitoremediación permitiría el desarrollo de una mayor variedad de cultivos, con altos rendimientos y mayor rentabilidad.

En Arica y Camarones se pone a disposición el Sistema Vetiver para la fitorremediación de suelo y agua con presencia de Arsénico, Boro, sales, metales pesados y/o plaguicidas. Las principales características son:

- Se utiliza una planta adaptada a las condiciones de la zona
- Permite una alta absorción de contaminantes logrando tiempos de tratamiento de una semana en agua y de 1 a 3 años en suelo
- La aplicación del Sistema va acompañada de una transferencia que permite una implementación rápida y pertinente para las distintas necesidades de los agricultores.

Este sistema se utiliza en Arica y Camarones para el tratamiento de agua de riego por presencia de sales, Boro, Arsénico, metales pesados y/o pesticidas.

La alternativa que proporciona el SV para la descontaminación y recuperación del agua y suelo de la comuna de **Camarones**, implica, de acuerdo a la literatura, una disminución a priori del 85% del arsénico del agua.

A la Comuna de Camarones, particularmente a los agricultores y agropecuarios, les permite incorporar nuevos cultivos, utilizando agua y tierra sin elementos contaminantes. Solo considerando el cultivo de alfalfa, único cultivo posible por la presencia de Arsénico, Boro, sales y metales pesados, en este nuevo escenario existe un potencial por sustitución de 480 hectáreas.

Por otra parte la producción y venta de quesos, hasta ahora limitada, podría llegar al mercado local y nacional transformándose en otra fuente de ingresos. Existe pues la posibilidad de desarrollar una pequeña agroindustria

Esta oportunidad, genera mecanismos para mejorar su condición económica por la vía de mejores ingresos y por la posibilidad de la diversificación de cultivos en función a oportunidades de mercado. Algunas consideraciones que se presentan, son un:

- Aumento ingreso por sustitución de tipo de cultivo.
- Aumento en el costo del agua por concepto de tratamiento de metales pesados de \$300.000 de inversión por una única vez (utilidad del sistema 100 años<sup>1</sup>).
- El costo del agua asciende. Esto permite disponer de agua de riego cumpliendo la Ley 1333 asociada
- Aumento en el costo de tratamiento de suelo de \$10.000.000 de inversión por una única vez (utilidad del sistema 100 años<sup>1</sup>).

En **Arica** (considerando Valle de Azapa y Valle de Lluta), los resultados por aplicar el Sistema Vetiver implica resolver la problemática de sector por no cumplimiento de la Resolución 33 que *Fija Tolerancias Máximas de Residuos de Plaguicidas en Alimentos*. El dar respuesta a esta necesidad, se asegura que los productos cumplen con uno de los requisitos del mercado más interesante del sector, como son los supermercados. Los productores que ya son proveedores

de estas cadenas seguirán formando parte de su staff, los agricultores en busca de mercado, podrán ofrecer los productos y mejorar sus condiciones económicas.

Algunas consideraciones que se presentan son:

- Aumento de un 30% ingreso por ingresar a mercados nacionales más exigentes.
- Aumento en el costo del agua, por concepto de tratamiento de contaminantes de \$300.000 de inversión por una única vez (utilidad del sistema 100 años<sup>1</sup>).
- El costo del agua asciende. Esto permite disponer de agua de riego cumpliendo la Ley 1333 asociada.
- Aumento en el costo de tratamiento de suelo de \$10.000.000 de inversión por una única vez (utilidad del sistema 100 años<sup>1</sup>).

### **Externalidades y efectos sobre beneficiarios indirectos**

La aplicación del producto propuesto implica:

- Mejorar la calidad de agua de riego en Camarones y Arica, lo que permite el potencial que se generan nuevas industrias y así un crecimiento de la Región.
- Contribuir a la recuperación de la fertilidad del suelo, disminuyendo la salinidad y equilibrando el pH del agua y suelo.
- Proporcionar un sistema de biofiltro de bajo costo y de fácil implementación adecuado para la descontaminación del agua potable, tanto a pequeña como gran escala, por las características fitorremediadoras ya citadas, contribuyendo a la salud de la población.
- Mejorar el desempeño ambiental de la zona debido a la reducción de contaminación en agua y suelo de Arsénico, Boro, Sales y metales pesados y plaguicidas
- Incrementar las oportunidades para acceder a mercados más exigentes nacionales e internacionales. La alta capacidad de descontaminación permite obtener cultivos limpios e inoocuos (sin trazas de pesticidas, herbicidas, nitratos y metales pesados) .

