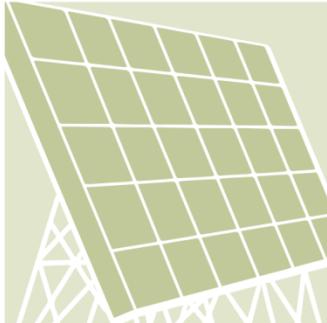


POWERING
AGRICULTURE:

AN ENERGY GRAND CHALLENGE
FOR DEVELOPMENT

TOOLBOX ON SOLAR POWERED IRRIGATION SYSTEMS (SPIS)



Módulo 4: Mercado



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



La publicación de la Caja de herramientas de sistemas de riego solar ha sido posible gracias al apoyo brindado por la iniciativa mundial *Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* (PAEGC) (Energización Rural: Un gran desafío energético para el desarrollo). En 2012, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Sida), el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania, la empresa de energía Duke Energy Corporation y la Corporación de Inversiones Privadas en el Extranjero (OPIC) juntaron recursos para crear la iniciativa PAEGC. El objetivo de PAEGC es fomentar nuevos enfoques sostenibles con el fin de acelerar el desarrollo y asegurar el establecimiento de energías limpias que incrementen la productividad y/o el valor de la agricultura en países en desarrollo y regiones emergentes sin acceso a fuentes de energía confiables, asequibles y limpias.

Publicado por

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, por encargo del BMZ como socio **fundador** de la iniciativa mundial *Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development* (PAEGC), y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Responsable

Proyecto de la GIZ *Sustainable Energy for Food – Powering Agriculture* (Energía sostenible para la alimentación - Energía para la agricultura)

Contacto

Powering.Agriculture@giz.de

Descargar

https://energypedia.info/wiki/Toolbox_on_SPIS

Acerca de

Powering Agriculture: An Energy Grand Challenge for Development: <https://poweringag.org>

Versión

1.0 (marzo de 2018)

Descargo de responsabilidad

Las denominaciones empleadas y la presentación del material en este producto informativo no implican juicio alguno de parte de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), o los socios fundadores de la iniciativa PAEGC, sobre la condición jurídica o el grado de desarrollo de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la GIZ, la FAO o alguno de los socios fundadores de la iniciativa PAEGC los aprueben o recomiendan, dándoles preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan. Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es) o autora(s), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o las políticas de la GIZ, la FAO o ninguno de los socios fundadores de la iniciativa PAEGC.

La GIZ, la FAO y los socios fundadores de la iniciativa PAEGC fomentan la utilización, la reproducción y la difusión del material presentado en este producto informativo. A menos que se indique lo contrario, el material puede ser copiado, descargado e impreso con fines de estudio privado, enseñanza e investigación científica, o para su utilización en productos o servicios no comerciales, siempre que se otorgue a la GIZ y la FAO el debido reconocimiento como fuentes y como titulares de los derechos de autor.

Implemented by

© GIZ y FAO, 2018



ABREVIATURAS

| | |
|----------------|---|
| Ah | amperio hora |
| CA/CC | corriente alterna / corriente continua |
| CEM | condiciones estándar de medida |
| CT | coeficiente de temperatura |
| CWR | Crop Water Requirement (necesidades de agua de los cultivos, siglas en inglés) |
| ET | evapotranspiración |
| FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, siglas en inglés) |
| FV | fotovoltaico |
| Gd | Daily Global Irradiation (radiación global diaria, siglas en inglés) |
| GIWR | Gross Irrigation Water Requirement (necesidades brutas de agua de riego, siglas en inglés) |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit |
| GPFI | Global Partnership for Financial Inclusion (Alianza Mundial para la Inclusión Financiera, siglas en inglés) |
| HERA | Programa de la GIZ "Abastecimiento básico de energía orientado a la pobreza" |
| H _T | Total Head (altura total, siglas en inglés) |
| IEC | International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional, siglas en inglés) |
| IFC | International Finance Corporation (Corporación Financiera Internacional, siglas en inglés) |
| IWR | Irrigation Water Requirement (necesidades de agua de riego, siglas en inglés) |
| m ² | metro cuadrado |
| MPPT | Maximum Power Point Tracking (seguimiento del punto de máxima potencia, siglas en inglés) |
| NIWR | Net Irrigation Water Requirement (necesidades netas de agua de riego, siglas en inglés) |
| ONG | organización no gubernamental |
| PVP | Photovoltaic Pump (bomba fotovoltaica, siglas en inglés) |
| SAT | Site Acceptance Test (prueba de aceptación in situ, siglas en inglés) |
| SPIS | Solar Powered Irrigation System (sistema de riego solar, siglas en inglés) |
| TIR | tasa interna de retorno (o de rentabilidad) |
| UV | ultravioleta |
| VAN | valor actual neto |
| Vd | Daily crop water requirement (necesidades diarias de agua de los cultivos, siglas en inglés) |
| W | vatio |
| W _p | vatios pico |

MERCADO



OBJETIVO DEL MÓDULO Y ORIENTACIÓN

El módulo **MERCADO** tiene como objetivo proporcionar un alto nivel teórico sobre cómo llevar a cabo una posible evaluación de mercado de sistemas de riego solar en un país o una región determinada. Proporciona parámetros para su consideración que pueden ser empleados por diferentes depositarios (incluyendo a empresas privadas de SPIS, actores políticos, instituciones financieras y profesionales del desarrollo) para la evaluación del potencial de mercado de SPIS.

El módulo reconoce que, con el fin de llevar a cabo una evaluación del potencial de mercado, el usuario deberá identificar un área objetivo para dicha evaluación. El **Capítulo 1: Identificación del potencial de mercado** proporciona los factores a tener en cuenta a la hora de identificar el mercado y las herramientas que pueden ser empleadas para dicho fin.

Además, el módulo identifica dos categorías generales de parámetros que son la clave para llevar a cabo una evaluación del potencial del mercado de SPIS de alto nivel en el país o en la región objetivo: 1) los parámetros geofísicos y 2) el entorno empresarial. El **capítulo 2 – “Evaluación de los parámetros geofísicos”** y el **capítulo 3 – “Evaluación del entorno empresarial”** explican los parámetros específicos en cada categoría. Estos capítulos proporcionan una serie de definiciones de los parámetros en cuestión y subrayan por qué son clave en la evaluación del mercado.

Los parámetros identificados bajo aspectos geofísicos incluyen: cobertura del terreno, la explotación del suelo, irradiación solar, disponibilidad de agua, topografía, cultivos y ganado y la temperatura ambiente.

Los parámetros que afectan el entorno empresarial incluyen: intervenciones gubernamentales y no gubernamentales, financiación, costos y disponibilidad de fuentes alternativas de energía, capacidad

técnica para el mantenimiento de SPIS, nivel de concienciación sobre las tecnologías solares y de riego, la importancia de la agricultura para la economía, los derechos de propiedad y uso del suelo y el transporte y la infraestructura de comunicación.

El módulo está complementado por la herramienta **MERCADO – Herramienta de evaluación de mercado**, la cual considera los parámetros geofísicos básicos y proporciona una guía, así como una valoración para evaluar los parámetros que permiten un entorno empresarial para SPIS.

1. IDENTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE MERCADO

La identificación del mercado de interés es un paso previo a la evaluación del potencial de mercado para SPIS. La clave para este proceso de identificación, la cual afecta la evaluación del mercado, es **QUIÉN** está interesado o interesada en la promoción y adopción de SPIS, y **POR QUÉ** existe dicho interés. Por ejemplo, una empresa privada de SPIS puede estar buscando una forma de entrar en nuevos mercados, empresas de cooperación y desarrollo pueden buscar nuevas formas de alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible en una región determinada, y actores políticos y agencias gubernamentales pueden estar interesadas en diversificar la economía de su país. Los parámetros presentados en este módulo y sus valoraciones asociadas pueden por lo tanto ser consideradas tanto como parámetros para la evaluación del mercado como para un análisis de carencias del mismo.

La identificación de los mercados objetivo para SPIS requiere la evaluación de varios parámetros. Estos pueden incluir parámetros geofísicos y del entorno empresarial. Para las partes interesadas sin un mercado objetivo definido o para aquellas que solo quieran adquirir una perspectiva general de alto nivel de posibles áreas donde los sistemas podrían ser implementados o utilizados, esto podría suponer una tarea sobrecogedora y que requiera mucho tiempo.

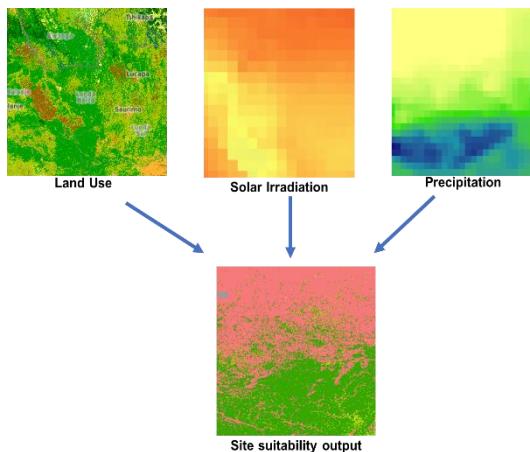
Mientras que las directrices presentadas en los capítulos 2 y 3 ayudan a determinar si un área previamente identificada tiene el potencial para SPIS, más que la identificación del mercado objetivo, este capítulo facilita el proceso de identificación proporcionando consideraciones clave en la identificación del mercado.

Tres parámetros geofísicos son considerados clave para determinar la viabilidad de SPIS en un área: la irradiación solar, las precipitaciones y el uso del suelo/cobertura del terreno. Estos

parámetros son explicados en adelante y tratados en profundidad en la sección de parámetros geofísicos del módulo.

