



## Los inicios de la producción de energía solar fotovoltaica flotante sobre superficies de agua en España

Cayetano Espejo Marín<sup>1</sup>; Ana Eulalia Aparicio Guerrero<sup>2</sup>; Ramón García-Marín<sup>3</sup>

Recibido: 7 de noviembre del 2022 / Enviado a evaluar: 10 de noviembre del 2022 / Aceptado: 18 de julio del 2023

**Resumen.** La implantación y desarrollo de centrales de energía solar fotovoltaica flotante en España ha sido posible gracias a las políticas de fomento de las energías renovables de la Unión Europea, la disponibilidad de abundante radiación solar y la existencia de numerosos embalses, consecuencia de la política hidráulica de los años 60. En la actualidad se vive una etapa de desarrollo, consecuencia de la nueva apuesta por las energías renovables para cumplir con las directrices comunitarias. Los Planes de Energías Renovables y las medidas de apoyo a esta tecnología por parte del Gobierno de España están contribuyendo a su crecimiento. Este trabajo tiene como objetivo realizar un análisis de la implantación de la energía solar fotovoltaica flotante en España. El método utilizado se ha centrado en el estudio del papel de la universidad en la investigación de este tema, las publicaciones y la difusión del conocimiento sobre este tipo de instalaciones; de las normativas europea, española y regional en relación con este sector energético; así como de las empresas españolas fabricantes de esta tecnología; las instalaciones existentes, y la planta solar fotovoltaica flotante “Sierra Brava” como estudio de caso. Los resultados confirman la clara relación entre la política de incentivos y su expansión, que viene motivada por el progreso tecnológico.

**Palabras clave:** Energía solar fotovoltaica flotante; España; embalses; radiación solar; política energética.

---

<sup>1</sup> Departamento de Geografía, Universidad de Murcia (España).

E-mail: [cespejo@um.es](mailto:cespejo@um.es)

<sup>2</sup> Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad Castilla-La Mancha (España).

E-mail: [ana.Aparicio@uclm.es](mailto:ana.Aparicio@uclm.es)

<sup>3</sup> Departamento de Geografía, Universidad de Murcia (España).

E-mail: [ramongm@um.es](mailto:ramongm@um.es)

## [en] The beginnings of floating solar photovoltaic power generation on water surfaces in Spain

**Abstract.** The implementation and development of floating solar photovoltaic power plants in Spain has been possible thanks to the European Union's policies to promote renewable energies, the availability of abundant solar radiation and the existence of numerous reservoirs, a consequence of the hydraulic policy of the 1960s. The current stage of development is a consequence of the new commitment to renewable energies in order to comply with EU directives. The Renewable Energy Plans and the Spanish Government's support measures for this technology are contributing to its growth.

The aim of this work is to analyse the implementation of floating photovoltaic solar energy in Spain. The method used has focused on the study of the role of the university in research on this subject, publications and the dissemination of knowledge on this type of installation; European, Spanish and regional regulations in relation to this energy sector; as well as Spanish companies manufacturing this technology; existing installations, and the "Sierra Brava" floating solar photovoltaic plant as a case study. The results confirm the clear relationship between incentive policy and its expansion, which is motivated by technological progress.

**Keywords:** Floating photovoltaic solar energy; Spain; reservoirs; solar radiation; energy policy.

## [fr] Les débuts de la production d'énergie solaire photovoltaïque flottante sur des surfaces d'eau en Espagne

**Résumé.** La mise en œuvre et le développement de centrales solaires photovoltaïques flottantes en Espagne ont été possibles grâce aux politiques de l'Union européenne visant à promouvoir les énergies renouvelables, à la disponibilité d'un rayonnement solaire abondant et à l'existence de nombreux réservoirs, conséquence de la politique hydraulique des années 1960. La phase actuelle de développement est la conséquence du nouvel engagement en faveur des énergies renouvelables afin de se conformer aux directives de l'UE. Les plans d'énergie renouvelable et les mesures de soutien du gouvernement espagnol à cette technologie contribuent à sa croissance. L'objectif de ce travail est d'analyser l'implantation de l'énergie solaire photovoltaïque flottante en Espagne. La méthode utilisée s'est concentrée sur l'étude du rôle de l'université dans la recherche sur ce sujet, les publications et la diffusion des connaissances sur ce type d'installation; la réglementation européenne, espagnole et régionale relative à ce secteur énergétique; ainsi que les entreprises espagnoles fabriquant cette technologie; les installations existantes, et la centrale solaire photovoltaïque flottante "Sierra Brava" en tant qu'étude de cas. Les résultats confirment la relation évidente entre la politique d'incitation et son expansion, qui est motivée par le progrès technologique.

**Mots-clés:** Énergie solaire photovoltaïque flottante; Espagne; réservoirs; rayonnement solaire; politique énergétique.

**Cómo citar.** Espejo Marín, C.; Aparicio Guerrero, A.E. y García-Marín, R. (2023): Los inicios de la producción de energía solar fotovoltaica flotante sobre superficies de agua en España. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 43(2), 327-358.

**Sumario.** 1. Introducción. 2. Metodología. 3. Estado de la cuestión. 3.1. El papel de la Universidad en la investigación sobre este tema en España. 3.2. Publicaciones sobre su instalación y funcionamiento. 3.3. La difusión del conocimiento sobre este tipo de instalaciones. 4. Marco legal sobre la producción solar fotovoltaica flotante. 4.1. Unión Europea. 4.2. España. 4.3. Comunidades Autónomas. 5. Empresas españolas fabricantes de esta tecnología. 5.1. ISIGENERE. 5.2. STANSOL ENERGY. 5.3. TECNALIA. 5.4. AROMEN. Pantalanes flotantes. 6. Instalaciones en España. 6.1. La planta solar fotovoltaica flotante "Sierra Brava". 7. Discusión. 8. Conclusiones. 9. Agradecimientos. 10. Bibliografía y referencias.

## 1. Introducción

El informe Snapshot of Global PV Markets, publicado en abril de 2023, por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y el Programa de Sistemas de Energía Fotovoltaica (PVPS), destaca la situación de España como una de las grandes potencias fotovoltaicas mundiales, detrás de China, Estados Unidos, India y Brasil en cuanto a potencia instalada.

En España la producción de electricidad con energía solar fotovoltaica se ha centrado preferentemente en la construcción de plantas de distinto tamaño y potencia sobre suelo, frente a la situación de otros países en los que la instalación de paneles en todo tipo de edificios ha constituido la base de la estructura productiva eléctrica con esta tecnología.

El suelo fértil es un recurso imprescindible para la producción de alimentos, tanto para el hombre como para los animales de los que se abastece, y está viviendo durante las últimas décadas un proceso muy intensivo de destrucción, tanto por fenómenos naturales, como por la acción del hombre a través de su cambio de uso para otros fines completamente distintos a la actividad agropecuaria para la que el suelo es imprescindible. Hay también otros tipos de suelo en los que no se desarrolla actividad económica, pero que cuentan con un valor ambiental muy importante por su papel como sumideros de CO<sup>2</sup>, cuyo volumen es cada vez mayor como consecuencia del incremento de las actividades económicas en el Planeta.

De ahí que en los últimos años se hayan creado opiniones, como la de R. Mata y J. Requejo, que señalan que la conservación y protección del suelo fértil frente a procesos urbanizadores y a las malas prácticas agrarias es una necesidad estratégica. Y, además, consideran que debe ser reconocido como el tercer pilar del patrimonio a medida que se recupera la importancia del territorio en el modelo de desarrollo; de ahí que planteen la necesidad de proteger el suelo potencialmente fértil como componente básico del patrimonio, junto con el natural y el cultural (Mata y Requejo, 2022).

Por otra parte, movimientos de distintos colectivos manifiestan su preocupación por la gran ocupación de suelo necesaria para la implantación de grandes instalaciones fotovoltaicas. De ello dan cuenta titulares de prensa tan expresivos como “La devastadora invasión de los grandes “parques” solares fotovoltaicos y las protestas de agricultores, ganaderos, ecologistas, sindicatos, científicos y vecinos” (Portillo y Jiménez Landi, 2021); o “La pugna por el modelo de desarrollo de las energías renovables se tensa a nivel local” (Fabra y Álvarez, 2022).

Ante esta situación, desde mediados de la primera década de este siglo, en varios países se ha buscado como alternativa la construcción de centrales solares sobre las superficies que acumulan agua, tanto las construidas a través de embalses y otro tipo de infraestructuras para su almacenamiento, como las que se puedan instalar en espacios lacustres naturales.

El primer sistema fotovoltaico flotante del mundo se construyó en **2007 en Aichi, Japón**. Los japoneses, estadounidenses, españoles, daneses, franceses e italianos fueron los primeros en registrar patentes para la energía solar flotante entre 2007 y 2014. Inicialmente **estos sistemas a pequeña escala se construyeron con fines de**

**investigación y demostración.** Las instalaciones flotantes medianas y grandes (de más de 1 MWp) comenzaron a surgir en 2013, pero hoy en día se desarrollan en todo el Planeta (Irena, 2021).

La energía fotovoltaica flotante (FPV) ofrece grandes oportunidades, sobre todo para países con limitaciones de suelo fértil y disponibilidad de cuerpos de agua, como sucede con Singapur, Corea del Sur, Taiwán, Japón o los Países Bajos. A pesar de la pandemia provocada por el COVID-19, la FPV ha continuado su expansión, sobre todo en Asia y Europa (Rodríguez y Reindl, 2022).

Según Iberdrola, las plantas fotovoltaicas flotantes tienen muchas similitudes con las fotovoltaicas tradicionales, pero también algunas diferencias, sobre todo en lo que se refiere a su situación en el agua: el anclaje, el sistema de flotación y la evacuación de la energía desde la planta. Los módulos fotovoltaicos flotantes, generalmente, son iguales a los instalados en tierra y suelen ser bifaciales ya que este tipo, al ser ‘dual glass’, protege mejor de la humedad y la corrosión. En cuanto al sistema eléctrico, se están desarrollando estructuras tipo barcaza con mucha flotabilidad que se emplean tanto para inversores como, incluso, para los transformadores (Iberdrola, 2022).

En lo concerniente al sistema de flotación, esencialmente existen cuatro tipos, aunque se empieza a innovar hacia tipos mixtos (Iberdrola, 2022):

- Puros. En estos sistemas, los paneles fotovoltaicos se encuentran situados sobre el sistema de flotación.
- Metálicos. Cuentan con una estructura de acero soportada por un sistema flotante sobre la que se apoyan los paneles fotovoltaicos.
- De membrana. Los módulos se apoyan directamente sobre la membrana en contacto con el agua.
- Otros sistemas con materiales alternativos, normalmente compuestos de hierro y hormigón, actualmente con un menor nivel de implantación.

En cuanto a los sistemas de anclaje, una de las claves de la energía solar fotovoltaica para mantener la plataforma en posición, es la realización de un estudio batimétrico o topográfico del fondo, ya que este no suele ser regular. Además, también es importante tener en cuenta que hay que dejar que la instalación tenga ciertos movimientos, además de contar con que, en un embalse, el nivel del agua y la profundidad varían mucho. Los tres tipos más habituales de anclajes son el anclaje en el fondo, el anclaje en la orilla y los pilotes (Iberdrola, 2022).

Según la Unión Española Fotovoltaica (UNEF), existe actualmente una gran variedad de ubicaciones y usos de las plantas fotovoltaicas flotantes, cada una con sus peculiaridades y retos tecnológicos: embalses y centrales hidroeléctricas, que permiten utilizar las masas de agua no sólo como sistemas de almacenamiento sino también para la generación de energía eléctrica; estanques de riego; depósitos de tratamiento de aguas y de desalinización; establecimientos de acuicultura; híbridos con eólica marina; y canteras y minas (UNEF, 2022).