Se genera una vinculación y nexo directo entre la institución oferente y los agricultores, potenciando futuras soluciones a nuevas problemáticas. Esta vinculación permanecerá en el tiempo ya que al ser la Institución Oferente de la Región (Universidad de Tarapacá), permite una vinculación permanente y facilita la transferencia a través del tiempo de la Región con los agricultores. La implementación del Sistema Vetiver acompañado con la transferencia diseñada en función de las distintas necesidades del sector, permite la replicabilidad a todos los rubros que consideren una problemática similar en agua y/o suelos con presencia de contaminantes y/o plaguicidas. Por tanto, es posible replicar el sistema en sectores industriales tales como metalmecánicas, minería, sector agropecuario de otras regiones, entre otras.

### 3.9 Objetivos del proyecto

#### 3.9.1 Objetivo general<sup>7</sup>

Recuperar aguas contaminadas a través de la adaptación del Sistema Vetiver para optimizar el uso del agua de riego y aumentar la productividad en la región de Arica y Parinacota.

#### 3.9.2 Objetivos específicos<sup>8</sup>

Nº	Objetivos Específicos (OE)
1	Determinar la técnica y métodos que permitan obtener altas tasas de descontaminación del agua en el área de estudio
2	Validar la reducción de contaminantes (sales, Boro, Arsénico y metales pesados) del agua, a través de Sistema Vetiver adaptado en el valle de Lluta, Azapa y Camarones
3	Elaborar un manual metodológico de la aplicación del Sistema Vetiver
4	Elaborar un programa de transferencia de los productos generados

<sup>7</sup> El objetivo general debe dar respuesta a lo que se quiere lograr con el proyecto. Se expresa con un verbo que da cuenta de lo que se va a realizar.

<sup>8</sup> Los objetivos específicos constituyen los distintos temas que se deben abordar conjuntamente para alcanzar el objetivo general del proyecto. Cada objetivo específico debe conducir a un resultado. Se expresan con un verbo que da cuenta de lo que se va a realizar.

3.10 Resultados esperados e indicadores: Indique los resultados esperados y sus indicadores para cada objetivo específico.

N° OE	Resultado Esperado <sup>9</sup> (RE)	Indicador de Resultados (IR) <sup>10</sup>			
		Nombre del indicador <sup>11</sup>	Fórmula de cálculo <sup>12</sup>	Línea base del indicador <sup>13</sup> (situación actual)	Meta del indicador <sup>14</sup> (situación al final del proyecto)
1 y 2	aguas de la región caracterizadas	Porcentaje de aguas usadas para riego en la Región	Aguas de riego caracterizadas/recurso hídrico de la Región	Existen estudios y datos de caudales y calidad del agua pero no son recientes y no siempre abarcan todas las localidades	30% aguas de riego caracterizadas
1 y 2	agua de Pilotaje de Lluta, Azapa, Camarones y MOP caracterizadas	Porcentaje de aguas de riego en la localidad	Aguas de riego caracterizadas/recurso hídrico de la localidad	Existen estudios y datos de caudales y calidad del agua pero no son recientes y no siempre abarcan todas las localidades	30% aguas de riego local caracterizadas
1 y 2	Metodología de Sistema Vetiver adaptada	Porcentaje de implementación de la tecnología Vetiver	Implementación metodología en Chile/ implementación metodología nivel mundial	No hay metodología implementada para remediación de aguas con Vetiver en Chile	100% implementación

<sup>9</sup> Considerar que el conjunto de resultados esperados debe dar cuenta del logro del objetivo general del proyecto.

<sup>10</sup> Los indicadores son una medida de control y demuestran que efectivamente se obtuvieron los resultados. Pueden ser tangibles o intangibles. Siempre deben ser: cuantificables, verificables, relevantes, concretos y asociados a un plazo.

<sup>11</sup> Indicar el nombre del indicador en forma sintética.

<sup>12</sup> Expresar el indicador con una fórmula matemática.

<sup>13</sup> Completar con el valor que tiene el indicador al inicio del proyecto.

<sup>14</sup> Completar con el valor del indicador, al cual se espera llegar, al final del proyecto.