- **Irradiación solar** hace referencia a la energía incidente por unidad de área sobre la superficie de la tierra medida en kilovatios hora por metro cuadrado (kWh/m^2). Mientras los avances en las tecnologías FV solares han permitido trabajar con niveles bajos de irradiación, es generalmente aceptado que con menores niveles de radiación, menor será la viabilidad de SPIS debido a los altos costos de inversión necesarios.
- **Precipitaciones** son un factor fundamental basado en la premisa de que áreas con lluvias por encima de un nivel determinado no requieren riego. Por ejemplo, la caña de azúcar tiene por temporadas las necesidades de agua más altas entre 1500 y 25000 mm, lo cual se traduce en una necesidad media de 200 mm mensuales según la FAO. Por lo tanto, áreas con lluvias que superen los 200 mm mensuales tendrán una viabilidad limitada para SPIS.
- **Cobertura del terreno/Uso del suelo** permite la eliminación de áreas menos apropiadas, incluyendo entre otras bosques, núcleos urbanos, y áreas cubiertas de nieve.

La idoneidad de SPIS puede ser presentada en mapas, los cuales proporcionan una perspectiva general de los países o regiones que tienen grandes espacios aptos para sistemas de riego solar. Estos pueden servir de guía para las partes interesadas para llevar a cabo una evaluación de los parámetros geofísicos y empresariales dentro de los países identificados.



Parámetros geofísicos fundamentales para el mapeo de la aptitud
(Fuente: EED Advisory, Kenya, 2018)

RESULTADO / PRODUCTO

- Mercado objetivo para SPIS

DATOS REQUERIDOS

- Datos sobre las precipitaciones;
- datos sobre la cobertura del terreno y del uso del suelo;

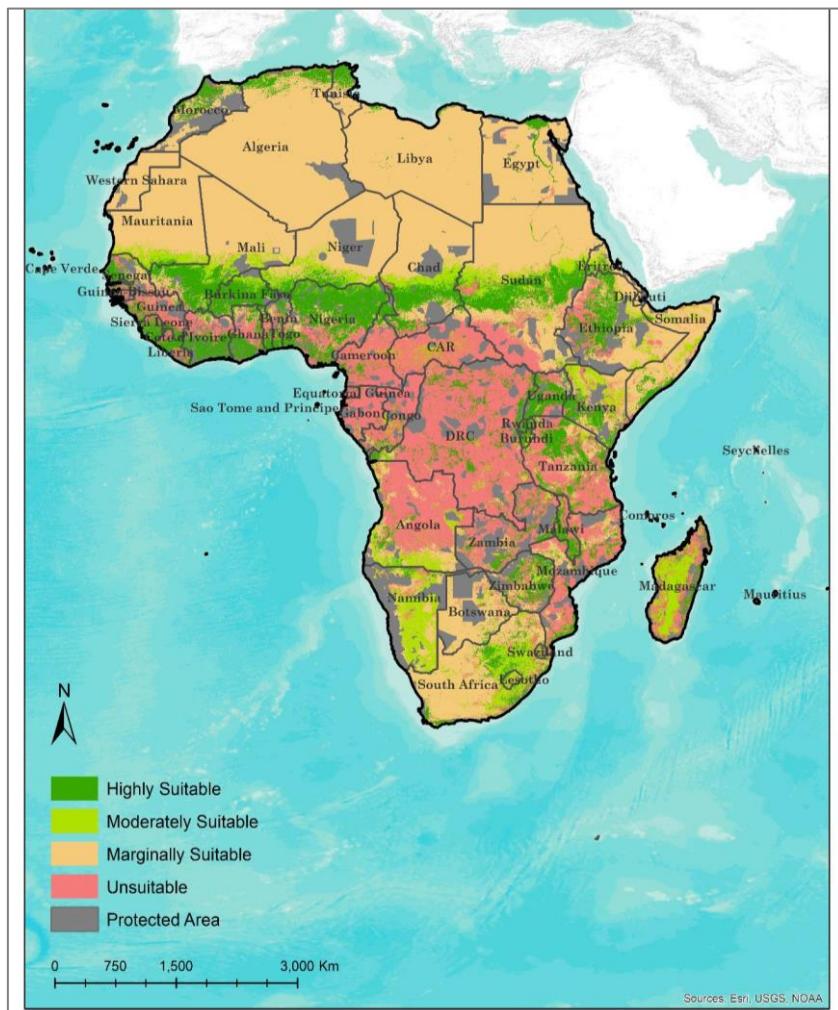
- datos sobre la irradiación solar.

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Empresas privadas de SPIS;
- actores políticos;
- instituciones financieras
- profesionales de cooperación y desarrollo;
- gobiernos nacionales y locales.

ASUNTOS IMPORTANTES

- Las directrices proporcionadas en los siguientes capítulos ayudan a determinar si un lugar previamente identificado tiene el potencial para SPIS, más que a identificar un mercado objetivo.
- La herramienta para el mapeo de la idoneidad proporciona un análisis de alto nivel mediante superposición de los datos de irradiación solar, precipitaciones y el uso de los suelos/cobertura del terreno.



Prueba de mapa de idoneidad para SPIS (Esri USGS, NOAA data)
(Fuente: EED Advisory, Kenya, 2018)

2. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS GEOFÍSICOS

Varios parámetros geofísicos pueden ser utilizados para evaluar los mercados de SPIS. Este módulo destaca tres parámetros cruciales para la viabilidad de las aplicaciones de SPIS, tal y como fueron introducidos en el capítulo 1: cobertura del terreno, uso del suelo, radiación solar y precipitación (bajo disponibilidad de agua). Si el estado de estos tres parámetros es desfavorable en el área de valoración, la probabilidad de que SPIS sea practicable es baja. Otros cuatro parámetros adicionales que son clave para la evaluación de mercado de SPIS han sido identificados – estos no afectan la viabilidad de SPIS, sino el éxito de la adopción de SPIS, basado en casos concretos. Los siete parámetros serán expuestos a continuación.

COBERTURA DEL TERRENO / USO DEL SUELO

La cobertura del terreno hace referencia a la cobertura tanto física como biológica de la superficie terrestre, incluyendo agua, superficies desnudas, bosques, y estructuras artificiales entre otras. El uso del suelo, por otro lado, hace referencia a cómo las personas utilizan el terreno, ya sea para su recreo, agricultura o como hábitat de animales salvajes, entre otros.

La cobertura del terreno/el uso del suelo es uno de los parámetros a considerar durante la identificación de posibles mercados para SPIS, ya que ayuda a determinar la viabilidad de la ubicación para agricultura, a partir de la cual otros parámetros pueden ser considerados. La cobertura del terreno se mide mediante observaciones directas de campo o mediante técnicas de teledetección, implicando el análisis posterior de las imágenes satelitales y aéreas. Basándose en el análisis de la cobertura del terreno, los datos sobre el uso del suelo pueden ser inferidos mediante datos auxiliares. La información ayuda a las instancias decisorias y a partes interesadas de

sectores transversales a entender la dinámica de un entorno cambiante y a asegurar un desarrollo sostenible.

Los datos de cobertura del terreno consiste normalmente de ocho clases, incluyendo humedales, cuerpos de agua, áreas urbanas, arbustos, pastizales, bosques, terrenos sin vegetación y áreas agrícolas. Estas pueden ser además clasificadas en varias clases, dependiendo de la fuente de datos. El marco de idoneidad de tierras de la FAO, por ejemplo, divide los terrenos en cuatro tipos desde terrenos altamente aptos (S1) a terrenos momentáneamente no aptos (S4). Entre las ocho clases mencionadas, “tierras agrícolas” puede ser clasificada como altamente apto (S1), mientras que la clase “pastizal”, la cual requiere una limpieza del terreno y un nivelamiento previos, sería más bien moderadamente apta (S2). La clase “matorral” y “tierras sin vegetación” requieren una inversión inicial mayor para la preparación del terreno, por lo que se clasificarían como marginalmente aptas (S3), mientras que las clases “bosque”, “agua”, “urbana” y “humedal” pueden ser calificadas como no aptas (S4).

En la evaluación del potencial de mercado para SPIS en un país o región determinada, los entes decisores han de evaluar la viabilidad de riego para su ubicación objetivo desde una perspectiva que tenga en cuenta la cobertura del terreno. Por ejemplo, las áreas mayoritariamente clasificadas como terrenos S1 tendrán un mayor potencial para SPIS que las áreas altamente urbanizadas o clasificadas como humedal.

Ha de señalarse, que un análisis de los datos de la cobertura del terreno/uso del suelo mediante el uso de técnicas de teledetección deberá ser seguido de una verificación de campo para corroborar la información obtenida, antes de realizar una inversión en la zona seleccionada.

RESULTADO / PRODUCTO

- Clasificación de tierras basada en la idoneidad agrícola.
- Selección de tierras óptimas para la promoción de SPIS.

DATOS REQUERIDOS

- Datos sobre la cobertura del terreno – uso del suelo;
- Marco de clasificación de la aptitud de terrenos (p. ej. FAO)

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Técnicos agrícolas
- Analistas expertos en teledetección
- Ministerios de agricultura

ASUNTOS IMPORTANTES

Siempre es importante llevar a cabo un seguimiento del análisis de la cobertura del terreno con visitas de campo en las áreas seleccionadas. Las imágenes aéreas y satelitales suelen ser muy precisas, no obstante, si no se usan datos actuales, es importante verificar la selección.

IRRADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es un factor clave en la evaluación del potencial de mercado para SPIS en una región determinada. Hace referencia a la cantidad de energía incidente por unidad de área sobre la superficie terrestre en unidades de vatios hora por metro cuadrado. Los sistemas FV usan la radiación global horizontal (GHI, siglas en inglés), la cantidad total de radiación recibida de arriba por una superficie horizontal. La GHI está compuesta por la radiación normal directa (DNI, siglas en inglés) – que es la cantidad de radiación solar recibida por unidad de área por una superficie perpendicular a los rayos incidentes; y la radiación horizontal difusa (DHI, siglas en inglés) – que es la cantidad de radiación recibida por unidad de área por una superficie en la que los rayos solares no inciden directamente,

pero está afectada por las moléculas y partículas dispersas en la atmósfera.

