



Este proyecto está cofinanciado por la Unión Europea



TRANSVERSALIZACIÓN DEL ENFOQUE NEXO EN EL CONTEXTO DE BOMBEO SOLAR PARA RIEGO (BORRADOR)

A contribution to

POWERING AGRICULTURE:

AN ENERGY GRAND CHALLENGE FOR DEVELOPMENT



This report is a collaboration between the EU-Co funded [Nexus Dialogue Programme](#) and [Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture](#), implemented by GIZ.

The Nexus Regional Dialogue Programme (NRD) is a programme funded by the European Union and the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development.

The report represents an in-kind contribution by the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), through GIZ, to the work of Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development, as one of the Founding Partners. The other Founding Partners are the United States Agency for International Development (USAID), the Swedish Government, Duke Energy, and the Overseas Private Investment Corporation (OPIC). Further information about Powering Agriculture can be found at www.poweringag.org

Picture title page: Name of author/photographer

Published by
Nexus Regional Dialogue Programme (NRD)
and Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Registered offices Bonn and Eschborn, Germany
Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn, Germany
| www.giz.de

Global Nexus Secretariat

c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
T +49 228 44 60-1878
E nexus@giz.de
| www.nexus-dialogue-programme.eu
www.water-energy-food.org

Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture

T +49 228 44 60-3837
E powering.agriculture@giz.de
| www.poweringag.org
[www. https://energypedia.info/wiki/Portal:Powering_Agriculture](https://energypedia.info/wiki/Portal:Powering_Agriculture)

Place and date of publication

Agosto 2018, borrador

Authors

Ramón Granada, Roberto Pizarro, Reinhold Schmidt, equipo profesional de AricaSolar

Photo Cover

© Ramón Granada y Reinhold Schmidt

Resumen

En Chile, desde el año 2008 el sector energía y agrícola han fomentado la instalación y la promoción de sistemas de bombeo fotovoltaico para agua y riego. La métrica que se ha utilizado, para evaluar los avances sectoriales en estas materias, son la cantidad de superficie de riego que se realiza año a año con estos sistemas, por el lado agrícola, y la cantidad de kW instalados desde el prisma energético.

En los últimos años (2014 a la fecha) se observa un trabajo estrecho entre las instituciones involucradas en el fomento de los sistemas de bombeo solar para riego (SPIS, por sus siglas en inglés), que son la División de Energías Renovables del Ministerio de Energía, el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), y la Comisión Nacional de Riego (CNR).

En cuanto a los recursos hídricos, existe una gestión registral por parte del órgano encargado, la Dirección General de Aguas (DGA) del Estado, principalmente con el fin de identificar las extracciones, y de contar con la documentación necesaria que permita postular a los fondos concursables para proyectos de riego. Se han identificado algunas mejoras de flujos de información, que son recomendables de poner en práctica para garantizar la sustentabilidad de los recursos hídricos.

La mayoría de los sistemas de bombeo fotovoltaico está asociada a la pequeña agricultura, la cual presenta una problemática integral, en la cual se deben considerar el uso del agua y la disponibilidad y el gasto de energía como parte de un mismo tema que juntos contribuyen a la productividad final. Gran parte de los SPIS instalados en Chile han sido implementados con financiamiento parcial o total de fondos públicos. Así, distintos programas gubernamentales han considerado esta oferta en sus tipos de soluciones, principalmente como una contribución al desarrollo productivo de ciertas zonas o como un subsidio para hacer mejorar la rentabilidad de las unidades productivas, donde el costo energético puede ser un factor significativo dentro del total de costos de producción.

Es fundamental el **trabajo intersectorial**, con una mirada país sobre la relación entre el agua, la energía y la producción de alimentos. Si no se comparte la información, la sustentabilidad de los sistemas se ve debilitada, y en algunos casos se sitúan en un riesgo operacional evidente, principalmente debido a los escenarios y proyecciones de menor disponibilidad hídrica para riego.

Instalar un gran número de sistemas fotovoltaico logró su objetivo en cuanto a masificar las soluciones con energía solar, pero al ser únicamente enfocada en la instalación de equipos, en algunos casos no ofreció soluciones a la real necesidad de los agricultores, por lo que se debe revisar el objetivo e implementación de algunos programas.

La **capacitación**, tanto de los encargados de riego, consultores, empresas y proveedores de equipos, como también de los usuarios, es un elemento fundamental que debe ser considerado como parte de un programa de trabajo sostenido en el tiempo. El mercado ofrece hoy una gran variedad de soluciones tecnológicas en el tema de bombeo solar y riego, aplicaciones off-grid y sistemas solares con conexión a red, lo que hace necesario profundizar los niveles de conocimientos de los diferentes actores.