1 y 2	Pilotaje concluido	Porcentaje niveles de descontaminación y recuperación de aguas	Nivel de descontaminación/niveles de contaminación	Aguas altamente contaminadas con Arsénico, Boro, Sales (no aptas para la mayoría de cultivos)	70% de disminución en niveles de contaminación y recuperación calidad agua de riego
3 y 4	Programa transferencia a oferentes	N° de agricultores entrenados en aplicación del sistema Vetiver	N° de agricultores capacitados/n° total de productores	No existen agricultores entrenados en esta tecnología en Chile	40% de agricultores de la zona entrenados
3 y 4	Programa de seguimiento de implementaciones y evaluación de metodología Transferida	N° de agricultores entrenados en la aplicación del sistema Vetiver	N° de agricultores con implementación /n° total de productores capacitados	No existen agricultores entrenados en esta tecnología en Chile	40% de agricultores capacitados se implementan
3 y 4	Programa de Difusión diseñado y ejecutado	N° de productos diseñados	N° de agricultores, consultores y capacitados/productores y profesionales	No existen agricultores entrenados en esta tecnología en Chile	40% productores y profesionales afines asisten al programa de difusión

3.11 Metodología: identificar y describir él o los métodos de trabajo que se van a utilizar para alcanzar los objetivos específicos indicados.

## **METODOLOGÍA**

El objetivo general de este proyecto es caracterizar y adaptar el uso del Sistema Vetiver\* (SV) para la descontaminación y recuperación de aguas para uso agrícola. Como metodología general se propone establecer una plantación hidropónica del pasto fitorremediador en piscinas o estanques de monitoreo.

En términos generales se realizará un trabajo teórico y experimental. En lo teórico se trabajará con información existente de las aguas disponibles en la región para el desarrollo de la actividad agrícola, pero además se estudiará la información de otro tipo de aguas, como las aguas servidas de la ciudad, que podrían ser remediadas para su **reutilización** con el sistema propuesto. En forma paralela en el trabajo experimental se realizará un diagnóstico de caracterización de aguas de riego de los predios en los que se trabajará "zonas a intervenir" (LLUTA, CAMARONES, AZAPA).

Se trabajará por un período de 15 meses, el equipo técnico está conformado por ingenieros y técnicos expertos en las distintas temáticas que aborda el proyecto. El trabajo de validación a escala de laboratorio y banco se realizará en las instalaciones de la Universidad de Tarapacá, en tanto la re-validación se trabajará en parcelas de 500 m<sup>2</sup>-1000m<sup>2</sup> que cuenten con abastecimiento de agua en el Valle de Azapa, Lluta y Camarones. Además se implementará un piloto con aguas servidas del MOP.

## **IMPLANTACION DEL VIVERO**

El primer paso a realizar será la implementación de un vivero con la reproducción por esquejes de 5.500 plantas de Vetiver. Las plantas (Registro del SAG código U/FO/0/7-1339) se reproducirán en maceta y sustrato orgánico durante tres meses en el centro experimental del campus Azapa.

## **REVALIDACIÓN EXPERIMENTAL DEL SISTEMA EN AZAPA, LLUTA, CAMARONES Y EN AGUAS SERVIDAS**

El sitio experimental es un terreno agrícola de 500m<sup>2</sup> situado en la Comuna de Camarones y otro en Azapa, Lluta (Región de Arica y Parinacota) que presentan altas concentraciones de Arsénico, Boro, metales pesados y/o sales (se realizarán análisis del agua que se utilizará para riego). Para los muestreos del agua se han diseñado dos estanques de 100m<sup>3</sup> en cada sitio de muestreo (Camarones, Azapa, LLuta y MOP).

El agua de riego se acopiará en un primer estanque de 100m<sup>3</sup> donde permanecerá una semana en un proceso de fitorremediación con Vetiver. Para la filtración se diseñará un sistema de balsas con plantas de Vetiver dentro del estanque. Se medirán semanalmente los parámetros físicos y químicos básicos que permitan medir el avance de la remediación. Cada siete días el agua se traspasará a un segundo estanque para un segundo análisis. Después de tres meses de pruebas

en los estanques se procederá a la implementación de un cultivo de muestra en Lluta (tomate) y Camarones (maíz).

## MEDICION DE PARAMETROS QUIMICOS Y FISICOS EN EL AGUA

Los muestreos se realizarán frecuentemente para determinar líneas de base y la tasa de descontaminación en agua en distintos tiempos.

Para determinar los niveles de contaminación de agua se ha establecido un programa de muestreos de 7 meses (3 meses para aguas y 4 meses para cultivos experimentales) que consiste de dos analíticas completas, al principio y final del proyecto, y una batería de analíticas de elementos críticos (As, B, sales).