La radiación solar puede ser clasificada en cuatro clases: los niveles inferiores a 2.6 kWh/m² se clasifican como radiación solar baja, mientras que los niveles entre 2.6 y 3 kWh/m² se consideran radiación solar moderada. Cuando la radiación solar oscila entre 3 y 4 kWh/m², se considera radiación solar alta, y cuando supera los 4 kWh/m², se habla de una radiación solar muy alta. Es importante señalar que esta clasificación se usa con el fin de distinguir la eficiencia de los sistemas, ya que los avances en tecnologías solares han permitido construir sistemas en casi todas las áreas que reciben radiación solar. En áreas de baja radiación, la eficiencia de los sistemas se verá comprometida debido al bajo rendimiento de los paneles. Además, el montaje de paneles solares en zonas de radiación solar baja puede llevar a altos costos, debido a la mayor cantidad de paneles requerida para generar la misma cantidad de energía que otras regiones con mayor radiación. Es por eso que se ha de señalar que debido a los avances tecnológicos, la radiación solar es más bien una consideración económica que una cuestión de viabilidad técnica.

RESULTADO / PRODUCTO

- Clasificación de regiones basada en la GHI o el producto FV de los sistemas
- Identificación de lugares óptimos para SPIS

DATOS REQUERIDOS

- Datos sobre la radiación global horizontal

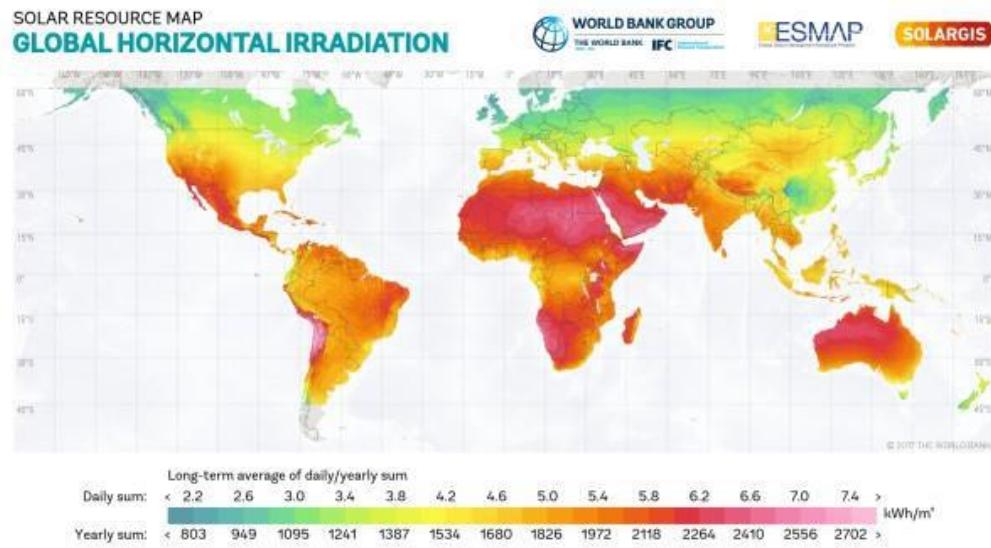
PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Instaladores de sistemas FV
- Proveedores de servicios meteorológicos
- Proveedores de equipamiento solar

ASUNTOS IMPORTANTES

- Hay varios factores que afectan la funcionalidad de un sistema FV, además de la radiación solar. Dos

de los más importantes son la temperatura y el relieve, los cuales serán explicados más adelante en la sección de temperatura ambiente y topografía en este mismo módulo.



Radiación solar horizontal global
(Fuente: Grupo Banco Mundial, 2018)

DISPONIBILIDAD DEL AGUA

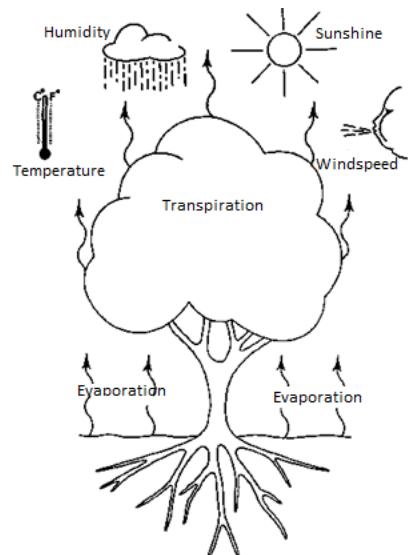
Este parámetro investiga la cantidad y calidad del agua disponible para el riego en un área potencial para SPIS. Los requerimientos para el agua de riego dependen del balance obtenido de las necesidades de agua de los cultivos y el agua disponible.

Las necesidades de agua de los cultivos se define generalmente como la cantidad de agua que necesita una planta para vivir y crecer, y se mide en milímetros diarios, mensuales o estacionales. Es afectada por varios factores, incluyendo:

1. **Las condiciones climáticas**, incluyendo la temperatura, la humedad y la velocidad del viento. En consecuencia, los requerimientos de agua para un cultivo varían en función de las condiciones climáticas, con la
2. mayor demanda en áreas cálidas, secas, ventosas y soleadas;
3. **El tipo de cultivo** afecta la demanda de agua, tanto a corto (demanda de agua diaria) como a largo plazo (demanda de agua estacional);
4. **La fase de crecimiento** para un cultivo particular también afecta a su demanda de agua. Por ejemplo, una planta de maíz madura puede necesitar más agua que una planta en fase de brote. Suelen haber datos locales disponibles sobre la demanda de agua de cultivos en oficinas del ministerio de agricultura local. La **herramienta de cálculo de necesidades de agua** bajo el módulo **SALVAGUARDA EL AGUA**, al igual que recursos proporcionados por la FAO pueden ser utilizados para la estimación de la demanda de agua.

La disponibilidad de agua para el crecimiento del cultivo depende de tres fuentes principales: precipitaciones,

recursos de aguas subterráneas y superficiales.



Mayores factores climáticos que afectan la demanda de agua de los cultivos.

(Fuente: Food and Agriculture Organization of the United Nations)

Precipitación, la cantidad de lluvias en un área influye directamente en las necesidades de riego en el área. Si la cantidad de precipitaciones recibidas en una región es suficiente para alcanzar la demanda de los cultivos plantados, no es necesario el riego adicional. Cuando el volumen de lluvias no es adecuado, el abastecimiento de agua proveniente de recursos subterráneos o superficiales es imprescindible para el crecimiento del cultivo. La suficiencia del agua de lluvia puede ser evaluada comparándola con la necesidad de agua de los cultivos utilizando **SALVAGUARDA EL AGUA - Herramienta de cálculo de necesidades de agua**.

Lluvia efectiva – se refiere a la cantidad de agua de lluvia recibida en un área, disponible para su utilización en cultivos. El volumen puede ser afectado por varios factores, incluyendo la textura y estructura del suelo, el clima, la topografía y la

profundidad de la zona de raíces de los cultivos¹, entre otros. Estos factores afectan el caudal de escorrentía superficial y de percolación/infiltración más allá de la zona de raíces. La cantidad de agua de lluvia retenida en la zona de raíces que puede ser utilizada por las plantas se denomina lluvia efectiva. No obstante, debido a la falta de datos (p. ej. sobre el tipo de suelo, la fiabilidad de la lluvia y la topografía), la FAO proporciona estimaciones aproximadas para la lluvia efectiva por precipitaciones reales.

Fuentes de agua superficiales y subterráneas – la necesidad de hacer uso de estos recursos con el fin de eliminar el déficit de lluvias hace visible el potencial de mercado de SPIS. No obstante, es importante señalar que factores como la proximidad de la fuente de agua y el rendimiento de la misma, las tasas de recarga de acuíferos, la calidad del agua, los permisos y derechos de extracción de agua han de ser considerados a la hora de identificar y de diseñar SPIS para áreas determinadas. El rendimiento de una fuente de agua, por ejemplo, influye directamente en el tipo de método de riego a elegir. En situaciones de provisión inapropiada de agua, suelos sensibles o agua de baja calidad (sedimentación, salinidad o dureza del agua), métodos de riego apropiados como por goteo o aspersor son preferibles. El riego de superficie es preferible si el agua contiene grandes cantidades de sedimento que puede obstruir la tubería para goteo o del sistema por aspersión. Una explicación más detallada puede leerse en el módulo **DISEÑA**.

RESULTADO / PRODUCTO

- Clasificación de las regiones basada en la demanda de agua de los cultivos vs la precipitación efectiva.
- Identificación de las fuentes de agua subterráneas y superficiales.

DATOS REQUERIDOS

- Datos mensuales sobre la precipitación
- Información sobre los cuerpos de agua superficiales y sistemas de acuíferos de aguas subterráneas.
- Licencias y derechos de extracción de agua
- Tasas del caudal
- Demanda de agua de los cultivos

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Proveedores de servicios meteorológicos
- Autoridades para la gestión de los recursos hídricos y autoridades para la otorgación de licencias de extracción de recursos hídricos
- Consultores agrícolas
- Organizaciones y Consejos de Riego

ASUNTOS IMPORTANTES

- El análisis de las precipitaciones y de las fuentes de agua subterráneas y superficiales deberán ser seguidas de una verificación de datos de los entes gubernamentales en cuestión (p. ej. centros nacionales de meteorología, autoridades para la gestión de recursos hídricos) antes de llevar a cabo la inversión.
- Para determinar las necesidades de agua de los cultivos se puede hacer uso de la **herramienta de cálculo de necesidades de agua** en el módulo **SALVAGUARDA EL AGUA**.

¹ La zona de raíces es la zona en el suelo en la cual se encuentran las raíces de una planta, desde la cual puede absorber agua.