El objetivo general de este trabajo consiste en realizar un análisis de la implantación de la energía solar fotovoltaica flotante en España. El artículo ha quedado estructurado en las siguientes partes: a) una presentación del estado de la cuestión, en la que se analiza el papel de la universidad en la investigación sobre este

tema en España, las publicaciones sobre su instalación y funcionamiento, y la difusión del conocimiento sobre este tipo de instalaciones; b) el marco legal sobre la producción solar fotovoltaica flotante existente en la Unión Europea, España y las Comunidades Autónomas; c) las empresas españolas fabricantes de esta tecnología para producir electricidad fotovoltaica; d) instalaciones que existen en España; y e) un estudio de caso relevante, como es la planta solar fotovoltaica flotante “Sierra Brava”.

## **2. Metodología**

De acuerdo con Salkind y Rainwater (2003), la metodología seguida se encuadra en la categoría de no experimental, subcategorías descriptiva, histórica y correlacional, examinando las relaciones entre variables o datos aportados por diferentes organismos, empresas y asociaciones; y está basada en las siguientes fases: a) analizar las investigaciones realizadas sobre esta tecnología; b) recopilar el marco legal de la producción de electricidad de origen solar fotovoltaico flotante; c) estudiar las empresas españolas que están investigando sobre el tema; d) presentar las instalaciones existentes en España; y e) describir un ejemplo como estudio de caso.

Para alcanzar el objetivo propuesto se ha realizado una revisión de las referencias bibliográficas básicas necesarias, generales sobre energías renovables y específicas sobre la energía solar fotovoltaica flotante en España. Fundamental ha sido la revisión de una serie de documentos clave, entre los que destacan: los Planes de Energías Renovables, las leyes y decretos que emanan de los mismos, tesis doctorales, trabajos fin de máster y trabajos fin de grado, y otros documentos o informes de empresas energéticas. Toda esta información ha permitido la elaboración de 2 tablas en las que se exponen de forma sintetizada los datos más relevantes de los aspectos analizados.

## **3. Estado de la cuestión**

### **3.1. El papel de la Universidad en la investigación sobre este tema en España**

La investigación dedicada a esta temática ha tenido en las universidades españolas un lugar de referencia. Pionera en la investigación y desarrollo de la energía solar fotovoltaica flotante fue la tesis doctoral de M. Redón Santafé titulada: “Diseño de un sistema de cubierta flotante para sistema de riego”, defendida en el año 2011 en la Universidad Politécnica de Valencia. Este trabajo tiene como objetivo el diseño estructural y desarrollo técnico-experimental de un sistema de cubrición modular flotante fotovoltaico para balsas de riego y la implementación práctica de la solución en un prototipo real en la balsa El Negret de Agost (Alicante). La evaluación de la instalación piloto pone de manifiesto un excelente comportamiento estructural confirmando la viabilidad técnica de la solución objeto de esta investigación (Redón, 2011).

En 2020, la firma de un acuerdo de colaboración entre la Universidad Europea de Canarias, el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC) y la Empresa Mixta de Aguas de Las Palmas (Emalsa), permite a **seis estudiantes del Máster Universitario en Energías Renovables**, impartido por la citada Universidad, realizar el proyecto titulado “Viabilidad técnico-termodinámica y diseño de un campo solar fotovoltaico flotante en la captación de agua de mar de la desaladora Las Palmas III - Piedra Santa”, en el marco de sus Trabajos de Fin de Máster (Martín *et al.*, 2020). Esta iniciativa en materia de eficiencia energética y uso de energías renovables ligadas al ciclo del agua ha sido propuesta por el ITC dentro de las acciones del proyecto *Eeres4Water (Atlantic Area)*<sup>4</sup>. Con este proyecto se pretenden obtener resultados de viabilidad técnicos, termodinámicos, de procesos, así como de costes y diseño de una instalación solar fotovoltaica flotante, en la captación de agua de mar de la desalinizadora Las Palmas III. El objetivo es doble. Por un lado, la reducción de la huella de carbono de las instalaciones, por la compensación energética de origen fósil a cambio de energía renovable. Por otro lado, la estabilización y/o reducción de la temperatura del agua de mar de entrada a la desalinizadora, lo que repercutirá en su mejor funcionamiento, como consecuencia del efecto sombra que se puede obtener con la colocación de los paneles fotovoltaicos sobre la balsa (Martín *et al.*, 2020).

Tras el estudio de viabilidad y los diversos estudios de campo y simulaciones que conforman el mismo, se realizó un análisis DAFO que permitió analizar la viabilidad del proyecto y recomendar su realización, que podría situar a Canarias como región pionera, al proyectar la primera planta sobre el mar y en la costa de España que, además, estaría vinculada a una desalinizadora, y como ejemplo de territorio que mira al mar como motor de crecimiento (Economía Azul) y que avanza hacia un futuro descarbonizado (Martín *et al.*, 2020).

En julio de 2020 se defiende en la Universidad Politécnica de Valencia la tesis doctoral de C. Bartolomé "Diseño de una instalación fotovoltaica flotante de 1 MWp conectada a una red de 20kV en el embalse de Alarcón (Cuenca)", en la que se hace una descripción detallada de la planta fotovoltaica flotante que se pretende desarrollar mediante una comparativa de aspectos medioambientales, económicos y técnicos respecto a una planta fotovoltaica tradicional, reflejando las ventajas y desventajas que ofrecen cada una de estas alternativas, y haciendo hincapié en las particularidades de una instalación flotante respecto a las instalaciones fotovoltaicas convencionales.

En definitiva, en los últimos años, Trabajos Fin de Carrera y Grado, así como Trabajos Fin de Máster elaborados en nuestras universidades, han tenido como objetivo el desarrollo de proyectos dedicados a la instalación de plantas fotovoltaicas flotantes en España (Cuadro 1).

Otra noticia que da cuenta de la relevancia del papel de la Universidad en el desarrollo de la tecnología solar fotovoltaica flotante es la entrega por parte de la

---

<sup>4</sup> Disponible en: <https://www.eeres4water.eu/>

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de Deusto Business School (DBS) en 2022 del "Premio Sebastián Iruretagoyena al Mejor Trabajo Fin de Grado en ADE 2021-2022" al trabajo *TECNALIA Ventures: Solución fotovoltaica flotante – Análisis estratégico con potencial de negocio*, elaborado por los alumnos Nahia Urkia Irigoyen, Nerea Urretavizcaya Ruiz, Aritz Erauncetamurguil Barcina, Amaieur Oskila Santos, Amaia Zarranz Mendizabal y Jon Zabaleta Peña (Tecnalia, 2022).

Cuadro 1. Ejemplos de Trabajos Fin de Grado y Trabajos Fin de Máster elaborados en las universidades españolas dedicados a la energía solar fotovoltaica flotante en España

| Autor  | Título  | Año  | Localidad   | Potencia MWp |
|--|---|------|---|--------------|
| Pablo García Abenza  | Diseño de un sistema fotovoltaico para cubrir la demanda energética de una comunidad de regantes  | 2017 | Ricote (Murcia)   | 0,86         |
| Alfredo Menéndez Arroyo  | Diseño de una instalación fotovoltaica flotantes para balsas de riego   | 2018 | Balsa de agua "El Tarajal" Noguerones. Alcaudete (Jaén) | 0,9          |
| Paula Herrán Funes   | Diseño de implantación y análisis del potencial de generación de sistemas fotovoltaicos flotantes en centrales hidroeléctricas reversibles en España                | 2018 | Embalse de Bolarque (Guadalajara)                       | 4,42         |
| Kristian Alarcón Olsson  | Diseño de sistemas fotovoltaicos flotantes de desalación y bombeo para regadío*   | 2019 | Embalse de La Pedrera (Alicante)                        | 49,5         |
| Alejandro Abellán Guallarte  | Diseño de una instalación fotovoltaica flotante de 2,5 MW en el embalse de San Bartolomé  | 2020 | Ejea de los Caballeros (Zaragoza)                       | 2,7          |
| Abrahán Yeray Martín, Adrián Olmos Henríquez, A.D. Rico, Carlos Matos, Cristina Rodríguez, Raúl Santana, Baltasar Peñate y J. D. López | Viabilidad técnico-termodinámica y diseño de un campo solar fotovoltaico flotante en la captación de agua de mar de la desalinizadora Las Palmas III (Gran Canaria) | 2020 | Las Palmas de Gran Canaria                              | 1,53         |
| Arcadi Estanislau Shkauron Ramos   | Diseño de una instalación flotante de 1 MW en el embalse superior del complejo hidroeléctrico de bombeo Cortes-La Muela   | 2021 | Cortes de Pallás (Valencia)                             | 1            |
| Álvaro Martínez de Andrés  | Instalación y explotación de una planta fotovoltaica flotante en el embalse de  | 2021 | Alcántara (Cáceres)                                     | 5            |

|                           |   |      |   |             |
|---------------------------|---|------|---|-------------|
|                           | José María Oriol-Alcántara II vía ampliación de concesión demanial (bienes y activos de dominio público).                               |      |   |             |
| Beatriz Arguilé Pérez     | Análisis del recurso solar fotovoltaico offshore al oeste de la Península Ibérica   | 2021 | Costas de Gran Canaria                                    | 0,25        |
| Vicente Ferrero Silvestre | Diseño, Desarrollo y Estudio de la Viabilidad Técnica y Económica de un Sistema Solar Flotante  | 2021 | Embalse de Buendía (Cuenca)                               | 1           |
| Raúl Carricajo Boyero     | Proyecto de planta fotovoltaica flotante en el embalse de Alanje (provincia de Badajoz)   | 2021 | Embalse de Alanje (Badajoz)                               | 10          |
| José Ángel Lagos Conejo   | Análisis técnico, económico y medioambiental sobre plantas fotovoltaicas flotantes y su potencial implementación                        | 2021 | Embalse José María de Oriol. Alcántara (Cáceres)          | 50          |
| Alejandro Cruz Escabias   | Instalación fotovoltaica flotante de autoconsumo con excedentes, no acogida a compensación: diseño y legalización                       | 2021 | Balsa de Comunidad de Regantes en la provincia de Jaén    | 0,053       |
| Alexis Arbona Castells    | Estructura flotante para instalación fotovoltaica en el pantano de Amadorio, Villajollosa (Alicante)                                    | 2022 | Pantano de Amadorio. Villajollosa (Alicante)              | 0,079-0,083 |
| Mario Diez Puebla         | Estudio técnico-económico de una instalación solar fotovoltaica flotante y su comparativa con una instalación fotovoltaica tradicional. | 2022 | Balsa del canal del río Pisuerga en Lantadilla (Palencia) | 0,4         |

Fuente: Búsqueda específica a través de Google Académico.

### 3.2. Publicaciones sobre su instalación y funcionamiento

En 2015, M. Redón publica el libro *Cubierta flotante fotovoltaica para balsas y embalses. Diseño de un sistema de cobertura flotante fotovoltaico sobre láminas de agua*, cuyo objetivo es el diseño estructural y desarrollo técnico-experimental de un sistema de cobertura modular flotante fotovoltaico para balsas y embalses, en el que se recopila lo investigado en su tesis doctoral.

En 2017, M. Rosa-Clot y G. Marco Tina publican el libro *Submerged and floating photovoltaic systems: modelling, design and case studies*, en el que presentan un análisis teórico, numérico y experimental centrado en el diseño de sistemas fotovoltaicos integrados en agua. Los autores analizan numerosos proyectos existentes y estudios de casos que brindan al lector una comprensión de los problemas comunes de diseño e instalación, así como un estudio económico que justifica la adopción de este método “muy limpio” de creación de energía renovable.

En 2019, el Banco Mundial y el Instituto de Investigación Solar de Singapur (SERIS) publican el manual *Floating Solar Handbook for Practitioners* que contiene consejos sobre cómo planificar y construir instalaciones de energía fotovoltaica flotante. Para los autores del documento, el proceso de desarrollo de la energía fotovoltaica flotante difiere notablemente del de los sistemas de montaje en suelo y en tejado. La guía tiene por objeto ayudar a los promotores en la identificación de emplazamientos adecuados, la viabilidad, la financiación, las cuestiones ambientales y sociales, la construcción, y la operación y mantenimiento de estas instalaciones.

