⋖

Fundación para la Innovación Agraria RESULTADOS Y LECCIONES EN

Sistema de bombeo solar para la agricultura familiar campesina



Proyecto de innovación en Región del Biobío









RESULTADOS Y LECCIONES EN

Sistema de bombeo solar para agricultura familiar campesina



Proyecto de innovación en **Región del Biobío**

Valorización a noviembre de 2019



Agradecimientos

En la realización de este trabajo, agradecemos la colaboración de Guillermo Ortiz Opazo y Nicolás Infante Céspedes, socios fundadores de Green Gear Energy SpA., y a todas las personas entrevistadas por su buena disposición y compromiso con los resultados del proyecto.

Resultados y lecciones en **Sistema de bombeo solar para la agricultura familiar campesina** Proyecto de innovación en Región del Biobío

Serie Experiencias de innovación para el emprendimiento agrario FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA

Santiago de Chile, septiembre 2020

Registro de Propiedad Intelectual Nº 2020-A-7759

ISBN 978-956-328-254-2

Elaboración del documento

Marcela Salinas Ballevona, ingeniera agrónoma, consultora externa. Consuelo Anguita Salinas, ingeniera en biotecnología, consultora independiente.

Revisión y edición técnica del documento Gabriela Casanova, ingeniera agrónoma, Fundación para la Innovación Agraria

Fotografías

Archivos de: Guillermo Ortiz, de Green Gear Energy SpA.; María Leticia Villegas S. y María Eulalia Levi C., productoras participantes en el proyecto precursor; y de Guillermo Feuerhake.

Diseño gráfico y edición de textos Guillermo Feuerhake

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida, siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

Presentación

La Fundación para la Innovación Agraria (FIA) es la agencia del Ministerio de Agricultura orientada a promover la cultura de la innovación en el sector silvoagroalimentario nacional. Para ello, la Fundación apoya con incentivos financieros (convocatorias de proyectos), información, capacitación y redes para innovar.

Fundamental para que los productores puedan innovar es contar con información relevante para tomar decisiones que les permitan acercarse de manera plausible al éxito de las iniciativas que realicen. Por su parte, los proyectos e iniciativas que se desarrollan bajo el alero de FIA generan resultados que representan un gran caudal de valioso conocimiento para el sector silvoagroalimentario nacional e internacional. Como toda innovación conlleva un riesgo, y tanto los resultados promisorios como aquellos de proyectos que no lograron alcanzar los objetivos esperados son puestos en valor por FIA, ya que ambos constituyen aprendizajes relevantes.

FIA desarrolló una metodología de valorización de resultados orientada a analizar la validez y potencial de aplicación de las experiencias, lecciones aprendidas y resultados de los proyectos al momento de su cierre. Es una metodología cercana a la de un estudio de viabilidad, compuesta de distintos análisis en los ámbitos comerciales, técnicos, de gestión, legal y/o financieros, dependiendo de la naturaleza del proyecto.

En este marco, el presente documento tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas del proyecto "Prototipo de sistema de bombeo solar flotante para la pequeña agricultura familiar campesina". Este tuvo como objetivo desarrollar un sistema que permite hacer funcionar una bomba con energía del sol, focalizado en la pequeña agricultura familiar, ya que los sistemas convencionales de extracción de agua para este sector están por lo general sobredimensionados, son difíciles de instalar y onerosos, sobre todo para pozos profundos, donde las bombas sumergibles son aún más costosas.

Espero que la información contenida en este documento se transforme en un insumo provechoso para todos quienes quieran incorporar la innovación y agregar valor a sus producciones.

Álvaro Eyzaguirre Director Ejecutivo FIA

Contenidos

	PresentaciónIntroducción				
_					
Se	ección 1. Resultados y lecciones aprendidas	11			
	Antecedentes	12			
	1.1. La Agricultura Familiar Campesina	13			
	1.2. Energías limpias: el uso de energía solar				
	en la actividad agrícola	17			
2.	Innovación y base conceptual de la tecnología	18			
3.	El valor de la herramienta desarrollada	20			
4.	Conveniencia económica para el productor	22			
5.	Claves de la viabilidad	24			
6.	Asuntos por resolver	27			
Se	ección 2. El proyecto precursor	29			
1.	El entorno económico y social	29			
2.	El proyecto precursor	32			
	2.1. Características generales	32			
	2.2. Validación de la tecnología	34			
	2.3. La asesoría	36			
3.	El proyecto hoy	37			
Se	ección 3. El valor del proyecto	39			
Se	ección 4. Anexos				
1.	Descripción de la invención para tramitación				
	de solicitud de patente	44			
2.	Bibliografía	46			
3	Entrevistas realizadas	47			



Introducción

La presente publicación pone en valor los resultados del proyecto "Prototipo de sistema de bombeo solar flotante para la pequeña agricultura familiar campesina", iniciativa que fue apoyada y cofinanciada por FIA, con la finalidad de facilitar a este sector la obtención de agua subterránea para riego o consumo humano.

El presente documento está estructurado en tres secciones principales. La primera de ellas, *Resultados y lecciones aprendidas*, tiene como finalidad proveer una visión sistematizada del nuevo servicio o herramienta tecnológica que derivó de los resultados y aprendizajes generados en el proyecto ejecutado. En su desarrollo, esta visión contiene los elementos que permiten a los productores interesados apreciar si la opción responde a sus necesidades y permite mejorar o hacer más eficientes sus procesos productivos y de gestión.

La segunda sección consiste en la descripción del *Proyecto precursor*, donde se ilustran las experiencias que condujeron a la validación y sistematización de la herramienta tecnológica evaluada, como forma de exponer el entorno, metodologías y aplicaciones prácticas que le dieron origen.

Finalmente, considerando el análisis realizado en la primera y segunda sección del documento, en una tercera, denominada *Valor del proyecto*, se resumen los aspectos más relevantes y determinantes del aprendizaje para la viabilidad futura de la innovación realizada.

Se espera que esta información, sistematizada en la forma de una "innovación aprendida",¹ aporte a los interesados elementos clave respecto de los beneficios del uso o incorporación de nuevos servicios y herramientas tecnológicas desarrolladas.

9

[&]quot;Innovación aprendida": análisis de los resultados de proyectos orientados a generar un nuevo servicio o herramienta tecnológica. Este análisis incorpora la información validada del proyecto precursor, las lecciones aprendidas durante su desarrollo, los aspectos que quedan por resolver y una evaluación de los beneficios económicos de su utilización en el sector.

SECCIÓN 1

Resultados y lecciones aprendidas

El presente documento tiene el propósito de compartir con los actores del sector los resultados, experiencias y lecciones aprendidas a partir de la realización de un proyecto cofinanciado por la Fundación para la Innovación Agraria, que estuvo orientado a desarrollar el prototipo de un sistema de bombeo solar flotante de pequeña escala, para la pequeña agricultura familiar campesina, que resultara eficiente, económico y de fácil uso. Se espera que la información sistematizada en este documento aporte a los interesados elementos relevantes para apoyar la toma de decisiones, respecto del uso de la herramienta tecnológica desarrollada, como un apoyo tanto para la actividad productiva que desarrollan como para su uso en la provisión de agua para consumo humano.



11

▶ 1. Antecedentes

Existe consenso sobre la importancia de la agricultura familiar en la seguridad alimentaria, la generación de empleo agrícola y la mitigación de la pobreza, así como en la conservación de la biodiversidad y tradiciones culturales. En América Latina no sólo produce la mayor parte de los alimentos para el consumo interno de los países de la región, sino que habitualmente desarrolla actividades agrícolas diversificadas, que le otorgan un papel fundamental en términos de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente y la conservación de la biodiversidad.

