



# Diagnóstico del estado del arte de las explotaciones agrovoltaicas en la UE



31/03/2026

## Información del Documento

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Título del proyecto</b>          | Agrovoltaica y resiliencia en zonas rurales del territorio SUDOE                   |
| <b>Acrónimo del proyecto</b>        | AgroSOL  |
| <b>Coordinador del proyecto</b>     | Simon Navarro (ESTIA)  |
| <b>Duración del proyecto</b>        | 36 meses   |
| <b>Grupo de trabajo relacionado</b> | GT1  |
| <b>Título del Documento</b>         | Diagnóstico del estado de las explotaciones agrovoltaicas en la UE                 |
| <b>Numero de entregable</b>         | E.1.1.1  |
| <b>Organización líder</b>           | ESTIA  |
| <b>Socios colaboradores</b>         | ESTIA, UPNA, ADENE, Consorcio EDER, UBU, GLHD, EREN, U.Évora-IIFA, CICYTEX, ITAGRA |
| <b>versión</b>                      | V1   |
| <b>Tipo de informe</b>              | informe informativo  |
| <b>Nivel de diseminación</b>        | Publico  |
| <b>Fecha de vencimiento</b>         | 31/12/2025   |
| <b>Fecha de ingreso</b>             | 31/03/2026   |
| <b>Autores</b>                      | Simon Navarro (ESTIA)<br>João Alpalhão (ADENE)<br>Marian De Blas Corral (UPNA)     |

## Histórica

| Date       | versión | Enviado por           | Revisado por  | Comentarios |
|------------|---------|-----------------------|---|-------------|
| 31/03/2026 | V01     | Simon Navarro (ESTIA) | João Alpalhão (ADENE)<br>Marian De Blas Corral (UPNA) |             |
|            |         |                       |   |             |

## Índice

|  |    |
|--|----|
| Resumen .....  | 5  |
| 1. Introducción .....  | 6  |
| 2. Modelo económico .....  | 7  |
| i. Situación general del sector agrícola .....                           | 7  |
| ii. Situación general de la energía fotovoltaica .....                   | 8  |
| iii. Modelo económico agrovoltaico .....                                 | 10 |
| 3. Arquetipos de producción fotovoltaica en sistemas agrovoltaicos ..... | 12 |
| 4. Rendimiento de los sistemas agrovoltaicos .....                       | 15 |
| i. Rendimiento energético .....  | 15 |
| ii. Seguimiento agronómico .....   | 17 |
| iii. Experiencia en agrovoltaica en el espacio SUDOE .....               | 19 |
| 5. Clima y zonas geográficas .....                                       | 29 |
| i. Extensión y clima del espacio SUDOE .....                             | 29 |
| ii. Tendencias climáticas y vulnerabilidades .....                       | 30 |
| iii. Implicaciones para la agrovoltaica .....                            | 31 |
| 6. Políticas públicas y normativa .....                                  | 33 |
| i. En Francia .....  | 33 |
| ii. En España .....  | 37 |
| iii. En Portugal .....   | 40 |
| iv. comparación .....  | 42 |
| v. Recomendaciones .....   | 43 |
| 7. conclusión .....  | 44 |

## Lista de imágenes

|   |    |
|---|----|
| Imagen 1: Central en suelo .....              | 13 |
| Imagen 2: Estructura fija elevada .....       | 13 |
| Imagen 3 : Sistema orientable .....           | 14 |
| Imagen 4 : Invernaderos fotovoltaicos .....   | 14 |
| Imagen 5 : Vallas de módulos bifaciales ..... | 15 |

## Liste de tablas

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Tabla 1: Características de las instalaciones e impacto en el rendimiento energético.....         | 16                                   |
| Tabla 2 : Proyectos agrovoltaicos del espacio SUDOE .....   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> 3 |
| Tabla 3: Superficie agrícola útil .....   | 30                                   |
| Tabla 4 : Objetivos nacionales de reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente ..... | 40                                   |
| Tabla 5 : Trayectoria indicativa y contribución de Portugal a la meta vinculante de 2030 .....    | 40                                   |
| Tabla 6 : Comparación de políticas públicas.....  | 42                                   |

## Resumen

Este estudio se ha llevado a cabo en el marco del proyecto AgroSOL (S2/2.4/F0226), dirigido por École Supérieure des Technologies Industrielles Avancées (ESTIA), con la colaboración de los socios: Universidad Pública de Navarra - Departamento de Ingeniería (UPNA), Agência para a energia (ADENE), Consorcio para las Estrategias de Desarrollo de la Ribera de Navarra (Consortio EDER), Universidad de Burgos - Escuela Politécnica Superior - Departamento de Ingeniería Electromecánica (UBU), Green LightHouse Development (GLHD), Ente público Regional de la Energía de Castilla y León (EREN), Universidade de Évora-Instituto de Investigaçã o e Formaça o Avançada (U.Évora-IIFA), Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura - Instituto de Investigaciones Agrarias (CICYTEX), Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario (ITAGRA.CT). El proyecto AgroSOL está cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en el marco del programa Interreg VI-B Sudoe 2021-2027.

AgroSOL tiene como objetivo establecer una estrategia común y un plan de acción para implementar modelos agrovoltaicos adaptados a las pequeñas y medianas explotaciones agrarias del SUDOE, dando prioridad a la producción agrícola y al autoconsumo eléctrico. En un contexto de riesgo y vulnerabilidad del sector agrario (envejecimiento de los activos, concentración de la propiedad de la tierra, riesgos climáticos) y de nuevas restricciones en el sector fotovoltaico europeo (saturación local de las redes, precios diarios bajos), el valor de los proyectos se centra en la reducción de la factura energética diaria de las explotaciones, en lugar de en la venta a la red.

El estado actual de la técnica para aplicaciones agrovoltaicas muestra beneficios microclimáticos y una viabilidad en numerosos cultivos, siempre que se ajusten la altura, la densidad y el control de la sombra sobre las plantas y se objetiven los resultados mediante un seguimiento plurianual, con parcelas de control. Las estructuras elevadas dinámicas, los invernaderos y los paneles verticales deben asociarse a los regímenes agroclimáticos del SUDOE para optimizar la radiación fotosintética, el agua y la resiliencia frente a las olas de calor, las sequías y los episodios extremos. En el plano normativo, Francia dispone de un marco completo, España avanza mediante convocatorias de proyectos e iniciativas regionales, sin normativa nacional, y Portugal moviliza el derecho común de las energías renovables en la trayectoria del PNEC 2030. AgroSOL propone un método transferible basado en la prioridad agrícola, criterios medibles de producción, reversibilidad y control en explotación.

# 1. Introducción

La agrivoltaica, combinación de producción agrícola y de electricidad solar en una misma parcela, se está imponiendo progresivamente como una respuesta operativa a los retos conjuntos de transición energética y resiliencia de los sistemas agrícolas en el espacio SUDOE. Mediante la diversificación del uso del suelo, las prestaciones proporcionadas a los cultivos y la producción energética descarbonizada, su objetivo es mantener, o incluso mejorar, la producción agrícola, al tiempo que aporta beneficios agronómicos medibles, como protección frente a los riesgos meteorológicos y, en su caso, una mejor adaptación al cambio climático.

En la zona de Francia, España y Portugal, la agricultura está atravesando una debilitación estructural marcada por el envejecimiento de los activos, la concentración de la propiedad de la tierra, la presión del capital y el aumento de los riesgos climáticos. La diversidad agroclimática del SUDOE —que abarca los regímenes mediterráneo, atlántico, montañoso y semiárido— intensifica la vulnerabilidad, yendo desde un incremento de la sequía peninsular hasta episodios extremos y una creciente irregularidad de las precipitaciones. Ante esta situación limitante, las explotaciones deben combinar la adaptación agronómica, la estabilidad de los rendimientos y la sostenibilidad económica.

Al mismo tiempo, el sector fotovoltaico europeo sigue creciendo, pero se enfrenta a un nuevo régimen de limitaciones: ralentización coyuntural en las instalaciones, tiempos de espera elevados para autorizaciones, saturación local de las subestaciones y congestión de las redes, especialmente en España, mientras que en Francia y Portugal se siguen reforzando el autoconsumo y la producción distribuida. Este contexto modifica la puesta en valor de los proyectos agrovoltaicos: la optimización ya no se centra solo en el beneficio por venta de electricidad, sino, sobre todo, en la integración precisa en los perfiles de consumo agrícola y en la tipología de los sistemas de producción.

Desde el punto de vista económico, la bajada de los precios de mercado en las horas de sol y la limitación de la capacidad de evacuación llevan a dar prioridad a las instalaciones de pequeña potencia en baja tensión, dimensionadas para el autoconsumo diurno. La lógica dominante ya no es la renta por la venta de energía, sino la reducción permanente de la factura eléctrica, que es posible cuando la demanda de energía se concentra en los periodos de más insolación (bombeo, riego, talleres de transformación, motorizaciones). Este cambio impone un dimensionamiento pragmático, una reversibilidad real y un diseño conjunto con los agricultores.

En este marco se inscribe AgroSOL, cuyo fin es elaborar una estrategia común y un plan de acción para modelos agrovoltaicos adaptados a las pequeñas y medianas explotaciones del SUDOE. El proyecto se centra en la producción en el propio terreno y el autoconsumo conectado a la red, excluyendo la ganadería, con el fin de ofrecer soluciones compatibles con las características de las parcelas, las técnicas aplicables y los recursos locales. El enfoque integra indicadores agroecológicos, valoraciones de los recursos solares y tecnológicos, recomendaciones de dimensionado, conexión y, en su caso, integración del almacenamiento, así como acciones de formación y acompañamiento institucional.

El presente documento propone en primer lugar una revisión del estado del arte desde el punto de vista técnico y agronómico de los sistemas (estructuras elevadas, con seguimiento, invernaderos, dispositivos verticales) y, a continuación, analiza su rendimiento energético y las experiencias disponibles en el SUDOE. Clasifica las zonas climáticas y sus implicaciones para la elección de cultivos y arquetipos de instalación, antes de examinar los marcos públicos y normativos en Francia, España y Portugal, y extraer recomendaciones transferibles.

## 2. Modelo económico

### i. Situación general del sector agrícola

#### Un sector agrícola debilitado por desafíos comunes

En toda la zona de Francia, España y Portugal, la agricultura sigue siendo un pilar económico y territorial, pero atraviesa una profunda crisis estructural. Los agricultores se enfrentan a una combinación de factores que amenazan la sostenibilidad de las explotaciones: envejecimiento, disminución de los ingresos, aumento del endeudamiento y mayor vulnerabilidad a las incertidumbres climáticas. Estas dificultades no son aisladas, sino que se entrecruzan y dibujan un panorama agrícola en rápida transformación.

El envejecimiento de los agricultores es un problema importante en los tres países. En Francia, la mitad de los agricultores tienen más de 55 años y la proporción de jóvenes agricultores (menores de 29 años) no supera el 5 %. La situación es aún más crítica en Portugal, donde la edad media supera los 60 años, mientras que en España, aunque la situación es ligeramente mejor, también se está produciendo un éxodo rural. Este déficit de renovación se explica por el escaso atractivo de la profesión: ingresos inestables, condiciones de trabajo exigentes y perspectivas inciertas. Las generaciones jóvenes dudan en hacerse cargo de explotaciones cuya rentabilidad se ve mermada por la volatilidad de los mercados y el aumento de los costes de producción.

#### Explotaciones menos numerosas, más grandes y con mayor capitalización

La tendencia a la concentración de la tierra es evidente en los tres países. En Francia, el número de explotaciones ha caído un 70 % en cincuenta años, pasando de 1,6 millones en 1970 a menos de 400 000 en la actualidad. España y Portugal siguen la misma trayectoria: las pequeñas explotaciones familiares están desapareciendo en favor de estructuras más grandes, a menudo integradas en cadenas agroindustriales u orientadas a la exportación. Esta evolución responde a una lógica económica: para compensar la disminución de los márgenes, es necesario aumentar el tamaño de las explotaciones e invertir en mecanización, riego y tecnología. Pero esta situación conlleva una necesidad de capital considerable, lo que aumenta el endeudamiento de los agricultores. En Francia, la tasa media de endeudamiento supera los 180 000 euros, y la situación es similar en España, donde las inversiones en riego y modernización pesan mucho en los balances.

Esta concentración también está modificando el modelo social de la agricultura. Las explotaciones se están convirtiendo en empresas, a veces gestionadas por sociedades, lo que acentúa la distancia entre el mundo agrícola y las zonas rurales. En Portugal, donde la estructura de la propiedad de la tierra estaba históricamente muy fragmentada, la reestructuración es rápida: las explotaciones vitícolas y oleícolas se amplían para responder a la demanda internacional, a costa también de una homogeneización del paisaje y una mayor presión sobre los recursos naturales.

### Una vulnerabilidad climática que acelera el cambio

El cambio climático actúa como catalizador de estas transformaciones. En la Península Ibérica, la sequía crónica y la escasez de agua amenazan la viabilidad de los sistemas intensivos. En España, el 70 % del territorio está expuesto al riesgo de desertificación, y los cultivos de regadío, que aseguran la mayor parte de las exportaciones, dependen de recursos hídricos cada vez más escasos. En Portugal, los episodios de sequía y olas de calor reducen los rendimientos e imponen costosas inversiones en riego. En Francia, las incertidumbres climáticas se traducen en pérdidas recurrentes de cosechas: heladas primaverales, granizo, sequía estival. Estos fenómenos debilitan a los agricultores, que deben financiar sistemas de protección o seguros, a menudo costosos.