El **recurso hídrico** presenta los mayores desafíos desde el punto de vista de su disponibilidad, como también acerca del conocimiento de la dinámica en los sistemas locales, por lo que su estudio y caracterización debe profundizarse, junto al fomento e instalación de sistemas de medición, como por ejemplo el **monitoreo y seguimiento** de niveles de agua en los pozos.

Elaborar y contar con **estrategias adecuadas** en caso de sequía ya son elementos que algunos agricultores aplican como muestra la visita a terreno a la Región de Coquimbo, sin embargo, sería muy recomendable profundizar estos temas entre todos los actores involucrados. En esta línea también destaca mencionar las opciones de identificar y plantar cultivos rentables de baja demanda hídrica.

BORRADOR

Recomendaciones

Generales

1. Chile es un país que ha introducido de manera exitosa los sistemas de bombeo fotovoltaico y la implementación de energía renovable asociada a proyectos de riego, principalmente fotovoltaica, debido al perfecto acople entre la demanda de energía y la disponibilidad del recurso solar en la misma época. Esto ha permitido que hoy, a lo largo de todo el país, se hayan instalado con fondos públicos, un número cercano a los 3.000 sistemas de bombeo para riego con energía solar, (con fondos públicos), además de los esfuerzos que ha realizado el sector privado, los cuales no están cuantificados.
 - a. Estos sistemas, que conllevan varios beneficios para los usuarios, cómo lo es la reducción de manera importante de la cuenta de energía, implican una extracción periódica de agua, cuando la fuente es subterránea. Si bien en la mayoría de los casos los volúmenes no parecen ser significativos, sí será necesario evaluar el impacto conjunto en escenarios de restricción hídrica.
2. Chile ha sido categorizado como un país altamente vulnerable a los efectos del cambio climático, el cual, según diversos estudios, se verá reflejado en un aumento de las temperaturas y una disminución de las precipitaciones, o la mayor ocurrencia de eventos extremos, por lo que se torna imprescindible poder establecer ex ante, medidas de mitigación y/o adaptación según sea el caso, relacionadas con la disponibilidad de los recursos hídricos, la producción de alimentos y los menores costos energéticos que proyectan.
3. En este nuevo escenario, el cual establece una presión sobre los recursos hídricos, es imprescindible que se pueda fortalecer un trabajo conjunto, alineando expectativas, entre los actores del sector agro (INDAP y CNR) y el actor del sector agua (DGA), para planificar adecuadamente el fomento y futuro de los sistemas de bombeo y riego en algunas zonas del país, donde se prevé un complejo escenario (Atacama-Biobío). Se deberán revisar los objetivos definidos para la implementación de los sistemas y su operación, la que se prevé también se vea afectada, dados los cambios en los umbrales (niveles de agua) respecto al diseño original.
4. Otro elemento relevante que es necesario revisar, tiene relación con la métrica de los instrumentos de fomento, tanto del sector agro como energía. Actualmente se mide la nueva superficie de riego o los kW instalados con energía fotovoltaica, pero no se hace mención a una huella hídrica o energética, que permita incentivar o comparar el desempeño y eficiencia de las distintas unidades productivas. Tampoco existe evaluación social.

Gestión hídrica y gestión de información

5. El análisis estadístico sobre los recursos hídricos de la Región de Coquimbo, se deriva una situación preocupante por la significativa caída de los caudales máximos, ya que, si bien la oferta en términos de precipitaciones ha caído, no presentarían bajas significativas al menos en el periodo estudiado, el cual corresponde a los últimos 31 años. Esto señalaría una posible subida de la isoterma cero, dado que dichos caudales máximos provienen mayoritariamente en estas zonas del nivel de reservas hídricas sólidas en la alta cordillera andina y del correspondiente deshielo.
6. No obstante, lo anterior, lo que surge de los resultados alcanzados es que los caudales promedio caen drásticamente, mucho más que la oferta de agua expresada en las precipitaciones, a lo que se suma la brutal caída del nivel estático de los pozos controlados, que rebasa todo lo anterior. Y este hecho estaría señalando un gran nivel de consumo de las

reservas de aguas subterráneas, lo cual solo se explica por la altísima demanda que ha explicado el crecimiento económico del país y de la Región de Coquimbo. Si a ello se adicionan las facilidades de todo tipo para que el sector agrícola o el turístico acceda a tecnologías basadas en energías cada vez más baratas, entonces se configura un cuadro de alta demanda que rebasa las ofertas de agua y los equilibrios ecosistémicos en torno a las aguas subterráneas, equilibrio que es muy frágil en zonas áridas y semiáridas y que solo se puede recomponer en largos periodos de tiempo.