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el año 2014 como el "Año Internacional de la Agricultura Familiar". En ese contexto, FAO elaboró un concepto de agricultura familiar, definiéndola de la siguiente forma:

"La Agricultura Familiar (incluyendo todas las actividades agrícolas basadas en la familia) es una forma de organizar la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca, acuicultura y pastoreo, que es administrada y operada por una familia y, sobre todo, que depende preponderantemente del trabajo familiar, tanto de mujeres como hombres. La familia y la granja están vinculados, co-evolucionan y combinan funciones económicas, ambientales, sociales y culturales."

En Chile, la Agricultura Familiar Campesina (AFC) corresponde a un segmento social y económico que tiene una gran significancia, siendo parte sustantiva del sector agrícola, de la ruralidad y sus territorios. La mayor parte de sus ingresos proviene de la producción agropecuaria y forestal, donde el acceso a la tierra es un factor determinante en el resultado económico de estas explotaciones. Por otra parte, la potencialidad de la tierra depende, entre otros factores, de la disponibilidad de agua para regar, de manera tal que la expansión del riego, así como un mayor uso de tecnologías que aumenten su eficiencia, son desafíos importantes frente a una mayor recurrencia y severidad de eventos de escasez hídrica, particularmente en las zonas Centro y Centro-Sur, que se han reorientado hacia cultivos de mayores requerimientos hídricos y cuya agricultura no está aún del todo adaptada a la escasez de agua.²

Bajo este escenario, hoy en día el agua subterrána ha cobrado cada vez más relevancia para sustentar la actividad agrícola y el consumo humano. Sin embargo, la dificultad de extraer agua de pozos profundos, ya sea para uso domiciliario como para riego, es un problema recurrente en el caso de la AFC. Por una parte, aún existen sectores donde las familias no cuentan con red eléctrica y deben optar por extraer el agua mediante tracción humana o

INDAP. Informe final Línea de Base usuarios de INDAP 2015. Serie Estudios y Documentos de Trabajo Nº 14, enero 2018.

comprar motobombas a base de combustible, las cuales son costosas y requieren de un gasto permanente para operarlas; y por otra, en aquellos sectores donde existe energía eléctrica, deben realizar inversiones para extender la red desde la fuente hasta el punto donde es requerida, además de financiar el costo que implica su consumo.

Así, con el fin de proporcionar una solución de menor costo para la agricultura familiar, que además contribuya a un desarrollo productivo más sostenible desde el punto de vista ambiental, la Fundación para la Innovación Agraria financió el proyecto "Prototipo de sistema de bombeo solar flotante para la pequeña AFC", cuyo objetivo general fue desarrollar un sistema de bombeo solar flotante, económico, de pequeña escala, de fácil uso e instalación, duradero y de gran versatilidad, para su uso en la pequeña agricultura familiar campesina. El proyecto fue desarrollado por la empresa consultora Green Gear Energy Spa, entre mayo de 2017 y mayo de 2018.

La sistematización de la información y lecciones aprendidas en el proyecto pone en valor los distintos elementos que contribuyeron a los buenos resultados de la herramienta tecnológica desarrollada. Requiere, sin embargo, incorporar algunos desafíos en los mismos, principalmente en lo que respecta a la potencia del equipo de bombeo, de manera que no solo sea un equipo de apoyo a la actividad agrícola, sino que permita usos más intensivos o que requieren mayor potencia, manteniendo las características que motivaron su desarrollo, es decir, que sea de bajo costo y manejo simple.

1.1. La Agricultura Familiar Campesina

La Agricultura Familiar Campesina (AFC) corresponde a un importante segmento social y económico, y es parte sustantiva del sector agrícola del país. De acuerdo a la información disponible, al año 2014 la AFC representaba aproximadamente 260.000 explotaciones, equivalentes a casi el 90% del total de unidades productivas del país, siendo claramente el segmento más relevante. Desde un punto de vista territorial, casi el 75% de la agricultura familiar campesina se concentra entre las regiones del Maule y Los Lagos, con mayor representatividad en las regiones de Biobío y la Araucanía.³

En Chile, la agricultura familiar campesina queda definida por los criterios de focalización que se aplican a aquellos beneficiarios de programas e intervenciones que lleva a cabo el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), de acuerdo a lo establecido en la Ley de dicho servicio,⁴ en la cual se define como:

³ INDAP. Lineamientos Estratégicos 2014 - 2018, octubre 2014.

⁴ Ley 18910. Sustituye Ley Orgánica del Instituto de Desarrollo Agropecuario. Inicio vigencia: 10 de octubre de 2014.

- Pequeño Productor Agrícola: es aquel que explota una superficie no superior a las 12 hectáreas de riego básico; cuyos activos no superen el equivalente a 3.500 Unidades de Fomento; cuyo ingreso provenga principalmente de la explotación agrícola; y que trabaje directamente la tierra, cualquiera sea su régimen de tenencia.
- Campesino: la persona que habita y trabaja habitualmente en el campo, cuyos ingresos provengan fundamentalmente de la actividad silvoagropecuaria realizada en forma personal, cualquiera que sea la calidad jurídica en que la realice, siempre que sus condiciones económicas no sean superiores a las de un pequeño productor agrícola, y las personas que integran su familia.

Una de las características de la AFC es su gran heterogeneidad, que se expresa en diversos sistemas de producción, diverso tamaño físico y económico de las explotaciones, y distintos niveles tecnológicos y de productividad, así como de acceso a bienes y servicios. Esta diversidad hace que las explotaciones jueguen roles distintos en las estrategias de



ingreso y de vida de las familias de este segmento, pudiéndose distinguir en Chile a lo menos dos grupos: el primero, constituido por productores cuya estrategia económica se sustenta en la multiactividad, debido a la escasa dotación y/o calidad de sus recursos productivos, razón por la cual combinan su actividad agrícola con otras actividades fuera de su unidad productiva, para complementar ingresos; y el segundo, denominado "comercial empresarial", constituido por productores que poseen una mayor dotación y/o calidad de recursos productivos, que les permite realizar una actividad económica sustentada en la actividad agropecuaria por cuenta propia, al interior de su explotación, y que en promedio representan alrededor del 40 % de los pequeños productores del país.⁵



Proyecto AFC de mejoramiento genético en Victoria, Región de La Araucanía. Gentileza Sra. María Eulalia Levi.

En ambos casos, la mayor parte de sus ingresos provienen de la producción agropecuaria y forestal, donde el acceso a la tierra es un factor determinante en el resultado económico de estas unidades. De acuerdo a los resultados del estudio de Línea de Base de los usuarios de INDAP, realizado entre 2016 y 2017, éstos acceden en promedio a 10 hectáreas físicas de tierra, que se distribuyen en: 6,6 ha de superficie silvoagropecuaria útil o aprovechable, trabajadas por los miembros del hogar; 0,3 ha entregadas a terceros; y 3,1 ha improductivas en lo silvoagropecuario. Por otra parte, la potencialidad de la tierra, medida como disponibilidad de agua para riego, no es muy alta, ya que en promedio sólo 1,1 ha son de riego, siendo un poco más alta en los usuarios comerciales (con 2,9 ha) que en los multiactivos (con 0,7 ha).⁶

⁵ INDAP. La Agricultura Familiar Campesina en Chile y los usuarios de INDAP. 2014.

INDAP. Informe final Línea de Base usuarios de INDAP 2015. Serie Estudios y Documentos de Trabajo Nº 14, enero 2018.

En el Cuadro 1 se muestran los indicadores determinados en el estudio de línea de base de los usuarios de INDAP, respecto del uso del riego por parte de ellos, observándose que existe potencial para seguir ampliando la capacidad de riego, y particularmente la adopción de tecnologías tendientes a una mayor eficiencia y sustentabilidad del mismo.