Esta inestabilidad climática aumenta la presión económica y social. Los agricultores deben invertir para adaptarse, pero sus márgenes son insuficientes. Recurrir a créditos se convierte en lo habitual, lo que aumenta el riesgo de sobreendeudamiento.

### Perspectivas: entre la adaptación y la reestructuración

Ante estos retos, los tres países convergen en estrategias similares: modernización de las explotaciones, adopción de prácticas agroecológicas y diversificación de los ingresos. La agrovoltaica, por ejemplo, parece una solución prometedora para garantizar la seguridad de las explotaciones. Pero estas innovaciones no bastarán para frenar la tendencia, si no van acompañadas de una política favorable que apoye la instalación de los jóvenes, preserve la diversidad de los modelos agrícolas y garantice la resiliencia de los territorios.

El futuro del sector agrícola en la zona Francia-España-Portugal dependerá de su capacidad para conciliar competitividad y sostenibilidad. Sin una respuesta coordinada a los retos del envejecimiento, la concentración de la propiedad de la tierra y el cambio climático existe un gran riesgo de que se acelere la desaparición de las explotaciones familiares y se fragilicen los sistemas alimentarios.

## ii. Situación general de la energía fotovoltaica

Entre 2024 y 2026, el sector fotovoltaico europeo está atravesando un periodo de ralentización tras más de una década de expansión continua. En 2025, la Unión Europea instaló 65,1 GW de nueva capacidad solar, un ligero descenso del 0,7 % con respecto al año anterior, lo que supone la primera contracción desde 2016. A pesar de este descenso, el parque total alcanza los 406 GW, superando el objetivo intermedio fijado para 2025. Esta desaceleración se explica por la disminución de las instalaciones residenciales, la revisión de los mecanismos nacionales de apoyo, los obstáculos de conexión y la congestión de las redes eléctricas. En este contexto general, Francia, España y Portugal siguen sin embargo una trayectoria de crecimiento, aunque marcada por desafíos estructurales comunes.

**En Francia**, la potencia acumulada del parque fotovoltaico alcanza los 26,8 GW a 1 de marzo de 2025, repartida en más de 1,21 millones de instalaciones. Esto representa el 5 % de la combinación energética francesa. En el primer trimestre de 2025 se conectaron 1,4 GW de nuevas instalaciones, lo

que supone un notable aumento con respecto al año anterior. Este crecimiento se debe tanto al auge del autoconsumo, que ha experimentado un fuerte aumento (+56 % en un año), como al creciente interés de los hogares y las empresas por una producción de energía más autónoma en un contexto de precios de la electricidad aún elevados. Paralelamente, Francia entra en una fase en la que el número de proyectos en espera de aprobación alcanza los 34,4 GW, lo que revela un fuerte potencial de desarrollo, pero también crecientes limitaciones en materia de conexión y gestión de la red. La producción solar, que alcanzó los 24,8 TWh en 2024, sigue creciendo a pesar de una menor insolación, lo que demuestra el incremento del parque fotovoltaico. Por último, la trayectoria fijada por la Programación Plurianual de Energía (PPE) impone una fuerte aceleración del ritmo de instalaciones para alcanzar los 44 GW en 2028, lo que sitúa al sector en un periodo de transición estratégica entre volúmenes, valor e integración en la red.

**España** confirma su posición de líder europeo. En 2025, la energía fotovoltaica representó más del 18 % de su producción eléctrica total, casi tanto como la energía nuclear. Con 32 350 MW instalados a finales de 2024, la energía solar constituye el 25,1 % de la potencia nacional y en 2023 se produjo más del 68 % de la energía eléctrica renovable a través de la energía fotovoltaica, concentrada principalmente en regiones muy soleadas como Andalucía y Extremadura. En esta última Comunidad Autónoma se encuentran las centrales más grandes del país, entre ellas el parque Francisco Pizarro (590 MW) y el Núñez de Balboa (500 MW). Otras regiones, como Navarra, aún se encuentran en fase de expansión, con un objetivo de 1500 MW de potencia fotovoltaica instalada para 2030.

Sin embargo, este crecimiento va acompañado de un fenómeno de saturación de la red: el 85,7 % de las subestaciones de más de 1 kV muestran una capacidad de acceso totalmente saturada.

**Portugal** también está experimentando una espectacular aceleración de la energía fotovoltaica. En 2024, se instalaron 1,77 GW de potencia solar, lo que supuso un récord histórico, elevando la capacidad total a 5,66 GW. Este avance se basa tanto en el auge de las grandes centrales como en un crecimiento significativo del autoconsumo residencial y comercial, respaldado por reformas normativas y por el aumento de los objetivos nacionales en el Plan Nacional de Energía y Clima (PNEC), que ahora apunta a 20,8 GW de energía solar en 2030, frente a los 9 GW de la versión anterior del plan. Al mismo tiempo, la producción de electricidad renovable en Portugal alcanzó un récord en 2024: el 71 % de la energía eléctrica consumida procedía de fuentes renovables, de las cuales el 10 % era fotovoltaica, lo que supone un crecimiento del 37 % en un año, según el gestor nacional REN. El país recibe una insolación especialmente elevada, entre 1600 y 2200 kWh/m<sup>2</sup> al año, lo que convierte a Portugal en uno de los territorios más favorables de Europa para el desarrollo de la energía solar fotovoltaica.

La comparación entre los tres países pone de manifiesto trayectorias convergentes, pero con diferentes niveles de madurez. Francia avanza rápidamente, pero sigue limitada por una red sobrecargada y una fuerte demanda de conexión. España, ya muy avanzada, se enfrenta a la saturación de sus infraestructuras, una paradoja en un país donde la energía solar se ha convertido en un pilar del mix eléctrico. Portugal, por su parte, combina un fuerte potencial solar con una política energética proactiva, lo que le permite registrar uno de los crecimientos más rápidos de Europa y aspirar a multiplicar por cuatro su capacidad fotovoltaica de aquí a 2030.

En estos tres países, la energía fotovoltaica ocupa ahora un lugar central en la transición energética. También constituye una palanca crucial para el desarrollo de modelos innovadores como la

agrovoltaica, especialmente en las zonas rurales del SUDOE, donde la disponibilidad de suelo, la insolación y las necesidades de resiliencia agrícola son particularmente importantes. España ya está experimentando con varios proyectos piloto en zonas rurales; Portugal está desarrollando masivamente el autoconsumo y las grandes centrales; Francia apuesta por la estructuración del sector y la integración en las pequeñas explotaciones, lo que se inscribe directamente en la estrategia AgroSOL.

### iii. Modelo económico agrovoltaico

Por definición, la agrovoltaica tiene por objeto hacer compatible el uso de las tierras agrícolas y ganaderas con la producción de energía eléctrica, generalmente elevando el campo fotovoltaico y separando las líneas de módulos solares entre sí para que el uso del suelo inferior sea compatible con las actividades propias del sector primario.

Aunque lo anterior tiene una solución técnica «fácil», el mayor problema es la conexión/utilización de la electricidad solar. Así, la agrovoltaica se presenta/vende como una solución que permite a los agricultores maximizar económicamente sus explotaciones agrícolas, es decir, producir alimentos y disponer de una segunda fuente de ingresos gracias a la venta de la electricidad inyectada en la red pública.

Como se ha indicado anteriormente, esta venta se ve cada vez más limitada por la falta de capacidad de evacuación de las redes públicas ya saturadas, en particular para las potencias de producción elevadas (conectadas a líneas de alta tensión) y, por otra parte, por los escasos ingresos económicos derivados de la caída de los precios en el mercado de la electricidad (pool) como consecuencia, paradójicamente, del propio éxito de la energía fotovoltaica conectada a la red, que ha desplazado la «curva en forma de pato» de la demanda eléctrica nacional, provocando precios nulos, incluso negativos, para la electricidad durante las horas de sol (para 2026 se prevén precios inferiores a 30 €/MWh).

En resumen, el desarrollo de la agrovoltaica se limitará en gran medida a las explotaciones conectadas a baja tensión que tienen consumo eléctrico, es decir, aquellas que están conectadas a líneas eléctricas en las que es posible instalar sistemas de autoconsumo de baja potencia (hasta 100 kW), lo que elimina de la ecuación el hecho de que «el agricultor obtiene ingresos por la venta de energía» y lo sustituye por el hecho de que «el agricultor reduce los gastos eléctricos de su explotación».

Es evidente que esta situación será más competitiva desde el punto de vista económico en las explotaciones conectadas a la red de distribución (donde aún haya capacidad de conexión) en las que exista consumo eléctrico durante las horas de sol y, sobre todo, durante los meses más soleados del año, con el fin de realizar instalaciones de autoconsumo de baja potencia (hasta 100 kW) conectadas en baja tensión, que les permitan obtener importantes ahorros, ya que el precio de la energía eléctrica comprada es más alto que el que se paga por la electricidad vendida.

Esto requeriría, por ejemplo, que las explotaciones dispusieran de bombas para sus propios pozos, de sistemas de tratamiento y riego del agua, de instalaciones de transformación en una nave continua (lavado con agua caliente, transformación, envasado, cintas transportadoras, motores eléctricos, etc.), en los que se instalen sistemas de autoconsumo de baja potencia (hasta 100 kW) conectados a baja tensión.

## LOS ACTORES DEL AGROVOLTAÍSMO

El ecosistema agrovoltaico moviliza a un conjunto de actores con funciones complementarias:

- **Agricultores y organizaciones profesionales:** en el centro del dispositivo, definen las necesidades agronómicas y garantizan la integración de las instalaciones en las prácticas agrícolas, asegurando el mantenimiento de la producción.
- **Desarrolladores de proyectos agrovoltaicos:** diseñan, financian y despliegan los sistemas fotovoltaicos, velando al mismo tiempo por su compatibilidad con las limitaciones agrícolas, medioambientales y territoriales.
- **Actores del sector energético:** los productores de energía, los operadores de redes y los gestores de infraestructuras garantizan la integración de las instalaciones en el sistema eléctrico y contribuyen a la estabilidad y la valorización de la producción renovable.
- **Instituciones públicas y colectivos territoriales:** establecen el marco normativo, definen las políticas de ordenación y garantizan el equilibrio entre la transición energética, la protección de las tierras agrícolas y la resiliencia de las zonas rurales.
- **Organismos de investigación e instituciones científicas:** los institutos especializados realizan estudios sobre los impactos agronómicos, medioambientales y socioeconómicos, lo que permite la mejora continua de las tecnologías y prácticas agrovoltaicas.
- **Oficinas de estudios y expertos técnicos:** realizan estudios de viabilidad, análisis de impacto y diseño técnico de las instalaciones, velando por su integración armoniosa en las explotaciones agrícolas.
- **Expertos jurídicos y despachos especializados:** supervisan los aspectos relacionados con la propiedad, los contratos y la normativa, y garantizan la seguridad de todos los procedimientos necesarios para el desarrollo de los proyectos.
- **Socios financieros:** bancos, inversores institucionales y plataformas participativas movilizan el capital necesario para la puesta en marcha de los proyectos y apoyan la aparición de modelos económicos adaptados al mundo agrícola.
- **Actores de la concertación:** consultoras especializadas, mediadores, garantes. Junto con el comité del proyecto y los requisitos de participación ciudadana, se convierten en auténticos eslabones del ecosistema.

En Francia, hay otros dos actores que desempeñan un papel decisivo en la viabilidad de un proyecto:

- **La CDPENAF** emite un dictamen de conformidad sobre los proyectos agrovoltaicos, lo que la convierte en un actor decisivo en la tramitación de un proyecto.
- **La MRAe** emite un dictamen muy tenido en cuenta sobre el estudio de impacto del proyecto

Existen diferentes modelos económicos para un proyecto agrovoltaico:

**Modelo de inversión por terceros:** en este modelo, un inversor energético financia y explota la instalación fotovoltaica. El propietario agrícola cede sus tierras mediante un contrato de arrendamiento o un convenio de ocupación y se beneficia de una instalación operativa, sin compromiso financiero inicial. A cambio, percibe un alquiler anual y puede aprovechar esta aportación financiera para reforzar la resiliencia económica de su explotación.

**Modelo de autoconsumo individual:** la explotación agrícola financia la totalidad o parte de la instalación y consume directamente la energía producida. Este modelo permite reducir los costes de electricidad, mejorar la autonomía energética y amortizar la inversión a largo plazo. El excedente puede venderse mediante inyección en la red, según la normativa nacional.

**Modelo cooperativo o participativo:** Los agricultores y los habitantes de un territorio constituyen una cooperativa, comunidad energética o una sociedad de economía mixta para financiar conjuntamente la instalación. Los beneficios derivados de la venta de la energía eléctrica o del autoconsumo compartido se redistribuyen entre los miembros. Este modelo refuerza el arraigo territorial y la aceptación social de los proyectos.

**Contrato de rendimiento agronómico:** La instalación fotovoltaica está diseñada para mejorar directamente la producción agrícola (protección contra las heladas, reducción de la evapotranspiración, sombreado). El promotor se compromete a alcanzar un nivel mínimo de rendimiento agrícola (rendimiento, mantenimiento de la calidad de los cultivos, disponibilidad de las parcelas, etc.). La remuneración del operador fotovoltaico depende parcial o totalmente del cumplimiento de estos objetivos. Esto favorece la compatibilidad entre los retos energéticos y la productividad agrícola.