Los Parámetros Físicos del agua, que se medirán y registrarán frecuentemente (semanalmente) son pH y C.E

Los Parámetros Químicos del agua, se determinarán cada semana durante 3 meses para cada módulo y una vez al mes durante el desarrollo del cultivo a establecer.

Las muestras de agua se tomarán del estanque de riego según el protocolo establecido en la norma chilena nº 409 para agua potable y norma nº 1333 de Calidad del agua para diferentes usos (agua de riego). La analítica incluye un muestreo inicial completo según ambas normas, los parámetros incluidos son: pH, C.E., y elementos químicos para agua de riego y sustancias químicas de importancia para la salud en el agua potable.

### Condiciones de extracción de muestra

Parámetro	Lugar de análisis	Envase <sup>1)</sup>	Preservación <sup>2), 3)</sup>	Tiempo máximo <sup>4)</sup>
Arsénico	Laboratorio	P o V	Acidificar a pH < 2 con ácido sulfúrico; cuando también se determine Hg, usar ácido clorhídrico	1 mes
Boro	Laboratorio	P	no requiere	1 mes
Cadmio	Laboratorio	P o VB	Acidificar a pH < 2 con ácido nítrico	1 mes
Manganeso	Laboratorio	P o V	Acidificar a pH < 2 con ácido nítrico	1 mes
pH	En terreno	P o V	----	----
Plomo	Laboratorio	P o VB	Acidificar a pH < 2 con ácido nítrico	1 mes
Sulfatos	Laboratorio	P o V	Enfriar inmediatamente a 2-5° C	1 semana
Temperatura	En terreno	P o V	----	----

Contenedores de muestra permitidos P= polietileno de alta densidad, sin carga, o politetrafluoretileno; y V= vidrio.

#### MEDICIONES ADICIONALES

Muestreo de raíces: Se llevarán a cabo 2 muestreos radicales por ensayo mensualmente. Las muestras se tomarán al fin de cada mes para observar los niveles de acumulación de Boro y Arsénico en las raíces. Para esto se seguirá la metodología

- Se utilizará una cantidad de muestra de aproximadamente 100 gr, se someterá a un secado en estufa durante 24 a 48 horas a una temperatura entre 60 y 80°C. Una vez seca la muestra, se molerá y homogenizará en molino de cuchillas, se tamizará en tamiz de 2 mm y se almacenará para posterior análisis. □
- Para determinación de Boro se utilizará el Método de Azometina-H
- La determinación del contenido de Arsénico se realizara por digestión con ácido Nítrico

Medición de rendimiento de los cultivos establecidos: En la etapa final del proyecto se medirá el rendimiento de un cultivo experimental de tomate y maíz regado con aguas tratadas con el Sistema Vetiver (el suelo no será remediado, sólo el agua).

Cálculo de tasa de riego para los cultivos establecidos: Para comprobar el ahorro en la tasa de riego se realizará el cálculo hídrico de un cultivo de tomate y de maíz considerando los parámetros de C.E arrojados por las analíticas y se compararán con el agua no tratada.

#### ELABORACIÓN DE UN MANUAL DIDÁCTICO PARA EL USO DEL SISTEMA VETIVER EN LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS Y SUELOS.

Este manual se desarrollara en un lenguaje sencillo, práctico e ilustrativo para ser usado por técnicos de perfil educativo intermedio. Se transferirá una metodología, a través de talleres y seminarios aplicados, también se apoyará en la implementación del Sistema a los Agricultores que estén interesados.

Contenido del Manual

Parte 1. Introducción

Parte 2. La planta Vetiver; características especiales

Parte 3. Métodos de propagación

Parte 4. Manejo agronómico

Parte 5. Sistema Vetiver para la prevención y tratamiento de aguas y suelos contaminados

Parte 6. Sistema Vetiver para la recuperación de suelos agrícolas degradados

3.12 Indicar las actividades a llevar a cabo en el proyecto, asociándolas a los objetivos específicos y resultados esperados. Considerar también en este cuadro, las **actividades de difusión** de los resultados del proyecto.

N° OE	Resultado Esperado (RE)	Actividades
1	Suelos y aguas de la región caracterizados	Se realiza búsqueda de la información en múltiples estudios públicos y privados que permiten recabar todos los antecedentes que llevaran a identificar los principales elementos contaminantes que interfieren en la optimización del uso del recurso hídrico y en la calidad del agua de riego.