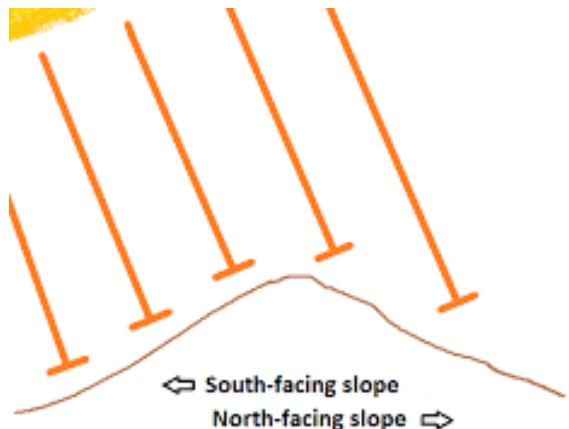
- La adopción de SPIS deberá asegurar una extracción de agua sostenible de las fuentes de agua identificadas. El módulo **SALVAGUARDA EL AGUA** proporciona información sobre la gestión de los recursos de aguay sobre la extracción de agua sostenible e incluye una lista de verificación de la gestión de los recursos hídricos.

TOPOGRAFÍA

La topografía describe la elevación y las características del relieve de la superficie terrestre. Las características del relieve incluyen formas naturales como hechas por el hombre, tales como calles, colinas, valles, vías férreas, entre otras. Las características topográficas clave para la evaluación del potencial de mercado de SPIS son la pendiente y la orientación.

Pendiente es la medida del cambio de elevación a lo largo de una distancia determinada. Indica cómo es la inclinación de un área y es un factor determinante para la promoción del tipo de riego. Esto a su vez determinará el costo y la demanda de trabajo (p. ej. las prácticas de control de la erosión y la canalización para el agua). Por ejemplo, el riego de superficie es más apropiado en áreas de terreno ondulado y es más barato que el riego por aspersión o goteo, que serán mejores en terreno irregular y empinado. Así pues, asociando terrenos empinados con un factor como el acceso limitado a financiación (v. capítulo 3), supondría un potencial de mercado bajo para SPIS.

Orientación es la dirección a la que da una pendiente. Es especialmente relevante para sistemas en mayores latitudes y raramente afecta a sistemas cercanos o situados en el ecuador. La orientación influye en la cantidad de radiación solar que una pendiente recibe, así como la variabilidad de temperatura diaria y la humedad relativa a la pendiente.



The sun's rays strike south-facing slopes more directly than north-facing slopes in the northern hemisphere.

Los efectos de la orientación

(Fuente: <http://www.explorenaturalcommunities.org>)

En general, una mayor cantidad de luz solar directa tiende a incidir en las pendientes con orientación sur y suroeste, mientras que pendientes con orientación norte suelen tener más sombra en el hemisferio norte. En el hemisferio norte ocurre a la inversa, siendo las pendientes con orientación norte y noroeste aquellas que reciben más luz solar.

Un análisis topográfico de posibles sitios para SPIS puede ser llevado a cabo mediante el uso de mapas topográficos basados en la configuración física de la superficie terrestre sirviéndose de líneas de nivel, así como símbolos de características de origen antropogénico o natural. Los usuarios también pueden usar modelos digitales de elevación (MDEs), que son bases de datos especializadas que representan el relieve de la superficie entre puntos de una elevación conocida. Los MDEs pueden ser utilizados en plataformas de Sistemas de Información Geográfica (SIGs). Este procedimiento deberá ser seguido de un ejercicio de verificación del terreno para determinar la pendiente y orientación exactos en el área de interés.

RESULTADO / PRODUCTO

- Determinación de la pendiente y orientación de posibles mercados de SPIS
- Selección de sistemas de riego aptos según la topografía del posible mercado de SPIS.

DATOS REQUERIDOS

- Mapas topográficos
- Modelos Digitales de Elevación (MDEs)

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Autoridades de tierras y estudios

ASUNTOS IMPORTANTES

- Deberá tenerse en cuenta el posible riesgo de erosión causada por sistemas de riego en áreas de elevada pendiente.

CULTIVOS Y GANADO

Un resumen de los tipos de cultivos y/o ganado predominantes en el país o la región de interés ayuda a entender qué SPIS es más adecuado, y es indicativo para el potencial de mercado de la tecnología de SPIS. Esto es particularmente relevante para proveedores de SPIS y entidades que busquen promocionar la adopción de SPIS por productores agrícolas. Esta información puede ser obtenida del ministerio de agricultura correspondiente, de estudios e investigaciones internacionales sobre las áreas de cultivo, y de bases de datos de la FAO sobre cultivos, entre otras fuentes.

Además, las partes interesadas en promocionar o configurar esquemas de SPIS pueden usar las zonas agroecológicas (AEZs, siglas en inglés) para determinar los cultivos y el ganado más apropiados para el área de interés. Las AEZs definen áreas basándose en una combinación de datos sobre el suelo, el relieve, y las características climáticas, asociando los cultivos y el ganado más

aptos para las diferentes regiones. Las zonas también pueden ser usadas para determinar el posible rendimiento de los cultivos principales de la zona, haciendo posible una proyección de los posibles ingresos del mercado objetivo. Como fue presentado en el capítulo 3 en la sección de finanzas, el acceso a una financiación es el parámetro clave a la hora de evaluar el potencial de mercado para SPIS.

El portal de zonas globales agroecológicas (GAEZ, siglas en inglés) de la FAO y del Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) pone a disposición un portal online comprensible con detalles sobre los recursos de la tierra, los recursos agro-climáticos, la idoneidad y el posible rendimiento, el rendimiento actual y la producción, y el rendimiento y los vacíos de producción. Las partes interesadas en SPIS pueden hacer uso de esta herramienta u otras similares para determinar las características importantes que influyen en el tipo de cultivo o ganado en un área determinada.

RESULTADO / PRODUCTO

- Lista de cultivos y ganado para países y regiones determinados
- Clasificación de AEZs para áreas determinadas
- Posible rendimiento de cultivos/ganado en el área de interés

DATOS REQUERIDOS

- Las GAEZs de la FAO y del IIASA

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Ministerio de Agricultura

TEMPERATURA AMBIENTE

Como ya dice el título, este parámetro trata la temperatura de las áreas vecinas. Esto afecta de dos maneras el potencial de SPIS: **1) afecta la eficiencia de SPIS y 2) afecta a los cultivos y al ganado en el área de interés.**

En cuanto a la **eficiencia de SPIS**, la temperatura es un factor clave en el diseño

del sistema de bombeo, ya que afecta su funcionamiento y la vida útil del equipo FV solar. El flujo de electricidad y la salida de voltaje de los paneles solares depende linealmente de la temperatura a la que operen los paneles. Temperaturas bajas producen una resistencia reducida a la electricidad, resultando en una salida de voltaje mayor; temperaturas altas incrementan la resistencia y llevan a salidas de voltaje menores. Temperaturas ambiente altas también afectan el funcionamiento del inversor del sistema, reduciendo su frecuencia, lo cual reduce su eficiencia y la tasa de flujo de la bomba.

Debido a la variabilidad climática en diferentes regiones, la mayoría de los paneles no operan bajo condiciones térmicas ideales. Para corregir esto, los paneles en zonas más calurosas son diseñados con sistemas de enfriamiento para mantener los paneles a una temperatura específica.

Además, los sistemas FV, bajo condiciones de temperatura variables, deben ser adaptados para asegurar que la salida de voltaje no sea demasiado alta, lo cual podría dañar el equipo.

La variedad de cultivos y ganado aptos para el área pueden verse afectados por la temperatura ambiente. Un análisis del régimen térmico aplicando una zonificación puede revelar la aptitud de los cultivos y del ganado para una región basándose en la temperatura. Esto puede suponer una necesidad de SPIS para la región en cuestión.

RESULTADO / PRODUCTO

- Determinación de la temperatura ambiente en posibles mercados de SPIS
- Selección de la tecnología solar más apropiada basándose en la temperatura
- Determinación de los cultivos y ganado más aptos basándose en la temperatura.

DATOS REQUERIDOS

- GAEZs de la FAO y del IIASA

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Proveedores de servicios meteorológicos

ASUNTOS IMPORTANTES

- La selección de paneles debería ser realizada considerando la temperatura ambiente para maximizar la eficiencia del sistema y asegurar la salida de voltaje adecuado.

DEMOGRAFÍA

El entendimiento de las características demográficas, incluyendo la densidad de la población, su edad, los niveles y patrones migratorios y los ingresos familiares proporcionan información adicional a la hora de tomar decisiones en posibles mercados de SPIS. Estas características pueden ser usadas como indicadores proxy sobre los niveles de pobreza, la disponibilidad de mano de obra, las prácticas agrícolas predominantes y los asentamientos urbanos, entre otros.

Este parámetro no puede ser usado a solas, pero en combinación con otros parámetros puede proporcionar un entendimiento más profundo sobre la dinámica social y las condiciones culturales de una región objetivo. Por ejemplo, como ya se mencionó antes, uniendo la topografía con el parámetro de la pobreza puede ayudar a deducir el potencial de mercado. Además, un análisis de la densidad de población y de la cobertura del terreno pueden destacar las áreas con mayor densidad poblacional o asentamientos urbanos, lo cual sirve de factor para determinar la viabilidad del potencial de mercado de SPIS. Los SPIS no pueden ser instalados en sitios de alta densidad demográfica, pero sí en zonas cercanas para proveer al mercado productor.

Una evaluación de las características demográficas, por ejemplo a través de los ingresos familiares, junto a los parámetros empresariales, tales como la financiación o los efectos de la pobreza, pueden ayudar a subrayar la capacidad doméstica para implementar sistemas SPIS.

RESULTADO / PRODUCTO

- Correlación de las características demográficas con parámetros geofísicos y empresariales de SPIS para identificar asuntos relevantes a la hora de determinar el potencial de mercado de SPIS.