### 3. Arquetipos de producción fotovoltaica en sistemas agrovoltaicos

Existen diferentes soluciones para integrar la producción fotovoltaica y la agrícola. Varían en cuanto a sus costes de instalación y mantenimiento, espacio ocupado, rendimiento de la producción eléctrica e impacto en la producción agrícola.

### CENTRALES EN SUELO

- Módulos fotovoltaicos fijos en estructuras colocadas directamente sobre el suelo, fáciles de instalar.
- Adecuadas para el pastoreo en praderas permanentes.
- Optimización de la producción fotovoltaica.



*Imagen 1: Central en suelo*

### ESTRUCTURAS FIJAS ELEVADAS

- Módulos instalados a 2-5 m del suelo, para permitir el paso de la maquinaria agrícola.
- Adecuadas para cultivos extensivos (trigo, maíz) y prados.
- Ventajas: robustez y coste reducido. Desventajas: sombra no modulable.



*Imagen 2: Estructura fija elevada*

**SISTEMAS MÓVILES U ORIENTABLES (AGRIVOLTAICA CON SEGUIMIENTO)**

- Módulos con inclinación variable y seguimiento solar, para ajustar la sombra según la estación o el cultivo.
- Ideal para viticultura, arboricultura y cultivos sensibles.
- A menudo integran sensores para optimizar la luz y el riego.



*Imagen 3 : Sistema orientable*

**INVERNADEROS FOTOVOLTAICOS**

- Módulos integrados en el techo, que combinan protección climática y producción eléctrica.
- Adecuados para horticultura, jardinería y cultivos de alto valor añadido.
- Permiten controlar el microclima y prolongar las temporadas de producción.



*Imagen 4 : Invernaderos fotovoltaicos*

**VALLAS SOLARES (PANELES VERTICALES BIFACIALES)**

- Paneles dispuestos verticalmente, que captan la energía solar por ambos lados.
- Solución para ganadería y praderas: bajo impacto en el suelo, zonas de sombra para los animales.
- Reversible y compatible con la rotación de cultivos.



*Imagen 5 : Vallas de módulos bifaciales*

## 4. Rendimiento de los sistemas agrovoltaicos

### i. Rendimiento energético

El espacio SUDOE concentra algunos de los recursos solares más favorables de Europa continental, lo que convierte a la agrovoltaica en una herramienta relevante para producir simultáneamente energía eléctrica y valor agrícola. En Almería (Andalucía), la irradiación horizontal global típica alcanza los 1900-2100 kWh/m<sup>2</sup>/año, lo que ilustra el alto potencial solar de la Península; el recurso disminuye a medida que se asciende hacia el suroeste de Francia, pero sigue siendo competitivo en comparación con los estándares europeos.

En el plano energético, los informes técnicos recientes (IEA PVPS, Fraunhofer ISE) coinciden: si se dimensionan correctamente (altura suficiente, separación, tasa de cobertura del terreno –GCR-

controlada), los sistemas agrovoltaicos ofrecen rendimientos eléctricos similares a los de las centrales fotovoltaicas con una configuración comparable, y la diferencia se debe principalmente a las concesiones agronómicas (sombreado controlado, separación) y a las limitaciones estructurales (altura, cimientos).

Ahora se pueden cuantificar mejor las compensaciones entre la producción agrícola y eléctrica: por ejemplo, una estrategia de seguimiento (tracker) optimizada para respetar las necesidades de luz de un cultivo frutícola, permite alcanzar el 91 % de la irradiación objetivo para el cultivo, a costa de una reducción de aproximadamente el 20 % de la producción eléctrica anual, una elección asumible cuando prima la finalidad agrícola. Del mismo modo, los análisis realizados en 44 sistemas con seguimiento en el oeste de Francia (trigo/maíz), concluyeron que tasas de cobertura del suelo (GCR) del 5 al 12 % provocan pérdidas agronómicas limitadas, y que los diseños de más densidad fotovoltaica (GCR > 12 %) apenas superan el 10 % de pérdidas.

Desde el punto de vista del macropotencial, el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea estima que equipar el 1 % de las tierras agrícolas de la UE con agrovoltaica permitiría instalar alrededor de 944 GW (0,6 MW/ha), es decir, más que el objetivo solar europeo para 2030 (720 GW); estas magnitudes dan una idea de la escala del potencial aprovechable en un área agrícola y solar como la del SUDOE.

La siguiente tabla muestra el impacto del uso de módulos fotovoltaicos en tierras agrícolas en comparación con plantas fotovoltaicas convencionales

| Característica  | Ajuste del sistema fotovoltaico en terrenos agrícolas  | Consecuencias sobre la producción de energía eléctrica  |
|---|--|---|
| Configuración de los módulos:<br>- Densidad<br>- Altura<br>Distribución | - Mayor separación entre las filas de módulos fotovoltaicos<br>- Menor número de módulos por fila<br>Elevación de las filas/módulos                                  | <b>W/ha más bajo:</b> reducción de la potencia instalada por unidad de superficie de terreno.   |
| Regulación de la orientación de los módulos fotovoltaicos               | Variación dinámica del ángulo de inclinación de los módulos para mantener un determinado nivel de producción agrícola u optimizarlo.                                 | <b>Menor kWh/kW:</b> reducción de la producción eléctrica a potencia óptima por efecto de la reducción del número de horas de funcionamiento a potencia de mayor productividad. |
| Tecnologías de módulos fotovoltaicos                                    | Uso de tecnologías que permiten dejar pasar parte de la radiación (paneles con densidad de células fotovoltaicas reducida, módulos fotovoltaicos semitransparentes). | <b>W/m<sup>2</sup> de panel más bajo:</b> disminución de los rendimientos de conversión energética.   |

Tabla 1: Características de las instalaciones e impacto en el rendimiento energético

## ii. Seguimiento agronómico

### **OBJETIVOS DEL SEGUIMIENTO AGRONÓMICO EN LOS PROYECTOS AGROVOLTAICOS**

En Francia, el seguimiento agronómico constituye un pilar fundamental de los proyectos agrovoltaicos. Tiene un doble objetivo: (i) demostrar el carácter agrovoltaico del proyecto, en el sentido cumplimiento de la normativa derivada de la ley APER, y (ii) capitalizar la experiencia adquirida para orientar el diseño, la gestión y la mejora continua de los dispositivos.

Los principales objetivos del seguimiento agronómico son los siguientes:

#### **1.1.1. Verificar el mantenimiento de una producción agrícola significativa**

El seguimiento tiene por objeto objetivar que la actividad agrícola sigue siendo real, sostenible y económicamente coherente, mediante:

- el seguimiento de los rendimientos (o niveles de producción equivalentes),
- la calidad de las producciones,
- la continuidad de los planteamientos técnicos agrarios

Esta verificación se basa en una **comparación con un referente agrícola**, que suele ser una zona de control o, en su defecto, referencias locales o históricas.

#### **1.2. Evaluar el beneficio prestado al cultivo**

El seguimiento agronómico permite identificar y cuantificar los **beneficios agronómicos y climáticos** prestados por la instalación agrovoltaica, en particular:

- la reducción del estrés térmico e hídrico,
- la mejora del microclima (temperatura, humedad, radiación),
- la seguridad de la producción frente a las incertidumbres climáticas.

Estos impactos positivos son fundamentales para justificar la agrovoltaica, especialmente en un contexto de cambio climático.

#### **1.3. Analizar el impacto en las prácticas y en la organización agrícola**

El seguimiento también documenta:

- las adaptaciones de los planteamientos técnicos,
- las limitaciones u oportunidades para la mecanización,
- los efectos sobre el tiempo de trabajo, la gestión del agua y los insumos.

De este modo, permite distinguir lo que es debido al efecto del sistema agrovoltaico de lo atribuible a una evolución voluntaria de las prácticas agrícolas.

#### **1.4. Alimentar un proceso de intercambio colectivo de experiencias**

Por último, el seguimiento agronómico contribuye a la **capitalización nacional de conocimientos** a través de:

- Proyectos demostrativos,
- programas de investigación,
- sistemas de recopilación de datos gestionados por la ADEME y el INRAE.

### **RESULTADOS DISPONIBLES HASTA LA FECHA: ENSEÑANZAS TRANSVERSALES**

Los resultados obtenidos de los proyectos demostrativos y los seguimientos existentes ponen de manifiesto varias conclusiones recurrentes:

- **Efectos microclimáticos demostrados:** reducción de las temperaturas extremas, disminución de la evapotranspiración, mantenimiento de la humedad del suelo.
- **Efectos agronómicos variables:** los impactos sobre el rendimiento y la calidad dependen en gran medida de:
  - el tipo de cultivo,

- la tasa y la distribución de la sombra,
- el control (sistema fijo o dinámico),
- las condiciones climáticas anuales.
- **Importancia del control y el diseño:** los sistemas que integran una planificación agronómica previa (altura, orientación, densidad, control) presentan resultados más sólidos.
- **Necesidad de un seguimiento plurianual:** los efectos no pueden interpretarse en una sola campaña, debido a la variabilidad climática interanual.

## **EXPERIENCIAS POR TIPO DE CULTIVO**

### **1. Viticultura**

Las experiencias en viticultura se encuentran entre las mejor documentadas.

- Beneficios observados con frecuencia:
  - reducción del estrés hídrico y térmico,
  - limitación de los golpes de calor en los racimos,
  - mejor estabilidad interanual.
- Puntos a tener en cuenta:
  - posibles repercusiones en la madurez y la composición de las uvas,
  - necesidad de un control preciso de la sombra.

Los resultados son globalmente positivos cuando el sistema se **controla de forma dinámica** y se integra en la gestión vitícola.

### **2. Arboricultura**

En arboricultura, las experiencias adquiridas ponen de relieve:

- protección contra las inclemencias climáticas (heladas tardías, olas de calor),
- una mejora del confort hídrico,
- efectos sobre el calibre y la homogeneidad de los frutos.

No obstante, los resultados **dependen en gran medida de la especie** y de la fase fenológica, en el momento de los episodios climáticos.

### **3. Praderas y ganadería**

Los seguimientos realizados en prados muestran:

- una mayor productividad estival en los años secos,
- el mantenimiento del valor alimenticio en períodos de estrés climático,
- un mayor confort para los animales (sombra, microclima).

Estos sistemas parecen especialmente compatibles con la agrovoltaica, siempre que se garantice la circulación de animales y de la maquinaria.

#### **2.3.4. Cultivos extensivos**

Las experiencias en cultivos extensivos son más recientes y aun mayoritariamente experimentales.

- Efectos observados:
  - mejora del estado hídrico en verano,
  - impactos contrastados en los rendimientos según los cultivos (trigo, maíz, soja, etc.).
- Retos específicos:
  - compatibilidad con la mecanización,
  - adaptación de las técnicas agrícolas,
  - gestión de la heterogeneidad intraparcelaria.

Estas características requieren un seguimiento plurianual reforzado antes de su generalización.

### **LIMITACIONES ACTUALES DE LA EXPERIENCIA DISPONIBLE**

A pesar de su riqueza, las experiencias existentes aún presentan:

- una heterogeneidad de los protocolos,
- series temporales a veces demasiado cortas,
- una fuerte dependencia de los contextos locales.

La organización estructurada del seguimiento agronómico impuesta por la reciente normativa en Francia debería permitir, a medio plazo, **mejorar la calidad y la comparabilidad** de los resultados de las experiencias reportadas.

## **iii. Experiencia en agrovoltaica en el espacio SUDOE**

Los primeros años de implantación de la agrovoltaica en Francia dieron lugar a una diversidad de proyectos piloto, demostraciones y realizaciones comerciales, que hoy en día ofrecen una perspectiva más concreta sobre el rendimiento agronómico, el funcionamiento de los sistemas y las condiciones de éxito de estas instalaciones. Las experiencias muestran un panorama contrastado, con resultados muy positivos en términos de resiliencia climática y diversificación de ingresos, pero también con limitaciones o fragilidades que ponen de relieve la necesidad de un marco técnico y agronómico riguroso.

### **1. Proyectos de agrivoltaica con seguimiento en Occitania (Sun'Agri / AREC «Agence Régionale Énergie Climat»)**

En 2020, una primera serie de experiencias proviene de los proyectos de agrovoltaica con seguimiento llevados a cabo por AREC Occitanie en asociación con Sun'Agri, ganadores de la licitación de innovación de la CRE. Estos proyectos, desarrollados principalmente en los Pirineos Orientales, Aude, Gard y Hérault, están ubicados en siete emplazamientos, con una potencia de aproximadamente 12 MW, e integran sistemas de paneles móviles controlados sobre cultivos especializados como la vid, hortícolas o frutales.

En estas instalaciones, el objetivo principal es utilizar el control del sombreado para regular en tiempo real el microclima en beneficio del cultivo: reducción del estrés térmico, protección contra las olas de calor, gestión de la iluminación disponible, limitación del exceso de radiación en períodos sensibles. Los primeros resultados agronómicos publicados muestran una disminución de las temperaturas del dosel y una reducción del estrés hídrico en el período estival, con efectos positivos, según los cultivos, en la calidad (estado sanitario, calibre, homogeneidad) más que en los rendimientos brutos en un año medio.

Estos proyectos ponen de relieve varios puntos a tener en cuenta: la necesidad de una gestión precisa y adaptada a cada cultivo, la importancia de los protocolos de ensayos comparativos (parcelas de control) y la complejidad de la inversión inicial, que obliga a centrarse en sectores de alto valor añadido para garantizar la viabilidad económica. También ilustran la necesidad de un trabajo coordinado a largo plazo entre desarrolladores, institutos técnicos y agricultores, con el fin de desarrollar conjuntamente protocolos técnicos adaptados a los sistemas de sombreado.