Cuadro 1. Indicadores básicos de riego y manejo del agua, usuarios de INDAP						
	Superficie útil (ha)	Superficie regada (ha)	% de la superficie trabajada que es regada	Superficie con riego tecnificado como % de la superficie total regada /1	Superficie drenada como % de la superficie trabajada	
Nacional	6,6	1,1	17,2	31,0	9,1	
Multiactivo	5,3	0,7	12,8	32,3	8,1	
Comercial	11,6	2,9	25,2	27,1	12,9	

	% Usuarios con saneamiento de derechos de agua	% explotaciones con capacidad de almacenamiento del agua	% explotaciones que aplican medidas de manejo de Rises y Riles	% de las explotaciones que almacenan agua y tienen riego tecnificado
Nacional	46,2	44,9	7,6	16,0
Multiactivo	42,0	48,6	7,2	16,5
Comercial	60,7	32,0	9,1	14,3

Nota: /1 Indicador calculado solo para las explotaciones que efectivamente riegan. Fuente: INDAP. Informe final Línea de Base usuarios de INDAP 2015. Serie Estudios y Documentos de Trabajo Nº 14, enero 2018.

Así, la expansión del riego, un mayor uso de tecnologías que aumenten su eficiencia y un mayor grado de protección jurídica en el acceso al recurso hídrico, son desafíos importantes frente a una mayor recurrencia y severidad de eventos de escasez hídrica, particularmente en las zonas Centro y Centro-Sur, que se han reorientado hacia cultivos de mayores requerimientos hídricos.



1.2. Energías limpias: el uso de energía solar en la actividad agrícola

Las energías limpias o verdes son aquellas que no producen residuos contaminantes o dañinos para el planeta y para la salud. Se trata de energías que se obtienen de diferentes fuentes naturales, como son el sol, el viento o la lluvia. En todos los casos se trata de energías renovables, ya que potencialmente no se agotarán. El uso de este tipo de energía es el que se está fomentando con mayor fuerza en la actualidad, a fin de disminuir, e incluso contrarrestar, los efectos del cambio climático.⁷

La "Política Energética de Chile", publicada el año 2015, se sustenta en 4 pilares: seguridad y calidad de suministro; energía como motor de desarrollo; compatibilidad con el medio ambiente; y eficiencia y educación energética. De esta manera, se establece que si bien el país debe contar con un sistema energético confiable, donde la energía es indispensable para impulsar el crecimiento, el desarrollo del sector energético no puede disociarse del cuidado del medioambiente. Esto a través de impulsar una matriz energética renovable y el desarrollo de lineamientos que permitan abordar los impactos medioambientales, locales y globales. Para ello, entre los objetivos de la política energética del país, se considera que al año 2035 las energías renovables constituyan el 60 % de la generación eléctrica del país, y que para el año 2050 alcance al menos un 70 %.8 En este contexto, el país ha propiciado acciones tendientes a fomentar el uso de energías renovables en los distintos sectores de la economía, entre ellos el sector agrícola.

La FAO, en el informe "El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos" (2017) destaca, entre otros, el uso de energías renovables en la agricultura como una alternativa a las energías convencionales para hacer frente al cambio climático y contribuir a la producción de alimentos de una forma más sostenible, siendo de especial interés como fuentes de energía para sistemas de bombeo, en el caso de la agricultura de regadío.

Existen varios tipos de energías renovables que pueden ser utilizadas en los sistemas de bombeo, como alternativa a las energías convencionales. Dentro de ellas, la energía solar fotovoltaica es muy conveniente, debido principalmente a que las curvas de generación y de consumo energético se adaptan bastante bien (dependiendo de la situación geográfica y tipo de cultivo) ya que las épocas de mayor radiación solar coinciden con las de mayores necesidades de riego.⁹

Información disponible en sitio web https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-energias-limpias-o-verdes-1707.html

Ministerio de Energía. "Energía 2050 – Política Energética de Chile". Segunda edición, incluye el capítulo indígena. 2017.

Información disponible en sitio web https://www.iagua.es/blogs/manuel-martin-arroyo/sol-como-fuente-energia-agricultura-regadio

Una de las ventajas de este cambio de fuente de energía consiste en el menor costo de operación. Por otra parte, en regiones aisladas o remotas donde no se cuenta con red eléctrica y donde el único recurso existente es el agua subterránea, se hace difícil acceder a ella, tanto para su empleo en agricultura y ganadería como para el consumo humano, debiéndose emplear grupos electrógenos, lo que resulta un método de mayor costo y contaminante, dificultándose el desarrollo de estas regiones.

Así, la energía solar constituye una solución favorable para la AFC, contribuyendo además a una agricultura sostenible desde el punto de vista medioambiental ya que permite disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, incrementando la sostenibilidad de los alimentos producidos.

2. Innovación y base conceptual de la tecnología

Como se ha mencionado anteriormente, los sistemas de bombeo solar son una solución responsable con el medio ambiente y tienen una ventaja económica frente a los sistemas convencionales de extracción de agua. Hacen uso de la energía del sol para energizar una electrobomba con el objetivo de independizarse de la red y/o ahorrar energía durante el bombeo de agua. Dependiendo del tipo de bomba que se utilice, se pueden clasificar como sistemas de bombeo con bomba de corriente continua o con bomba de corriente alterna.

Por otra parte, la capacidad de agua de un pozo varía según su ubicación, la estación del año y la cantidad de agua que se extraiga. Esto se ve reflejado en la profundidad del espejo de agua; es decir, la distancia que existe entre la superficie del suelo y el nivel del agua del pozo. Es normal que en verano, justo cuando existe la mayor demanda de agua, la profundidad del espejo de agua aumente, lo que influye en el tipo de bomba que se debe utilizar y por tanto, en el costo asociado a su operación. Por lo general, cuando la profundidad del espejo de agua es menor a 6 metros, las bombas de superficie son la mejor solución ya que son económicas, fáciles de instalar y de mantener. En aquellos casos en que la profundidad del espejo de agua es mayor a los 6 metros se recomienda utilizar una bomba sumergible, ya que las bombas de superficie a esa distancia del espejo de agua son incapaces de proporcionar la presión necesaria para succionar o pueden entrar en cavitación.¹⁰

Las bombas sumergibles tienen variadas aplicaciones, tanto en la industria como en la agricultura. Se pueden encontrar en distintos tamaños, fabricadas para diferentes aplicaciones y con distintas calidades de materiales. Son más sofisticadas que las bombas de superficie, ya que al trabajar sumergidas deben contener aceites, sellos mecánicos y cables especiales para que el agua no haga contacto con la conexión eléctrica. Estas condiciones hacen que las bombas sumergibles sean más pesadas, difíciles de instalar y mantener, y su fabricación

FIA. Informe final proyecto precursor "Prototipo de sistema de bombeo solar flotante para la pequeña AFC", 2018.



tiene sentido para potencias mayores a 100 W. Esto último se transforma en una limitante, cuando se trata de un sistema de bombeo solar, ya que el recurso energético es limitado y se busca la mejor eficiencia posible. Por esto, los sistemas de bombeo solar disponibles actualmente en el país tienen una envergadura superior a la que requiere la AFC. Por otra parte, si bien existen bombas solares sumergibles de menor potencia, su capacidad de elevación no supera los 10 metros de columna de agua.