DATOS REQUERIDOS

- Informes de censo
- Imágenes de satélite de la población global

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Ministerios gubernamentales, incluyendo los ministerios de trabajo y de migración
- Estadísticos

3. EVALUACIÓN DEL ENTORNO EMPRESARIAL

Mientras que adoptar un sistema SPIS en una región puede ser factible desde un punto de vista geofísico, el entorno empresarial también tiene un papel clave para la implementación de la tecnología. Existen varios factores que pueden contribuir para crear un entorno favorable para la adopción de SPIS, cuya importancia varía según la entidad promotora de SPIS. Los 9 parámetros presentados en este capítulo son de mayor importancia en este sentido.

INTERVENCIÓN GUBERNAMENTAL

Las intervenciones del gobierno como parámetro del entorno empresarial de SPIS hace hincapié en la políticas, las normas y regulaciones prevalecientes en el sector del regadío y de la energía solar de un país.

Juntos proporcionan una imagen completa de la fortaleza y del alcance que tiene el apoyo gubernamental y de las acciones llevadas a cabo para convertir ese soporte en una realidad. Normalmente, las políticas y regulaciones gubernamentales varían de un país a otro, pero se pueden resumir bajo los siguientes términos:

1. **Promoción de sistemas de energías renovables,** especialmente solar
2. **Programas de promoción de equipos de riego,** en particular SPIS y
3. **La presencia de cuerpos estatales e importancia dando apoyo al sector.**

Un indicador importante de un entorno político y reglamentario efectivo en el campo de SPIS son los programas de implementación y soporte del marco legal. Por ejemplo, si los programas tienen un planeado un presupuesto indicativo y un objetivo, puede significar que el gobierno está comprometido para implementar dicha política. Además, la presencia de

cuerpos del gobierno para hacer seguimiento del progreso de la implementación y del cumplimiento de estándares, es indicador de que las políticas y regulaciones van a llevarse a cabo.

Sirva de ejemplo, un país X, que tiene una cláusula en su Acta de Energía sobre la adopción de energías renovables en su país, incluyendo la energía solar, comparado con un país Y, que tiene la misma cláusula, pero ha desarrollado regulaciones para energía solar, determinando estándares para el equipo y diseñando un programa de subvenciones para promocionar la adopción de SPIS entre pequeños agricultores y agricultoras. El país Y tendrá un mejor entorno para la promoción y adopción de SPIS.

RESULTADO / PRODUCTO

- Determina el paisaje regulatorio de una región y su apetito por SPIS

DATOS REQUERIDOS

- Información sobre regulaciones y políticas gubernamentales para energía solar y equipo de riego
- Lista de los programas que promueven SPIS
- Lista de los cuerpos del gobierno involucrados en temas de energía solar y/o riego
- Indicadores reguladores del Banco Mundial para energías renovables (RISE) ayudan a la hora de comparar políticas nacionales y marcos regulatorios para energías sostenibles

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Gobiernos nacionales y locales
- Ministerios de energía y regadío

ASUNTOS IMPORTANTES

Algunas de las políticas pueden cruzar varios ministerios del gobierno. Por ejemplo, una política de comercio puede deshacer el derecho arancelario para equipos de energía solar. Esto seguiría siendo una intervención del gobierno pero centrada en las finanzas. Esto será tratado en el parámetro sobre financiación en el módulo sobre el entorno empresarial.

INTERVENCIONES DE ORGANIZACIONES DE DESARROLLO

Las organizaciones de desarrollo pueden introducir una agenda o programas que presenten una influencia importante en la adopción de SPIS en un país o región. La mayoría de estas organizaciones construyen sus agendas en torno a los objetivos del desarrollo sostenible (SDGs, siglas en inglés), requiriendo un entendimiento de SPIS en el entorno de los SDGs. SPIS cubre varios SDGs, incluyendo:

- **SDG nº 2** que persigue acabar con el hambre, asegurando la seguridad alimentaria y la mejora nutricional, promocionando una agricultura sostenible;
- **SDG nº 7** el cual persigue asegurar un acceso a energía asequible, seguro, sostenible y moderno para todos y todas;
- **SDG nº 13** que persigue tomar urgentemente medidas para combatir el cambio climático y sus consecuencias.

Por ello es importante entender las áreas de acción objetivo para las organizaciones de desarrollo establecidas en un país o región para identificar las oportunidades para SPIS.

Las organizaciones de desarrollo varían entre organizaciones de la sociedad civil, instituciones de investigación, y organizaciones de desarrollo bilaterales y multilaterales. La participación de estas organizaciones en la promoción de

SPIS a un nivel localizado está bien posicionada para llevar varios de los elementos necesarios para promocionar SPIS de manera sistemática e integrada con el fin de facultar a actores individuales y crear un impulso en el mercado.

Habitualmente las organizaciones de desarrollo varían de un país a otro, pero se pueden distinguir tres tendencias en los siguientes términos:

- i) Organizaciones con programas nacionales que promueven la adopción de sistemas de riego
- ii) Agencias de desarrollo con programas nacionales para la promoción específica de SPIS.

Las organizaciones de desarrollo se distinguen en conocimiento, experiencia, necesidades y capacidad. Cada cual evalúa el mercado de manera diferente, y sus áreas de competencia abordan respectivamente los obstáculos en el mercado del desarrollo. En conjunto, se forma una imagen más comprensiva del potencial de mercado para SPIS, incluyendo las barreras que impiden su adopción y los incentivos necesarios para seguir adelante.

Países o regiones con intervenciones nacionales en el sector del riego y/o de SPIS tienden a crear una atmósfera positiva a favor de la implementación de SPIS.

RESULTADO / PRODUCTO

- Evaluación de las intervenciones nacionales de agencias de desarrollo en el sector del riego y SPIS en un país o región.

DATOS REQUERIDOS

- Lista de las posibles agencias de desarrollo en el sector del riego y/o de sistemas solares

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Organizaciones de la sociedad civil
- Instituciones de investigación
- Organizaciones bilaterales
- Organizaciones multilaterales

ASUNTOS IMPORTANTES

- Para que una agenda o un programa se convierta en parámetro importante con influencia en el potencial de mercado de SPIS, es necesario que sea de unas dimensiones suficientemente grandes para mover la dinámica del mercado. Por ejemplo, un programa implementado a escala nacional tendrá probablemente un impacto más significativo en las operaciones de SPIS que uno implementado a nivel local.

FINANCIACIÓN

Adoptar SPIS supone una serie de costos iniciales importantes que frecuentemente limitan su implementación, especialmente entre productores de bajos ingresos. Para algunos, la agricultura es el único medio de vida, e invertir en un equipo de SPIS supondría retirar los medios financieros de otras necesidades domésticas. La habilidad de poder pagar los altos costos de capital que suponen una barrera importante para SPIS, a pesar de que los costos de su ciclo de vida son inferiores a los de soluciones alternativas. Por lo tanto, para facilitar la adopción de estos sistemas es necesario el apoyo en términos de financiación.

Algunos gobiernos, agencias de desarrollo y el sector privado tienen varios mecanismos de desarrollo en diferentes regiones para ofrecer este tipo de apoyo. La financiación de SPIS puede ser vista desde dos perspectivas:

- a) La capacidad financiera de los usuarios finales
- b) La disponibilidad de apoyo financiero institucional

Capacidad financiera del usuario final

Este parámetro analiza la capacidad de compra de los usuarios finales como indicador clave del potencial de mercado de SPIS en una región. Ayuda a determinar la cantidad de capital disponible y/o alcanzable para el usuario final, incluyendo opciones de financiación ajenas al mercado. Así puede determinarse la capacidad de financiación y consecuentemente, también la capacidad de compra de un SPIS.

La capacidad financiera de una población y su acceso a servicios financieros puede ser deducida de factores como la incidencia de pobreza, los índices de empleo e ingresos y la prevalencia de instituciones financieras en un área. Otros factores podrían incluir el número de cuentas individuales en entidades financieras, el valor de ahorros de clientes y las tasas de préstamos en entidades financieras, así como la facilidad de obtención de crédito. También puede servir de indicador el ingreso nacional bruto (INB).

Disponibilidad de apoyo institucional

El apoyo institucional puede venir del gobierno, de agencias de desarrollo o del sector privado. Estos influyen en el ritmo en el que el usuario final puede recaudar financiación externa. El apoyo financiero del gobierno puede ser en forma de subsidios, incentivos tributarios, reembolsos, incentivos aduaneros y de deudas. El apoyo estatal suele ser más efectivo en las fases iniciales de desarrollo de mercado y finaliza cuando el mercado ha alcanzado su madurez. Las agencias de desarrollo también ofrecen ayudas, financiación basada en resultados (RBF, siglas en inglés), subvenciones y créditos blandos. Cuantos más mecanismos de financiación haya disponibles en un país o región, mejor para el potencial de mercado.

También es fundamental evaluar los mecanismos de financiación para otras fuentes de energía para riego. Por ejemplo, el apoyo del gobierno puede, de manera directa o indirecta, promocionar el uso de otras fuentes de combustible como

diésel o electricidad. Así pues, una subvención para la electrificación rural o la subvención de butano para cocinar puede invalidar la adopción de SPIS en un país o región si los costos recurrentes de energía son insignificantes comparados con los costos iniciales de SPIS.

RESULTADO / PRODUCTO

- Evaluación del panorama financiero de una región

DATOS REQUERIDOS

- Incidencia de pobreza en la población rural
- Proporción de cuentas bancarias formales con la población de áreas rurales
- Valor de los ahorros y acceso a créditos en la población rural
- INB per cápita
- Gráficos de empleo
- Política fiscal para energía solar y riego
- Agencias de desarrollo que financien el riego y SPIS

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Gobiernos
- Organizaciones de la sociedad civil
- Instituciones de investigación
- Organizaciones bilaterales
- Organizaciones multilaterales
- Entidades financieras

ASUNTOS IMPORTANTES

- La evaluación del panorama financiero debería ir más allá del poder adquisitivo de los usuarios finales (capacidad financiera individual y soporte institucional) para incluir las opciones de financiación para otras fuentes de energía para riego.