## 2. Experiencias en cultivos extensivos (Ombrea – Valpuseaux y Le Channay)

En los cultivos extensivos, se han puesto en marcha varios dispositivos experimentales para evaluar los efectos de las estructuras agrovoltaicas sobre cereales u oleaginosas. En los emplazamientos de Valpuseaux y Le Channay, que entraron en funcionamiento en 2021 y 2022, se prueban configuraciones de módulos verticales, en colaboración con socios técnicos y servicios de asesoramiento agronómico.

El objetivo de estos proyectos es analizar el impacto de las estructuras en la distribución de la luz, en la dinámica de evaporación del suelo, en la maquinaria y en los rendimientos de los cultivos, en contextos de rotación típicos de los cultivos extensivos. Los resultados disponibles muestran que la instalación de paneles verticales no limita prácticamente la superficie agrícola útil y permite el paso de maquinaria, pero plantea interrogantes sobre la distribución de la luminosidad y la heterogeneidad intraparcelsaria de los rendimientos.

Las experiencias acumuladas insisten en la importancia del diseño de la instalación en las parcelas (orientación, separación, anchura entre hileras) para limitar los contrastes demasiado marcados entre las zonas muy sombreadas y las muy soleadas. También confirman que los años extremos (sequía marcada, exceso de agua) son determinantes en la evaluación: los efectos de la agrovoltaica pueden ser positivos en situaciones de estrés climático, pero perjudiciales cuando las condiciones básicas ya son muy desfavorables (retrasos en la siembra, saturación hídrica de los suelos, etc.), de ahí la necesidad de un análisis plurianual.

## 3. Proyectos ovinos y reconversión de tierras de bajo potencial (Haute-Marne y otros lugares ovinos)

Otra categoría de experiencias adquiridas se refiere a los proyectos agrovoltaicos para la cría de ovino y la valorización de prados bajo paneles, a menudo implantados en tierras de bajo potencial para cultivos extensivos. Un ejemplo representativo es el proyecto llevado a cabo en Haute-Marne en una explotación de cultivos extensivos de aproximadamente 270 ha, donde la agrovoltaica ha servido de palanca para reintroducir una explotación ovina y reconvertir parcelas poco productivas en prados permanentes.

En este caso, la agrovoltaica se presenta como una oportunidad de diversificación y resiliencia: garantiza unos ingresos complementarios por la producción de electricidad, da lugar a la implantación de un sistema de pastos permanentes en tierras hasta entonces debilitadas por las sequías recurrentes y la incertidumbre del rendimiento de los cereales. La experiencia adquirida subraya la importancia de centrar el proyecto en una adecuada planificación agrícola (dimensionamiento del rebaño, necesidades forrajeras, organización del trabajo) antes de definir la tipología de colocación de los módulos fotovoltaicos, así como de trabajar de forma iterativa con el promotor para adaptar las opciones técnicas (altura de las estructuras, densidad, organización de los pasillos y las zonas de rotación).

Más allá de los aspectos técnico-económicos, este tipo de proyecto pone de relieve la dimensión territorial: el contacto temprano con los representantes electos, los vecinos y los actores locales se cita como una de las claves para garantizar la aceptabilidad y el buen desarrollo del proyecto, en particular para responder a las preguntas sobre la preservación de las tierras agrícolas y el impacto paisajístico. También confirma que la gestión agronómica de los prados bajo paneles (elección de especies, implantación antes de la obra, posible resiembra después de la obra) condiciona en gran medida el éxito a medio plazo.

#### 4. Testimonios de agricultores con subsistemas agrovoltaicos (TSE y otros promotores)

Varios promotores han comunicado los testimonios de agricultores que participan en proyectos agrovoltaicos, lo que permite identificar tendencias transversales sobre los beneficios y problemas percibidos sobre el terreno. Los agricultores acompañados por TSE, por ejemplo, informan de efectos sensibles en el microclima: temperaturas medidas hasta 3,5 °C más bajas bajo los paneles en verano y posibilidad de reducir entre un 15 y un 20 % el consumo de agua en determinadas producciones.

Estos testimonios también destacan la protección frente a fenómenos extremos (granizo, olas de calor, sequías) y el interés de obtener unos ingresos complementarios estables, lo que se percibe como un factor de seguridad para la explotación en un contexto de gran variabilidad climática y volatilidad de los precios. Al mismo tiempo, los agricultores destacan varias condiciones para el éxito: una relación de confianza con el promotor, transparencia en los contratos y el diseño conjunto del proyecto para que siga al servicio del sistema de producción existente, en lugar de imponer restricciones.

La agrovoltaica ocupa el tercer lugar entre las soluciones consideradas más eficaces por los agricultores para hacer frente a las incertidumbres climáticas.

Estos comentarios también muestran que los proyectos agrovoltaicos implican importantes ajustes en la organización del trabajo (circulación de maquinaria, gestión de parcelas fragmentadas, adaptación de los protocolos técnicos) y requieren un mayor apoyo técnico, especialmente durante los primeros años de puesta en marcha. Por último, confirman que el concepto de «producción agrícola significativa», ahora recogido en la legislación, debe objetivarse mediante un seguimiento agronómico serio, en el que participen agricultores, promotores y organismos técnicos, con el fin de documentar la evolución de los rendimientos, las prácticas y la fertilidad de los suelos bajo los módulos.

#### 5. Proyecto piloto agrovoltaico de Haut Mauco: Granja del Futuro (GLHD X Agrolandes X La Región Nueva Aquitania)

El proyecto piloto agrovoltaico Ferme du Futur es hoy en día uno de los demostradores de referencia para documentar, en condiciones reales, los efectos de un sistema agrovoltaico en diferentes cultivos. Instalado en 1 ha en Haut-Mauco, en las Landas, y entregado a finales de 2022, entró en funcionamiento agrícola a partir de la campaña 2023, con un programa de pruebas plurianual.

Desde el punto de vista técnico, el emplazamiento está organizado en torno a 16 filas de seguidores solares dispuestos a dos alturas distintas (ejes a aproximadamente 1,7 m y 2,5 m), lo que permite probar diferentes niveles de sombreado y paso de maquinaria. La instalación integra un sistema de riego por microaspersión.

Cada año desde 2023, el piloto prueba varios cultivos de diferente naturaleza en franjas experimentales: cultivos extensivos (cebada, maíz, etc.) y cultivos de mayor valor añadido (espárragos, hortalizas de campo, vainas tiernas de soja –edamame-, remolacha roja, menta piperita, etc.). Los primeros resultados ponen de relieve que «crece todo, entre y debajo de los paneles», lo que confirma la viabilidad agronómica de una amplia gama de cultivos bajo estructuras agrovoltaicas. Hasta ahora, el efecto más notable observado en los cultivos es el desfase en la maduración, con un retraso medio de entre 3 y 6 días bajo los paneles en comparación con los controles en campo abierto.

## 6. Conclusiones

La síntesis de estas experiencias permite extraer varias lecciones importantes para la agrovoltaica en Francia. En primer lugar, se confirma el potencial de protección frente a las inclemencias climáticas (estrés térmico, sequía, granizo) en numerosos cultivos, siempre que los sistemas estén bien dimensionados y se gestionen en función de las necesidades agronómicas reales. En segundo lugar, los proyectos más sólidos son aquellos en los que primero se define el proyecto agrícola (tipo de cultivo, sistema de producción, trayectoria de la explotación) y luego se añade la energía fotovoltaica como apoyo, y no al revés.

Al mismo tiempo, las limitaciones identificadas son importantes para evitar desviaciones: riesgo de pérdida significativa de rendimiento cuando la densidad de los paneles es demasiado alta o no se adapta bien a los cultivos, complejidad técnica y coste de los sistemas con seguimiento, necesidad de un análisis plurianual para interpretar correctamente los resultados, que dependen en gran medida de las condiciones climáticas de cada campaña. Los comentarios insistentes sobre la necesidad de acuerdos, la transparencia contractual y la calidad de los estudios agronómicos también muestran que el éxito de un proyecto agrovoltaico no solo depende de la tecnología, sino también de la gobernanza global del proyecto y su integración en el territorio.

En este contexto, los proyectos piloto y los dispositivos experimentales franceses constituyen una base valiosa para consolidar los marcos técnicos y agronómicos, perfeccionar los umbrales de rendimiento aceptables y alimentar la evolución del marco normativo. Demuestran que la agrovoltaica no puede considerarse ni una solución milagrosa, ni una amenaza sistemática para la agricultura, sino una opción de adaptación que debe diseñarse caso por caso, basándose en protocolos de ensayo rigurosos, experiencias documentadas y una fuerte implicación de los agricultores.

| Proyecto                               | Ubicación   | Tipo de estructura                           | Actividad/cultivo         | Potencia fotovoltaica | Estado    | Entidades / financiación  | Referencias  |
|--|-------------|--|---------------------------|-----------------------|-----------|---|--|
| <b>AGRIFLEX – DRAPC</b>                | Viseu       | Estructuras elevadas                         | Huertos (frutos pequeños) | N/D                   | Realizado | Instituto Politécnico de Coimbra; Plan de Recuperación y Resiliencia (PRR) – 693 700,00 € | <a href="http://agriflex.webnode.pt">agriflex.webnode.pt</a> |
| <b>AGRIFLEX – ESAC</b>                 | Coimbra     | Invernadero                                  | Hortalizas                | N/D                   | Realizado | Instituto Politécnico de Coimbra; PRR – 693 700,00 €                                      | <a href="http://agriflex.webnode.pt">agriflex.webnode.pt</a> |
| <b>FRUITPV</b>                         | Alcobaça    | Estructuras elevadas                         | Explotación frutícola     | N/D                   | Realizado | COTHN; PRR – 990 454,37 €   | <a href="http://fruitpv.webnode.pt">fruitpv.webnode.pt</a>   |
| <b>AGROVOLTEP</b>                      | Évora       | Estructuras elevadas                         | Hortalizas                | 50 kWp                | En curso  | Fundación MUSOL; Interreg (POCTEP) – 992 375,34 €   | <a href="http://agrovolttep.eu">agrovolttep.eu</a>           |
| <b>Parque agrofotovoltaico de Beja</b> | Beja        | Estructuras elevadas                         | Riego y pastoreo          | 123 MW                | En curso  | Iberdrola   | <a href="http://en.hidroerg.pt">en.hidroerg.pt</a>           |
| <b>Horta Solar FCUL</b>                | Lisboa      | Estructuras elevadas                         | Hortalizas                | 7,14 kWp              | En curso  | IMAGE4ALL   | <a href="http://ciencias.ulisboa.pt">ciencias.ulisboa.pt</a> |
| <b>Monte do Pasto</b>                  | Cuba (Beja) | Estructuras elevadas                         | Ganadería                 | 124,2 kWp             | En curso  | Monte do Pasto; PRR   | <a href="http://montedopasto.pt">montedopasto.pt</a>         |
| <b>AgriPV, ISA</b>                     | Lisboa      | Estructuras elevadas (con seguimiento solar) | Viñedo                    | 130 kWp               | En curso  | GALP  | <a href="http://galp.com">galp.com</a>                       |

|                                 |                             |   |  |                 |                              |  |  |
|---------------------------------|-----------------------------|---|--|-----------------|------------------------------|--|--|
| <b>ATE</b>                      | Évora                       | Estructura elevada y estructura vertical entre hileras          | Hortalizas y cereales                                  | 80 kWp y 60 kWp | Próximamente en construcción | Universidade de Évora; PRR (ATE – Aliança para a Transição Energética) | <a href="http://uevora.pt">uevora.pt</a>                       |
| <b>Central Solar Cercal</b>     | Santiago do Cacém           | Módulos en suelo  | Proyecto piloto agrovoltaico experimental (en estudio) | N/D             | Estudios científicos         | Aquila   | N/D  |
| <b>AgroSOL</b>                  | Herdade da Mitra, Évora     | Módulos en cubiertas de invernaderos                            | Hortalizas en invernadero                              | 15 kWp          | Fase de diseño               | Universidad de Évora; Interreg SUDOE                                   | N/D  |
| <b>WINE SOLAR</b>               | Guadamur (Toledo)           | Seguidores de un eje (2V), entre hileras                        | Viñedo   | 40 kW           | Realizado                    | Iberdrola  | <a href="http://iberdrola.com">iberdrola.com</a>               |
| <b>AGRIVOLTAICA SAN GABRIEL</b> | Aranda de Duero (Burgos)    | Elevada a 4 m; 3 m entre hileras; seguimiento en un eje         | Viñedo   | 26 kW           | Realizado                    | Powerful Tree; Repsol; CIFP San Gabriel                                | <a href="http://powerfultree.com">powerfultree.com</a>         |
| <b>ALHENDÍN II</b>              | Alhendín (Granada)          | Fijo; espacio suficiente para maquinaria; cultivo entre paneles | Forraje  | 5,1 MW          | Realizado                    | BayWa r.e.   | <a href="http://baywa-re.es">baywa-re.es</a>                   |
| <b>AUGUSTO</b>                  | Badajoz                     | Fijo; 3 ha de plantas aromáticas entre hileras                  | Plantas aromáticas                                     | 50 MW           | Realizado                    | Endesa; Enel Green Power   | <a href="http://power-technology.com">power-technology.com</a> |
| <b>CORTIJO DEL CURA</b>         | Laujar de Andarax (Almería) | Fijo, 3 m de altura; 4,2 m entre filas; módulos en damero       | Viñedo ecológico                                       | 10,8 kW         | Realizado                    | Bettergy; DLR  | <a href="http://agrivoltea.org">agrivoltea.org</a>             |