7. El conocimiento y monitoreo de los distintos recursos hídricos, se torna cada vez más crítico dentro de los elementos agua, energía y agricultura (parte del enfoque Nexo) y lo será cada vez más en el futuro.
8. Existen dinámicas hídricas en ciertas zonas del país y sobre todo en la Región de Coquimbo, que requieren un mayor estudio y seguimiento, como es el caso de la delimitación y la recarga natural de acuíferos, por ejemplo, como así también, la correcta cuantificación de extracciones. Es decir, se hace necesario e imprescindible conocer la real disponibilidad de agua subterránea, la demanda potencial a ser implementada y la recarga efectiva en el tiempo, de tal forma de poder definir la tasa sustentable de extracción. A este escenario debe adicionarse el impacto del cambio climático y su impacto en esta ecuación, lo que configura un escenario de alta incertidumbre.
9. La actual institucionalidad, DGA, presenta limitaciones operativas y presupuestarias para abordar estos desafíos en el corto plazo. Existen programas sin financiamiento, como es el caso del Plan Nacional de Recursos Hídricos; a esto se suma que la DGA, además no posee las facultades necesarias para coordinar las competencias del Estado, que tienen relación con el agua, como así también racionalizar el uso del recurso.
10. Un ejemplo de esto último se refleja en que tanto CNR e INDAP, no consultan a la DGA sobre la disponibilidad de recursos hídricos para los planes y metas anuales que se establecen sobre la nueva superficie de riego considerada por parte de cada institución. respectivamente.
11. Dada la limitada capacidad de fiscalización que posee la DGA (no más de 100 a 120 fiscalizaciones por año), es necesario que la institución pueda disponer de la mayor cantidad información que permita retroalimentar la correcta gestión de los recursos hídricos. Para ello tanto INDAP y CNR deberían informar periódicamente acerca de los nuevos proyectos de riego que se implementen con las distintas fuentes, tanto aquellos que tengan derechos de extracción constituidos, como aquellos que se implementen bajo otras modalidades, como podría ser el autoconsumo (artículo 56 de código de aguas). Además, la DGA, por medio de percepción remota, podría complementar sus procesos de fiscalización identificando zonas de cultivo o actividad agrícola donde hay derechos de agua constituidos.
12. Otro elemento que sería recomendable evaluar es la creación de un registro nacional de máquinas perforadoras, que además obligue a registrar cada nueva operación de perforación que se realice y ésta retroalimentar la información de extracciones disponibles a fin de o focalizar las futuras fiscalizaciones.
13. Una mejor coordinación de los organismos técnicos del agua permitiría avanzar hacia una base de datos unificada, que registre los usuarios y extracciones, son a saber, los elementos básicos que se requieren para un uso racional y sustentable del recurso hídrico en Chile. Una medida fundamental considera además el diseño e implementación de una red de monitoreo de niveles de agua subterránea en pozos representativos en las regiones del norte para bombeo convencional y solar, como elemento de partida.

14. El escenario actual y futuro requiere de liderazgos para la en la sustentabilidad productiva y ambiental del agua, frente a su evidente escasez, que parece incrementarse ante las sequías extremas producto del cambio climático y al desconocimiento acerca de cómo funcionan los ecosistemas en relación a los recursos hídricos superficiales y subterráneos.