DISPONIBILIDAD Y COSTO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

La viabilidad económica de SPIS en una región puede verse afectada por la disponibilidad y el costo de combustibles alternativos. En la mayoría de los casos, para el mismo tamaño de una bomba, SPIS requiere un capital inicial más alto que una bomba a diésel o conectada a la corriente eléctrica. No obstante, estas últimas opciones tienen unos costos de ciclo de vida, mientras que SPIS no necesita evaluar los ahorros de combustible y los períodos de amortización en el mercado objetivo.

Una evaluación de la disponibilidad debería determinar la cantidad y calidad de combustibles alternativos para el bombeo de agua. Por ejemplo, si un país o región explota combustibles fósiles, es probable que la energía obtenida de combustibles fósiles se vea favorecida frente a la energía solar. Para electricidad, la tasa de electrificación rural puede ayudar a determinar la disponibilidad de electricidad para el bombeo de agua. Manteniendo otros factores constantes, cuanto más electrificada esté un área rural, (donde la mayoría de las prácticas agrícolas tienen lugar), mayor será la probabilidad que una proporción notable de la población use electricidad para el bombeo. El costo y la calidad de la electricidad, no obstante, son factores que afectan el uso de la electricidad para el riego. Por ejemplo, puede haber una tasa alta de electrificación, pero también apagones frecuentes, que hagan el uso de la electricidad como fuente de energía poco fiable, presentando una oportunidad para SPIS.

En algunas regiones, la energía eólica también puede ser considerada una fuente de energía competitiva para el bombeo para riego. Algunos estudios han demostrado que la aplicabilidad y viabilidad económica de la energía eólica compite con la energía solar a velocidades mayores que 8 m/s.

Además de las consideraciones financieras presentadas en la sección anterior, el costo de fuentes de energía alternativas puede tener un efecto considerable sobre el potencial de SPIS en el mercado. Una forma de llevar a cabo una **evaluación de costos** de las fuentes de energía disponibles es estandarizando la unidad de medida – determinar el precio de mercado por unidad (costo/kWh) de las fuentes de energía competidoras en el mercado. Esto permite una estimación de la cantidad de combustible requerida para una bomba de un tamaño determinado y consecuentemente el costo para poner en funcionamiento la bomba. Frecuentemente se observa que cuanto más bajos son los costos de fuentes de energía alternativas comparadas con el capital de inversión para adquirir SPIS, menor será el potencial de mercado de SPIS.

RESULTADO / PRODUCTO

- Disponibilidad de fuentes de energía alternativas en una región o país
- Análisis de costos por unidad de dichas alternativas

DATOS REQUERIDOS

- Información sobre los recursos energéticos del país
- Precios por unidad de mercado de diésel, gasolina
- Precios de mercado de electricidad por kWh
- Tasa de electrificación en áreas rurales
- Calidad de la electricidad en áreas rurales

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Agencias gubernamentales de energía

ASUNTOS IMPORTANTES

- Es importante determinar si hay subsidios estatales para las fuentes de energía alternativas presentadas. Estos pueden ser disuasivos para la

adopción de SPIS en un país o región.

CAPACIDAD TÉCNICA

Una buena intervención para promover e incrementar el uso de SPIS supondría la necesidad de cierta capacidad técnica para proveedores de energía solar que diseñen, instalen y lleven a cabo el mantenimiento de los sistemas. La falta de dicha capacidad dificulta la sostenibilidad del mercado de SPIS en el país o región. La disponibilidad de dicha capacidad es especialmente de crucial importancia en las etapas iniciales del mercado – cuando la tecnología le es presentada por primera vez al usuario final y las primeras impresiones son críticas para una adopción a largo plazo del sistema. Por ejemplo, la instalación pobre puede llevar a averías frecuentes y la falta de reparaciones puntuales de SPIS puede resultar en una actitud negativa de cara a SPIS por parte de los usuarios finales, limitando el potencial de mercado para SPIS.

La capacidad técnica evalúa la disponibilidad de personal cualificado para la instalación y el mantenimiento de SPIS. Puede ser deducida a partir de:

- i) La disponibilidad de cursos de entrenamiento en sistemas solares
- ii) El número de instituciones acreditadas que ofrezcan cursos sobre energía solar y
- iii) El licenciamiento de técnicos de energía solar.

Además de la presencia de técnicos cualificados, la presencia de un cuerpo licenciador y regulador para dichos practicantes es clave. El licenciamiento es indicador de que existen estándares de profesionalidad y un regulador del mercado. Por ejemplo, el regulador energético de Kenia – la comisión reguladora de energía (ERC, siglas en inglés) – lleva un registro de todos los practicantes en el sector solar que deben adherirse a un código de conducta y estándares determinados. Además lleva

una base de datos de miembros que sirve de fondo para obtener técnicos cualificados para la instalación y el mantenimiento de sistemas solar FV.

RESULTADO / PRODUCTO

- Evaluación del nivel de cualificación de un país/región

DATOS REQUERIDOS

- Lista de los institutos de entrenamiento en energía solar y cursos
- Lista de técnicos licenciados

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Agencias de energía

CONCIENCIACIÓN SOBRE LA TECNOLOGÍA FV SOLAR

La concienciación sobre las tecnologías solares (iluminación solar y calentamiento de agua solar) y sobre sistemas de riego, principalmente bombas, puede ser un buen indicador de la disposición de la población a adoptar tecnologías similares. El caso contrario también es posible – la falta de conocimiento e información sobre tecnologías solares puede suponer una barrera a la discusión pública y para los decisores sobre el uso de energía solar como solución energética alternativa. Como ejemplo, altos niveles de concienciación entre los usuarios finales sobre las ventajas, los costos a largo plazo y los periodos de amortización, el rendimiento de la energía solar comparado con el de otras fuentes de energía (p. ej. queroseno) puede actuar como facilitador en la adopción de SPIS. Una falta de confrontación con instalaciones FV solares en la vida real puede llevar a un nivel bajo de confianza en nuevas tecnologías solares.

La concienciación de tecnologías FV solares puede afectar también el acceso público al mercado de financiación. Por ejemplo, un proveedor de servicios financieros que no conozca SPIS y los

beneficios relacionados puede mostrarse reticente a otorgar créditos para su adquisición, y en el caso de que sí sea posible la concesión de créditos, las condiciones del préstamo pueden ser limitantes (p. ej. altas tasas de interés). Esto impide la adopción de la tecnología debido a una falta de financiación para los altos costos de capital asociados con SPIS.

El nivel de concienciación de SPIS en una región o país pueden ser deducidos de varios factores, incluyendo:

1. **Tendencias en la adopción de bombas de riego.**
 - a. La presencia de proveedores y distribuidores de marcas globales de bombas para riego y sus piezas de repuesto asociadas son indicadores del potencial de mercado. Esto es especialmente relevante para proveedores de SPIS donde la presencia y la curva de crecimiento de competidores pueden ser indicativas para el apetito de mercado para SPIS.
2. **El porcentaje de energía solar en el conjunto energético de un país**
 - a. Una proporción importante de la energía solar puede ser indicador de un entorno propicio para la adopción de tecnologías FV solares.
3. **Tendencias de adopción de energía FV solar** en un periodo de tiempo, por ejemplo de 5 años, puede ser evaluado para determinar la adopción de la tecnología en un país/region.

RESULTADO / PRODUCTO

- Evaluación del nivel de concienciación de un país/region

DATOS REQUERIDOS

- Tendencias en adopción de tecnologías solares

- Número de distribuidores y proveedores de marcas globales de bombas para riego
- Porcentaje de energía solar en el conjunto energético de un país

(p. ej. flores y verduras) que requieren mucha agua y por lo tanto dispuestas para el mercado de SPIS.

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Entes energéticos y de mercado del gobierno
- Instituciones de investigación

IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA EN LA ECONOMÍA LOCAL

Este parámetro examina la contribución de la agricultura en la economía del área objetivo. Entre los indicadores relevantes se encuentran:

1. **Proporción de la población empleada en el sector agrícola** – cuanto mayor sea la proporción de la población empleada en agricultura, mayor será la probabilidad de que el potencial de mercado de SPIS sea alto. Esto es debido a que hay más personas que quieran asegurar la disponibilidad del agua en el sector.
2. **Cultura existente de riego** – la práctica de agricultura con riego normalmente hace uso de combustibles fósiles y la electricidad presenta un mercado preparado para cambiar a energía solar.
3. **Proporción del PIB atribuido a la agricultura** – regiones con un porcentaje significativo del PIB atribuido al sector agrícola tenderán a ofrecer un mercado atractivo para SPIS, ya que la agricultura es un impulsor económico. No obstante, deben tenerse en consideración los principales cultivos y tipos de ganado que contribuyen al PIB. Por ejemplo, café y té podrían ser importantes contribuidores pero estos no presentan posibilidades para la adopción de SPIS. Esto puede ser contrastado con la exportación de productos hortícolas

RESULTADO / PRODUCTO

- Contribución del sector agrícola al PIB

DATOS REQUERIDOS

- Gráficos del PIB
- Rendimiento agrícola
- FAOstats

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Ministerios de agricultura del gobierno

ASUNTOS IMPORTANTES

- Aunque la contribución del sector agrícola al PIB de un país disminuya con el tiempo, puede seguir siendo de interés para el crecimiento de la economía del país el sector más amplio en términos demográficos, y tener un papel importante en la producción socioeconómica del país.
- Además de la contribución de la agricultura al PIB el tipo y el método de prácticas agrícolas deberán ser evaluados. Las áreas que practican agricultura de regadío presentan mercados ideales para SPIS.