|                                  |                           |  |  |        |           |                       |  |
|----------------------------------|---------------------------|--|--|--------|-----------|-----------------------|--|
| <b>HUERTO CARRASCO</b>           | Fuentealbilla (Albacete)  | Seguimiento en dos ejes; 5 m de altura; 21 m entre hileras   | Viñedo   | 900 kW | En curso  | Tornasol Fotovoltaica | <a href="http://agrolvoltaica.org">agrolvoltaica.org</a> |
| <b>HUERTO LOS HITOS</b>          | Fuentealbilla (Albacete)  | Seguimiento a dos ejes   | Pastoreo   | 2 MW   | En curso  | Tornasol Fotovoltaica | <a href="http://agrolvoltaica.org">agrolvoltaica.org</a> |
| <b>HUERTO SOLAR DE PICASSENT</b> | Picassent (Valencia)      | Módulos semitransparentes en damero; doble inclinación E-O; marquesina orientada al sur (invernadero); estructura anclada al suelo | Frutas tropicales; setas; plantas medicinales                                | 1,5 MW | Realizado | INDEREN; TRANESOL     | <a href="http://tranesol.es">tranesol.es</a>             |
| <b>CASTILBLANCO I y II</b>       | Castilblanco (Sevilla)    | Cubierta de invernaderos a dos aguas en «diente de sierra» (módulos orientados al sur)   | Hortalizas   | 2 MW   | En curso  | WSP                   | <a href="http://wsp.com">wsp.com</a>                     |
| <b>LAS CORCHAS</b>               | Carmona (Sevilla)         | Módulos bifaciales sobre estructuras fijas   | Pastoreo; cilantro; aloe vera; romero; tomillo                               | 50 MW  | Realizado | Endesa; CTAEX         | <a href="http://endesa.com">endesa.com</a>               |
| <b>VALDECABALLEROS</b>           | Valdecaballeros (Badajoz) | Módulos monofacéticos sobre estructuras fijas  | Tomillo, romero, diente de león, aloe vera; pradera para alimentación animal | 43 MW  | Realizado | Endesa; CTAEX         | N/D  |

|  |   |  |  |          |             |                                       |   |
|--|---|--|--|----------|-------------|---------------------------------------|---|
| <b>TORREALBA</b>                                       | Almodóvar del Río (Córdoba)                       | Filas fijas (1 m de altura; 3 m de separación); monitorización de la temperatura y la humedad del suelo                | Habas; tomates; trigo duro ; garbanzos | 10 kW    | N/D         | Universidad de Córdoba; CDP Torrealba | <a href="http://agrivoltea.org">agrivoltea.org</a>                    |
| <b>GO SOLARWINE</b>                                    | Proyecto piloto en Sant Martí Sarroca (Barcelona) | Elevado a 5 m; módulos opacos y semitransparentes bifaciales; 1000 m <sup>2</sup> ; autoconsumo; paso de la maquinaria | Viñedo ecológico                       | N/D      | En curso    | INNOVI                                | <a href="http://solarwine.es">solarwine.es</a>                        |
| <b>FRUTALES IRTA I</b>                                 | Mollerussa (Lleida)                               | Elevada (máx. 5,5 m); módulos bifaciales   | Manzanos                               | 165 kW   | En curso    | IRTA                                  | <a href="http://irta.cat">irta.cat</a>                                |
| <b>Finca de Nidolères – Sun’Agri (Tresserre)</b>       | Tresserre (Pirineos Orientales)                   | Persianas solares móviles en estructuras elevadas  | Viñedo                                 | 2,85 MWp | En servicio | Sun’Agri                              | <a href="#">L’Echo du Solaire · Sun’Agri (sitio web del proyecto)</a> |
| <b>Finca de Besombes – Sun’Agri</b>                    | Claira (Pirineos Orientales)                      | Persianas solares móviles en estructuras elevadas  | Viñedo                                 | N/D      | En servicio | Sun’Agri                              | <a href="#">Empresas Occitania</a>                                    |
| <b>Clair Fruits – Sun’Agri (cerezos)</b>               | Loriol-sur-Drôme (Drôme)                          | Persianas solares móviles en estructuras elevadas  | Cerezos                                | 2,2 MW   | En servicio | Sun’Agri; Cámara de Agricultura 66    | <a href="#">pv magazine France · L’Echo du Solaire</a>                |
| <b>Campus Provence Ventoux – Sun’Agri (Carpentras)</b> | Carpentras (Vaucluse)                             | Persianas móviles en estructuras elevadas  | Cerezos                                | N/D      | En servicio | Sun’Agri                              | <a href="#">Sun’Agri (sitio del proyecto)</a>                         |

|   |   |  |                                   |                |                      |  |  |
|---|---|--|-----------------------------------|----------------|----------------------|--|--|
| «La Croix de Fer»<br>– Sunti x Sun’Agri     | Vestric-et-Candiac<br>(Gard)            | Persianas móviles en estructuras elevadas                      | Viñedo (ecológico)                | 3,8 MWp        | En construcción      | Sunti; Sun’Agri; Viñedos de la Voie d’Héraclès | <a href="#">pv magazine France</a>   |
| Canopé agrivoltaïque – TSE (Brouchy)        | Brouchy (Somme)                         | Copa fotovoltaica elevada (grandes vanos)                      | Grandes cultivos                  | N/D            | En servicio          | TSE  | <a href="#">pv magazine Francia</a>  |
| «Camelia» – ENGIE Green x INRAE (vertical)  | Laqueuille (Puy-de-Dôme)                | Setos fotovoltaicos bifaciales verticales                      | Pradera/pastos para ganado bovino | ≈ 100 kWp      | En servicio          | ENGIE Green; INRAE                             | <a href="#">INRAE (actualidad)</a> · <a href="#">pv magazine France</a>                          |
| Fontenet – BayWa r.e. (praderas y ovejas)   | Fontenet (Charente Marítimo)            | Estructuras fijas en el suelo (pasillos mecanizables)          | Pastoreo ovino / forraje          | N/D            | En servicio          | BayWa r.e.                                     | <a href="#">pv magazine International</a>  |
| Invernaderos agrivoltaicos – REDEN (Ariège) | Lorp-Sentaraille y emplazamientos REDEN | Invernaderos fotovoltaicos (tejado equipado)                   | Pepino; kiwi rojo                 | 4 MWp (3,5 ha) | En servicio          | REDEN  | <a href="#">pv magazine France – Ariège</a> · <a href="#">pv magazine France – Kiwi/Aguacate</a> |
| «Fragolab» – Qair x Insolight (fresa)       | Uchaux (Vaucluse)                       | Capillas semitranslúcidas controlables (seguimiento de la luz) | Fresa (cultivo protegido)         | N/D            | En servicio          | Qair; Insolight                                | <a href="#">Insolight (comunicado)</a>   |
| Rians – Ombrea (viñedo)                     | Rians (Var)                             | Sombra translativa controlada                                  | Viñedo (garnacha)                 | 84 kWp         | En servicio          | Ombrea; Société du Canal de Provence           | <a href="#">Ombrea (ficha del sitio)</a>   |
| Domaine de Rivals – TotalEnergies x Ombrea  | Villemoustaus (Aude)                    | Sombras dinámicas (algoritmos)                                 | Viñedo y granado                  | 85,6 kWp       | En servicio (piloto) | TotalEnergies; Ombrea; IFV; SudExpé; CA Aude   | <a href="#">TotalEnergies (CP)</a> · <a href="#">L’Echo du Soleil</a>                            |

|   |  |   |   |     |                      |               |   |
|---|--|---|---|-----|----------------------|---------------|---|
| <b>Combes Cave – TotalEnergies (ganadería bovina)</b> | Lendou-en-Quercy y Montcuq-en-Quercy-Blanc (Lot) | Estructuras elevadas (actividad conjunta de pastoreo/siega) | Ganadería bovina (Aubrac)                 | N/D | En desarrollo        | TotalEnergies | <a href="#">Sitio del proyecto</a>                |
| <b>Demostrador ganadero – Voltalia (Poisy)</b>        | Poisy (Alta Saboya)                              | Estructuras elevadas (parcelas de cría)                     | Ganadería bovina                          | N/D | En servicio (piloto) | Voltalia      | <a href="#">pv magazine France</a>                |
| <b>Granja de YoLa – Sun’Agri (Granges-sur-Lot)</b>    | Granges-sur-Lot (Lot y Garona)                   | Invernadero agrovoltaico (persianas controladas)            | Horticultura diversificada en invernadero | N/D | En servicio          | Sun’Agri      | <a href="#">Sun’Agri (sitio web del proyecto)</a> |

Tabla 2 : Proyectos agrovoltaicos del espacio SUDOE

## 5. Clima y zonas geográficas

### i. Extensión y clima del espacio SUDOE

La zona SUDOE se caracteriza por una gran diversidad climática. Esta diversidad es el resultado de la combinación de la latitud, la influencia atlántica y mediterránea, el relieve y la continentalidad. La zonificación climática explica la distribución de los cultivos y la organización del territorio agrícola, ya que, como destaca la FAO, la zonificación agroecológica que determina la aptitud agrícola de cada zona se basa en la combinación del clima, el suelo y las características físicas del terreno.

En general, se pueden distinguir cuatro grandes áreas climáticas en el SUDOE:

1. Clima mediterráneo (cálido y continentalizado)
2. Clima oceánico atlántico
3. Clima de montaña
4. Clima semiárido o mediterráneo seco

Cada uno de ellos presenta características térmicas y pluviométricas particulares que condicionan la productividad, los sistemas de cultivo y la superficie agrícola útil (SAU) disponible.

El clima mediterráneo cálido predomina en Cataluña, la Comunidad Valenciana, Murcia, las Islas Baleares, la Andalucía mediterránea, el sur de la Francia mediterránea (Occitania, Provenza interior) y las zonas costeras del sur de Portugal. Se caracteriza por veranos cálidos y secos, inviernos suaves, precipitaciones irregulares (concentradas en otoño y primavera) y una elevada evapotranspiración estival. El clima mediterráneo continentalizado es característico de Castilla y León, Castilla-La Mancha, el interior de Aragón, Extremadura y Madrid. Las principales características climáticas son inviernos fríos y veranos muy calurosos (gran amplitud térmica anual) y precipitaciones escasas e irregulares. El clima mediterráneo es uno de los más productivos del SUDOE, ya que permite una larga temporada propicia para el crecimiento vegetal. Sin embargo, la escasez de agua en verano obliga a recurrir al riego en muchas regiones. El clima mediterráneo concentra la mayor parte de la SAU del SUDOE, especialmente en España y Portugal, donde las zonas de regadío ocupan extensiones muy amplias. La estructura agrícola combina explotaciones intensivas de regadío con grandes superficies de secano. Los cultivos predominantes son: el olivo, la vid, el almendro, los cítricos, el melocotonero, las hortalizas de regadío (tomate, pimiento, lechuga, calabacín), el girasol, la alfalfa, el maíz y los cereales de invierno (trigo duro y cebada).

El clima oceánico atlántico cubre el norte de España (Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco), el norte de Portugal y el oeste de Francia (Nueva Aquitania). Las características de esta región climática son las siguientes: temperaturas suaves durante todo el año, precipitaciones abundantes y regulares, escasa amplitud térmica y elevada humedad. Este régimen climático se corresponde con las zonas más lluviosas registradas en los mapas agroclimáticos elaborados a partir de las estaciones meteorológicas. El clima atlántico favorece los pastos naturales, la ganadería y los cultivos herbáceos

adaptados a la humedad. Los cultivos más habituales son: el maíz forrajero, los prados permanentes y los pastos para el ganado, la patata, el manzano (sidra en Asturias y el País Vasco) y las hortalizas de clima fresco. La superficie agrícola es inferior a la del clima mediterráneo debido a la fragmentación del paisaje y a la presencia de bosques y praderas naturales. Predominan las explotaciones pequeñas y medianas, orientadas a la ganadería lechera y bovina.

El clima de montaña caracteriza las zonas elevadas de los Pirineos, la cordillera Cantábrica, el Sistema Ibérico, el Sistema Central y Sierra Nevada, así como el Macizo Central francés. Sus características climáticas típicas son las siguientes: temperaturas bajas, inviernos largos y fríos, precipitaciones abundantes (en forma de nieve en invierno) y una estación de crecimiento corta. La altitud limita la variedad de cultivos, pero favorece los sistemas extensivos y los productos de calidad diferenciada. Los cultivos predominantes son: cereales de montaña (centeno, cebada), patata de altitud, forrajes para el ganado y huertas de verano en los valles. La superficie agrícola es reducida y dispersa. La actividad agrícola se combina con la ganadería extensiva (ovina, bovina) y la explotación forestal.

El clima semiárido o mediterráneo seco caracteriza el sureste de España (Murcia, Almería, el interior de Alicante), el este de La Mancha y algunas zonas del valle del Ebro. Las características climáticas más importantes son: precipitaciones muy escasas (<300 mm/año), veranos extremadamente calurosos, elevada evapotranspiración y riesgo de desertificación. La agricultura depende casi por completo del riego y de cultivos muy resistentes a la sequía. Los cultivos predominantes son: hortalizas intensivas en invernadero (Almería), viñedos de secano (variedades resistentes), almendros, pistachos y forrajes de ciclo corto. La superficie agrícola está limitada por la aridez, pero las zonas de regadío intensivo presentan una de las productividades más altas del SUDOE.