M. Rosa-Clot y G. Marco Tina son también editores de la obra *Floating PV Plants*, publicada en 2020. En ella se ofrecen explicaciones teóricas y prácticas sobre cómo estudiar, analizar y diseñar sistemas de energía fotovoltaica flotante, que a tan solo 10 años de su primera propuesta ya ha alcanzado el objetivo de 2 GWp de plantas instaladas. Este libro explora las razones de tal crecimiento y las ventajas de esta nueva tecnología. Las plantas FPV se integran fácilmente en cualquier asentamiento humano y pueden utilizar el agua dulce y el agua salada cerca de las zonas costeras, por lo que su potencial geográfico es ilimitado. Además, su impacto medioambiental es limitado y la gestión y el desmantelamiento de las plantas son muy económicos.

En 2021, DNV, experto en energía independiente y proveedor de sistemas de seguridad, publica la primera práctica recomendada del mundo para proyectos de energía solar flotante después de un proyecto que involucra a 24 participantes de la industria. La práctica recomendada proporcionará una guía basada en una lista de requisitos técnicos para acelerar el diseño, desarrollo, operación y desmantelamiento seguros, sostenibles y sólidos de proyectos de energía solar fotovoltaica flotante.

Endesa ha publicado en su página web información sobre *Plantas solares flotantes: una alternativa más para generar energía renovable* (Endesa, 2022). Iberdrola (2023), en la sección de Innovación, también con el título de *Energía Solar Fotovoltaica Flotante* ofrece información sobre este tipo de energía, al igual que EDP (2022) en el documento *FreSHer: Nuevas soluciones para la energía solar flotante*.

Para la UNEF, la mayor parte de los proyectos ya en funcionamiento se encuentran en sistemas de agua dulce, como lagos o reservorios de agua, para evitar problemas relacionados con la corrosión y el salitre del agua salada. Las principales líneas de investigación se centran en el desarrollo de materiales, tecnologías y diseños en concepto de: sistemas de flotación, sistemas de amarre, sistemas integrados para control y conversión de potencia adaptados a las características de la FV flotantes, sistemas adaptados a la corrosión y deposición de sal, etc. (UNEF, 2022).

### 3.3. La difusión del conocimiento sobre este tipo de instalaciones

Desde mediados de la primera década de este siglo decenas de publicaciones se han dedicado a esta temática. En dos artículos se recopilan buena parte de los trabajos realizados. En el primero, de abril de 2015, titulado “*A review of floating photovoltaic installations: 2007-2013*” se hace un repaso de los diversos proyectos que se han realizado a lo largo de los citados años. Todos ellos han estado ubicados en cuerpos de agua cerrados, como embalses, estanques y lagos pequeños. La principal motivación para los paneles fotovoltaicos (PV) flotantes fue la prima de la tierra, especialmente para los sitios agrícolas donde ésta era más valiosa para el crecimiento de los cultivos (Trapani y Redón, 2015).

Más reciente es el publicado en agosto de 2022: “*Floating Photovoltaics: A Review*”. En él se pone de relieve que la fotovoltaica flotante está aumentando y convirtiéndose en una opción viable para muchos países y que el aumento de la densidad de la población y de los precios de la tierra son una barrera para el desarrollo de las tradicionales plantas solares. En el artículo se analizan sus ventajas frente a la fotovoltaica montada en tierra, y se indica que la principal brecha en la investigación es el impacto que tiene en la calidad del agua y sobre los organismos que viven en ella. También examina los beneficios, las pérdidas y el futuro, así como aspectos relacionados con las variaciones de agua, cuerpos que se pueden utilizar, eficiencia del sistema, potencia global y potencia para acoplar esta tecnología con otras (Essak y Ghosh, 2022).

Sobre la primera instalación española Ferrer-Gisbert *et al.* (2013) publicaron un artículo de referencia. Más reciente es la aportación al *2020 Global Congress on Electrical Engineering (GC-ElecEng)*, dedicada al diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica aplicado a otra comunidad de regantes de la Comunidad Valenciana, con el objetivo de determinar la viabilidad técnica y económica de una instalación fotovoltaica flotante para cubrir total o parcialmente su demanda energética (Vargas-Salgado *et al.*, 2020).

En marzo de 2022, M. López, F. Soto y Z.A. Hernández, publican un artículo en el que se presenta por primera vez el potencial de la energía solar fotovoltaica flotante en España, país con un alto recurso de energía solar y una gran superficie de agua para su despliegue. Los autores utilizan geodatos de cuerpos de agua dulce naturales, artificiales y altamente modificados, junto con conjuntos de datos geoespaciales ambientales, para calcular la generación de electricidad, teniendo en cuenta el efecto positivo de enfriamiento del agua. Los resultados revelan que España podría satisfacer alrededor del 31% de su demanda eléctrica cubriendo solo el 10% de la superficie de agua disponible. El despliegue de todo el potencial fotovoltaico flotante del país podría reducir la generación de electricidad no renovable en un 81% y las emisiones de gases de efecto invernadero en un 6%, lo que ayudaría a cumplir el objetivo de la Unión Europea para 2030. El potencial de esta tecnología de energías renovables es mayor en las regiones del sur y particularmente en Extremadura, donde el potencial de generación eléctrica triplica la demanda eléctrica (López, Soto y Hernández, 2022).

## 4. Marco legal sobre la producción solar fotovoltaica flotante

### 4.1. Unión Europea

En respuesta a la nueva coyuntura derivada de la Guerra en Ucrania, el 18 de mayo de 2022 la Comisión Europea aprueba el **Plan REpowerEU**, con el fin de reducir rápidamente la dependencia con respecto a los combustibles fósiles rusos y avanzar con rapidez en la transición ecológica: una expansión y una aceleración enormes de las energías renovables en la producción de electricidad, la industria, los edificios y el transporte con el fin de acelerar nuestra independencia, impulsar la transición ecológica y reducir los precios a largo plazo. La Comisión propone aumentar el objetivo principal para 2030 en materia de energías renovables del 40% al 45% en el marco del paquete de medidas «Objetivo 55» (Comisión Europea, 2022, a y b).

El establecimiento de esta mayor ambición general crea el marco para otras iniciativas, entre ellas una estrategia específica de energía solar de la Unión Europea, y en esa misma fecha se aprueba la **Estrategia de Energía Solar de la Unión Europea**. Para la Comisión, el despliegue rápido y masivo de las energías renovables constituye el núcleo del plan REPowerEU, y la energía solar configurará el eje central de este esfuerzo. Panel a panel, la energía ilimitada del sol ayudará a reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles en todos los sectores de nuestra economía, desde la calefacción residencial hasta los procesos industriales. Esta estrategia tiene por objeto añadir a la red más de 320 GW de energía solar fotovoltaica de aquí a 2025 (más del doble en comparación con 2020) y casi 600 GW de aquí a 2030. Estas capacidades adicionales anticipadas reemplazarán el consumo anual de 9.000 millones de m<sup>3</sup> de gas natural de aquí a 2027.

La energía solar presenta una serie de ventajas que la hacen especialmente adecuada para hacer frente a los retos energéticos actuales. Las tecnologías solares fotovoltaicas y solares térmicas pueden desplegarse rápidamente y premiar a los ciudadanos y las empresas con beneficios tanto para el clima como para su bolsillo. La razón es que los costes de la energía solar han disminuido espectacularmente a lo largo del tiempo, convirtiéndola en una de las fuentes de electricidad más competitivas en la UE. Entre otros aspectos, la energía solar protege a los ciudadanos europeos de la volatilidad de los precios de los combustibles fósiles, genera puestos de trabajo, nuevos modelos de negocio y empresas emergentes.

En el documento de la *Estrategia de la UE sobre las Energías Renovables Marinas* (Comisión Europea, 2020), se alude a las soluciones fotovoltaicas flotantes, en las que la superficie del agua puede utilizarse para la generación solar, encerrando un gran potencial. Los esfuerzos de investigación e innovación se dedican, entre otras cosas, a desarrollar nuevas soluciones de amarre, mejorar la durabilidad de los paneles fotovoltaicos en el medio marino, supervisar y evaluar el impacto en el medio ambiente y reducir los costes de mantenimiento.

Además, el uso de la superficie de lagos artificiales creados por presas hidroeléctricas tiene un potencial específico de cara al despliegue de la energía

fotovoltaica. Los paneles fotovoltaicos flotantes reducen la evaporación del agua y, conectados a los sistemas eléctricos de la presa, aumentan la producción total, aunque todavía se está investigando el impacto sobre la biomasa acuática.

Toda intervención en las masas de agua debe respetar las condiciones establecidas en la *Directiva por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas* (Comisión Europea, 2000) y en la *Directiva marco sobre la estrategia marina* (Comisión Europea, 2008).

UNEF ha participado en la consulta pública de la citada Estrategia, que celebró la Comisión, haciendo llegar su posicionamiento basado en siete propuestas: 1) acelerar la obtención de permisos para proyectos de energía solar fotovoltaica; 2) aumentar la aceptación pública de la energía solar fotovoltaica; 3) facilitar el acceso y conexión a la red; 4) aumentar las capacidades europeas de fabricación de energía solar; 5) desplegar el autoconsumo de forma masiva; 6) promover soluciones fotovoltaicas con menor uso de la tierra: bio-agro-fotovoltaica, fotovoltaica flotante y fotovoltaica implantada en la arquitectura; y 7) reforzar las capacidades y la disponibilidad de trabajadores para el sector (UNEF, 2022).

## 4.2. España

El funcionamiento del sistema de producción eléctrica en España está regulado por un marco legal muy amplio (Becker *et al.*, 2021; Jover *et al.*, 2021; Alonso y Revuelta, 2021). El *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030* (Boletín Oficial del Estado de 31 de marzo de 2021) prevé para el año 2030 una potencia total instalada en el sector eléctrico de 161 GW, de los que 39 GW serán solar fotovoltaica, aunque no se alude de un modo específico a la fotovoltaica flotante.

Unos meses más tarde, en diciembre de 2021, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España publica *la Hoja de Ruta del Autoconsumo*, que recoge el resultado de la contribución de diversos agentes económicos, Administraciones y ciudadanía. El autoconsumo de energía será clave en la descarbonización de la economía española, así como en otros retos de carácter más transversal, como la reactivación económica tras la crisis sanitaria de la COVID-19, la transición justa, el reto demográfico y la economía circular (IDAE, 2021). La Ley 24/2013 del Sector Eléctrico define el autoconsumo como “el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de generación próximas a las de consumo y asociadas a las mismas”. Por tanto, el sistema de generación utilizado podrá ser cualquiera de los disponibles en el mercado y será la realidad concreta de cada caso la que determine la tecnología más adecuada.

Los módulos fotovoltaicos para las instalaciones de autoconsumo son los habituales para cualquier generación eléctrica. Según la *Hoja de Ruta del Autoconsumo*, merecen mención especial las instalaciones de fotovoltaicas flotantes donde los módulos se colocan sobre estructuras que flotan en láminas de agua, fundamentalmente embalses o balsas de riego, si bien existen algunas experiencias en mar abierto. El elemento distintivo de estas instalaciones es precisamente la estructura, que debe ser capaz de adaptarse a las condiciones del nivel del agua y cuyo sistema

de anclajes y fondeo es clave para soportar variaciones de decenas de metros. Estas estructuras deben ser sencillas y seguras, existiendo opciones que se montan en tierra para posteriormente deslizar y acoplar a las laderas de las balsas y finalmente desplazar sobre el agua hasta su posición final. Además, deben soportar la incidencia de los rayos UV, las cargas de viento y el movimiento constante del agua que genera cargas mecánicas en la estructura y se soportan gracias a uniones flexibles muchas de ellas de nylon y fibra de vidrio. El mantenimiento debe ser seguro, suministrando suficiente flotabilidad y estabilidad, y capaz de soportar de forma ordenada los cables e inversores y el peso de estos componentes (IDAE, 2021).