Teniendo en consideración lo anterior y con el fin de proporcionar a la agricultura familiar campesina una alternativa conveniente para el abastecimiento de agua, ya sea para riego como para consumo, la innovación se orientó a diseñar y elaborar un prototipo de bomba solar de pequeña escala, que cumpliera con los siguientes propósitos:

- Ser un sistema de bombeo de bajo costo de inversión-
- Con una capacidad de bombeo de un volumen de agua diario suficiente para atender las demandas del segmento AFC, equivalente a 1.000 l/día, a una altura entre 20 y 24 metros.
- De bajo consumo de energía.

Mediante la investigación se desarrollaron tres prototipos, todos a partir de la selección de una bomba de superficie para garantizar una baja inversión, la que a través de la innovación fuera transformada en una bomba con características de bomba sumergible, con mayor capacidad de bombeo y cuya fuente de energía fuera solar, de manera tal que no se incurriera en gastos recurrentes para su operación. De los tres prototipos desarrollados, se seleccionaron finalmente dos: sistema de bombeo solar versátil Noria (BSV Noria) y sistema de bombeo solar versátil 110 (BSV 110). El primero, para pozos norias o pozos zanjas ya que se requieren ciertas dimensiones geométricas para el sistema de flotación que sustenta a la bomba; y el segundo, para pozos profundos o angostos, que utiliza la misma bomba, pero contenida en una cápsula de PVC que aisla el equipo, permitiendo la entrada y salida de agua de la bomba así como del sistema de alimentación de energía.

De esta forma se obtuvo un sistema de bombeo de bajo costo, para uso en la agricultura familiar campesina, capaz de bombear hasta 1 m³ al día.





Sistema solar de bombeo para pozos noria.

▶ 3. El valor de la herramienta desarrollada

La agricultura familiar campesina constituye un segmento importante del sector agrícola y rural del país, cuya principal fuente de ingresos es la producción silvoagropecuaria, ya sea para su autoconsumo como para venta de productos.

En su sistema productivo el recurso hídrico es un factor relevante para aumentar la productividad de la tierra, además de ser necesario para el consumo humano y bebida de animales. Para abastecerse de ella, muchas veces utilizan bombas convencionales de corriente alterna, abastecidas por energía eléctrica, en aquellos sectores donde se cuenta con red eléctrica, o mediante combustible en sectores más alejados donde no se dispone de electricidad. En ambos casos ha habido un creciente aumento de los costos energéticos para obtener agua, ya sea por el aumento de la tarifa eléctrica como de los combustibles para operar un generador externo. Así, el uso de energías renovables, como la energía solar, constituye una buena alternativa para disminuir estos costos, además de contribuir a un desarrollo más sostenible de la actividad agropecuaria.

El principal beneficio de usar energía solar fotovoltaica en el riego es la disminución de los costos energéticos, lo que se traduce en un incremento de rentabilidad de la actividad, mejora de la eficiencia energética y aumento de la sostenibilidad de los cultivos, siendo esto de especial interés en regiones aisladas y/o remotas donde no se cuente con infraestructura de red eléctrica.¹¹

¹¹ Información disponible en sitio web https://www.iagua.es/blogs/manuel-martin-arroyo/sol-como-fuente-energia-agricultura-regadio

Por otra parte, aquellos agricultores que tienen pozos profundos, en que el espejo de agua está a más de 6 metros de profundidad, requieren comprar una bomba sumergible, que es de mayor costo que una de superficie. En estos casos se aprecia el principal valor de la herramienta desarrollada, ya que no sólo permite utilizar una fuente de energía que no tiene costos de operación y es amigable con el medio ambiente, sino que además permite obtener una potencia equivalente a la de una bomba sumergible a partir de una bomba de superficie, de menor costo, y con una mayor eficiencia ya que la bomba siempre se situa al nivel del agua, contribuyendo de manera efectiva a mejorar la rentabilidad de la actividad productiva.

Posterior al término del proyecto precursor, el modelo fue mejorado incorporándole al panel solar un carro transportador que permite su fácil traslado, ya sea para guardar el sistema en los periodos que no se usa, como para utilizarlo en otros puntos dentro del mismo predio, por ejemplo para energizar cercos eléctricos, aumentando así su versatilidad.

Finalmente, es importante tener presente que, frente a la variabilidad climática, el futuro de la agricultura de regadío a nivel mundial depende en buena parte del empleo de energías renovables como alternativa a las energías convencionales. De esta manera se incrementa la rentabilidad de las explotaciones y se minimiza el impacto ambiental.

Considerando que la herramienta desarrollada es un producto innovador diseñado específicamente para la agricultura familiar campesina y para un funcionamiento a pequeña escala, es importante establecer bajo qué condiciones es conveniente su inversión, análisis que se muestra a continuación.



▶ 4. Conveniencia económica para el productor

El sistema de bombeo solar desarrollado, tal como se ha mencionado anteriormente, es un sistema diseñado a partir de una bomba de baja potencia, para permitir el bombeo de 1.000 litros de agua diarios a una altura máxima de 20 a 24 metros, resultado que se logra con una operación del equipo durante 6 horas al día. Bajo este escenario, y tal como se ha podido constatar a través de entrevistas a algunos usuarios, su uso es fundamentalmente de apoyo a sus actividades diarias.

La utilidad del sistema depende fundamentalmente de las condiciones de cada predio y del tipo de actividad agrícola en que se lo utilice. Es principalmente ventajoso para el riego por goteo o por cintas de superficies pequeñas; tambien es adecuado, por ejemplo, para riego de invernaderos, acumulación de agua en un estanque o para bebida de animales, debido a la baja potencia de la bomba. En este sentido, ha venido a reemplazar principalmente el acarreo de agua en baldes, ya sea para el riego de huertas, consumo humano o de animales.

Una ventaja adicional es el uso alternativo que se le puede dar al panel solar y batería, ya que cuando no se usa para bombear agua se puede utilizar para energizar cercos eléctricos, ventaja que ha sido aprovechada y valorada por los usuarios entrevistados.

Con el fin de obtener una referencia respecto del costo y conveniencia que significaría para un agricultor operar este sistema, se puede utilizar el concepto de Costo Anual Equivalente (CAE) que corresponde a un valor uniforme de costo anual, que permite compararlo con el costo que significaría operar otro sistema de bombeo alternativo, que puede tener una vida útil distinta pero que genere el mismo beneficio: en este caso, bombear 1.000 litros de agua diarios a una altura de 20 a 24 m.

Para calcular el CAE se requiere determinar la vida útil del equipo; así, dado que la bomba es el elemento del sistema de bombeo desarrollado que tiene la menor vida útil, se considerará ésta como el plazo para el cual se estimará el costo anual equivalente que significaría operar este sistema.

Según lo informado por la empresa que desarrolló el proyecto precursor (Green Gear Energy SpA), el costo del sistema de bombeo solar versátil, cuyas características se muestran en el siguiente cuadro, es de \$ 500.000 (sin carro para trasladarlo¹²).

El valor del equipo con carro asciende a \$ 900.000, con lo que el CAE alcanza a \$ 283.924, que equivale a \$ 23.660 mensual y \$ 789 por día.

Cuadro 2. Características del sistema de bombeo solar desarrollado				
Equipo	Características	Elementos incluidos	Valor neto (\$)	
Bombeo solar versátil	Impulsión de 1.000 litros diarios de agua en vera- no a un altura de 25 metros	1 Panel solar 100 W 1 Batería de ciclo profundo 20Ah 1 Regulador de carga 10A 1 Bomba superficie 4L/min 30 m	500.000	

Fuente: sitio web empresa Green Gear Energy SpA.