A título indicativo, se puede considerar la siguiente distribución de la superficie agrícola útil de cada país del territorio SUDOE en las zonas agroclimáticas establecidas:

|               | Mediterráneo    | Oceánico        | Semiárida      | Montañosa       |
|---------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| España        | 55 % (13,1 Mha) | 15 % (3,6 Mha)  | 15 % (3,6 Mha) | 15 % (3,6 Mha)  |
| Portugal      | 35 % (1,26 Mha) | 55 % (1,98 Mha) | 0              | 10 % (0,36 Mha) |
| Francia SUDOE | 30 % (4,2 Mha)  | 55 % (7,7 Mha)  | 0              | 15 % (2,1 Mha)  |

Tabla 3: Superficie agrícola útil

## ii. Tendencias climáticas y vulnerabilidades

La zona SUDOE es especialmente sensible al cambio climático debido a su situación geográfica, en la confluencia de los climas atlántico, mediterráneo y montañoso. En los últimos 20 años se ha observado un aumento de las temperaturas, una mayor frecuencia de fenómenos climáticos extremos y cambios en los regímenes de precipitaciones. Estas tendencias coinciden con los indicadores mundiales y europeos documentados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la AEMET (Agencia Estatal de Meteorología de España).

En la zona mediterránea (España mediterránea, sur de Francia, costa sur de Portugal) se observa un notable aumento de las temperaturas estivales: olas de calor más numerosas y prolongadas, disminución de las precipitaciones anuales, asociada a una mayor concentración de episodios torrenciales (gotas frías), así como un aumento de la evapotranspiración, lo que intensifica la aridez. En consecuencia, los cultivos de secano (olivos, almendros, viñedos) están sometidos a un mayor estrés hídrico, aumentan las necesidades de riego de los cultivos mediterráneos tradicionales y crece el riesgo de incendios forestales que afectan a las zonas agrícolas.

En la zona de clima atlántico (España húmeda, norte de Portugal, costa atlántica francesa), se observa un aumento de la temperatura media, una mayor irregularidad de las precipitaciones (se observan años más secos alternados con episodios de lluvias intensas) y un aumento de los fenómenos extremos (tormentas más intensas y mayor frecuencia de vientos fuertes). El impacto agrícola de esta tendencia climática provoca una disminución de la productividad de los pastos durante los años secos, un avance de las fases fenológicas de los cultivos y un aumento de las plagas asociadas a las temperaturas invernales más suaves.

En las zonas montañosas también se observa un aumento de la temperatura media, especialmente en invierno, lo que provoca una reducción de la acumulación de nieve y un acortamiento de la temporada de nieve. Las precipitaciones en forma de lluvias intensas, en lugar de nieve, son más frecuentes. Esto provoca cambios en la disponibilidad de agua, debido a un menor deshielo, así como un mayor riesgo de erosión debido a las lluvias intensas.

En las zonas continentales del interior (Meseta Española, interior de Portugal, Aquitania interior), la amplitud térmica anual ha aumentado (los veranos son más calurosos y los inviernos menos fríos), las olas de calor son más frecuentes y las precipitaciones son más irregulares, con una tendencia a la baja anual. Estos cambios climáticos provocan una disminución del rendimiento de los cereales no regados durante los años secos, aumentan las necesidades de riego de los cultivos extensivos y provocan cambios fenológicos en la vid y el olivo.

### iii. Implicaciones para la agrovoltaica

Ante la tendencia general descrita de aumento de las temperaturas y mayor frecuencia de fenómenos de precipitaciones extremas, la instalación de sistemas de producción fotovoltaica en la misma superficie que la utilizada para la producción agrícola permite un sombreado parcial de los cultivos que, en general, presenta las siguientes ventajas:

- Reduce la evapotranspiración, disminuyendo así las necesidades hídricas de los cultivos y favoreciendo una reducción del agua de riego necesaria.
- Modera el estrés térmico y lumínico, especialmente en zonas cálidas y semiáridas, evitando la fotoinhibición y las quemaduras solares en las hojas y los frutos (tomates, pimientos, frutas).
- Protege contra fenómenos extremos como el granizo, las lluvias torrenciales o la insolación excesiva, actuando como estructura protectora (similar a las mallas de sombreado).

- Reduce el impacto de posibles heladas tardías al modificar el microclima.
- Mejora la eficiencia en el uso del agua y estabilizan el microclima del cultivo, un aspecto esencial en las zonas mediterráneas y semiáridas del SUDOE.

Sin embargo, es necesario modelar correctamente la sombra adecuada para cada tipo de cultivo, en función de sus características, ya que es importante optimizar la radiación fotosintéticamente activa (PAR) que recibe el cultivo en función de su estado fenológico. La densidad y la altura de los módulos deben determinarse cuidadosamente, en función del cultivo.

En la zona agroclimática atlántica, los cultivos que pueden beneficiarse de la sombra de las instalaciones agrovoltaicas son los forrajes, los pastos, los frutos rojos y las plantas aromáticas.

En la zona continental interior, los cultivos adaptados al sombreado parcial son la vid, los olivos jóvenes, los cereales y las leguminosas. En los cultivos de ciclo corto (cereales de invierno), un sombreado excesivo mal diseñado puede reducir el rendimiento.

En la zona mediterránea, los cultivos que mejoran con sombra parcial son algunas hortalizas (tomates, lechugas, espinacas), frutas (melocotones, nectarinas) y plantas aromáticas. Otros árboles que requieren mucha luz solar, como los cítricos y los olivos adultos, pueden verse afectados por un sombreado excesivo.

Las zonas semiáridas, donde existe riesgo de desertificación debido a las sequías prolongadas y las temperaturas extremas, son también zonas con un gran potencial de producción fotovoltaica debido a la importante insolación anual. Las instalaciones agrovoltaicas, además de producir grandes cantidades de electricidad, mejoran el rendimiento agrícola, reducen la temperatura del suelo y del aire, así como la demanda de agua, pueden proteger contra las tormentas de polvo y granizo y, en general, mejoran la calidad de frutas y hortalizas intensivas como tomates, pimientos y calabacines. Los almendros jóvenes y los árboles frutales tropicales, como el aguacate y el mango, también se benefician de la sombra parcial. Por el contrario, los almendros adultos o las vides en condiciones de cultivo no regado pueden ver reducida su producción si la sombra es excesiva en determinados momentos del desarrollo del cultivo.

Aunque la planificación de una nueva instalación agrovoltaica para un cultivo, ya implantado o no, en una explotación agrícola determinada requiere un estudio específico de dicha explotación para seleccionar el diseño más adecuado de la estructura fotovoltaica, en general se pueden considerar las siguientes relaciones entre los tipos de sistemas fotovoltaicos y los cultivos más adecuados para cada uno de ellos:

Los sistemas elevados (a alturas comprendidas entre 4 y 6 m) se recomiendan para cultivos permanentes (vid, olivo, almendro y frutales de hueso). Estos sistemas facilitan la mecanización y mantienen un microclima bajo los módulos que reduce el estrés hídrico sin comprometer la radiación necesaria.

Los sistemas dinámicos con módulos móviles guiados por un sistema de seguimiento se orientan automáticamente para regular la sombra en función de la fase fenológica del cultivo. Permiten

optimizar la PAR, reducir el estrés hídrico y controlar el microclima alrededor del cultivo. Se recomiendan para cultivos sensibles a la sombra, como hortalizas, frutos rojos y hierbas aromáticas, así como para cultivos que tienen fases críticas de necesidad de radiación durante su desarrollo (como la floración o el cuajado).

Los sistemas fijos de alta densidad consisten en módulos instalados a baja altura (2-3 m), generalmente inclinados, pero también verticales. Generan una sombra importante. Se utilizan con cultivos hortícolas de hoja, como espinacas, lechugas o acelgas; con cultivos sensibles a las quemaduras solares, como pimientos, tomates y fresas; y con plantas aromáticas. Este tipo de instalación protege los cultivos del calor extremo y la radiación, reduce la evapotranspiración (hasta en un 30 % según estudios experimentales) y mejora la calidad de los frutos en los cultivos sensibles.

## 6. Políticas públicas y normativa

### i. En Francia

#### **Ley APER publicada en marzo de 2023**

La ley relativa a la aceleración de la producción de energías renovables (APER) introduce por primera vez una definición legal de agrovoltaica en el Código de Energía, en el artículo L.314-36. Este texto tiene por objeto facilitar el desarrollo de las energías renovables, velando al mismo tiempo por que la actividad agrícola siga siendo prioritaria en las superficies agrarias afectadas. Distingue las instalaciones agrovoltaicas de las instalaciones fotovoltaicas denominadas “compatibles con el ejercicio de una actividad agrícola” y establece los principios fundamentales que regulan dichas instalaciones.

La ley APER se inscribe en una serie de políticas públicas destinadas a acelerar el despliegue de las energías renovables, mejorando al mismo tiempo su aceptabilidad territorial y su integración en la planificación local:

- creación de un mecanismo de zonas de aceleración definidas por los municipios (ZAEnR), y consolidadas y aprobadas a escala estatal (prefectos), sobre la base de los principios establecidos en el artículo L.141-5-3 del Código de Energía;
- creación (fuera de las ZAEnR y por encima de ciertos umbrales) de un comité de proyecto obligatorio, para debatir la viabilidad y las condiciones de integración territorial (véase más abajo);
- un marco reforzado para la implantación de la energía fotovoltaica sobre el terreno en espacios agrícolas, naturales y forestales, mediante artículos introducidos en el Código de Urbanismo (sección dedicada).

**Definición legal de agrovoltaica recogida en el Código de Energía (L.314-36):**

*«I. [...] Instalación de producción de electricidad que utiliza la energía radiante del sol y cuyos módulos están situados en una parcela agrícola donde contribuyen de forma sostenible a la instalación, el mantenimiento o el desarrollo de la producción agrícola.*

*II.-Se considera agrovoltaica una instalación que aporta directamente a la parcela agraria al menos uno de los siguientes servicios, garantizando a un agricultor activo [...] una producción agrícola significativa y unos ingresos sostenibles derivados de ella:*

- 1. Mejora del potencial y el impacto agronómicos.*
- 2. La adaptación al cambio climático;*
- 3. Protección contra los riesgos naturales.*
- 4. La mejora del bienestar animal.*

*III.-No se puede considerar agrovoltaica una instalación que afecte de manera sustancial a uno de los servicios mencionados en los apartados 1 a 4 del punto II o que afecte de manera limitada a dos de dichos servicios.*

*IV.-No se puede considerar agrovoltaica una instalación que presente al menos una de las siguientes características:*

- 1. 1º No permita que la producción agrícola sea la actividad principal de la parcela agraria.*
- 2. 2º No sea reversible».*

La principal aportación del artículo L.314-36 es establecer una definición nacional única y unos criterios de calificación (servicios prestados + primacía agrícola + producción significativa + reversibilidad), lo que permite:

distinguir jurídicamente el agrovoltaísmo de la «fotovoltaica terrestre» clásica;

dotar de herramientas para la instrucción de estos proyectos (DDT/DREAL/DRAAF, prefectos) mediante un marco oponible;

garantizar la seguridad del diseño de los proyectos (demostración «punto por punto» en el permiso).

La ley APER también ha creado en el código de urbanismo una sección sobre las instalaciones fotovoltaicas en terrenos agrícolas/naturales/forestales, distinguiendo:

las instalaciones agrovoltaicas (subsección dedicada);

las instalaciones denominadas «compatibles con el ejercicio de una actividad agrícola, ganadera o forestal», reguladas en particular por un documento marco (artículos L.111-29 y siguientes).

**Decreto del 8 de abril de 2024**

Este decreto es el principal texto de aplicación de la ley APER para la agrovoltaica. Especifica cómo aplicar la definición legal introducida por la ley, en particular las condiciones para la implantación de instalaciones agrovoltaicas en terrenos agrícolas, naturales y forestales y los criterios que deben

cumplirse para que un proyecto se considere agrovoltaico. También trata de las instalaciones fotovoltaicas compatibles con el ejercicio de una actividad agrícola, así como de las modalidades de autorización urbanística, los controles, las sanciones y la elaboración de los documentos marco departamentales.

### **Orden de julio de 2024**

Esta orden completa y precisa el decreto del 8 de abril de 2024, detallando varias modalidades técnicas para la ejecución de proyectos agrovoltaicos. Fija los importes de las garantías financieras que pueden exigir las autoridades en el marco de las autorizaciones agrovoltaicas y precisa las modalidades de los controles, en particular el informe de control previo a la puesta en servicio de las instalaciones y los elementos que deben contener dichos controles.

Esta orden precisa, en particular, el contenido del informe de control previo a la puesta en servicio y su articulación con el régimen de control previsto en el código de urbanismo (por ejemplo, el artículo R.463-1).

### **Instrucción ministerial de 18 de febrero de 2025**

Esta instrucción se publicó para aclarar la aplicación práctica de los textos legislativos y reglamentarios (ley APER, decreto de 8 de abril de 2024 y orden de 5 de julio de 2024) por parte de los servicios del Estado (prefecturas, DDT, DREAL, DRAAF, etc.). Explica cómo deben interpretar y aplicar las autoridades los criterios técnicos y agrícolas del marco agrovoltaico, cómo instruir los expedientes de los proyectos, cómo realizar el seguimiento y el control de las instalaciones y cómo articular el régimen agrovoltaico con los demás regímenes de urbanismo y medio ambiente. Esta instrucción es una herramienta metodológica esencial para la aplicación concreta del marco reglamentario.