Un despliegue masivo del autoconsumo afianzará y desarrollará nuevas aplicaciones basadas en la integración fotovoltaica en edificios, en vehículos, en la fotovoltaica flotante, o en la agrovoltaica, que precisarán de nuevos equipamientos y soluciones (IDAE, 2021). A través del Real Decreto 477/2021, de 29 de junio, se aprueba la concesión directa a las Comunidades Autónomas y a las ciudades de Ceuta y Melilla de ayudas para la ejecución de diversos programas de incentivos ligados al autoconsumo y al almacenamiento con fuentes de energía renovable, así como a la implantación de sistemas térmicos renovables en el sector residencial, en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

Con el Real Decreto-Ley 6/2022, de 29 de marzo, se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania, y se indica que las instalaciones solares fotovoltaicas flotantes abren nuevas oportunidades para aumentar la capacidad de generación eléctrica de origen renovable, especialmente en países con una alta densidad de población y escasez de suelo disponible. Tienen ciertas ventajas sobre los sistemas terrestres, como un mejor rendimiento energético gracias a los efectos de enfriamiento del agua y la disminución de polvo; la posibilidad de agregar capacidad solar flotante a las centrales hidroeléctricas; el aumento de la producción de dichas instalaciones; la optimización de las infraestructuras de evacuación ya existentes; la gestión de los períodos de baja disponibilidad de agua; la reducción de la evaporación, ya que los paneles solares proporcionan sombra, de especial importancia en medios áridos; la no necesidad de una preparación importante del terreno; y la reducción de la presencia de algas en agua dulce. En cualquier caso, dado que el concepto de fotovoltaica flotante es reciente y aún poco explorado, no existen estudios sistemáticos sobre los posibles impactos causados por dichas instalaciones. Se entiende, por tanto, necesario establecer programas de seguimiento con el fin de conocer las características de estas instalaciones.

En síntesis, por medio de este Real Decreto-Ley se modifica la Ley de Aguas a fin de determinar el marco que ha de regir las concesiones administrativas precisas para la puesta en servicio de plantas solares fotovoltaicas ubicadas en el dominio público hidráulico, o sobre otras infraestructuras hidráulicas de titularidad de la Administración General del Estado o de los Organismos de cuenca y conectadas a las redes de transporte o distribución de energía eléctrica. Resulta necesario desarrollar medidas que permitan la utilización de energías renovables que minimicen el coste energético y, con ello, el coste final del recurso, que faciliten el empleo de

instalaciones solares fotovoltaicas en la producción de nuevos recursos hídricos procedentes de la desalinización o de la regeneración de las aguas, y que permitan dotar a las infraestructuras hidráulicas que se construyan o estén ya construidas de instalaciones fotovoltaicas que se integren como un elemento más de la obra hidráulica.

Tal y como señala A. Molina (2022), el artículo 77 bis del Texto Refundido de la Ley de Aguas recoge una interesante novedad: la regulación de la instalación de plantas fotovoltaicas flotantes en dominio público hidráulico. Estas instalaciones deberán ser objeto de concesión y tendrán que contar con las autorizaciones previstas, permitiendo con ello, bajo los procedimientos de objetividad, transparencia y tramitación en competencia, el aprovechamiento más conveniente desde el punto de vista del interés público, tanto en términos socioeconómicos, como de planificación energética, de cara a la más sostenible utilización del dominio público hidráulico, la mejor protección del estado de las masas de agua y por tanto, la consecución de los objetivos medioambientales de la planificación hidrológica.

En octubre de 2022, el Ministerio refrendó el proyecto de Real Decreto por el que se regulará el régimen de instalación de plantas fotovoltaicas flotantes en embalses de titularidad pública y privada ubicados en dominio público hidráulico. El MITECO excluye todos los lagos naturales y los embalses con escasa carga de nutrientes para no dañar ecosistemas acuáticos y, al igual que en el resto, solo se autorizarán tres plantas de generación por pantano. La instalación se hará en régimen de concesión para cada proyecto por un período máximo de 25 años, prórrogas incluidas, y se limitará a masas de agua muy modificadas o artificiales. El otorgamiento de la concesión estará condicionado a la compatibilidad con el Plan Hidrológico de la demarcación, al estado trófico del embalse en cuestión, los derechos y usos preexistentes, la afección a la seguridad y explotación de infraestructuras, y al procedimiento de evaluación ambiental previa. El porcentaje máximo de superficie útil total para la instalación de paneles flotantes oscilará entre un 5 y un 20%, según el nivel de eutrofización de la masa de agua embalsada. Los miembros del Consejo Nacional del Agua dieron también su respaldo a la Orden que regula los procedimientos administrativos sobre el cumplimiento de las normas técnicas de seguridad de presas y sus embalses, y a la declaración de 67 nuevas reservas hidrológicas y ampliación de otras dos ya existentes. Con la aprobación de esta propuesta, el Catálogo Nacional de Reservas Hidrológicas pasará a contar con un total de 289 reservas, incluyendo por primera vez 19 reservas naturales lacustres y 22 reservas naturales subterráneas.

### **4.3. Comunidades Autónomas**

Las comunidades autónomas están apostando fuerte por las energías renovables desde hace unos años. Primero, eliminando la licencia de obra para autoconsumo, siendo las Islas Baleares la región pionera aprobando esta medida en su Ley de urbanismo 12/2017, seguida de Galicia, Extremadura, Cataluña, Andalucía, Castilla y León, Comunidad Valenciana, Islas Canarias, Castilla-La Mancha, y Comunidad Foral de

Navarra. Y de forma paralela, apoyando y potenciando la energía solar fotovoltaica flotante, siendo la Región de Murcia la primera en contemplar en su Programa de Desarrollo Rural 2014-2017 un Proyecto de plataforma fotovoltaica flotante sobre una balsa de riego de uso agrícola en la Comunidad de Regantes de Lorca - Huerto Chico que se abordaría entre febrero y junio de 2017, y después, en el marco del mismo programa, establecer las bases reguladoras de las ayudas para la mejora de la eficiencia energética y la generación de energía renovable en comunidades de regantes (Boletín Oficial de la Región de Murcia, de 27 de mayo de 2020). Dos meses más tarde, el 28 de agosto de 2020, la Generalitat Valenciana publica el Decreto Ley 14/2020, de medidas para acelerar la implantación de instalaciones para el aprovechamiento de las energías renovables, recogiendo las centrales fotovoltaicas flotantes, e indicando que en el plazo máximo de seis meses desde la entrada en vigor de este Decreto Ley, las consellerías competentes en agricultura, agua, medio ambiente y energía establecerán un procedimiento administrativo conjunto, coordinado y único que permita la obtención de las concesiones, autorizaciones y permisos para la implantación de centrales fotovoltaicas flotantes, y promoviendo en el citado plazo un programa de fomento de centrales fotovoltaicas flotantes. A Valencia le sigue el País Vasco, al publicar en octubre de 2021, el *Plan Territorial Sectorial de las Energías Renovables en Euskadi*, cuya Memoria, en el capítulo 5, se dedica a los tipos de energías renovables y en concreto a la energía solar fotovoltaica y la fotovoltaica flotante (Gobierno Vasco, 2021). Canarias regulará este tipo de energía con la publicación en febrero de 2022 del documento *Canarias. Por la transición energética. Estrategia de las energías renovables marinas de Canarias*, en el que se lleva a cabo un estudio de las posibilidades de las islas para explotar su potencial en energías renovables marinas, especialmente, la eólica off-shore, la energía undimotriz y la fotovoltaica off-shore, y se definen las zonas aptas para la instalación de plantas fotovoltaicas off shore en cada isla (Instituto Tecnológico de Canarias, 2022). En las Islas Baleares, el 23 de diciembre de 2022 se presenta el Plan de Solarización de Balsas de Riego que forma parte del Plan de Autoconsumo del Gobierno, con el objetivo de acelerar la descarbonización de la Administración pública. En el marco del mencionado Plan, el Instituto Balear de la Energía (IBE) ha sacado a licitación la redacción de siete proyectos fotovoltaicos sobre balsas de riego, situadas en Mallorca y en Menorca, que sumarían un total de 6,6 MW y se espera que puedan ser ejecutados antes de finales de 2024. Adicionalmente a estos proyectos, el IBE también ha contratado el Estudio de Impacto Ambiental de otra instalación en la balsa de riego de Artà, de 2.800 kW, puesto que, por dimensiones, requiere evaluación ambiental. Una vez en funcionamiento, las 8 balsas producirán 14.100.000 kWh/año, el 5,6% del consumo eléctrico de toda la Administración autonómica<sup>5</sup>.

---

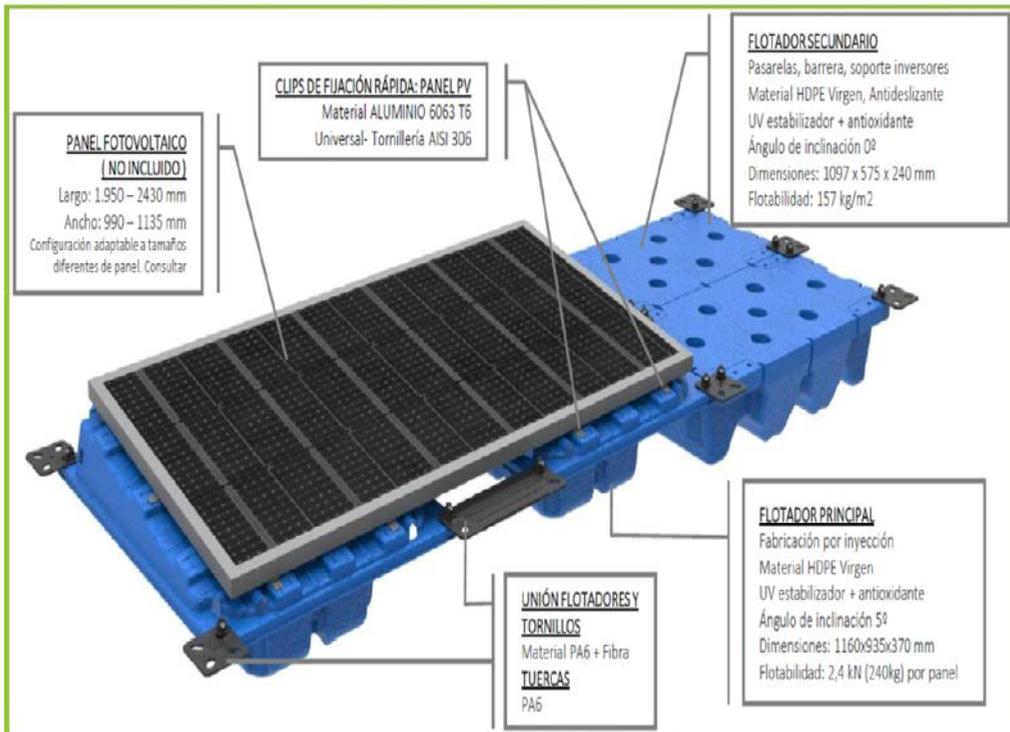
<sup>5</sup> El IBE saca a licitación la redacción de siete proyectos fotovoltaicos sobre balsas de riego, que sumarían un total de 6,6 MW <https://institutbalearenergia.cat/es/el-ibe-saca-a-licitacion-la-redaccion-de-siete-proyectos-fotovoltaicos-sobre-balsas-de-riego-que-sumaran-un-total-de-66-mw/>

## 5. Empresas españolas fabricantes de esta tecnología

### 5.1. ISIGENERE

A finales de la primera década de este siglo el ingeniero agrónomo E. Pons diseña un sistema de cubiertas para las balsas a base de paneles fotovoltaicos flotantes (Figuras 1 y 2), con el fin de paliar la situación que vive la agricultura de regadío, mediante la producción eléctrica (Lladró, 2010). Tras su concepción, diseño y cálculo se construyó una instalación de 300 kW que ocupó prácticamente la totalidad de la balsa del Negret, propiedad de la Comunidad de Regantes "Virgen de La Paz", en el municipio de Agost (Alicante), convirtiéndose en la primera instalación solar flotante sobre el agua en el Mundo basada en un sistema modular, adaptable y replicable (Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Alicante, 2022), incluyendo así a España entre los primeros países en desarrollar esta tecnología, junto con Japón, Francia o Estados Unidos. E. Pons funda en 2008 la empresa Isigener, dedicada al desarrollo de este conjunto de técnicas. Desde entonces han llevado a cabo proyectos en España, vinculados sobre todo al regadío, así como en Israel, Kenia, Chile, Países Bajos y Portugal (Romero, 2022).