Disponible en: http://ggechile.cl/wp-content/uploads/2018/07/Cat%C3%A1logo-de-servicios-GGE-2018.pdf

Así, considerando una inversión de \$ 500.000 que no genera costo de operación ya que la energía solar es "gratis", y una vida útil de la bomba de 4 años, ¹³ se tiene que para una tasa de descuento de 10 %, que representaría el costo alternativo de invertir el valor del sistema de bombeo solar (\$500.000) en otra opción de negocio, el CAE sería de \$157.735. En otras palabras, adquirir esta herramienta tecnológica y operarla va a ser conveniente, siempre y cuando el costo de cualquier otro sistema de energización que permita acumular 1.000 litros de agua al día sea superior a \$157.735 al año, esto es \$13.145 al mes.

Es importante tener presente que el costo mensual anteriormente calculado sólo puede ser comparado con el costo mensual de bombear una cantidad máxima de 1.000 litros de agua diarios a una altura de no más de 24 metros.

Otra forma de comparación, sobre todo considerando que el sistema de bombeo desarrollado en este proyecto precursor ha sido utilizado para reemplazar principalmente el abastecimiento de agua a través de "acarreo", es valorar el esfuerzo que esto significa, de manera que si fuera posible valorizarlo, el sistema será conveniente siempre y cuando el agricultor estime que su trabajo de acarrear agua diariamente durante un mes es superior a \$13.145, o lo que es equivalente a una valorización del tiempo utilizado en acarreo superior a \$438 por día.

¹³ Corresponde a la vida útil informada por la empresa fabricante, considerando un uso de la bomba continua durante 1 hora con intervalos de descanso de 15 minutos.

▶ 5. Claves de la viabilidad

A partir de los resultados obtenidos en el proyecto precursor, es posible extraer algunos aspectos que se han considerado claves para la viabilidad del uso, en la actividad agrícola, del sistema de bombeo solar desarrollado. Esto con el fin de aportar información, en el caso de que existan pequeños agricultores interesados en utilizar esta tecnología.

· Tiempo de funcionamiento de la bomba

El sistema desarrollado tuvo como objetivo principal obtener un producto económico, de manera que fuera accesible para los pequeños agricultores. Esto influyó en la selección del tamaño de la motobomba, que a su vez determina el tiempo máximo recomendable de uso continuo al día, para evitar un sobrecalentamiento y desgaste prematuro del equipo. El tiempo recomendado de uso es de no más de una hora continua con descansos de 15 minutos. Por esta razón los autores de la investigación recomiendan que su uso sea en un horario restringido y, en lo posible, durante las horas de mayor incidencia de radiación solar.

En este sentido cobra importancia el buen uso que los agricultores puedan dar al sistema, de manera de asegurar una mayor vida útil del mismo.



• Hermeticidad de la cápsula de protección del sistema de bombeo para pozos profundos Es de especial importancia que el equipo de bombeo, cuando es utilizado en pozos profundos, se mantenga seco en su interior (dentro de la cápsula), principalmente porque se trata de una motobomba superficial que presentará problemas si durante su operación entra en contacto con agua, por lo que mantener su hermeticidad es un aspecto fundamental para su correcto funcionamiento y vida útil.

Finalidad del equipo de bombeo

Es importante tener presente que el equipo desarrollado, dadas sus características técnicas, permite el bombeo de agua a baja presión y por tanto su uso está restrigido principalmente a riego por goteo, riego por cintas y acumulación de agua en estanques desde donde se pueda aprovechar el agua en forma gravitacional, no permitiendo realizar riegos por aspersión, que requieren mayor presión. No obstante esto, el uso del equipo de bombeo permite el riego de huertas, invernaderos, bebida para animales e incluso para abastecimiento de la vivienda.

Diseño portátil

Un aspecto importante del equipo que se comercializa en la actualidad, es el diseño portátil que se desarrolló con posterioridad a la investigación, a raíz del deterioro que experimentaban las piezas de soporte que quedaban expuestas a la intemperie. De esta forma, el nuevo diseño tiene la ventaja de ser transportable. lo que permite acercarlo a la fuente de agua, guardarlo durante la temporada en que no se utilice y darle otros usos al panel solar, como puede ser la energización de cercos eléctricos para el manejo de ganado.





Asesoría y asistencia técnica

Un aspecto clave para el buen resultado del uso de nuevas tecnologías es realizar una difusión informada, que permita conocer sus ventajas y desventajas así como las limitaciones que existan en términos de su comportamiento esperado, de manera que el equipo cumpla con las expectativas del agricultor, ya que esto contribuye no solo a validar la herramienta, sino también a potenciar su uso.

Esto adquiere relevancia en el caso del sistema de bombeo solar desarrollado, por dos motivos. Primero, porque dado que la fuente de energía es la radiación solar, su rendimiento esperado depende fundamentalmente de la zona donde se instale. Así, es importante tener presente que el rendimiento del equipo diseñado está validado para las condiciones de radiación existentes entre las regiones del Maule y de La Araucanía, siendo necesario evaluar los requerimientos específicos para otras zonas geográficas. Segundo, es importante tener presente que su uso está restringido a bajos requerimientos de agua y donde la presión de entrega no es un factor relevante.

Finalmente, si bien el equipo desarrollado es simple de instalar y lo podría hacer directamente el agricultor, es conveniente que exista un servicio técnico asociado, para asegurar asistencia técnica en caso de requerirse.

► 6. Asuntos por resolver

Aun cuando el proyecto precursor ha proporcionado un importante avance en el desarrollo de una tecnología que permite apoyar actividades campesinas como el riego y abaratar costos energéticos en su quehacer, existen algunos aspectos pendientes que es conveniente abordar, con el objeto de poder establecer su real potencial como una herramienta eficaz y eficiente para el abastecimiento de agua en pequeñas explotaciones agrícolas.

Aumentar la potencia para métodos de riego que requieren mayor presión

Tal como se ha señalado, el sistema de bombeo diseñado tuvo como fin desarrollar un equipo de bombeo de bajo costo y fácil mantención para su uso en la agricultura familiar campesina, objetivo que se cumple adecuadamente en la medida que la presión del agua no sea un aspecto relevante en los resultados que se espera lograr, como por ejemplo, para acumular agua o regar pequeñas superficies mediante métodos como goteo o cintas.

No obstante lo anterior, este segmento de agricultores, dependiendo de la actividad que lleven a cabo, podrían requerir sistemas de riego que operen con mayor presión o para abastecer de agua a sectores del predio más alejados de la fuente, o incluso para disponer de agua

con presión suficiente para el funcionamiento de sus propias viviendas, en cuyo caso sería de gran utilidad continuar con el desarrollo de un producto de similares características, a un costo conveniente, pero de mayor potencia.

· Mejorar hermeticidad de la bomba

Un aspecto fundamental para el buen funcionamiento de la bomba que opera en pozos profundos es que no entre en contacto con el agua; por lo mismo, cobra relevancia la hermeticidad de la bomba, existiendo un espacio de mejora con el fin de investigar distintos materiales que permitan aumentar la calidad, por ejemplo, de la bomba (acero inoxidable) o del cable de alimentación, a un costo razonable.

El proyecto precursor

Los resultados y lecciones aprendidas sistematizadas en este documento de aprendizaje surgen de un proyecto realizado por la empresa consultora Green Gear Energy SpA y cofinanciado por la Fundación para la Innovación Agraria, el cual se describe en las secciones siguientes.

▶ 1. El entorno económico y social

El proyecto precursor se desarrolló en la Región del Biobío, la cual se ubica en el limite sur de la zona central, entre los 36°26′ y los 38°29′ de latitud sur, y desde el límite con la República Argentina hasta el Océano Pacífico. Comprende una superficie de 24.021 km², equivalentes al 3,2 % del territorio nacional. Con relación al relieve, la región presenta: Cordillera de los Andes, depresión intermedia, Cordillera de la Costa y planicies litorales. Cuenta con un clima



29



templado seco de la zona central de Chile y templado lluvioso que se desarrolla al sur del río Biobío.