### **Zonificación territorial: zonas de aceleración (ZAEnR) y lógica «fuera de zonas»**

La ley APER estableció la definición de zonas de aceleración para la implantación de instalaciones terrestres de producción de energías renovables (ZAEnR), según un enfoque «municipios → mancomunidades/Estado → prefecto», regulado por el artículo L.141-5-3 del código de energía.

Los municipios proponen los sectores que consideran favorables/prioritarios; el Estado facilita los datos; la consolidación se realiza a nivel departamental y luego es aprobada por el prefecto (según las modalidades especificadas localmente).

En la práctica territorial, también se observa el uso del término «zonas de exclusión» (sectores que los colectivos/actores consideran incompatibles). Este término se utiliza a menudo en los trámites locales de ordenación del territorio, aunque el núcleo del dispositivo jurídico se refiere principalmente a las zonas de aceleración, en el sentido del artículo L.141-5-3.

### **Comité de proyecto: nueva secuencia de diálogo territorial (APER)**

Independientemente de la concertación CNDP (código de medio ambiente), la ley APER ha creado la obligación de crear un comité de proyecto (código de energía, art. L.211-9) para determinados proyectos de energías renovables situados fuera de las ZAEnR.

Según nuestra interpretación metodológica: promotor del proyecto + representantes de los municipios de implantación + EPCI + municipios limítrofes, así como prefecto (o representante) y gestores de redes; posibilidad de invitar a otras partes interesadas; acta de los debates transmitida a los miembros de derecho y comunicable.

### **Solicitud de la licencia de obras y contenido del expediente para un proyecto agrovoltaico**

En Francia, un proyecto agrovoltaico está sujeto al derecho común de urbanismo y requiere la presentación de una solicitud de licencia de obras, que generalmente es tramitada por el prefecto (tramitación por los servicios del Estado). La presentación de la solicitud de licencia constituye una etapa fundamental, ya que demuestra la conformidad del proyecto con el marco agrovoltaico definido por la ley y sus textos de aplicación.

El proyecto también puede dar lugar, según las características y los umbrales aplicables, a procedimientos medioambientales y de participación pública (encuesta pública o participación electrónica).

El expediente de la licencia de obras incluye los documentos habituales previstos por el código de urbanismo (planos, descripción, integración paisajística, accesos, redes, etc.), a los que se añaden, para los proyectos agrovoltaicos, documentos específicos relacionados con la actividad agraria y la compatibilidad del proyecto con el artículo L.314-36 del código de energía, así como el expediente de estudio de impacto.

Los textos posteriores al APER también han introducido requisitos de control previo a la puesta en servicio (y controles durante la fase de explotación), en particular en el código de urbanismo para determinadas instalaciones «compatibles».

### **La CDPENAF y su papel en la instrucción de proyectos agrovoltaicos**

Definición y función general:

La CDPENAF (Comisión Departamental para la Preservación de los Espacios Naturales, Agrícolas y Forestales) es un órgano consultivo previsto por el Código Rural. Emite dictámenes sobre la conveniencia de determinados procedimientos o autorizaciones urbanísticas en relación con el objetivo de preservación de los terrenos naturales, agrícolas o forestales.

Un dictamen que, por tanto, estructura los espacios agrícolas, naturales y forestales:

Para los proyectos de instalaciones de producción de electricidad a partir de energía solar ubicadas en terrenos naturales, agrícolas y forestales, la autorización está, en principio, supeditada a un dictamen de la CDPENAF, con un articulado particular según si el departamento dispone o no de un documento marco adoptado en virtud del artículo L.111-29 del Código de Urbanismo. Esta lógica ha sido confirmada por la jurisprudencia del Consejo de Estado (decisión n.º 495025 de 18 de septiembre de 2025).

Agrovoltaica: dictamen conforme y audiencia del solicitante.

El Código de Urbanismo establece que, para las instalaciones agrovoltaicas en el sentido del artículo L.314-36 del Código de Energía, la CDPENAF debe emitir un dictamen conforme y oír al solicitante antes de emitir dicho dictamen.

Consecuencia operativa en la instrucción

En la práctica, el dictamen de la CDPENAF se convierte en una etapa crucial del calendario de instrucción:

- impone que se demuestre de forma sólida la actividad agraria (producción significativa, primacía agrícola, reversibilidad, servicios prestados);
- refuerza la importancia de los documentos relacionados con la actividad agraria del expediente (EPA / nota de compatibilidad / compromisos de seguimiento);
- puede dar lugar a prescripciones o solicitudes de complementos antes de la estabilización del proyecto.

### **La MRAe y su papel en la instrucción (evaluación medioambiental)**

¿Quién es la MRAe? La Misión Regional de Autoridad Ambiental (MRAe) es una de las autoridades ambientales competentes designadas por el código de medio ambiente para emitir un dictamen sobre el proyecto que se le presenta. Para la mayoría de los proyectos «habituales» (salvo casos específicos), la autoridad ambiental es la MRAe de la región donde se lleva a cabo el proyecto.

¿Cuándo interviene? La MRAe interviene, en particular:

- durante el examen caso por caso (para determinar si se requiere un estudio de impacto);
- y/o durante el dictamen sobre el estudio de impacto cuando éste sea obligatorio. La competencia y los plazos asociados están regulados por el Código de Medio Ambiente.

Contenido típico del dictamen: puntos a tener en cuenta para la agrovoltaica:

Los dictámenes de la MRAe sobre proyectos fotovoltaicos (incluidos los proyectos sobre el terreno) se refieren exclusivamente al estudio de impacto y, por lo general, a:

- la calidad del estado inicial (biodiversidad, paisajes, agua, suelos, retos agrícolas);
- la secuencia ERC (evitar-reducir-compensar) y la justificación de las opciones de implantación;
- el análisis de las variantes;
- los fotomontajes y la demostración de la integración paisajística;
- el seguimiento y la eficacia de las medidas propuestas.

Ejemplos de elementos que se solicitan con frecuencia en los dictámenes publicados por las MRAe: fotomontajes adicionales, justificación paisajística.

## **ii. En España**

Tras la aplicación de nuevas políticas centradas en la sostenibilidad y la transición energética a finales de los años noventa y principios de los dos mil, la tecnología fotovoltaica se ha ido integrando progresivamente en los sistemas de producción de energía eléctrica descentralizada (en el mix energético).

Este marco ha permitido establecer y regular, a través de la normativa nacional vigente, la forma en que las instalaciones deben conectarse a la red eléctrica pública para inyectar en ella la totalidad de su producción. Esas instalaciones participantes en el mercado eléctrico fueron percibiendo inicialmente una prima por la electricidad inyectada a la red, que se fue reduciendo progresivamente y se sustituyó en 2014 por un régimen específico basado en la rentabilidad de la inversión de las instalaciones y, a partir de 2020, por la venta directa de la producción en el mercado o la participación en subastas de capacidad en función del precio ofertado por los productores.

En 2018-2019 entró en vigor la normativa para autorizar el autoconsumo eléctrico, es decir, la conexión de las instalaciones a la red interior particular de los consumidores, lo que permitía el autoconsumo instantáneo de la electricidad producida por la instalación (con el consiguiente ahorro, gracias a la reducción de la compra de electricidad a la red), así como la inyección de excedentes a la red pública, en determinadas circunstancias y para determinados tipos y potencias.

Aunque el autoconsumo también se refiere a las instalaciones aisladas de la red, esta terminología se utiliza hoy en día casi exclusivamente para la última modalidad mencionada.

En relación con la regulación de la actividad agrovoltaica, en España no se ha adoptado ninguna normativa, ni a nivel nacional ni en las distintas Comunidades Autónomas. Cataluña es la única Comunidad Autónoma que ha elaborado en 2024 una instrucción técnica que establece los criterios para compatibilizar la producción de energía agrovoltaica en terrenos agrícolas. Esta normativa exige el mantenimiento de la actividad agrícola, garantizando que el rendimiento de los cultivos sea como mínimo igual al 60 % del rendimiento de referencia y prohibiendo las estructuras fijas de hormigón.

En lo que respecta a la elaboración de una normativa específica sobre instalaciones agrovoltas en España, la Unión Española de Energías Fotovoltaicas (UNEF) es el principal actor sectorial que promueve:

- El debate normativo con la administración (IDAE, MAPA).
- La organización de jornadas técnicas con los gobiernos regionales y los ministerios (Situación de la agrivoltaica en España).
- Propuestas de adecuación normativa y compatibilidad con la PAC.

Los debates técnicos se centran en cinco aspectos:

1. Definición jurídica de la agrovoltaica.
2. Compatibilidad de los usos del suelo.
3. Integración en la PAC y ayudas directas.
4. Tratamiento energético y acceso a la red.
5. Líneas de financiación específicas.

A continuación, se presentan algunas propuestas formuladas por la UNEF para avanzar en la elaboración de la normativa:

#### **Definición de agrovoltaica:**

- Propuesta inicial (octubre de 2024):

Sistema de producción conjunta de energía solar fotovoltaica y agricultura en el mismo terreno, con el objetivo de tener un impacto positivo en la agricultura y la producción energética mediante la

diversificación de los ingresos de los agricultores, haciendo que la agricultura sea más resistente al cambio climático y reduciendo la dependencia energética.

- Propuesta modificada (noviembre de 2024)

Sistema de producción dual que integra de forma sinérgica la actividad del sector primario y la producción de electricidad mediante tecnología fotovoltaica en un mismo espacio físico.

### **Requisitos que deben cumplir los proyectos agrovoltaicos:**

Características generales

1. Mantener acuerdos con los agricultores o ganaderos.
2. Mantener un modelo económico agrícola sostenible
3. Integrar criterios de sostenibilidad medioambiental y uso eficiente del suelo.

Para que un proyecto se considere sinérgico con una actividad agrícola, debe:

1. Mantener una actividad agrícola activa. El diseño debe permitir el desarrollo de las labores agrícolas, el paso de la maquinaria y la gestión de los cultivos.
2. Conservar al menos el 60 % de la superficie dedicada a cultivos. La instalación fotovoltaica debe ser lo suficientemente alta y espaciada para que las sombras sean compatibles con el cultivo.
3. Conservar la titularidad del terreno agrícola.

Para que un proyecto se considere sinérgico con una actividad ganadera, debe:

1. Mantener una actividad ganadera activa.
2. Mantener una producción de biomasa destinada a la alimentación del ganado.
3. Mantener su registro como explotación ganadera.

### **Convocatorias de proyectos**

En cuanto a las ayudas públicas a los proyectos agrovoltaicos en España, cabe destacar las dos convocatorias del Programa de Incentivos para Proyectos Innovadores en Energías Renovables y Almacenamiento, así como para Sistemas Térmicos Renovables en el marco del PRTER, financiado por EU-Next Generation.

La primera convocatoria, dotada con un presupuesto de 72 millones de euros para proyectos agrovoltaicos, cerró la presentación de candidaturas en noviembre de 2024 y prevé un plazo de ejecución de los proyectos hasta finales de 2028. Se han establecido tres subprogramas en el marco del programa de incentivos 1: proyectos innovadores de instalaciones agrovoltaicas con almacenamiento:

- Subprograma 1.1: Agrovoltaica intercalada con el cultivo.
- Subprograma 1.2: Agrovoltaica con estructura sobre cultivo. Altura:  $2 \leq m \leq 4$  m.
- Subprograma 1.3: Agrovoltaica con estructura sobre cultivo. Altura:  $h > 4$  m.

La segunda convocatoria de proyectos, abierta hasta el 19 de febrero de 2026, establece los mismos subprogramas que la primera convocatoria y dota al programa de un presupuesto de 68 millones de euros. Cabe destacar que el informe exige como requisito previo explicar cómo contribuye la instalación a la implantación, el mantenimiento o el desarrollo del cultivo y, en el caso de parcelas mecanizadas, cómo se garantiza el paso de la maquinaria. También es necesario disponer de parcelas de control que permitan comparar el rendimiento agrícola con y sin fotovoltaica. Los

proyectos obtienen una mejor puntuación si implican a cooperativas y/o comunidades energéticas, si se refieren a la agricultura ecológica y si han suscrito acuerdos con universidades o centros de investigación para el desarrollo del proyecto.

Otro programa destacable para el desarrollo de instalaciones agrovoltaicas en España es el de ayudas a la innovación AEI\_Agri, promovido por el MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación).

### iii. En Portugal

La trayectoria de Portugal hacia el Horizonte 2030 implica una profunda transformación del sistema energético, ya que este sector es el que más contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. El PNEC 2030 combina políticas públicas y trayectorias tecnológicas para alcanzar los objetivos medioambientales, al mismo tiempo que refuerza la competitividad, la cohesión social y el desarrollo sostenible.

La energía solar fotovoltaica ocupa un lugar central gracias a la reducción de costes y a la abundancia del recurso, lo que convierte a esta tecnología en una de las más competitivas junto con la eólica y en la más dinámica de aquí a 2030. Para lograr un crecimiento equilibrado, el país fomenta la producción descentralizada, el uso de superficies no convencionales (embalses, alrededores de infraestructuras viarias) y la integración con otras actividades como la agrovoltaica, que permite compartir el suelo entre la agricultura y producción de energía.