Figura 1. Estructura de la instalación fotovoltaica flotante de *Isifloating*



Fuente: <https://www.isifloating.com/>

Figura 2. Proceso de instalación fotovoltaica flotante de *Isifloating* para la Comunidad de Regantes de Mérida (Badajoz)



Fuente: <https://www.isifloating.com>

Para E. Pons y J.C. Hernández (2017), entre los beneficios del sistema flotante para aplicaciones fotovoltaicas "Isifloating", destacan:

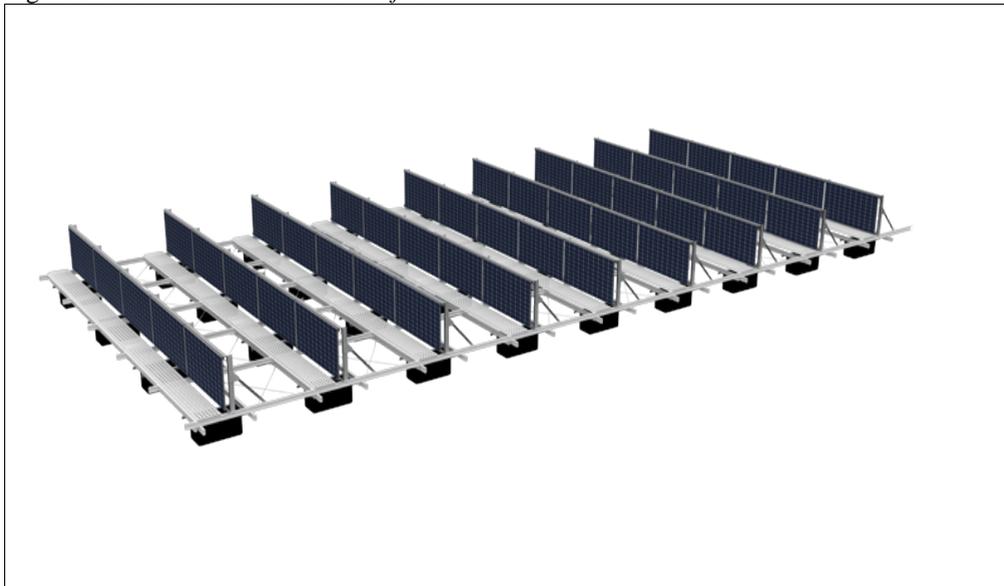
1. Los hídricos, por la reducción de la tasa de evaporación y la disminución de algas, microorganismos y olores.

2. Los energéticos, por la generación de energía renovable vinculada a consumos cercanos.

3. Los urbanísticos-medioambientales, por la posibilidad de implantación de grandes plantas sin necesidad de mayor ocupación de suelo y por un menor impacto visual. En cuanto a sus ventajas medioambientales destacan el aumento entre 10-15% de rendimiento de energía fotovoltaica gracias al efecto de refrigeración; y la reducción de la evaporación del agua en más de un 80% porque el sistema actúa como un techo de protección del agua.

## 5.2. STANSOL ENERGY

En enero de 2018, se presenta de manera oficial en la Feria Internacional Agroexpo el sistema patentado para instalaciones fotovoltaicas flotantes "Stanfloat" de Stansol Energy (Figura 3). Este sistema consiste en un conjunto de componentes que completan una configuración flexible y adaptable a los requerimientos de sus clientes. La clave de este sistema radica en la estructura que soporta los módulos solares y en las juntas elastoméricas.

Figura 3. Sistema solar flotante *Stanfloat*

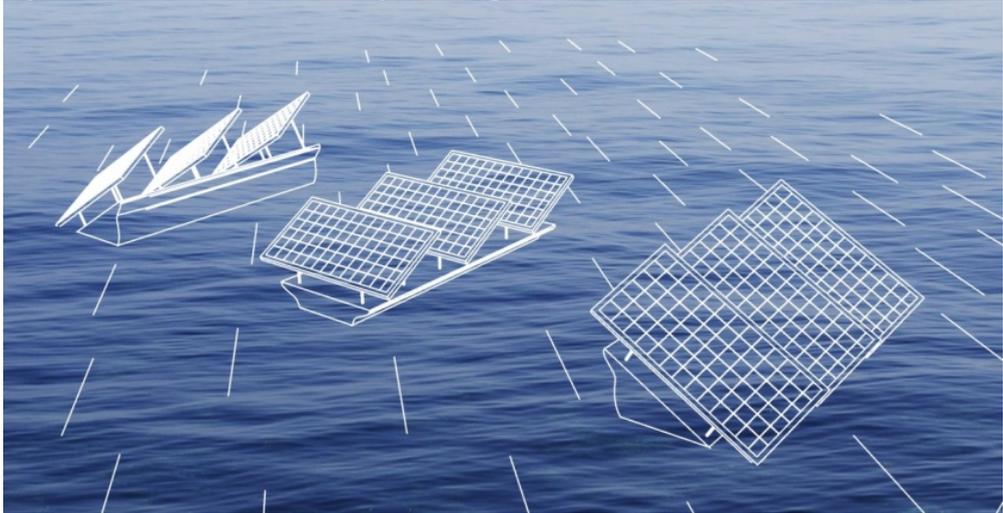
Fuente: <https://www.stansolgroup.com/sistema-solar-flotante/>

La estructura está realizada en un material alternativo al acero y al aluminio, con lo que se consigue que aumente la durabilidad de la propia instalación y se minimicen los efectos de la corrosión. Los paneles van inclinados según el ángulo más adecuado para cada instalación frente a otras tecnologías del mercado que implementan el ángulo de serie, sin adaptarlo a las particularidades de cada cliente. Eso consigue reducir el número de paneles a colocar y con ello rentabilizar el proyecto en su totalidad (Stansol, 2018).

### 5.3. TECNALIA

**TECNALIA** es el mayor centro de investigación aplicada y desarrollo tecnológico de España, un referente en Europa y miembro de Basque Research and Technology Alliance. OTTER es un sistema para fotovoltaica flotante que destaca por su sencillez, robustez y protección de la estructura fotovoltaica contra condiciones adversas. Su diseño modular permite que se aplique en parques de cualquier tamaño mediante el uso de tanques de flotación, adecuadamente diseñados que, mediante su inundación, provocan la inclinación de la estructura y mejoran su estabilidad (Figura 4).

Figura 4. OTTER. Estructura de seguimiento para fotovoltaica flotante



Fuente: <https://www.tecnalia.com/activos/otter-estructura-de-seguimiento-para-fotovoltaica-flotante>

#### 5.4. AROMEN. Pantalanes flotantes

Aromen. Pantalanes Flotantes es una empresa especializada en la fabricación y venta de Pantalanes y Plataformas flotantes, realizados mediante cubos de polietileno de alta densidad (HDPE). Como novedad, disponen también de un “cubo solar” para la instalación de plantas solares flotantes sin armazón (Figura 5).

Figura 5. Cubos para planta solar flotante



Fuente: <https://pantalanes-flotantes.es/productos/cubos-planta-solar-flotante/>

## 6. Instalaciones en España

Debido a la inexistencia de un censo de este tipo de instalaciones eléctricas, hemos recurrido a la web de Isigenere, porque es la empresa que más proyectos ha desarrollado en España hasta la actualidad, y en la que se recogen los datos básicos de los mismos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Instalaciones de energía solar fotovoltaicas flotantes desarrolladas por Isofloating en España. 2009-2022

| Emplazamiento                | Localización                         | Potencia | Nº de flotadores | Año de instalación |
|------------------------------|--------------------------------------|----------|------------------|--------------------|
| Balsa de agua para riego     | C. R. Virgen de la Paz (Alicante)    | 320 KW   | 760              | 2009               |
| Depósito de aguas residuales | Viñas del Vero. Barbastro (Huesca)   | 20 KW    | 205              | 2015               |
| Depósito de agua de riego    | C.R. Lorca (Murcia)                  | 400 KW   | 3.080            | 2016               |
| Depósito de agua de riego    | C.R. Puerto Lumbreras (Murcia)       | 144 KW   | 1.026            | 2018               |
| Balsa de riego privada       | Huercal-Overa (Almería)              | 27,5 KW  | 208              | 2018               |
| Balsa de riego privada       | La Calahorra (Granada)               | 26,04 KW | 168              | 2018               |
| Embalse de Sierra Brava      | Zorita (Cáceres)                     | 446 KW   | 1.497+1.494      | 2020               |
| Depósito de agua de riego    | C.R. Guadiana del Caudillo (Badajoz) | 0,9 MW   | 2.655            | 2020               |
| Depósito de agua de riego    | C.R. Mérida (Cáceres)                | 2,5 MW   | 15.000           | 2020               |
| Depósito de agua de riego    | C.R. Llíria (Valencia)               | 0,87 MW  | 5.040            | 2021               |
| Embalse de cantera           | Real de Montroi (Valencia)           | 0,273 MW | 2.302            | 2021               |
| Balsa Dehesa de las Yeguas*  | C.R. Sur-Andévalo Cartaya (Huelva)   | 1,6 MW   | 7.168            | 2022               |
| Balsa de riego**             | C.R. Águilas (Murcia)                | 0,786 MW | 4.256            | 2022               |

Nota: C.R.: Comunidad de Regantes.

\*<https://elperiodicodelaenergia.com/huelva-cuenta-con-una-nueva-planta-solar-flotante-para-sus-regantes/>

\*\*<https://www.economista.es/energia/noticias/12048057/11/22/La-CR-de-Aguilas-usa-la-tecnologia-de-Isigenere-para-su-planta-solar-flotante.html>

Fuente: <https://www.isifloating.com/project/>

En general, las instalaciones de energía solar fotovoltaicas flotantes de esta empresa se han instalado entre 2009 y 2022 en balsas o depósitos de agua para riego, depósitos de aguas residuales y embalses, localizándose una en Huesca, dos en Valencia, una en Alicante, tres en Murcia, una en Almería, Granada, Huelva, y Badajoz, y dos en Cáceres; oscilando la potencia entre los 446 KW de la instalación del embalse de Sierra Brava en Zorita (Cáceres), la mayor de todas, y los 0,273 MW del embalse de cantera en Real de Montroi (Valencia); y el número de flotadores

entre los 168 de la balsa de riego de La Calahorra (Granada) y los 15.000 del depósito de agua de riego de Mérida (Cáceres).

### **6.1. La planta solar fotovoltaica flotante "Sierra Brava"**

La elección de esta planta, como estudio de caso, se justifica por el hecho de ser la primera planta fotovoltaica flotante conectada a la red en España; porque está promovida por Acciona, única entre las grandes que solo genera electricidad a partir de fuentes de energía renovable; porque se trata de un proyecto demostrativo concebido para estudiar las soluciones técnicas más adecuadas para la instalación de paneles sobre la superficie de lagos o embalses; y porque la fotovoltaica flotante es una opción con cada vez más implantación en varias regiones del Planeta con escasez de suelo disponible o con condiciones geográficas idóneas para ello (Energías Renovables, 2020a).

El 4 de noviembre de 2019 se publica en el Diario Oficial de Extremadura el Anuncio por el que se somete a información pública la solicitud de autorización administrativa previa, correspondiente a la instalación fotovoltaica flotante en el dominio público hidráulico del embalse Sierra Brava, ubicada en los términos municipales de Alcollarín y Zorita (Cáceres), y la infraestructura de evacuación de energía eléctrica asociada; y en el Boletín Oficial de la Provincia de Cáceres de 5 de noviembre de 2019 se publica la autorización administrativa.