1, 2	Agua de Pilotaje de Lluta, Azapa, Camarones y MOP caracterizadas	Se debe realizar la caracterización de la zona de pilotaje; que en este caso es un terreno perteneciente a la Comuna de Camarones, Lluta y Azapa, la línea de base del agua, permitirá posteriormente determinar la tasa de reducción de los metales pesados y pesticidas que se requiere abatir o reducir.
1, 2	Metodología de Sistema Vetiver adaptado definida	Las actividades de laboratorio y banco definirán la metodología, y permitirán definir paso a paso los requerimientos para su aplicación (posterior validación en el pilotaje).
1, 2	Pilotaje concluido	Se considerará el pilotaje concluido al momento que se alcancen niveles de descontaminación y recuperación de aguas contaminadas planteadas en los objetivos específicos relacionados a esta etapa.
3, 4	Programa de entrenamiento y difusión de la metodología Sistema Vetiver Adaptado	El programa de entrenamiento y difusión se orientará a capacitar a los agricultores y a otros sectores interesados en mejorar el uso del recurso hídrico, ejemplo de ellos son los sectores agroindustriales, vivienda y minería
3, 4	Programa de seguimiento y evaluación de implementaciones y metodología	El programa de seguimiento permitirá constatar quienes efectivamente implementarán el Sistema Vetiver adaptado en sus procesos, que dificultades han presentados y de que manera el oferente puede aportar a sus requerimientos

3.13 Carta Gantt: indicar la secuencia cronológica para el desarrollo de las actividades señaladas anteriormente de acuerdo a la siguiente tabla:

N° OE	Actividades	Año 2012			
		Trimestre			
		1	2	3	4
1	Búsqueda bibliográfica actualizada que permitan caracterización de las aguas de la región para el uso agrícola				
1y2	Caracterización aguas de la zona de pilotaje Comuna de Camarones, Lluta y Azapa				
1y2	Actividades de laboratorio y banco. Definición de la metodología,				
1y2	Desarrollo y conclusión de pilotaje (descontaminación y recuperación de aguas contaminadas)				

N° OE	Actividades	Año 2012											
		Trimestre											
		5											
3y4	Realización de programa de entrenamiento y difusión se orientará a capacitar a los agricultores y a otros sectores interesados en mejorar el uso del recurso hídrico												
3y4	Realización de programa de seguimiento para constatar quienes efectivamente implementarán el Sistema Vetiver adaptado en sus procesos												

3.14 Indicar los hitos críticos para el proyecto.

Hitos críticos <sup>15</sup>		
Hitos críticos <sup>15</sup>	Resultado Esperado (RE) <sup>16</sup>	Fecha (mes y año)
Levantamiento de banco de datos para aguas de la Región	Informe de banco de datos realizado	Dic2012-enero2013
Informe de los resultados de la etapa de muestreos y análisis de aguas para fines de transferir el sistema Vetiver adaptado	Aguas de la zona caracterizadas.	Enero 2013-abril 2013
Determinar el nivel de remediación de las aguas intervenidas con el Sistema Vetiver adaptado en Camarones, Luta, Azapa, y aguas servidas	Metodología de Sistema Vetiver adaptado definida y Curvas de remediación establecidas	Enero 2013-dic 2013
Material elaborado para apoyar los entrenamientos programados. (realización de seminarios de difusión, cartillas de difusión, promoción en medios de difusión masivos)	Programa de entrenamiento y difusión de la metodología Sistema Vetiver Adaptado definido. Diseño de programa de entrenamiento Ejecución de programa de entrenamiento	Nov2013-marzo2014
Informe final de programa de implementación	Programa de seguimiento de implementaciones y evaluación de metodología	Enero2014-marzo2014

<sup>15</sup> Un hito representa haber conseguido un logro importante en el proyecto, por lo que deben estar asociados a los resultados de éste. El hecho de que el hito suceda, permite que otras tareas puedan llevarse a cabo.

<sup>16</sup> Un hito puede estar asociado a uno o más resultados esperados y/o a resultados intermedios.

**3.15 Indicar las fortalezas y debilidades de su proyecto en términos técnicos, de recursos humanos, organizacionales y de mercado.**

**Fortalezas**

Es un sistema de fácil aplicación, económico y altamente eficiente

Mejora la calidad de agua de riego en Camarones y Arica (Lluta y Azapa), lo que permite el potencial que se generan nuevas industrias y así un crecimiento de la Región

Contribuirá a la recuperación de la fertilidad del suelo, disminuyendo la salinidad del agua de riego y equilibrando el pH del agua y suelo. El sistema radical de Vetiver permite, además, mejorar la oxigenación y estructura del suelo aumentando la microflora y microfauna benéfica del suelo cuando se utiliza en este.