ACCESO Y TENENCIA DE TIERRAS

Mientras SPIS es un agronegocio, la tierra es su fundamento y por lo tanto importante para determinar los derechos de propiedad, el acceso a tierras y los términos de tenencia de estas en el área a evaluar. Por ello es esencial para un área tener un entorno de política territorial pragmático. Una política territorial deseable es aquella que se centra en el acceso a tierras y en el desarrollo, que asegure los derechos de propiedad, soportada por fuentes de información fiables y procesos de permisos claros. Una

buena política territorial tiene los servicios de la administración territorial, incluyendo censos y mapeos, planificación del uso del suelo, desarrollo rural y urbano, proveedores de servicios de información de mercado y de alojamiento bien establecidos. La escasez de información sobre leyes, procedimientos y/o información requerida para llevar a cabo de manera segura y legal las transacciones inmobiliarias y territoriales crea incertidumbre y disuade las inversiones.

El acceso a tierras se define como la disponibilidad de territorio con la seguridad requerida en cuanto a la titularidad, características físicas y económicas deseables y el nivel de transparencia y de equidad en las transacciones.

La tenencia de la tierra es la estructura institucional que determina el marco político, económico y social por el cual los individuos y grupos aseguran el acceso a tierras y a los recursos asociados. La ausencia de información fiable para guiar un mercado en expansión es el mayor obstáculo para el desarrollo a largo plazo de la mayoría de los países.

Derechos de tenencia claros son un factor importante a tener en cuenta a la hora de invertir en SPIS. No solo proporcionan una seguridad de inversión, sino también sirven de aval para pedir créditos. Para algunos países hay claras demarcaciones entre tierras comerciales (con títulos de propiedad fijos) y tierras comunales (con derecho de uso de tierras informales y prácticas agrícolas limitadas a agricultura de subsistencia).

RESULTADO / PRODUCTO

- Patrones y estadísticas de la propiedad de tierras

DATOS REQUERIDOS

- Acceso a tierras y derechos de tenencia en el país

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Ministerios gubernamentales, especialmente territoriales

INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTES Y COMUNICACIÓN

La infraestructura es el sistema organizativo de recursos necesario para el funcionamiento de una sociedad o una empresa. La infraestructura de transportes, como caminos, puertos, aeropuertos y vías ferroviarias, y la infraestructura de telecomunicaciones son sistemas físicos necesarios para el desempeño eficiente de las operaciones en un país o región.

Infraestructura de transportes determina la facilidad de movimiento de bienes y personas. Una falta de infraestructura de transportes (p. ej. en áreas profundamente rurales e islas) puede tener impactos económicos importantes – sistemas de transporte inefficientes dificultan la obtención de insumos y el suministro de productos para clientes, afectando la adaptabilidad y calidad de los servicios. Para el potencial de mercado de SPIS, una buena infraestructura de transportes supondría una reducción de costos de instalación del sistema, al igual que un acceso más fácil a mano de obra cualificada para la instalación y mantenimiento. Además, unos costos de transporte menores podrían llevar a una mejor distribución de fondos en negocios en funcionamiento y una mayor facilidad de acceso a nuevos mercados. Una buena conectividad física en áreas urbanas y rurales es por lo tanto esencial para los usuarios de SPIS.

Infraestructura de comunicación (especialmente la conectividad en telefonía móvil) sería relevante para SPIS como indicador para el acceso a las transferencias bancarias por móvil en áreas rurales y en la implementación de sistemas de monitoreo de SPIS. El uso de teléfonos móviles en áreas rurales también muestra al usuario la posibilidad de acceder a servicios como información sobre temas agrícolas y de financiación,

tales como las remesas y créditos vía móvil.

RESULTADO / PRODUCTO

- Evaluación de la infraestructura de transportes y comunicación

DATOS REQUERIDOS

- Información sobre la red de transportes, especialmente en áreas rurales
- Información sobre la penetración del mercado de telefonía móvil en áreas rurales

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Ministerio gubernamental de transportes y comunicación
- Informe del Banco Mundial sobre la facilidad de hacer negocios

4. DECISIÓN SOBRE EL POTENCIAL DE MERCADO DE SPIS

Este módulo presenta los parámetros que son clave para evaluar el potencial de mercado de SPIS en cualquier área objetivo. La evaluación de estos parámetros deberá tener en cuenta **QUIÉN** está evaluando el mercado y **POR QUÉ** lo está evaluando.

La evaluación de los parámetros presentados en este módulo debería llevarse a cabo en un orden secuencial.

EVALUACIÓN DE LOS ATRIBUTOS GEOFÍSICOS PONDERADOS

A pesar de que varios parámetros geofísicos son identificados para guiar la evaluación de los mercados de SPIS, 3 son considerados de crucial importancia para la viabilidad de las aplicaciones de SPIS, como se subraya en el capítulo 1. Si su estado es desfavorable en el área de interés, SPIS será probablemente poco practicable. Estos parámetros deberían ser ponderados en una escala binaria de 1, si las condiciones son favorables, y 0 si son desfavorables. Donde cualquiera de los parámetros reciba la puntuación 0, se concluye que el área objetivo no es ideal para la implementación de SPIS.

| # | Parámetro | Ponderación |
|---|--|-------------|
| 1 | Cobertura del terreno – uso del suelo | 0 o 1 |
| 2 | Irradiación solar | 0 o 1 |
| 3 | Disponibilidad de agua (precipitación) | 0 o 1 |

1. Evaluación de parámetros geofísicos adicionales

Son los parámetros geofísicos clave para la evaluación de mercado para SPIS, pero a diferencia de los parámetros en la tabla 1, no afectan de manera crítica la viabilidad de SPIS; afectan el éxito de adopción de SPIS caso por caso. La

importancia del impacto del mercado de SPIS depende de las necesidades del usuario final. Los parámetros están expuestos en el capítulo 2 y listados más abajo.

| # | Parámetro |
|---|----------------------|
| 1 | Capa freática |
| 2 | Topografía |
| 3 | Temperatura ambiente |
| 4 | Cultivos y ganado |

2. Evaluación del entorno empresarial

El primer y segundo paso en la evaluación examinan la practicabilidad de implementar SPIS en un país o área objetivo. Parámetros del entorno empresarial buscan establecer la viabilidad económica y operacional de SPIS en el mismo mercado.

La tabla a continuación subraya los criterios de ponderación propuestos de los módulos. No obstante, la evaluación de estos parámetros puede ser ponderada basándose en las áreas de interés del usuario y teniendo en consideración los factores más críticos.

| # | Parámetro | Ponderación |
|---|--|-------------|
| 1 | Intervenciones gubernamentales | 15 % |
| 2 | Intervenciones de organizaciones de desarrollo | 10 % |
| 3 | Financiación | 15 % |
| 4 | Disponibilidad y costo de alternativas | 10 % |
| 5 | Capacidad técnica | 10 % |

| | | |
|----------|---|--------------|
| 6 | Concienciación sobre la energía FV solar y sobre tecnologías de riego | 10 % |
| 7 | Importancia de la agricultura para la economía local | 10 % |
| 8 | Tenencia de la tierra | 10 % |
| 9 | Infraestructura de transportes y comunicación | 10 % |
| | TOTAL | 100 % |

RESULTADO / PRODUCTO

- Decisión sobre el potencial de adopción de SPIS para un mercado objetivo

DATOS REQUERIDOS

- N/A

PERSONAS / PARTES INTERESADAS

- Empresas privadas de SPIS
- Políticos
- Entidades financieras
- Practicantes de desarrollo
- Gobiernos nacionales y locales

ASUNTOS IMPORTANTES

- Los parámetros presentados en este módulo presentan asuntos clave a considerar para llevar a cabo una evaluación de alto nivel del potencial de adopción de SPIS en un mercado objetivo. No obstante, es necesaria una evaluación detallada de mercado antes de llevar a cabo cualquier tipo de inversión.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS, ENLACES Y HERRAMIENTAS

Enlaces

Photovoltaic Efficiency: The Temperature Effect-

https://www.teachengineering.org/content/cub_1/lessons/cub_pveff/Attachments/cub_pv_eff_lesson02_fundamentalsarticle_v6_tedl_dwc.pdf

A.W Worqlul, J. Jeong, Y. Dile, J. Osorio Assessing potential land suitable for surface irrigation using groundwater in Ethiopia, Applied Geography 85 (2017) 1-13

N.G. Dastane, FAO Irrigation and Drainage Paper No 25-Effective Rainfall -FAO,1978

M. Masri, R. Badishah, Solar Radiation Potential as Energy Source of Photovoltaic Powered Uninterrupted Power Supply in Perlis, Northern Malaysia- IOSR-JEEE PP 31-36, 2014

European Wind Energy Association, 2009, The Economics of Wind Energy,

http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Economics_of_Wind_Energy.pdf

SNV, 2014, Renewable Energy for small holder irrigation,

https://www.practica.org/wp-content/uploads/2014/10/Renewable_Energy_for_Smallholder_Irrigation.pdf

Herramientas

MERCADO – Herramienta de evaluación de mercado

Otras herramientas pertinentes:

- **PROMUEVE – Herramienta de evaluación rápida de SPIS:** incluye un análisis del mercado (financiero) para la financiación de componentes de SPIS
- **INVIERTE – Herramienta de cálculo de amortización:** para calcular la viabilidad financiera de un SPIS y compararla con la de otros sistemas de bombeo alternativos (petróleo y electricidad de la red)
- **SALVAGUARDA EL AGUA – Herramienta de cálculo de necesidades de agua:** calculadora para determinar las necesidades de agua mensuales de diferentes cultivos y tipos de ganado
- **PROMUEVE – Herramienta de evaluación de impacto:** determina el impacto social y medioambiental de un proyecto de SPIS