El proyecto contempla la instalación de un parque solar fotovoltaico flotante de 1 MW de potencia total compuesto por 5 sistemas flotantes independientes con capacidad máxima de 600 módulos fotovoltaicos cada uno, sistema de balizamiento y protección, un pantalán para dar acceso a las estructuras flotantes, dos edificios protegidos por un cercado metálico que albergarán el centro de transformación y control y una línea de evacuación con paso aéreo sobre la carretera de servicio del embalse. El sistema de fondeo se compondrá de un elemento de sujeción al fondo (muerto de hormigón o ancla de fondo) y de un sistema de cadena/cabo que unirá el elemento de fondeo con la estructura de flotación o pantalán. La superficie ocupada de modo permanente comprenderá 8.298 m<sup>2</sup>.

Tres meses más tarde (Diario Oficial de Extremadura, de 24 de febrero de 2020) se publica la Resolución de 24 de enero de 2020, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, de la Consejería para la Transición Ecológica y la Sostenibilidad, por la que se otorga autorización administrativa previa a la Sociedad Acciona Energía, SA, para la instalación fotovoltaica flotante "Sierra Brava" y para la infraestructura de evacuación de energía eléctrica asociada. Según la directora de Innovación de Energía de Acciona1, "tendrá una potencia de más de un megavatio, y ocupará una superficie acuática de unos 12.000 m<sup>2</sup>, en torno al 0,07% del embalse. La planta se situará en la orilla sur del embalse artificial de 1.650 hectáreas de superficie, construido en 1996 y alimentado por las aguas del arroyo Pizarroso (Figura 6).

Figura 6. Planta fotovoltaica flotante Sierra Brava. 2020



Fuente: [https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-flotante-sierra-brava/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-flotante-sierra-brava/?_adin=02021864894)

La instalación flotante ha sido concebida como un "demostrador tecnológico, orientado a analizar las soluciones más idóneas para optimizar la producción energética en este tipo de instalaciones". Para la compañía, la instalación complementará al centro de innovación de fotovoltaica terrestre que Acciona tiene en el complejo El Romero, en Chile. Los técnicos de Acciona evaluarán en el marco de este proyecto demostrativo diferentes tecnologías de paneles, estructuras de flotación y configuraciones (inclinación, colocación y orientación, entre otros parámetros)" (Energías Renovables, 2020b).

Su directora considera que existen cuatro razones por las que su empresa desarrolla este proyecto. La primera porque Acciona ha contribuido a que la solar fotovoltaica y la eólica terrestre sean las fuentes de generación más competitivas, y siguen innovando con proyectos que aportan valor añadido a la compañía; y la fotovoltaica flotante empieza a despuntar a nivel mundial. Son expertos en fotovoltaica terrestre y quieren estar en primera línea para impulsar la flotante<sup>6</sup>.

La segunda, porque van a probar paneles solares, inclinación y sistemas de flotación de manera combinada, testeando el rendimiento de paneles monofaciales y bifaciales en distintas inclinaciones, desde 5° a 90°, comprobando cómo influye la incidencia del sol en cada una, la refrigeración y la resistencia al viento y la relación

---

<sup>6</sup> De gran interés es el video disponible en: <https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-flotante-sierra-brava/>

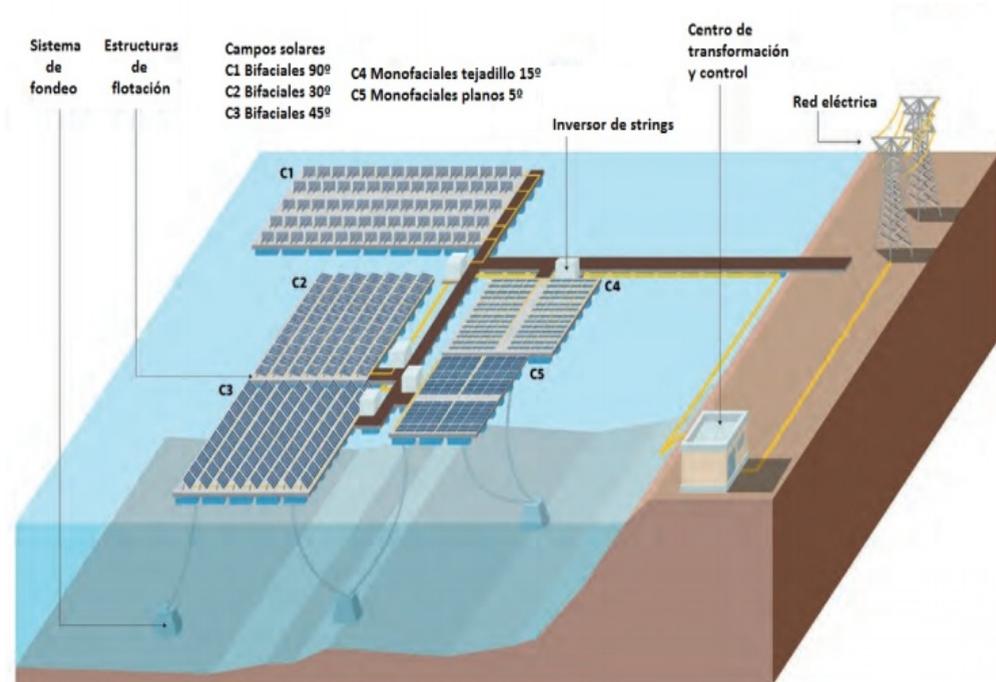
entre eficiencia y coste. Al estudiar las condiciones sobre el terreno podrán valorar cómo influyen los factores ambientales y meteorológicos y buscar la combinación más adecuada a la hora de plantear una instalación fotovoltaica flotante en un entorno concreto de horas de sol, vientos, condiciones de humedad, etc.

La tercera razón, porque ha sido un trabajo conjunto con el equipo de desarrollo, de tecnología fotovoltaica, medio ambiente, compras, jurídico... que cuenta con el apoyo institucional, especialmente importante en un momento como el que se ha vivido como consecuencia del Covid19.

Y la cuarta, porque aprovechar las superficies de los embalses para generar energía adicional es una optimización clara de los recursos hidráulicos, tanto por el aprovechamiento de espacios como por la posibilidad de utilizar las conexiones a red ya existentes y estabilizar la producción, y en este sentido, la red de embalses de España es un mercado potencial para esta tecnología.

Con esta última opinión coincide A. Franco, CEO de Isigenere, para quien "Hibridar plantas hidroeléctricas y solar flotante es una de las opciones más interesantes. España tiene cerca de 1.300 embalses de más de 10 metros de profundidad; de hecho, es el tercer país del mundo en número de embalses. En cuanto a balsas, hay más de 60.000, principalmente de riego" (Mosquera, 2019).

Figura 7. Infografía de la configuración de la planta fotovoltaica de acciona en el embalse de Sierra Brava



Fuente: [https://competplus.eu/wp-content/uploads/2021/01/ACCIONA\\_Hibridacion-Energetica.pdf](https://competplus.eu/wp-content/uploads/2021/01/ACCIONA_Hibridacion-Energetica.pdf)

Figura 8. Planta fotovoltaica flotante de Sierra Brava. Campos C1, C2, C3, C4 y C5



Fuentes: Ver enlaces<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Ver enlaces: **C1:** <https://www.stansolgroup.com/proyectos/embalse-sierra-brava/>; **C2:** [https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-flotante-sierra-brava/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-flotante-sierra-brava/?_adin=02021864894); **C3:** <https://efeverde.com/extremadura-primera-planta-fotovoltaica-flotante/>; **C4:** <https://elperiodicodelaenergia.com/la-planta-fotovoltaica-flotante-de-acciona-en-caceres-a-punto-de-entrar-en-funcionamiento/>; **C5:** <https://www.elagoradiario.com/agua/primera-planta-fotovoltaica-flotante-espana-conectada-a-la-red/>

Según Acciona Energía, las actuaciones ambientales del proyecto incluyen la instalación de cartelería informativa de los recursos naturales existentes en el entorno del embalse, la instalación de boyas de señalización con el objetivo de delimitar las zonas navegables reglamentarias y la habilitación de cajas-nido e islas flotantes para favorecer la nidificación de ciertos tipos de aves. Asimismo, se realizará un seguimiento ambiental, especialmente de las aves del entorno, con el doble objetivo de protegerlas y estudiar su interacción con este tipo de instalaciones (Acciona, 2020).

La planta está compuesta por un total de 3.000 paneles, en 5 campos de 600 paneles cada uno, con el fin de estudiar distintas tecnologías. El conjunto suma una potencia instalada de 1.125 MWp. Los campos C1, C2 y C3 cuentan con paneles bifaciales, e inclinaciones de 90°, 30° y 45° respectivamente, y los campos C4 y C5 con paneles monofaciales con 15° y 5° (Figuras 7 y 8).

En la fotovoltaica flotante bifacial el sistema recibe irradiación reflejada del agua. Sin embargo, el albedo de los cuerpos de agua es muy bajo en comparación con el albedo normal del suelo. De ahí que varios estudios sugieran el uso de un reflector debajo de los módulos para superar este inconveniente (Mouhib *et al.*, 2022).

El 19 de septiembre de 2022 se publica en el Diario Oficial de Extremadura el Anuncio por el que se somete a información pública la solicitud de autorización administrativa correspondiente a la instalación fotovoltaica flotante "Sierra Brava 2.0" e infraestructura de evacuación de energía eléctrica.

Para Acciona, la combinación de solar fotovoltaica más hidráulica, tiene como beneficios: 1) el aumento de la potencia instalada renovable, 2) la complementariedad de tecnologías renovables, 3) una mayor estabilidad y eficiencia del suministro renovable, 4) el aprovechamiento de la superficie de embalses, 5) el aprovechamiento de infraestructura eléctrica de vertido a red infrautilizada y 6) el impacto mínimo por el bajo porcentaje de ocupación superficial (Acciona, 2021).

En definitiva, la compañía considera que la energía solar flotante es económicamente viable en regiones con poca disponibilidad de tierra o fuerte competencia de usos agrícolas, y España tiene una red de grandes embalses hidroeléctricos que tienen un "claro potencial" para la energía solar flotante. Los resultados de las pruebas del proyecto de demostración servirán como base para el desarrollo de plantas comerciales más grandes (Radowitz, 2020).

De la producción de energía solar fotovoltaica en Extremadura da cuenta el artículo "Energías renovables y desarrollo local en Extremadura" de A. Pérez y F. Leco, dedicado a analizar la evolución y tipología de la producción eléctrica en esta Región, y ponderar la incidencia de la producción eléctrica en el desarrollo de los municipios extremeños a través de la generación de empleo y de sus efectos demográficos y económicos. Ambos autores consideran que "... las grandes cifras de capital invertido, de superficie ocupada, de paneles instalados o de energía producida no guardan relación con la incidencia que tiene la producción eléctrica en el desarrollo de los territorios afectados" (Pérez y Leco, 2022).

## 7. Discusión

Organizaciones ecologistas, vecinos y pueblos defienden que las instalaciones de plantas fotovoltaicas flotantes no deben afectar a los espacios de mayor valor y uso recreativo, y defienden que se debería prohibir expresamente su instalación en lagos naturales, zonas Red Natura 2000, espacios naturales protegidos y sitios de interés geológico. Consideran que no son compatibles con el desarrollo sostenible de los municipios, con las renovables y con la biodiversidad (Martínez, 2022), y que se ha “ninguneado” al territorio en favor de otros intereses. Además, los vecinos de zonas castigadas por los pantanos en el franquismo se enfrentan ahora a los planes del Ejecutivo para instalar centrales fotovoltaicas sobre unos embalses que, medio siglo después de despoblar los valles, se estaban convirtiendo en un medio para fijar población en la España vacía a través del turismo (Bayona, 2022). Ecologistas en Acción, WWF y SEO BirdLife se oponen a la instalación de plantas fotovoltaicas flotantes en embalses de dominio público hidráulico por el posible impacto medioambiental que provocarían en el ecosistema, y consideran que “no existen experiencias ni estudios científico-técnicos suficientes para estimar el tipo y magnitud de los efectos ambientales”. La Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España (Fenacore), consideran que “los regantes van a estar siempre a favor de hacer un uso eficiente del agua y también de las energías renovables. Pero les preocupa que no se les garantice que estas instalaciones no van a generar limitaciones ni condicionantes a la explotación futura de los embalses, ni perjuicios a los usos existentes”. La Comunidad de Aragón también se suma al rechazo por el posible impacto sobre el medio ambiente, las actividades turísticas y recreativas o el regadío (Blanco, 2022; Mateo, 2022).