Proporciona un sistema de biofiltro de bajo costo y de fácil implementación adecuado para la descontaminación del agua potable, tanto a pequeña como gran escala, por las características fitorremediadoras ya citadas, contribuyendo a la salud de la población

Mejora el desempeño ambiental de la zona debido a la reducción de contaminación en agua y suelo de sales, metales pesados y plaguicidas

Incremento de oportunidades para acceder a mercados más exigentes nacionales e internacionales. La alta capacidad de descontaminación permite obtener cultivos limpios e inocuos (sin trazas de pesticidas, herbicidas, nitratos y metales pesados) pudiendo acceder a mercados exigentes.

Se genera una vinculación y nexo directo entre la institución oferente y los agricultores, potenciando futuras soluciones a nuevas problemáticas. Esta vinculación permanecerá en el tiempo ya que al ser la Institución Oferente de la Región (Universidad de Tarapacá), permite una vinculación permanente y facilita la transferencia a través del tiempo de la Región con los agricultores.

La implementación del Sistema Vetiver acompañado con la transferencia diseñada en función de las distintas necesidades del sector, permite la replicabilidad a todos los rubros que consideren una problemática similar en agua y/o suelos con presencia de Arsénico, Boro, metales pesados y/o plaguicidas. Por tanto, es posible replicar el sistema en sectores industriales tales como metalmecánicas, minería, sector agropecuario de otras regiones, entre otras.

## Debilidades

Vetiver es poco tolerante a condiciones de sombra, específicamente durante el establecimiento. La sombra parcial limita su crecimiento, la sombra severa puede eliminarlo. Sin embargo, esta debilidad puede ser deseable en situaciones donde la estabilización inicial requiere de plantas pioneras que creen un microambiente para hospedar la introducción de especies nativas endémicas.

Es Sistema Vetiver es efectivo sólo cuando las plantas están establecidas (3-4 meses).

Requiere protección del ganado en su fase de establecimiento

Es necesaria la previa capacitación para familiarizarse con el sistema

Existen pocos profesionales capacitados en el Sistema Vetiver en Chile

## 4 ORGANIZACION

### 4.1. Organigrama del Proyecto



#### 4.2 Describir la función de los participantes del proyecto

	Función dentro del proyecto
Ejecutor Facultad de Agronomía UTA	Es el responsable de ejecutar, implementar, coordinar, administrar y difundir las actividades señaladas en la propuesta a través de su equipo técnico.
Asociado 1 Agricultor de Lluta	La empresa agrícola asociada es la encargada de facilitar terrenos y estanques con agua en Lluta donde se realizarán los muestreos controlados del agua y se implementará un cultivo piloto como control
Asociado 2 Agricultor de Azapa	La empresa agrícola asociada es la encargada de facilitar terrenos y estanques con agua en Azapa donde se realizarán los muestreos controlados del agua y se implementará un cultivo piloto como control

#### 4.3. Describir las responsabilidades del equipo técnico y administrativo asociado a la ejecución del proyecto, utilizar el siguiente cuadro como referencia. Además, completar los Anexos 4, 6 y 7.

1	Coordinador ejecutivo del proyecto: Se encargará de la gestión total del proyecto. Verificando que este siga todos los parámetros y directrices establecidas.	5	Administrativo: Estará a cargo de la administración financiera del proyecto
1	Coordinador técnico especialista, estará a cargo de la ejecución del proyecto y supervisión de cada etapa, aportando los conocimientos y know how de la fitorremediación. Realizará el material de apoyo, informes e interpretación de datos. Dirigirá a los investigadores	6	Profesional de apoyo: Estará a cargo de la gestión técnica del proyecto, coordinación de actividades de difusión y de los temas asociados a la evaluación y manejo de riesgos ambientales.
3	Investigador técnico: Los investigadores ejecutarán las tareas de muestreos en terreno y la supervisión de los pilotajes.	7	Otro: Llevarán a cabo las actividades en terreno, 1) Establecimiento del vivero y re producción de plantas, 2) establecimiento de los cultivos experimentales
4	Técnico de apoyo: llevará a cabo actividades como toma de muestras y mantención general de los cultivos.		