La Región del Biobío se divide administrativamente en 3 provincias: Arauco, Biobío y Concepción, siendo la capital regional Concepción. La población alcanza a 1.556.805 habitantes (CENSO 20017), con una densidad de 64,38 habitantes por kilómetro cuadrado.¹⁴

Las principales actividades económicas que se desarrollan en la Región del Biobío son la forestal y la pesca, y en forma secundaria la agricultura, la industria manufacturera y los servicios.

El PIB de la Región del Biobío el año 2017 fue de \$13.497 mil millones de pesos, con una variación de un 4,9 % respecto del año 2016. Esta cifra representa un 7,1 % del PIB nacional. En cuanto al PIB silvoagropecuario de la región, este alcanzó un valor de \$769 mil millones, lo cual posiciona a la región como la tercera exponente con mayor PIB silvoagropecuario del país (13,2%).¹⁵

Una de las razones más significativas de desarrollar el proyecto en la Región del Biobío es que ella concentra el 28 % de la superficie nacional dedicada a cultivos (Censo Agropecuario y Forestal 2007). El uso principal corresponde al rubro de plantaciones forestales con un 78,9 % de la superficie total regional, seguido por cereales y plantas forrajeras, las que tienen una participación menor.

Respecto del perfil de los productores, cabe señalar que en la Región del Biobío predomina la existencia de explotaciones con un tamaño inferior a 20 ha, las que concentran el 77,6 % del total de estas, y que en conjunto representan sólo el 7,9 % del total de la superficie explotada. Caso contrario ocurre con las explotaciones de superficie mayor a 100 ha, que suman el 77,88 % de la superficie explotada, con sólo el 5,1 % del total de las explotaciones. Por su parte, las explotaciones entre 20 y 50 ha representan el 12,5 % del total de estas y el 7,6 % de la superficie. 16

Si bien el proyecto precursor se desarrolló en la Región del Biobío, la herramienta tecnológica está pensada para la agricultura familiar campesina en general, que en Chile equivale casi a un 90 % del total de unidades productivas del país, representada principalmente por los usuarios de INDAP. Su mayor porcentaje se concentra entre las regiones del Maule y los Lagos, con mayor peso relativo en las regiones del Biobío y la Araucanía. Solo el 2,2 % de la agricultura familiar campesina tienen explotaciones que superan las 50 ha y el 15,1 % tiene explotaciones de superficies entre 10 y 25 ha.¹⁷

¹⁴ Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/nuestropais/region8/

¹⁵ Elaboración propia, información del Banco Central.

ODEPA. Región del Biobío: Información Regional 2018.

¹⁷ Informe final Línea de Base usuarios de INDAP 2015. Op. cit.



Según información de la Línea de Base de los usuarios de INDAP al año 2015, en lo que respecta al riego de las explotaciones correspondientes a la AFC, un 43 % declara tener algo de superficie regada. De esta, solo el 31 % es regada mediante riego tecnificado.

▶ 2. El proyecto precursor

2.1. Características generales

El proyecto "Prototipo de sistema de bombeo solar flotante para la pequeña agricultura familiar campesina" se realizó entre mayo de 2017 y mayo de 2018, y su objetivo fue desarrollar un sistema piloto de bombeo solar flotante, económico, de pequeña escala, de fácil uso e instalación, duradero y de gran versatilidad.

Sus objetivos específicos consistieron en: diseñar tres prototipos de bombeo solar flotantes económicos; fabricar e implementar los prototipos diseñados; evaluar y seleccionar el(los) mejor(es) prototipo(s) en base a su desempeño, realizando las correcciones que fueran necesarias; e iniciar el proceso para solicitar un registro de patente de invención.

Durante la ejecución del proyecto se lograron todos los resultados esperados, cumpliéndose el 100 % de los objetivos propuestos, lo que finalizó con el desarrollo de modelos de soporte para bombas de superficie que permiten su utilización en pozos profundos, en base a energía solar, capaces de entregar 1.000 litros de agua diarios y de elevarlos a 24 m de altura.

La innovación desarrollada permitió generar dos modelos comerciales: el sistema de bombeo solar versátil Noria (BSV Noria), para uso en norias o pozos zanjas, dado que se requieren ciertas dimensiones para que pueda operar el sistema de flotación donde se aloja la bomba; y el sistema de bombeo solar versátil 110 (BSV 110), para uso en pozos profundos o angostos, que utiliza la misma bomba del anterior pero protegida por una cápsula de PVC que aisla por completo el equipo, permitiendo la entrada y salida de agua a la bomba, así como del sistema de alimentación de energía.

Para ello, el proyecto precursor se llevó a cabo en seis etapas consecutivas:

- Diseño de los prototipos. Al inicio del proyecto se llevaron a cabo distintas actividades tendientes a obtener el diseño de los prototipos. Entre ellas: investigación bibliográfica; dimensionamiento del generador solar y de la bomba; diseño de la estructura de soporte para la bomba; diseño de los flotadores y techo; selección de materiales; dimensionamiento del banco de baterías; y diseño del sistema de control.
- Fabricación y compra de materiales y equipos. Se contrató la fabricación de los flotadores y las estructuras, y el desarrollo del sistema de control. Además se compraron los equipos: bombas, paneles solares fotovoltaicos, componentes eléctricos, baterías, componentes hidráulicos y equipos de medición y control.
- Implementación. En esta etapa se instalaron los prototipos en unidades demostrativas, para lo cual se firmaron convenios para formalizar y asegurar la correcta operación de los equipos, entre ellos con el Centro de Educación y Tecnología (CET) de Yumbel, en la Región del Biobío.
- Evaluación técnica. Para validar los prototipos se realizaron mediciones mensuales en terreno, cuyos resultados fueron analizados y contrastados con entrevistas a usuarios, de manera de obtener propuestas de mejoras. Como resultado final de esta etapa, se seleccionaron los dos mejores prototipos, que constituyen los productos finales del proyecto.
- Tramitación registro de patente. Se reunió la información necesaria para proteger la
 idea de la cápsula de PVC desarrollada, que protege a la bomba de superficie permitiéndole funcionar en pozos profundos. Se contrató asesoría para tramitar la solicitud de
 patente en territorio chileno, la que fue concedida por el Instituto Nacional de Propiedad
 Intelectual con fecha 26 de agosto de 2019.
- Validación comercial de los prototipos y difusión del proyecto. La tecnología y los resultados fueron difundidos a través de charlas y ferias, presentándose a más de 1.000 personas, quienes tuvieron la posibilidad de contestar una encuesta voluntaria y dejar sugerencias.

.2.2. Validación de la tecnología

El proyecto precursor impulsado por FIA permitió el desarrollo de una nueva tecnología, que consiste en un sistema de bombeo solar versátil, económico y fácil de utilizar para la pequeña agricultura familiar campesina. Su mayor valor es que transforma una bomba de superficie de poca capacidad en un elemento capaz de elevar agua a 24 m de altura.

Inicialmente se propuso un sistema de bombeo formado por: una bomba de superficie de baja potencia; una base flotadora; un panel fotovoltaico; y una unidad de batería y sistema de control. Se seleccionó una motobomba que cumpliera las siguientes características: funcionar con corriente continua de 12V y un consumo inferior a 50W; capacidad de elevar al menos 1m³ al día, a una altura total de 10 metros; liviana y de bajo costo, de manera que el sistema de bombeo fuera accesible para la agricultura familiar campesina. A partir de la motobomba seleccionada se diseñaron 3 prototipos de bombeo solar:

- Bomba solar versátil para tranque
- Bomba solar versátil flotante para pozo angosto
- Bomba solar versátil flotante para pozo ancho

De estos prototipos se seleccionaron dos, que dieron origen a los productos que se desarrollaron con fines comerciales, ya que durante la realización del proyecto precursor se determinó que la solución final para pozo ancho y tranque resultó ser la misma.