Programas de fomento

15. Es altamente recomendable, para la sustentabilidad de las inversiones en riego, que se pueda mejorar el conocimiento de los recursos hídricos, previo a estas inversiones. Una alternativa viable sería disminuir un porcentaje de los fondos destinados a inversión y redestinarlos a estudios o campañas que tiendan a conocer la disponibilidad de recursos hídricos. En cualquier caso, el sector debiera contar con alguna retroalimentación de la DGA, previo a la planificación de inversiones.
16. Respecto a los proyectos, es necesario que las instituciones puedan revisar la factibilidad de incorporar elementos de mejoras en diseño e implementación de SPIS, como así también evaluar cuando los proyectos implementados tienen el objetivo de contribuir a disponibilizar el recurso hídrico o en los casos en que la instalación contribuye principalmente a rebajar los costos energéticos operacionales.
17. En este último caso es recomendable que se evalúe, para los candidatos donde existe conexión a red, un programa en conjunto con el Ministerio de Energía para que las instalaciones consideren sólo los elementos de generación fotovoltaica, conectados a la red, ya que, de esta manera, tanto el usuario como el Estado maximizarán el beneficio final, permitiendo que el usuario obtenga mayores ahorros en sus cuentas y el estado una mayor cobertura en sus programas. Esto implica reformular algunos programas que posee INDAP (PRI, PDI) o crear uno nuevo, que se recomienda sea intersectorial.
18. Otro elemento que se recomienda sea evaluado por parte de INDAP, principalmente, está relacionado con la mantención preventiva de los sistemas. Actualmente se constató que prácticamente ningún usuario o programa se preocupa de la mantención o limpieza de los sistemas de bombeo, lo que ha significado fallas, las cuales son solucionadas en la mayoría de los casos con una nueva instalación de bombeo. Esta modalidad de sistemas “desechables”, dado que se utilizan mientras funcionen y posteriormente, son reemplazados por medio de otro instrumento de fomento, significa una pérdida de recursos.
19. Se debiera evaluar, la destinación de un porcentaje del monto de inversión que tiene INDAP en su programa de riego para la mantención, ya sea con personal propio o de terceros.
20. El personal de INDAP, principalmente los encargados de proyectos de riego en cada área, deberían poseer conocimientos intermedios acerca de los sistemas de bombeo fotovoltaico y la tecnología solar para que puedan detectar de manera oportuna algún tipo de problema que deba ser corregido.
21. Junto a la entrega de subsidios, INDAP y otros organismos relacionados debieran fortalecer el rol de asistencia técnica que poseen algunos de sus programas. Es imprescindible evaluar la introducción de cultivos o variedades resilientes a la sequía o estrés hídrico, junto con las recomendaciones técnicas necesarias para el adecuado manejo de la especie.
22. Dado el nivel de importancia que tiene el desarrollo de los SPIS o la incorporación de sistemas de energía renovable dentro de las unidades productivas, es recomendable que los actuales programas sean evaluados con una mirada social y para ello es recomendable que se puedan utilizar los instrumentos y experiencia que posee el Ministerio de Desarrollo Social.

23. Los usuarios juegan un rol fundamental, ya que son ellos los que están en contacto directo con los sistemas y registran las distintas condiciones de operación. Un elemento que llamó la atención durante las entrevistas, tiene relación con las acciones que realizarían los usuarios ante una disminución de los recursos hídricos disponibles al momento de la visita. La mayoría de ellos indicó que como solución buscarían profundizar el pozo existente o ver la forma de proveer agua a sus cultivos. En algunos casos existen antecedentes de robo de agua en otras regiones, por lo que es un tema de especial sensibilidad.
- a. Esta respuesta evidencia que ante un escenario de escasez o restricción hídrica no existen planes de acción y/o mitigación que sean sustentables a mediano plazo, como podría ser el cambio de cultivo por otro de menos demanda hídrica, la reducción de la superficie actual, o en algunos evaluar el pago por no uso de agua.
 - b. El establecimiento de medidas de adaptación o mitigación hacia los usuarios se torna fundamental, dado que, en la mayoría de los casos, el sustento de los sistemas productivos prediales se basa en el recurso hídrico, por lo que una variación en los niveles de agua con que se diseñó, puede que inhabilite el sistema de bombeo, por ejemplo, generará en la mayoría de los casos un colapso de esas unidades, por lo que crecerá la presión de ayuda hacia por parte del Estado.

Diseño e implementación de SPIS

24. Dentro de la información que se tuvo acceso sobre los sistemas instalados y la visita a terreno efectuada a la región de Coquimbo, se puede observar que existen oportunidades de mejora, las cuales se sugiere sean revisadas para la implementación de proyectos futuros.
25. Monitoreo: En general se observa una ausencia de elementos que permitan el monitoreo y seguimiento acerca de la operación de los sistemas de bombeo o riego fotovoltaico. Es recomendable que en el diseño o en las especificaciones técnicas que definan los distintos programas o instrumentos de fomento, se puedan considerar a lo menos los siguientes elementos:
- a. Contador volumétrico: que permita medir el agua que es bombeada por el sistema y entregada al área de riego en expresión de volumen y caudal.
 - b. Medidores de presión: en la línea de salida de la bomba y en caso de existir filtro debiese ser antes y después del filtro.
 - c. Medidor de nivel de agua: En los casos en que la fuente hídrica sea un pozo, se recomienda, dado los bajos costos de los elementos electrónicos, que se pueda implementar un medidor que entregue información al usuario e idealmente que almacene datos para contribuir al monitoreo de recursos hídricos.
26. Seguridad de las instalaciones: Si bien en los últimos años se ha perfeccionado y/o establecido una normativa para los sistemas de bombeo fotovoltaico, es necesario normalizar los sistemas existentes en especial con atención a los siguientes elementos:
- a. Protecciones eléctricas: todos los elementos de generación con energía renovable deberían poseer a lo menos un dispositivo de protección que resguarde la seguridad de las personas y equipos.
 - b. Conexión a tierra: Elemento necesario como medida de seguridad hacia las personas que operan los distintos sistemas de bombeo fotovoltaico, donde los controles o interruptores de los equipos de bombeo están adosados a la estructura donde se alojan los paneles fotovoltaicos.