En octubre de 2022, el MITECO excluye todos los lagos naturales y los embalses con escasa carga de nutrientes para no dañar ecosistemas acuáticos, solo autorizarán tres plantas de generación por pantano y limitará a masas de agua muy modificadas o artificiales la instalación de plantas flotantes. Además, el otorgamiento de la concesión estará condicionado, entre otros aspectos, a la evaluación ambiental previa, pudiéndose instalar paneles flotantes entre un 5 y un 20% máximo de la superficie útil total, según el nivel de eutrofización de la masa de agua embalsada.

A pesar de las medidas adoptadas por el Ministerio, todavía hay muchas incógnitas sobre los impactos ambientales y sociales de la energía fotovoltaica flotante, como alternativa de generación eléctrica limpia, y estos están siendo revisados, en medio de una escalada de proyectos a nivel global. Mariela León plantea en el artículo “Las incógnitas que esconde la energía solar flotante”<sup>8</sup> que las relaciones entre la expansión de la energía solar fotovoltaica y los impactos ambientales, sociales y económicos siguen sin explorarse suficientemente. Su

---

<sup>8</sup> León, M. (10-6-2022): Las incógnitas que rodean a la energía solar flotante en franca expansión. *Cambio16.com*

instalación en alta mar puede crear contaminación acústica para la vida marina, interferir con las migraciones de ballenas y plantear complicaciones para la pesca comercial. Su montaje en embalses ha sido criticado por la generación de una amplia gama de impactos socioambientales no deseados. En este último caso, deberíamos plantearnos qué proporción de agua podría cubrirse antes de que las desventajas superen las ventajas. Dar sombra a una gran parte de un embalse podría desencadenar efectos en cascada. La reducción de la luz dificulta el florecimiento de los organismos fotosintéticos, como las plantas acuáticas y el fitoplancton. Esto podría ser beneficioso en los embalses contaminados por nutrientes donde proliferan las algas nocivas ... Sin embargo, la producción reducida de oxígeno podría dañar a los peces y otros animales. Las necesidades de suministro de agua potable e irrigación probablemente anularían el deseo de mantener niveles estables de agua para la energía fotovoltaica flotante. Los paneles solares flotantes podrían impactar negativamente el paisaje y frenar el uso recreativo de los embalses, lo que provocaría caídas en los precios de las propiedades locales y la resistencia de los propietarios de tierras próximas a los mismos.

Según E. Pons y J.C. Hernández (2017), entre los beneficios del sistema flotante destacan la reducción de la evaporación, de algas, de microorganismos y de olores, la oferta de energía renovable a consumos cercanos, la optimización de los recursos hidráulicos, tanto por el aprovechamiento de espacios como por la posibilidad de utilizar las conexiones a red ya existentes y la estabilización de la producción. Empresas como Acciona Energía, plantea entre otras actuaciones ambientales, la habilitación de cajas-nido e islas flotantes para favorecer la nidificación de ciertos tipos de aves, y un seguimiento ambiental, especialmente de las aves del entorno, con el objetivo de protegerlas y estudiar su interacción con este tipo de instalaciones (Acciona, 2020). La combinación de solar fotovoltaica más hidráulica, tiene como beneficios, según la misma empresa: el aumento de la potencia instalada renovable, la complementariedad de tecnologías renovables, una mayor estabilidad del suministro renovable, el aprovechamiento de la superficie de embalses, el aprovechamiento de infraestructura eléctrica de vertido a red infrautilizada y el impacto mínimo por el bajo porcentaje de ocupación superficial (Acciona, 2021). Para su directora, la fotovoltaica flotante tiene una clara complementariedad con la gran hidráulica (Energías Renovables, 2020b).

## 8. Conclusiones

Los desafíos climáticos, la situación en Ucrania y nuestra dependencia en fuentes de energía fósiles han puesto de relieve la necesidad de acelerar la inversión en fuentes limpias, dejando atrás los provenientes de depósitos de petróleo, gas y carbón, entre otros. Para lograr las emisiones netas cero en torno a 2050, es necesario un aumento sin precedentes de las inversiones en energías limpias a nivel general, pero sobre todo en las economías emergentes y en desarrollo. Se espera que para 2026 la región de

Asia-Pacífico tenga la mayor cuota de mercado, en torno al 60%, siendo China el mercado de más rápido crecimiento, junto con Países Bajos, Filipinas y España.

En el caso concreto de nuestro estudio, hay que resaltar que España es el tercer país del mundo en número de embalses, con casi 1.300 de más de 10 metros de profundidad. En cuanto a balsas, hay más de 60.000, principalmente de riego (Mosquera, 2019). En consecuencia, España tiene una red de grandes embalses hidroeléctricos que tienen un "claro potencial" para la energía solar flotante en regiones con poca disponibilidad de tierra o fuerte competencia de usos agrícolas.

El plan del Ministerio para la Transición Ecológica para instalar placas fotovoltaicas flotantes sobre el agua de los embalses recibió el pasado 10 de octubre un esparadazo al obtener el apoyo mayoritario –que no unánime– del Consejo Nacional del Agua, que reúne, entre otros actores, a las comunidades autónomas. “En un país como España”, indican en el MITECO, “con el mayor número de presas y embalses (1.225) de la UE, se trata de una opción que debe explorarse, atendiendo siempre a las características específicas, el estado trófico de sus aguas, biodiversidad o usos preexistentes”. En este sentido, el real decreto declara que no se instalarán paneles en embalses oligotróficos –es decir, con poca productividad biológica y, por tanto, con agua de buena calidad– ni en lagos o lagunas de origen natural.

También se necesitan estudios de campo a gran escala para evaluar la respuesta de los ecosistemas a la cobertura de la energía solar flotante. Aunque se han implementado en varios sitios de prueba, la mayoría de los esfuerzos de investigación se centran más en la viabilidad de la ingeniería que en aspectos relacionados con el medio ambiente.

En definitiva, sería conveniente mantener un “ten con ten” entre los planteamientos economistas y los planteamientos ecologistas, maximizando las oportunidades que nos ofrece el medio y la tecnología para conseguir la autosuficiencia energética, y minimizando los impactos negativos sobre el entorno. Además, considera M. León (2022), que los planes para abordar los posibles problemas surgidos en el medio y en la población por la implantación de estas instalaciones deberían hacerse públicos para que la industria y la sociedad pudieran avanzar hacia prácticas mutuamente aceptables, porque la transparencia también impulsaría la confianza de los inversores y el desarrollo del sector.

## 9. Agradecimientos

El tercer autor, Ramón García-Marín, agradece la financiación concedida por el Ministerio de Economía y Competitividad (Gobierno de España) para el desarrollo del Proyecto de Investigación “Sostenibilidad Territorial del Modelo Energético Bajo en Carbono. Territorios y Energías Renovables (TERRYER)”, con referencia CSO2017-84986-R (<http://grupo.us.es/terryer/index.php>). Asimismo, agradece la financiación asignada para desarrollar el Proyecto de Investigación “Innovación Socio-Territorial para la Transición Energética en la Península Ibérica (STEP)”, Proyecto PID2021-123940OB-I00, financiado/a por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y “FEDER Una manera de hacer Europa”.

## 10. Bibliografía y referencias

- A.A. (2022a): "Una empresa promueve la instalación de una planta solar flotante de 62 hectáreas en el embalse de Buendía", Noticias de Cuenca, 7 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.vocesdecuenca.com/provincia/alcarria/una-empresa-promueve-la-instalacion-de-una-planta-solar-flotante-de-62-hectareas-en-el-embalse-de-buendia/>
- A.A. (2022b): "La planta solar fotovoltaica del Embalse de Buendía paralizada ante el cambio de normativa por la guerra de Ucrania", Noticias de Cuenca, 14 septiembre de 2022. Disponible en: <https://www.vocesdecuenca.com/provincia/alcarria/la-planta-solar-flotante-del-embalse-de-buendia-paralizada-ante-el-cambio-de-normativa-por-la-guerra-de-ucrania/>
- Acciona Energía (2020): Planta Fotovoltaica Sierra Brava. Disponible en: [https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-flotante-sierra-brava/?\\_adin=02021864894](https://www.acciona.com/es/proyectos/planta-fotovoltaica-flotante-sierra-brava/?_adin=02021864894)
- Acciona Energía (2021): Acciona. Hibridación energética. Disponible en: [https://competplus.eu/wp-content/uploads/2021/01/ACCIONA\\_Hibridacion-Energetica.pdf](https://competplus.eu/wp-content/uploads/2021/01/ACCIONA_Hibridacion-Energetica.pdf)
- Alonso Más, M.J. y Revuelta Pérez, I. (Dirs.) (2021): Regulación del sector eléctrico y transición energética. Cizur Menor (Navarra), Editorial Aranzadi. 342 págs.
- Bayona, E. (2022): "Cientos de pueblos se rebelan contra el plan del Gobierno de cubrir embalses con placas solares". Diario Público. 15 de mayo de 2022. Disponible en: <https://www.publico.es/politica/cientos-pueblos-rebelan-plan-gobierno-cubrir-embalses-placas-solares.html>
- Becker, F., Cazorla, L.M. y Martínez-Simancas, J. (Dirs.) (2010): Tratado de regulación de energías renovables. Madrid, Iberdrola y Editorial Aranzadi. 1.800 págs.
- Blanco, P. (2022): "La solar flotante surge con brío. Los parques instalados sobre el agua de los embalses, que pueden abastecer a más de un millón de hogares, ultiman su despegue". El País, 30 de octubre de 2022. Disponible en: <https://elpais.com/extra/energia/2022-10-30/la-solar-flotante-surge-con-brio.html>
- Colegio Oficial De Ingenieros Agrónomos De Alicante (2022): "Emili Pons: El papel de la ingeniería agronómica es fundamental a la hora de combinar de forma eficiente y efectiva el agua y la energía". 23 de marzo de 2022. Disponible en: <https://www.coial.org/el-papel-de-la-ingenieria-agronomica-es-fundamental-a-la-hora-de-combinar-de-forma-eficiente-y-efectiva-el-agua-y-la-energia/>
- Comisión Europea (2008): Directiva 2008/56/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina) (Texto pertinente a efectos del EEE). 22 págs. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0056>
- Comisión Europea (2020): Una estrategia de la UE para aprovechar el potencial de la energía renovable marina para un futuro climáticamente neutro. 31 págs. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:52020DC0741>
- Comisión Europea (2022a): Estrategia de Energía Solar de la UE. 26 págs. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=COM:2022:221:FIN>
- Comisión Europea (2022b): Plan REPowerEU. Disponible en: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_es)
- DNV (2021): DNV publica la primera práctica recomendada en el mundo para plantas de energía solar flotante, 31 de marzo de 2021. Fecha de consulta: 27 de enero de 2023. Disponible en: <https://www.dnv.es/news/dnv-publica-la-primer-practica-recomendada-en-el-mundo-para-plantas-de-energia-solar-flotante-199138>
- ENDESA (2022): Planta solares flotantes. Una alternativa más para generar energías renovables. 27 de mayo de 2022. Disponible en: <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/plantas-solares-flotantes-alternativa-generacion-energia-renovable>