La primera bomba es un sistema de bombeo solar flotante, capaz de elevar hasta 1,1 m³ diarios en pleno funcionamiento en la época de invierno. Este sistema de flotador permite su uso en pozos norias y zanjas, pero no así en pozos angostos, debido a las dimensiones del sistema de flotación desarrollado.

Para pozos profundos o pozos angostos, en el proyecto precursor se desarrolló una cápsula de PVC que permite un completo aislamiento, para que una bomba solar de superficie se pueda sumergir completamente en el agua, sin interrumpir la salida y entrada de agua bombeada y sin que las conexiones eléctricas se mojen, evitando de esta forma el uso de aceites, sellos mecánicos y cables especiales para su conexión. La cápsula de PVC posee un diámetro de 110 mm, resultando útil para pozos donde el sistema de flotación desarrollado no puede ser instalado debido a su tamaño. La utilización de esta tecnología presenta ventajas en relación a las bombas sumergibles, ya que facilita su instalación y mantenimiento, además de ser económica y eficiente.

La cápsula, al estar sumergida en el agua del pozo, previene que el motor de la bomba se sobrecaliente. Debido a la diferencia de densidad, el aire caliente fluye libremente hacia arriba, circulando por la cañería eléctrica y saliendo al pozo. El aire frío, en cambio, baja a la cápsula



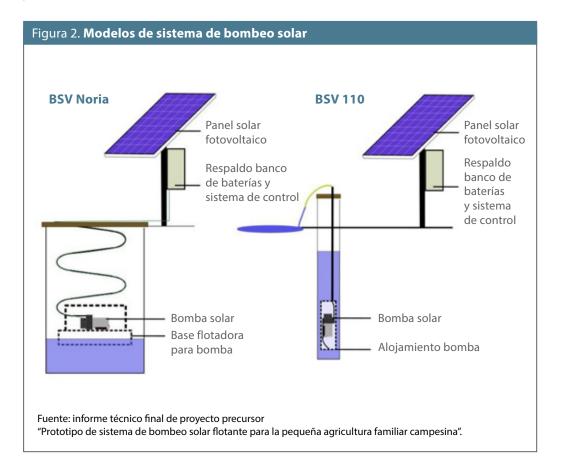
Sistema de Bombeo Solar BSV Noria, instalado en pozo zanja.

y enfría el motor. La cápsula, ventajosamente, aísla la motobomba de agentes externos que dañan el motor, como el polvo.

De esta forma, la herramienta desarrollada permite, aun cuando el pozo sea profundo, la captación de agua en forma segura utilizando una bomba de superficie, ya que la altura de succión es nula.

Las principales ventajas del sistema de bombeo desarrollado son: su independencia de la red eléctrica, ya que posee un sistema fotovoltaico, que utiliza energía renovable; no tiene

asociado un costo de operación; y mediante un manejo adecuado, este sistema es duradero y versátil, de fácil uso e instalación.



2.3. La asesoría

En el buen desempeño del proyecto precursor fue relevante el apoyo técnico de la empresa consultora Green Gear Energy Spa, quien aportó profesionales, infraestructura y equipos para el desarrollo del proyecto, ayudando al diseño de la tecnología desarrollada y su validación en terreno.

En el desarrollo del proyecto precursor también fue relevante la asesoría que permitió realizar las gestiones para solicitar el registro de patente en el territorio nacional, para la cápsula que protege a la bomba superficial, permitiéndole funcionar como bomba sumergible al aumentar su eficiencia de operación. El registro de patente se incluye en el Anexo 1.

Así, fue posible obtener información muy valiosa que se tradujo en dos productos: por una parte, una cápsula de PVC capaz de transformar una motobomba de superficie en una sumergible, con una operación de mayor eficiencia; y por otra el desarrollo de dos modelos de bombas solares comerciales, para uso en la pequeña agricultura familiar campesina.

▶ 3. El proyecto hoy

Tal como se ha mencionado, el proyecto precursor logró desarrollar dos sistemas de bombeo solar utilizando una bomba de superficie pequeña y de bajo requerimiento energético, que al estar más cerca del espejo de agua opera en forma más eficiente.

Es importante destacar que, a raíz de las pruebas de validación, se incorporaron mejoras a la herramienta desarrollada. Así, al sistema de bombeo solar se le mejoró la estructura de soporte, en forma de un carro que permite trasladarlo y facilitar su instalación. Además, al sistema fotovoltaico se le agregó una salida de corriente extra que le otorga versatilidad, permitiéndole no solo alimentar el sistema de bombeo sino también energizar cercos eléctricos.

Actualmente, estos productos son comercializados por la empresa Green Gear Energy Spa directamente a particulares, así como a municipalidades e INDAP, para su uso en proyectos de fomento orientados a pequeños agricultores. Esto, dentro de los distintos servicios que ofrece para el desarrollo e implementación de soluciones energéticas a nivel residencial y empresarial basadas en recursos renovables no convencionales, junto con la realización de cursos de capacitación para promover el uso de estas energías.

Respecto del uso de la herramienta tecnológica desarrollada, este ha sido promovido por INDAP a través de sus programas de fomento a la pequeña agricultura familiar campesina. En Victoria, Región de La Araucanía, se han implementado 4 unidades en predios de pequeños productores, donde es posible observar el funcionamiento del sistema de bombeo solar para norias con y sin carro transportador.



Los sistemas en operación ya tienen un año de funcionamiento, durante el cual no han presentado problemas y sus usuarios se muestran satisfechos con su operación, ya que el modelo instalado les permite, además de bombear agua, energizar cercos eléctricos para el cuidado de sus animales. El sistema de bombeo propiamente tal se utiliza principalmente para acumulación de agua en estanques, para bebida de animales o riego gravitacional, así como para riego por goteo de pequeñas superficies e invernaderos, reemplazando fundamentalmente el acarreo de agua.

El valor del proyecto

La agricultura familiar campesina y los pequeños agricultores en general constituyen un sector importante en la economía de un país, tanto en la seguridad alimentaria como en la generación de empleo agrícola, mitigación de la pobreza, y conservación de la biodiversidad y tradiciones culturales.

No obstante, para mantener y explotar sus unidades productivas, incluso para autoconsumo, enfrentan entre otras limitantes altos costos energéticos para obtener agua, insumo necesario tanto para sus cultivos y ganado como para su propio consumo. Para abastecerse de ella, muchas veces utilizan bombas convencionales de corriente alterna, que los obligan a incurrir en gastos recurrentes para solventar el combustible que requieren para operar un generador externo o, cuando existe red eléctrica, el consumo de electricidad, además de la inversión asociada a la extensión de una línea de energización desde la fuente hasta el pozo.



39



Por otra parte, aquellos agricultores que tienen pozos profundos, donde el espejo de agua está a más de 4 o 5 metros de profundidad, requieren comprar una bomba sumergible, que es de mayor costo que una de superficie y más compleja de mantener.

Así, y con el fin de proporcionar una alternativa eficaz y de bajo costo para el bombeo de agua que sea accesible a la agricultura familiar campesina, el proyecto precursor desarrolló una herramienta tecnológica –sistema de bombeo solar– que permite aumentar la eficiencia de una bomba de superficie de baja potencia, logrando que eleve hasta 1.000 litros de agua diarios a una altura máxima de 24 metros, emulando la operación de una bomba sumergible, lo que constituye su principal valor.