27. Estructura y ubicación de la unidad de generación fotovoltaica: Dado el objetivo que persiguen los sistemas de bombeo, que es satisfacer la demanda hídrica de las distintas unidades productivas, durante la temporada de riego, merece atención de ser revisa el tipo de estructura que se emplea y la inclinación y orientación que presentan las instalaciones de la unidad de generación fotovoltaica, cuyos valores deben estar optimizadas y adaptados para el sitio de instalación.
- a. En el caso de instalación fija (sistema de bombeo hacia estanque, por ejemplo) su orientación debe ser hacia el norte geográfico y la inclinación deber ser aquella que permita obtener la mayor cantidad de energía en el mes de máxima demanda, de acuerdo a la latitud del sitio.
 - b. Para el caso del riego directo con energía fotovoltaica, se recomienda el uso de un seguidor solar (solar tracker) o la instalación de los paneles solares en orientación este y oeste.
28. Equipo de bombeo solar: En los sistemas clásicos de bombeo solar, la unidad del inversor viene con la motobomba como conjunto, en un paquete completo. El diseño e instalación de estos sistemas son bastante sencillas, y las compañías que desarrollan estos productos han desarrollado buenas herramientas computacionales para facilitar estos fines. Además, la eficiencia de estos equipos es bastante alta, contra un costo de inversión y reposición que también es relativamente alto.
- a. En los últimos años el mercado presenta más variedad en la selección y compra de estos equipos y algunos proveedores ofrecen inversores de frecuencia variable para la aplicación de bombeo solar, compatibles con bombas eléctricas convencionales. Si bien, este último caso reduce el costo de inversión para estos sistemas, como contrapartida se requiere de mayor conocimiento para el diseño y configuración.
 - b. Se recomienda en la etapa de diseño, de acuerdo al objetivo del proyecto, elegir la configuración más adecuada para cada caso específico.
29. Conexión a red: En aquellos lugares donde existe conexión a red eléctrica, se sugiere evaluar la implementación de sistemas de bombeo, con la generación de energía fotovoltaica conectada bajo la modalidad de Netbilling. Esto permitiría que la energía que se genera cuando no se está utilizando el sistema de bombeo, sea inyectada a la red, ya sea para autoconsumo por parte del usuario o para su valoración en el marco de la Ley Nº 20.571.
30. Puesta en marcha y checklist: Se recomienda efectuar una puesta en marcha de cada sistema y revisar un checklist después de la instalación para comprobar en terreno el funcionamiento correcto del sistema, previa recepción por parte del usuario o contraparte técnica.

Capacitación y educación

31. Otra componente que es necesario abordar, tiene relación con la capacitación adecuada para todos los diferentes actores, además, educación y la generación de capacidades en el buen uso del agua y la gestión local de recursos hídricos. Si bien en la mayoría de los casos se pudo constatar una tendencia hacia la tecnificación de los sistemas de riego, con la incorporación de riego por goteo o micro aspersión, es necesario que los usuarios puedan ser educados en el uso racional del recurso y cómo ahorrar agua donde sea factible. La región de Coquimbo presenta buenos antecedentes en esta línea, dado su largo período de escasez hídrica, por lo que la mayoría de los usuarios está sensibilizada.

32. Resulta fundamental también incorporar el concepto de monitoreo, como un elemento central dentro de la gestión de recursos hídricos, por parte de los usuarios, para que sea visto no cómo una fiscalización por parte de la autoridad, sino como un elemento de retroalimentación y necesario para la gestión y sustentabilidad de los recursos hídricos, el cual le permita a ellos autogestionar el uso de sus sistemas de acuerdo a la disponibilidad hídrica.
33. Los usuarios en general buscan maximizar sus ingresos económicos, por lo que introducen especies que no siempre son las adecuadas para la zona, o requieren mayor agua que la disponible. Es necesario revisar de qué manera se puede cumplir el objetivo que buscan los usuarios y, por otro lado, mejorar la sustentabilidad de las unidades productivas bajo este concepto.

BORRADOR