GLOSARIO TÉCNICO

| | |
|-----------------------------------|---|
| Acuífero | Formación(es) geológica(s) subterránea(s) que contiene(n) cantidades utilizables de aguas que puede(n) abastecer pozos y manantiales para uso doméstico, industrial y de riego. |
| Altura de succión | Distancia vertical de la superficie del agua a la bomba. Esta distancia está limitada por la física a máximo 6 metros, y debería minimizarse para obtener los mejores resultados. Esto se aplica solo a las bombas de superficie. |
| Bomba | Convierte energía mecánica en energía hidráulica (presión y/o flujo). Bomba sumergible: una combinación de motor/bomba diseñada para ser instalada íntegramente por debajo de la superficie del agua. Bomba de superficie: bomba no sumergible que se instala a una altura no mayor de 6 metros por encima de la superficie del agua. |
| Cabezal de riego | En un sistema de riego, unidad de control donde se regula la cantidad, la calidad y la presión del agua utilizando diferentes tipos de válvulas, reguladores de presión, filtros y, posiblemente, un sistema de irrigación química (quimigación). |
| Carga (altura de bombeo) | Valor de la presión atmosférica en un sitio específico y en condiciones específicas. [m]: Carga total (dinámica): Suma de las cargas estática, de presión, fricción y velocidad contra las que una bomba trabaja al bombear a una velocidad de flujo específica. [m] Pérdida de carga: Pérdida de energía en el flujo del fluido. [m] |
| Cebado | Proceso de llenar manualmente el tubo de succión y entrada de una bomba de superficie. Generalmente, el cebado es necesario cuando la bomba debe situarse encima de la fuente de agua. |
| Coeficiente de cultivo (Kc) | Relación que existe entre la evapotranspiración real de un cultivo específico y su evapotranspiración potencial (o la evapotranspiración de referencia). Es diferente para cada cultivo y cambia con el tiempo según la etapa de crecimiento del cultivo. |
| Corriente (I) | Corriente eléctrica es el flujo de electricidad que circula por un conductor cuando existe un voltaje a lo largo del mismo, o la velocidad de flujo de la carga eléctrica, expresada en amperios [A]. |
| Descenso | Descenso del nivel del agua en un pozo a causa del bombeo. |
| Eficiencia de la irrigación | Proporción del agua de riego aprovechada en relación con el agua de riego aplicada. [%] |
| Eficiencia de los paneles solares | La eficiencia de un panel solar es la razón entre la luz incidente en el panel y la cantidad de electricidad producida. Se expresa |

como porcentaje. La mayoría de los sistemas tienen una eficiencia de alrededor de 16 %, lo que significa que el 16 % de la energía lumínica es convertido en electricidad.

| | |
|--|---|
| Emisor | Pequeño dispositivo dispensador de microirrigación, diseñado para disipar la presión y descargar un flujo reducido y uniforme de agua en forma de gotas o chorros finos, con una descarga constante que no varía de forma significativa debido a pequeñas diferencias en la altura de presión. Conocido también como "gotero". |
| Evaporación | Pérdida de agua en forma de vapor de la superficie del suelo o de hojas húmedas. [mm] |
| Evapotranspiración (ET) | Pérdida de agua por la acción combinada de la evaporación y la transpiración. La ET de un cultivo (ETc) puede estimarse calculando a partir de datos meteorológicos la ET de referencia de un cultivo de referencia determinado (ETo de césped cortado), y multiplicando el resultado por un coeficiente de cultivo (Kc). La ETc, o el agua perdida, es igual a las necesidades de agua de un cultivo. [mm] |
| Flujo por gravedad | Utilización de la gravedad para producir presión y flujo de agua; por ejemplo, elevando el estanque de almacenamiento por encima del punto de uso, de manera que el agua fluya sin necesidad de bombeo. |
| Fotosíntesis | Es el proceso utilizado por las plantas y otros organismos para convertir energía lumínica en energía química que puede ser liberada más tarde y servir de combustible para las actividades de los organismos (transformación de la energía). |
| Infiltración | Acción y efecto de penetrar el agua en el perfil del suelo. |
| Insolación | Tasa a la cual la energía solar alcanza una unidad de superficie terrestre, medida en vatios por metro cuadrado [W/m ²]. Llamada también "irradiancia solar". |
| Irradiación (Radiación) | Integración o suma de la insolación (igual a la irradiancia solar) durante un periodo de tiempo expresada en julios por metro cuadrado (J/m ²) o vatios-hora por metro cuadrado [Wh/m ²]. |
| Irrigación o riego | Irrigación o riego es la aplicación controlada de agua para responder a las necesidades de los cultivos. |
| Irrigación con fertilizantes (o fertiirrigación) | Aplicación de fertilizantes a través del sistema de riego. Una forma de irrigación química o quimigación. |
| Irrigación química (o quimigación) | Proceso de aplicar productos químicos añadidos al agua (fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc.) a los cultivos o al suelo a través de un sistema de riego. |
| Latitud | La latitud especifica la posición norte-sur de un punto situado sobre la superficie de la Tierra. Es un ángulo que va de 0° en el ecuador a 90° (norte o sur) en los polos. Las líneas de latitud constante, o paralelas, discurren de este a oeste describiendo círculos paralelos al ecuador. La latitud se utiliza junto con la |

| | |
|-------------------------------------|--|
| | longitud para especificar la ubicación precisa de puntos de interés sobre la superficie de la Tierra. |
| Lixiviación | Desplazamiento de materiales solubles a través del perfil del suelo con el agua. |
| Necesidades brutas de agua de riego | Expresa la cantidad de agua que requiere el sistema de riego. [mm] |
| Necesidades de agua de los cultivos | Cantidad de agua que necesita una planta. Depende del clima y el cultivo, así como también de la gestión y las condiciones ambientales. Es lo mismo que la evapotranspiración de los cultivos. |
| Necesidades netas de agua de riego | Suma de las necesidades de agua de los cultivos para cada planta durante un periodo de tiempo determinado. Las necesidades netas de agua de riego determinan la cantidad de agua que debe llegar a los cultivos para satisfacer su demanda de agua en el suelo. [mm] |
| Percolación profunda | Movimiento del agua hacia abajo a través del perfil del suelo por debajo de la zona radicular. Esta agua se pierde para las plantas y acaba en las napas subterráneas. [mm] |
| Pérdida por fricción | Pérdida de presión debido a la fricción del agua en el interior de la tubería. Depende del tamaño de la tubería (diámetro interno), la velocidad de flujo y la longitud de la tubería. Se determina consultando una tabla de pérdidas por fricción disponible en una obra de consulta de ingeniería o recurriendo a un proveedor de tuberías. [m] |
| Pérdidas de conducción | Pérdida de agua de un canal o tubería durante el transporte debido a filtraciones, fugas, evaporación u otras pérdidas. |
| Potencia (P) | La potencia es la cantidad de trabajo que se realiza por unidad de tiempo. La potencia eléctrica, por ejemplo, depende de la cantidad de corriente y el voltaje del sistema, siendo igual a la corriente multiplicada por el voltaje ($P = I \times V$). [W] |
| Presión | Medida de la fuerza presente en un sistema. Esta es la fuerza dividida por área (sección transversal) que mueve el agua a través de la tubería, los aspersores y los emisores. La presión estática es la que se mide cuando el agua no fluye, y la dinámica la que se mide cuando el agua fluye. La presión y el flujo se afectan mutuamente. [bar, psi, kPa] |
| Radiación solar global (G) | Energía transportada por la radiación solar (directa + difusa) que incide sobre una superficie durante cierto periodo de tiempo. La magnitud de la radiación solar global depende del sitio donde se mida, dado que en ella influyen, entre otros factores, las nubes, la humedad del aire, el clima, la altitud y la latitud. La radiación solar global incidente sobre una superficie horizontal es medida por una red de estaciones meteorológicas espaciadas por todo el mundo, y se expresa en kilovatios·hora por metro cuadrado. [kWh/m^2]. |
| Riego de superficie | Método de irrigación que utiliza la superficie del suelo para transportar el agua mediante el flujo por gravedad desde la |

fuente a las plantas. Los siguientes son métodos comunes de riego de superficie:

Riego por surcos – el agua se aplica a cultivos en hilera a través de acequias o canales pequeños excavados entre las hileras con implementos de labranza

Riego por compartimientos (bancales o eras) – el agua es aplicada a una superficie completamente nivelada rodeada por diques

Riego por inundación – el agua es aplicada a la superficie del suelo sin controles de flujo, tales como surcos o crestas.

| | |
|--|--|
| Riego por goteo | Agua que se aplica a la superficie del suelo a través de emisores de muy bajo caudal (gotas o chorros finos de agua). También conocido como “microirrigación”. |
| Salinidad (salino) | La salinidad hace referencia a la cantidad de sales disueltas en el agua del suelo. |
| Seguimiento del punto de máxima potencia, MPPT | Es un circuito electrónico dentro del inversor que deja operar el generador solar en el punto de máxima potencia eléctrica. |
| Transpiración | Agua captada por las raíces de las plantas y transpirada por las hojas. [mm] |
| Tubos laterales | Tubo(s) que van de las válvulas de control a los aspersores o tubos emisores de gotas. |
| Viabilidad financiera | Capacidad de generar suficientes ingresos para cubrir los gastos de funcionamiento y las necesidades financieras, y, en el mejor de los casos, producir beneficios. La viabilidad financiera suele evaluarse aplicando los enfoques de “valor actual neto” (VAN) y de “tasa interna de retorno” (TIR), junto con una estimación de la sensibilidad de los elementos de costo e ingreso (v. módulo INVIERTE). |
| Voltaje (U o V) | Voltaje o tensión eléctrica es el potencial existente entre dos puntos, o la diferencia de carga entre dos puntos, expresado en voltios [V]. |
| Zona radicular | Profundidad o volumen de suelo del que las plantas extraen agua con eficacia. [m] |