Para ello, a partir de los tres prototipos desarrollados en la investigación, se crearon dos productos finales de buen desempeño, que se han validado comercialmente: el sistema de bombeo solar versátil Noria (BSV Noria) y sistema de bombeo solar versátil 110 (BSV 110). El primer sistema permite instalar la bomba solar (de superficie) sobre el espejo del agua para un pozo ancho (noria o zanja), de manera que la posición de la bomba varía en función del nivel del agua; mientras que el segundo permite instalar una bomba de superficie sumergida en el agua en pozos angostos, gracias a una cápsula protectora que constituye un elemento innovador, puesto que en la práctica "transforma" una bomba de superficie de bajo

costo en una bomba sumergible, en forma muy fácil y económica, lo que constituye el principal aporte de esta innovación tecnológica en los sistemas de bombeo de pequeña escala.

De esta forma, la herramienta tecnológica desarrollada no sólo contribuye a resolver un problema económico para los pequeños agricultores, sino que además es una solución responsable con el medio ambiente frente a los sistemas convencionales de extracción de agua, y además con la ventaja de que la demanda de agua para riego coincide perfectamente con la temporada de radiación solar más abundante.

A pesar de los avances logrados a la fecha, aún existen algunos aspectos que es conveniente investigar: entre ellos, la posibilidad de generar una herramienta de mayor potencia que permita regar con mayor presión.

Finalmente, es importante destacar que la herramienta tecnológica desarrollada se está comercializando y hasta la fecha ha tenido una buena aceptación por parte de los agricultores que la han utilizado, principalmente aquellos modelos que cuentan con las dos mejoras que se le incluyeron posteriormente al término del proyecto: un carro transportable y la conexión para energizar cercos eléctricos, que aumenta la versatilidad del equipo fotovoltaico, permitiendo un uso mixto de este elemento.

Anexos

Anexo 1. Descripción de la invención para tramitación de solicitud de patente

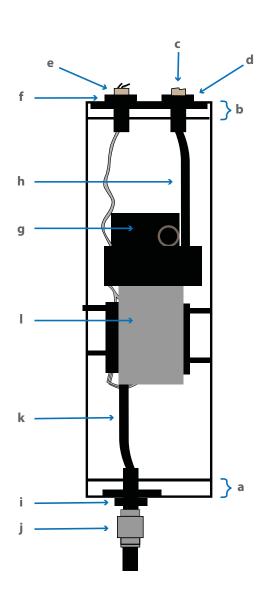
Anexo 2. Bibliografía

Anexo 3. Entrevistas realizadas

ANEXO 1. Descripción de la invención para tramitación de solicitud de patente

Se tramitó el registro de patente para la cápsula del sistema de bombeo solar versátil 110 (BSV 110) que permite sumergir una motobomba de superficie directamente en el agua.

Tal como se muestra en la figura, la cápsula comprende: un cuerpo cilíndrico capaz de contener una motobomba de superficie (g) en su interior; dos tapas para facilitar el cierre hermético del dispositivo ubicadas en los extremos, inferior (a) y superior (b); una salida hidráulica (d) ubicada en la tapa superior (b), la cual está conectada a la motobomba (g) alojada en el interior del dispositivo, por medio de una cañería flexible (h). En el exterior del dispositivo, esta salida hidráulica permite unir una cañería hidráulica (c) para la descarga de agua; una salida eléctrica (f) ubicada en la tapa superior (b), que protege al conductor eléctrico por medio de una cañería eléctrica (e); una entrada hidráulica (i), ubicada en el centro de la tapa del extremo inferior (a), la que une por medio de una cañería flexible (k) la succión de la motobomba (g) con una válvula de fondo (j) ubicada al exterior del dispositivo; y elementos compresibles del tipo elastómeros (I), de espesor entre 5 a 15 mm, que se adaptan al interior del dispositivo para fijar en al menos 2 puntos la motobomba (g).



El registro de patente fue concedido por el Instituto Nacional de Propiedad Intelectual con fecha 26 de agosto de 2019, y su vigencia caduca el 21 de diciembre de 2037, como se observa en el Título de Patente de Invención que se incluye a continuación.



TÍTULO DE PATENTE DE INVENCIÓN

Solicitud : 2017-3291

Registro : 58.020

Fecha Solicitud : 21/12/2017 Fecha Concesión : 26/08/2019

Fecha de asignación de Nº de

Registro

Fecha Vigencia

: 17/09/2019

Fecha Expiración : 21/12/2037

Titular(es):

GREEN GEAR ENERGY SPA

País: CHILE

Inventores:

INFANTE CESPEDES, NICOLAS.

Titulo:

UN DISPOSITIVO QUE PERMITE SUMERGIR UNA MOTOBOMBA DE SUPERFICIE DIRECTAMENTE EN EL AGUA QUE COMPRENDE UN CUERPO CILINDRICO UNA TAPA SUPERIOR Y UNA TAPA INFERIOR, UNA SALIDA HIDRAULICA, UNA SALIDA ELECTRICA, UNA ENTRADA HIDRAULICA Y ELEMENTOS COMPRESIBLES DEL TIPO ELASTOMEROS.

LORETO BRESKY RUIZ



ESTEBAN FIGUEROA N.

Este documento ha sido firmado eletrónicamente de acuerdo con la ley 19.778. Para verificar la integridad y autoriticidad de acte documento puede consultar en www.inapi.c//patente/consulta, donde extará disponible por 60 días contados desde la febra de emisión. El documento impreso es copia del documento originar.



INSTITUTO NACIONAL DE PROPIEDAD INDUSTRIAL. Santiago, miércoles, 16 de octubre de 2019 03:33:13 p.m. [Pag. 1/1]

ANEXO 2. Bibliografía

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Disponible en: https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/nuestropais/region8/

FAO, Plataforma de conocimientos sobre agricultura familiar. "Agroecología y Agricultura Familiar". Disponible en: http://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/

FIA. Informe final proyecto precursor "Prototipo de sistema de bombeo solar flotante para la pequeña AFC", 2018.

INDAP. Informe final Línea de Base usuarios de INDAP 2015. Serie Estudios y Documentos de Trabajo Nº 14, enero 2018.

INDAP. Lineamientos estratégicos 2014 - 2018, Octubre 2014.

INDAP. La Agricultura Familiar Campesina en Chile y los usuarios de INDAP. 2014.

Ley 18910. Sustituye Ley Orgánica del Instituto de Desarrollo Agropecuario. Inicio Vigencia: 10 de Octubre de 2014.

Ministerio de Energía. "Energía 2050 – Política Energética de Chile". Segunda edición, incluye el capítulo indígena. 2017.

ODEPA. Región del Biobío: Información Regional 2018.

También se consultó estos sitios web:

https://www.iagua.es/blogs/manuel-martin-arroyo/sol-como-fuente-energia-agricultura-regadio

https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-energias-limpias-o-verdes-1707.html

ANEXO 3. Entrevistas realizadas

En la elaboración de este documento y su validación técnica, se utilizó información obtenida de entrevistas realizadas a las siguientes personas:

Nombre	Cargo	Fecha
Guillermo Ortiz O.	Gerente general y co-fundador Green Gear Energy SpA.	12 de octubre y 19 de noviembre de 2019
Jaime Jara C.	Jefe Técnico PDTI Cordillera, Municipalidad de Victoria, Región de La Araucanía.	30 de octubre de 2019
María Leticia Villegas S.	Pequeña productora PDTI Cordillera. Municipalidad de Victoria, Región de La Araucanía.	13 de noviembre de 2019
María Eulalia Levi C.	Pequeña productora PDTI Cordillera, Municipalidad de Victoria, Región de La Araucanía.	14 de noviembre de 2019



141