- EDP (2022): FreSHer: Nuevas soluciones para la energía solar flotante. Disponible en: <https://www.edp.com/es/innovacion/fresher-desafios-de-los-paneles-fotovoltaicos-flotantes>
- Essak, L. y Ghosh, A. (2022): "Floating Photovoltaics: A Review". *Clean Technologies*, vol. 4, págs. 752-769. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4030046>
- Energías Renovables (2020a): "Acciona construye la primera planta FV flotante conectada a red de España", *Energías Renovables*, n° 192, junio de 2020, pp. 40, 41 y 44. Disponible en: <https://www.energiyas-renovables.com/ficheroenergiyas/productos/pdf/Revista663.pdf>
- Energías Renovables (2020b): "Entrevista a Belén Linares. Directora de Innovación de Energía de Acciona", *Energías Renovables*, n° 192, junio de 2020, pág. 42. Disponible en: <https://www.energiyas-renovables.com/ficheroenergiyas/productos/pdf/Revista663.pdf>
- Fabra, M. y Álvarez, C. (2022): "La pugna por el modelo de desarrollo de las energías renovables se tensa a nivel local", *El País. Clima y Medio Ambiente*, 9 de diciembre de 2022. Disponible en: <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-12-09/la-pugna-por-el-modelo-de-desarrollo-de-las-renovables-se-tensa-a-escala-local.html>
- Ferrer-Gisbert, C., Ferrán-Gozálvez, J.J., Redón-Santafé, M., Ferrer-Gisbert, P., Sánchez-Romero, F.J. y Torregrosa-Soler, J.B. (2013): "A new photovoltaic floating cover system for water reservoirs", *Renewable Energy*, vol. 60, págs. 63-70. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.04.007>
- Gobierno Vasco (2021): Plan Territorial Sectorial de las Energías Renovables en Euskadi. Vitoria, Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente. Documento 1. Memoria, 214 págs. Disponible en: [https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/proceso\\_elaboracion\\_ptser/e/es\\_def/adjuntos/1\\_Documento\\_Avance\\_Memoria.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/proceso_elaboracion_ptser/e/es_def/adjuntos/1_Documento_Avance_Memoria.pdf)
- Iberdrola (2022): "Energía solar, fotovoltaica y... ¡Flotante!", *Ingeniería Eléctrica*, vol. 34, n° 380, pp. 16-18. Disponible en: <https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/380>
- Iberdrola (2023): Energía solar flotante. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/innovacion/fotovoltaica-flotante>
- Instituto Tecnológico De Canarias (2022): Canarias. Por la transición energética. Estrategia de las energías renovables marinas de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria, 258 págs. Disponible en: [https://www3.gobiernodecanarias.org/ceic/energia/ocean/images/Documentos/Estudios/D6\\_Estrategia\\_EnergiasRenovablesMarinas.pdf](https://www3.gobiernodecanarias.org/ceic/energia/ocean/images/Documentos/Estudios/D6_Estrategia_EnergiasRenovablesMarinas.pdf)
- International Energy Agency. Photovoltaic Power Systems Programme (2023): Snapshot of Global PV Markets 2023. París. Report IEA-PVPS-T1-44:2023. Disponible en: [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2023/04/IEA\\_PVPS\\_Snapshot\\_2023.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2023/04/IEA_PVPS_Snapshot_2023.pdf)
- IRENA. International Renewable Energy Agency (2021). Offshore renewables an action. Agenda for deployment. A contribution to the G20 Presidency. Abu Dhabi. 120 págs. Disponible en: <https://www.irena.org/publications/2021/Jul/Offshore-Renewables-An-Action-Agenda-for-Deployment>
- Jover Gómez-Ferrer, J.M., Tarlea Jiménez, R. y Gil-Casares Cervera, C. (2021): Regulación del sistema eléctrico. Editorial Aranzadi, Cizur Menor (Navarra), 568 págs.
- León, M. (10-6-2022) Las incógnitas que rodean a la energía solar flotante en franca expansión. Cambio16.com
- Lladró, V. (2010): "Placas para cubrir balsas". *Diario Las Provincias*, 6 de junio de 2020. Disponible en: <https://www.lasprovincias.es/v/20100606/dinero/placas-para-cubrir-balsas-20100606.html>
- López, M.; Soto, F. y Hernández, Z.A. (2022): "Assessment of the potential of floating solar photovoltaic panels in bodies of water in mainland Spain", *Journal of Cleaner Production*, vol. 340, p. 130752. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130752>
- Martín-Sánchez, A.Y., Olmos-Henríquez, A., A.D. Rico-Cano, C. Matos-Sánchez, C. Rodríguez-Domínguez, R. Santana-Domínguez, López-Arquillo, J.D. y Peñate-Suárez, B. (2020): Viabilidad técnico-termodinámica y diseño de un campo solar fotovoltaico flotante en la captación de agua de mar de la desaladora Las Palmas III-Piedra Santa (Gran

- Canaria), Trabajo de Fin de Máster. Universidad Europea de Canarias, La Orotava (Santa Cruz de Tenerife). Un resumen de sus contenidos se publicó en *Futureenviro*, nº 75, págs. 21-26.
- Martínez, D. (2022): "El plan para instalar paneles solares en el embalse del Ebro levanta recelos", *El Diario Montañés*. 20 de abril de 2022. Disponible en: <https://www.eldiariomontanes.es/cantabria/plan-instalar-paneles-20220420191744-ntvo.html>
- Mata Olmo, R. y Requejo Liberal, J. (2022): "El suelo fértil: tercer pilar del patrimonio territorial", en *Agricultura y Ganadería Familiar en España. Anuario 2022*. Fundación de Estudios Rurales y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, págs. 169-176. Disponible en: <https://www.upa.es/upa/que-es-upa/anuario-2022/>
- Mateo, S. (2022): "WWF y SEO BirdLife se oponen a la instalación de plantas fotovoltaicas en embalses de dominio público hidráulico", *Onda Regional*. 11 de octubre de 2022. Disponible en: <https://www.orm.es/informativos/noticias-2022/wwf-y-seo-birdlife-se-oponen-a-la-instalacion-de-plantas-fotovoltaicas-en-embalses-de-dominio-publico-hidraulico/>
- Ministerio Para La Transición Ecológica Y El Reto Demográfico (2021): *Hoja de Ruta del Autoconsumo*. Madrid, 104 págs. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/hoja-ruta-autoconsumo/default.aspx>
- Molina Giménez, A. (2022): "Generación y eficiencia energética en el ciclo del agua urbana. Retos desde la óptica del Derecho", en *Agua, energía y medio ambiente*. Universidad de Alicante, 2022. págs. 959-968. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/127174>
- Mosquera, P. (2019): "Andrés Franco. CEO de Isigenere. Nuestra tecnología se podría hibridar fácilmente con la hidroeléctrica", *Energías Renovables*, nº 182, págs. 47-48. Disponible en: <https://www.energias-renovables.com/revistas-energias-renovables/numero-182-junio-2019>
- Mouhib, E.; Micheli, L.; Almonacid, F.M. y Fernández, E.F. (2022): "Overview of the Fundamentals and Applications of Bifacial Photovoltaic Technology: Agrivoltaics and Aquavoltaics", *Energies*, vol. 15, nº 23, p. 8777. <https://doi.org/10.3390/en15238777>
- Pérez Díaz, A. y Leco Berrocal, F. (2022): "Energías renovables y desarrollo local en Extremadura", *Estudios Geográficos*, vol. 83, nº 292. e102. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2022110.110>
- Pons Puig, E. y Hernández, J.C. (2017): "Isifloating Sistema flotante para aplicaciones fotovoltaicas", en *Jornada sobre Energías Renovables en el Regadío*. Centro Nacional de Tecnología de Regadíos (CENTER), Isifloating y Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, 27 págs. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/images/es/isifloating\\_center\\_v1\\_tcm30-376240.pdf](https://www.mapa.gob.es/images/es/isifloating_center_v1_tcm30-376240.pdf)
- Portillo Pascual Del Riquelme, L. Y JIMÉNEZ-LANDI USUNÁRIZ, P. (2021): "La devastadora invasión de los grandes 'parques' solares fotovoltaicos (PSFV) y las protestas de agricultores, ganaderos, ecologistas, sindicatos, científicos y vecinos", *Pensamiento Crítico*, mayo de 2021. Disponible en: <http://www.pensamientocritico.org/la-devastadora-invasion-de-los-grandes-parques-solares-fotovoltaicos-psfv-y-las-protestas-de-agricultores-ganaderos-ecologistas-sindicatos-cientificos-y-vecinos/>. Fecha: 27 de enero de 2021.
- Radowitz, B. (2020): 'Clear potential': Acciona kick-starts era of floating solar power in Spain. The utility and infrastructure firm grid-connects 1.1MW plant on a southern Spanish reservoir eyeing a larger commercial market". 28 de julio de 2020. Disponible en: <https://www.rechargenews.com/transition/clear-potential-acciona-kick-starts-era-of-floating-solar-power-in-spain/2-1-848917>

- Redón Santafé, M. (2011): Diseño de un sistema de cubierta flotante fotovoltaica para balsa de riego, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. Resumen disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=250916>
- Redón Santafé, M. (2015): Cubierta flotante fotovoltaica para balsas y embalses. Diseño de un sistema de cubrición flotante fotovoltaico sobre láminas de agua. Ed. Publicia. 384 págs.
- Rodríguez, C. y Reindl, T. (2022): "SERIS Flagship Project Floating Solar Systems", en SERIS Annual Report 2022, National University of Singapore (NUS) y Solar Energy Research Institut of Singapore (SERIS), págs. 53-54. Disponible en: [https://www.seris.nus.edu.sg/doc/publications/Annual-Reports/SERIS\\_Annual\\_Report\\_2022.pdf](https://www.seris.nus.edu.sg/doc/publications/Annual-Reports/SERIS_Annual_Report_2022.pdf)
- Romero, R. (2022): "La primera planta solar flotante modular del mundo se instaló en una balsa de riego alicantina". Diario El Confidencial. 19 de septiembre de 2022. Disponible en: [https://www.elconfidencial.com/hacia-un-futuro-mejor/2022-09-19/planta-solar-flotante-isigenere-bra\\_3491621/](https://www.elconfidencial.com/hacia-un-futuro-mejor/2022-09-19/planta-solar-flotante-isigenere-bra_3491621/)
- Rosa-Clot, M. y Tina, G.M. (2017): Submerged and floating photovoltaic systems: modelling, design and case studies. Academic Press. Elsevier. 262 págs.
- Rosa-Clot, M. y Tina, G.M. (2020): Floating PV Plants. Academic Press. Elsevier. 138 págs.
- Stansol (2018): El pasado enero de 2018 se presenta de manera oficial en AGROEXPO el Sistema patentado para instalaciones fotovoltaicas flotantes Stanfloat de Estansol. Disponible en: <https://www.stansolgroup.com/stansol-presenta-su-sistema-para-instalaciones-solares-flotantes-en-agroexpo/>
- TecNALIA (2022): Premio Sebastián Iruretagoyena al Mejor Trabajo Fin de Grado en ADE 2021-2022, 12 de julio de 2022, Disponible en: <https://www.tecnalia.com/noticias/premio-iruretagoyena-iniciativa-tecnalia-ventures>
- Trapani, K. y Redón Santafé, M. (2015): "A review of floating photovoltaic installations: 2007–2013", *Progress in Photovoltaics*, vol. 23, 4, págs. 524-532. <https://doi.org/10.1002/pip.2466>
- UNEF. Unión Española Fotovoltaica (2022): Energía solar. Apuesta segura para la recuperación económica. Informe Anual UNEF 2022. Madrid. 81 págs. Disponible en: <https://www.unef.es/es/recursos-informes>
- Universidad Europea De Canarias (2020): La Universidad Europea de Canarias participa en un proyecto de energías renovables con el ITC y Emalsa. 17 de julio de 2020. Disponible en: <https://universidadeuropea.com/noticias/la-universidad-europea-de-canarias-participa-en-un-proyecto-de-energias-renovables-con-el-itc-y-emal/>
- Vargas-Salgado, C. et al. (2020): "Floating PV Solar-Powered Systems: design applied to an irrigators community in the Valencia Region–Spain", en 2020 Global Congress on Electrical Engineering (GC-ElecEng). IEEE, págs. 88-95. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9286279>
- World Bank Group, ESMAP y SERIS (2018): Where Sun Meets Water: Floating Solar Market Report - Executive Summary (English). Washington, D.C., World Bank. 24 págs. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/579941540407455831/Floating-Solar-Market-Report-Executive-Summary>.