Nº Cargo	Nombre persona	Formación/Profesión	Empleador	Responsabilidades en el proyecto
1	Vitelio Goykovic	Ingeniero Agrónomo	UTA	Coordinador ejecutivo
1	Sandra Ugalde	Ingeniero Agrónomo	UTA	Coordinador técnico especialista
3	Claudia Monsalve	Ingeniero Químico	UTA	Investigador
3	Belén Muñoz	Ingeniero agrónomo	UTA	Investigador
4	Juan Carvallo	Ingeniero agrónomo	UTA	Técnico de apoyo
6	Germán Cofré	Prevencionista de Riesgos	UTA	Personal de apoyo, gestión y control

#### **5 MODELO DE NEGOCIO (responder solo para bienes privados)**

5.1 Elaborar el modelo de negocio que permita insertar en el mercado (punto 3.7), los bienes y/o servicios generados en el proyecto. En caso de innovaciones en proceso, refiérase al bien y/o servicio que es derivado de ese proceso.

NO APLICA

#### **6 MODELO DE TRANSFERENCIA (responder solo para bienes públicos)**

6.1 Elaborar el modelo de transferencia del bien público, que permita que éste llegue efectivamente a los beneficiarios identificados en el punto 3.8.

##### **¿Quiénes son los beneficiarios?**

Como se mencionó en el punto 3.8 los usuarios potenciales inmediatos del Bien Público a desarrollar, son todos los agricultores de los sectores de Azapa, Lluta y Camarones. Sin embargo esto es transferible a otras localidades del país donde existan condiciones del agua de riego factibles de ser mejoradas por este método. En otro ámbito de aplicación, existen otros sectores productivos que requieren tratar sus descargas líquidas y una adecuación del Sistema Vetiver podría entregarles una solución a este problema, otorgando a esta descarga ya tratado una condición apta para otros usos, inclusive el riego.

##### **¿Quiénes realizarán la transferencia?**

- **Institución oferente-Universidad de Tarapacá:**

Se validará el uso de la plataforma existente de la Universidad relativo a la extensión y entrenamiento como agente catalizador y de apoyo a la difusión de los productos tecnológicos.

El Departamento de Recursos Naturales de la Universidad de Tarapacá estará a cargo del programa de transferencia de los productos tecnológicos. Esto permite contar permanentemente con profesionales con las capacidades técnicas para llevar a cabo las capacitaciones e implementaciones. El Departamento incorporará a los sectores más vulnerables de las Comunas de Camarones y Arica como parte de sus actividades de investigación para potenciar la sinergia entre la realidad empresarial y la investigación universitaria.

- **Disposición de plantas Vetiver:**

La Universidad de Tarapacá asegura la disponibilidad inmediata de planta Vetiver para pruebas demostrativas como de uso para la implementación del sistema en predio agrícola. Para ello, contará con invernadero con 5500 plantas que de forma permanente estarán a disposición.

#### **¿Qué herramientas y métodos se utilizarán para realizar la transferencia?,**

La propuesta de Sustentabilidad para los productos tecnológicos considera una serie de variables necesarias para asegurar que el sistema vetiver adaptado durante la ejecución del proyecto, sea requerida e implementada por quienes necesitan tratar metales pesados y/o plaguicidas en agua y suelo. Por tanto, se estipula que la sustentabilidad se asegura si se:

- Responde a las distintas necesidades que tienen los beneficiarios directos, agricultores de Camarones y Arica.
- Considera la demanda potencial de otros sectores: agricultores de otras zonas en el país, empresas de rubros industriales que requieren soluciones relativo a abatimiento de metales pesados y/o plaguicidas.
- Considera la demanda potencial de asesores y consultores que deseen transferir el sistema vetiver
- Considera que el precio de cada producto tecnológico será basado en el costo que implica la transferencia.

#### **Clientes y usuarios finales: Necesidades**

La estrategia será transferir el Sistema Vetiver en la forma y modo que responda directamente a las necesidades de sector agropecuario de Arica y Camarones. Es decir, el diseño o adaptación del producto responderá directamente a lo que requiera un agricultor específico.

De forma preliminar, se detectan que las distintas realidades de los agricultores de Arica y Camarones generan variadas necesidades y requerimientos para poder implementar el sistema vetiver:

- Necesidad del agricultor por realizar su propia construcción y operación de la herramienta

- Necesidad del agricultor por saber en detalle las implicancias del sistema vetiver para tomar la decisión
- Necesidad del agricultor de apoyo técnico en el exceso y compra de insumos (planta y/o equipamiento)
- Necesidad de apoyo técnico directo durante la ejecución completa de implementación de la herramienta.

El análisis de las necesidades presente, permiten diseñar productos tecnológicos donde cada uno de ellos logra la implementación del sistema vetiver pero en distintos escenarios, según lo requiera el beneficiario directo. Es así, que se determina la generación de 4 productos tecnológicos, los que se indican a continuación:

Producto Tecnológico 1- Entrenamiento para la autoimplementación: Entrenamiento dirigido al empresario que tiene las competencias de implementar el mismo el sistema vetiver, previo capacitación de la Institución Oferente. Esto incluye entrega de conocimientos por parte de expertos apoyados con material escrito que apoye posteriormente la implementación

Producto Tecnológico 2- Entrenamiento sobre las implicancias del sistema vetiver: Entrenamiento dirigido al empresario que tiene requiere un conocimiento mayor para finalmente tomar la decisión de implementar el sistema vetiver o no.

Producto Tecnológico 3- Asesoría directa para la cotización y compra de insumos: Asesoría directa dirigido al empresario que requiere apoyo solo en la cotización y compra tanto de la planta como de los otros insumos. Este empresario le interesa instalar el sistema vetiver similar al empresario que desea el entrenamiento para la autoimplementación.

Producto Tecnológico 4- Asesoría directa para la implementación del sistema vetiver: Asesoría directa dirigido al empresario que solicita el apoyo de la implementación íntegra del sistema. Esta asesoría termina al momento de empezar la operación del sistema en su predio.



Los agricultores de Camarones y Arica presentan distintas realidades que determinarán la decisión del producto tecnológico elegido para su proceso productivo.

Por la característica de replicabilidad de los productos tecnológicos se detecta que es posible responder a las necesidades de otros sectores industriales que deben abatir metales pesados y/o plaguicidas en agua o Rlles. Dichos potenciales clientes se indican a continuación:

### ¿Cuál será la forma de sostenibilidad del bien público generado en el proyecto?

Para mantener la oferta de los productos tecnológicos a través del tiempo, se determina que la institución oferente requiere ingresos para soportar los costos involucrados en cada una de las gestiones a realizar. Los mecanismos a utilizar corresponden a los determinados relevantes para financiar el trabajo. Entre ellos, se evaluará:

- **Pago por productos tecnológicos:** Todos los productos tecnológicos tendrán un costo para los usuarios que los quieran adquirir.

De forma preliminar se consideran los siguientes costos:

- Producto Tecnológico 1: Valor de \$250.000 por 1 semana de entrenamiento en la localidad de Arica
- Producto Tecnológico 2: Valor \$30.000 por 1 día de entrenamiento en la localidad de Arica
- Producto Tecnológico 3: Este valor dependerá del tamaño del predio y diversas variables. Sin embargo, se estima que valor será entre \$50.000 y \$150.000
- Producto Tecnológico 4: Este valor dependerá del tamaño del predio, ubicación, características del terreno, por tanto se evaluará caso a caso. Sin embargo, se estima que el valor mínimo para una implementación completa será de \$500.000.más los costos de inversión.

El valor involucrado en cada producto tecnológico contempla los costos de administración, horas de técnicos y gastos de operación.

Se considera una situación especial, para los beneficiarios directos de la Comuna de Camarones. La situación generalizada de los agricultores de esta zona permite concluir que se presentan características de vulnerabilidad tales como bajo recursos, cultivos para la subsistencia, baja escolaridad, entre otros.

Para ellos y para los agricultores de Arica que presentan la misma condición de vulnerabilidad, se asegurará el acceso a la información y serán beneficiados con los resultados de la implementación de la herramienta: Por ello, se considera no cobrar por los servicios y a su vez recibirán una atención personalizada.

Para el resto de los beneficiarios directos y potenciales clientes se contempla el costo de cada uno de los productos tecnológicos.

## ¿Cómo evaluará la efectividad de la transferencia?

- **Formalizar convenios con Asociaciones Gremiales.**

Se desarrollará un programa para presentar a las Asociaciones Gremiales de la zona de Camarones y Arica para proponer un trabajo en conjunto que favorezca la participación de todos sus asociados.

Un acuerdo entre el Oferente y Asociaciones Gremiales facilita el trabajo entre asociados, permite la agrupación frente a necesidades similares y acceder a descuentos de los productos tecnológicos a utilizar.

La sustentabilidad también se debe ver favorecida por las características propias de la Institución oferentes y las acciones que realiza en pro de mantener en el tiempo la oferta de los productos diseñados. Es así como se tien