Esta trayectoria se inscribe en un marco alineado con la UE, basado en el PNEC 2030, la hoja de ruta para conseguir la neutralidad de carbono en 2050 y la ley marco sobre el clima, con instrumentos complementarios en agricultura y silvicultura acordes con las cinco dimensiones de la Unión de la Energía (descarbonización, eficiencia, seguridad del suministro, mercado interior, innovación).

El PNEC 2030 establece objetivos cuantificados en materia de emisiones, energías renovables, eficiencia y seguridad; y orienta hacia un sistema más descentralizado (autoconsumo, comunidades energéticas), al tiempo que apoya soluciones innovadoras como la agrovoltaica y la energía solar flotante.

Alcanzar la neutralidad de carbono para 2050 exige reducciones sostenidas en todos los sectores: -55 % para 2030, -65 a -75 % para 2040 y al menos -90 % para 2050, con respecto a 2005. Los objetivos sectoriales apuntan a reducciones significativas en los servicios, el sector residencial, el transporte, los residuos y las aguas residuales, con una contribución más modesta pero esencial de la agricultura (del -8 % en 2020 al -11 % en 2030). Se necesitan esfuerzos adicionales, especialmente en el transporte y la agricultura.

| Metas              | 2030          | 2040        | 2050          |
|--------------------|---------------|-------------|---------------|
| PNEC 2030          | -45 % a -55 % | 65 % a 75 % | -85 % a -90 % |
| PNEC 2030 Revisión | -55 %         | 65 % a 75 % | -90           |

Tabla 4 : Objetivos nacionales de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente

En el ámbito de las energías renovables, Portugal sigue siendo uno de los países más ambiciosos de Europa. La trayectoria nacional prevé un aumento continuo de la cuota de energías renovables en el consumo final bruto, que debería alcanzar aproximadamente la mitad del consumo energético nacional total en 2030, como se muestra en la tabla 2.

| Renovables en el consumo final bruto de energía | 2020 | 2022 | 2025 | 2027 | 2030 |
|---|------|------|------|------|------|
| PNEC 2030                                       | 31 % | 34 % | 38 % | 41 % | 47 % |
| Revisión del PNEC 2030                          | 31 % | 34 % | 40 % | 44 % | 51 % |

*Tabla 5 : Trayectoria indicativa y contribución de Portugal a la meta vinculante de 2030*

La agrovoltaica está ganando terreno porque aumenta la capacidad solar, sin perjudicar a la actividad agrícola. Sus ventajas son: doble uso del suelo, mayor autoconsumo en las explotaciones, menores pérdidas en la red, autonomía energética de las zonas rurales, descarbonización de las prácticas y nuevas oportunidades económicas para las pymes.

### **Políticas y medidas**

Las políticas y medidas del PNEC 2030 se articulan en torno a ocho objetivos estratégicos: acelerar la electricidad renovable para alcanzar al menos el 80 % en 2025 y duplicar la capacidad instalada para 2030; desarrollar la producción distribuida, el autoconsumo y las comunidades energéticas; elaborar guías técnicas para la agrovoltaica; y promover las energías renovables (energía solar fotovoltaica, geotérmica superficial, eólica) en la agricultura y la silvicultura, incluyéndose el riego y las infraestructuras ganaderas.

Los objetivos citados llevan al desarrollo de líneas de acción y medidas concretas. Una de las prioridades centrales es acelerar la producción de electricidad a partir de fuentes renovables, con el objetivo de alcanzar al menos un 80 % de producción renovable para 2025, lo que implica duplicar la capacidad instalada para 2030.

Otra línea de acción fundamental fomenta la producción distribuida, el autoconsumo y las comunidades energéticas, con el fin de reducir las pérdidas en el sistema eléctrico y reforzar la participación local. En este contexto, el PNEC 2030 prevé la elaboración de orientaciones y guías técnicas específicas para la agrovoltaica (acción 3.2.9), medida que puede incardinarse con el proyecto AgroSOL, contribuyendo así a la creación de un marco claro para el dimensionamiento de los sistemas y la futura regulación de esta solución.

Además, el plan fomenta la adopción de energías renovables en los sectores de la agricultura y la silvicultura (acción 6.1), apoyando la implantación de sistemas solares fotovoltaicos, geotérmicos superficiales y eólicos, incluidas aplicaciones en sistemas de riego e infraestructuras ganaderas. La agricultura se identifica como uno de los sectores que requiere esfuerzos adicionales de mitigación.

### Marco normativo de la agrovoltaica en Portugal

Portugal aún no cuenta con un régimen jurídico específico para la agrovoltaica. Estos sistemas se rigen actualmente por la legislación general sobre energías renovables, las normas de ordenación del territorio y el marco jurídico de la producción de electricidad a partir de la tecnología solar fotovoltaica. El principal instrumento es el Decreto Ley n.º 15/2022, que regula los sistemas de autoconsumo y las comunidades de energía renovable y establece las condiciones para la instalación de paneles solares en terrenos agrarios, siempre que se respeten las normas medioambientales y de uso del suelo. Aunque este texto no regula específicamente la agrovoltaica, define un ámbito destinado a la ejecución de proyectos de innovación y desarrollo en el marco de la compatibilidad del uso del suelo para actividades agrarias y la producción de electricidad.

El Decreto Ley n.º 30-A/2022 simplificó los procedimientos de autorización de las instalaciones fotovoltaicas, en particular para aquellos sistemas con una potencia inferior a 30 kW. Más recientemente, el Decreto Ley n.º 99/2024 introdujo nuevas disposiciones, en consonancia con la Directiva RED III de la Unión Europea, que permiten la ejecución de proyectos de energías renovables en zonas de la reserva agrícola nacional, bajo determinadas condiciones específicas.

A pesar de estos avances, siguen existiendo retos. La compatibilidad entre las instalaciones solares y los suelos agrícolas de alta calidad es una cuestión delicada, y el Gobierno ha manifestado su intención de revisar la normativa para garantizar que se tenga debidamente en cuenta la idoneidad de los suelos. Los requisitos para la obtención de permisos también varían significativamente en función de la potencia instalada, ya que los proyectos de mayor envergadura suelen requerir evaluaciones de impacto ambiental y permisos de construcción municipales. A un nivel más amplio, la falta de una definición armonizada de la agrovoltaica a escala de la Unión Europea dificulta la clasificación del uso del suelo y puede afectar a la elegibilidad para las subvenciones agrícolas y los regímenes fiscales.

## iv. comparación

A escala de la Unión Europea, aún no existe una definición ni una norma armonizada para la agrovoltaica; varios Estados han publicado guías o textos técnicos, pero solo el marco francés combina una definición legal, criterios técnicos exigibles, procedimientos de autorización específicos y mecanismos de control en explotación.

En España, la instrucción catalana constituye un hito regional exigente (umbral de rendimiento  $\geq 60$  % y restricciones de implantación), pero no existe una norma nacional de implantación agrovoltaica; la dinámica está impulsada por las convocatorias del IDAE para proyectos innovadores y la compatibilidad con la PAC.

En Portugal, el auge se debe a la legislación común sobre electricidad y a la transposición de la RED III, sin que exista por el momento un régimen específico para la agrovoltaica, aunque están apareciendo financiaciones específicas.

| Elementos comparados               | Francia   | España   | Portugal   |
|------------------------------------|---|--|--|
| Definición legal de «agrivoltaica» | Sí, art. L.314-36 C. Energía, con criterios positivos y negativos                         | No a nivel nacional; primera instrucción técnica en Cataluña                                     | No, recurso al derecho común ENR   |
| Textos de aplicación               | Decreto 2024-318 y Orden de 05/07/2024 que detalla las condiciones, controles y garantías | Convocatorias del IDAE basadas en la Orden TED/765/2024; no hay Decreto Nacional de implantación | DL 15/2022, DL 30-A/2022, DL 99/2024 (RED III) para las energías renovables en general |
| Procedimientos específicos         | Dictamen conforme CDPENAF, competencia prefectural, control a los 6 años                  | Procedimientos ENR clásicos; requisitos regionales catalanes                                     | Procedimientos ENR simplificados, sin filtro «agrivoltaico» específico                 |
| Planificación/aceptabilidad        | ZAE nR y comité de proyecto fuera de ZAE nR   | Planificación regional/local; convocatorias IDAE   | PNEC 2030, simplificaciones RED III  |
| Financiación pública específica    | Mecanismos generales de energía renovable; posible integración en AO                      | Programa IDAE «Renovables Innovadoras» – Agrivoltaica + almacenamiento                           | Fondo medioambiental: 15 millones de euros (2025)                                      |

Tabla 6 : Comparación de políticas públicas

Conclusión de la comparación: en lo que respecta a los criterios de exhaustividad (definición + normas técnicas + procedimientos + controles), solo Francia ha establecido hasta la fecha una verdadera normativa agrivoltaica integral.

## v. Recomendaciones

A nivel europeo, sería pertinente armonizar la normativa con la arquitectura francesa, transponiendo tres pilares: en primer lugar, una definición común de agrivoltaica basada en la primacía de la agricultura, la prestación de servicios directos a la parcela (agronomía, adaptación climática, protección contra riesgos, bienestar animal) y la reversibilidad; en segundo lugar, criterios operativos y medibles de «producción agrícola significativa» e «ingresos sostenibles», acompañados de un control inicial y un control de seguimiento con un horizonte fijo; por último, un procedimiento de autorización específico con el dictamen de una instancia agrícola independiente y responsable, inspirado en la función conferida a la CDPENAF. La ley francesa y sus textos de aplicación ofrecen un marco sólido para esta convergencia.

La Comisión podría publicar, como apoyo a los Estados miembros, una recomendación o un acto de ejecución que establezca directrices técnicas sectoriales, siguiendo el ejemplo de las «buenas prácticas» promovidas por SolarPower Europe, haciéndolas oponibles en los procedimientos nacionales. Una iniciativa de este tipo subsanaría la actual falta de una norma común en la UE y reduciría la heterogeneidad de las prácticas nacionales.

Para acelerar la inversión, hay dos palancas decisivas. En lo que respecta a los ingresos, se deben priorizar los mecanismos de apoyo estables y legibles (contratos por diferencia, bonificaciones por licitaciones) dirigidos a las configuraciones agrovoltaicas, otorgando explícitamente prioridad a los cultivos. La experiencia española de los programas de incentivos a proyectos innovadores de instalaciones agrovoltaicas (que define las tipologías y exige un almacenamiento mínimo) demuestra la eficacia de una convocatoria dedicada a proyectos agrovoltaicos.

En cuanto a los procedimientos, importar a nivel europeo la idea de «zonas de aceleración» y un mecanismo de «comité de proyecto» cuando un expediente está fuera de zona; herramientas ya en vigor en Francia, tiene por objeto aclarar la integración territorial en una fase previa y reducir los plazos de instrucción.

Por último, debe consolidarse la compatibilidad con la PAC para garantizar la admisibilidad de las superficies agrovoltaicas de pequeño tamaño en las que la actividad agraria siga siendo predominante; el ejemplo español de elegibilidad para la PAC a partir de 2026 constituye una vía útil para armonizar las ayudas y eliminar un obstáculo importante para la financiación de proyectos.

Las experiencias operativas ponen de relieve la importancia de estabilizar los horizontes de desarrollo y formación, que siguen siendo largos y heterogéneos, así como la necesidad de una señal de precios coherente para la electricidad producida; estos requisitos deben ir acompañados de una convergencia normativa para que los proyectos sean rentables y, al mismo tiempo, se preserve la función agraria de las tierras.

## 7. Conclusión

El estado actual de la técnica confirma que la agrovoltaica puede convertirse en un importante motor de resiliencia para las pequeñas y medianas explotaciones del SUDOE, siempre que los proyectos se diseñen primero al servicio de la producción agrícola y luego se doten de los sistemas de producción energética. En un contexto de fragilidad económica de las explotaciones agrícolas y de cambio climático, el proyecto AgroSOL aporta una estrategia común centrada en el autoconsumo y la sostenibilidad de los sistemas, con el fin de garantizar los ingresos, estabilizar los rendimientos y reforzar la viabilidad de los territorios rurales.

Desde el punto de vista económico y del sistema, la creciente saturación de las redes y la bajada de los precios durante el día obligan a dar prioridad a las instalaciones de baja potencia conectadas a baja tensión, dimensionadas en función de los perfiles de consumo diurno de las explotaciones. El valor proviene principalmente del ahorro en la factura eléctrica, más que de la venta a la red, lo que requiere un dimensionamiento pragmático, una integración sostenible de la instalación de producción y un acompañamiento a largo plazo de los agricultores implicados.

Desde el punto de vista técnico-agronómico, la experiencia demuestra que existen beneficios microclimáticos y que es viable en una amplia gama de cultivos, siempre que la densidad, la altura y el control de la sombra se ajusten a las necesidades y que se establezcan protocolos para un seguimiento plurianual. El compromiso entre la producción eléctrica y los objetivos agronómicos

deben asumirse en el diseño, en particular en el caso de los sistemas dinámicos o elevados, que ofrecen la mayor libertad de configuración. Las lecciones aprendidas han de llevar a un diseño conjunto, una evaluación continua y una mejora progresiva de los dispositivos.

El marco público y normativo dibuja un panorama de oportunidades diferenciadas: Francia dispone de un marco de referencia completo y oponible (ley APER, decreto del 8 de abril de 2024, orden de julio de 2024 e instrucción de 2025, función conforme de la CDPENAF) que facilita la instrucción y el control; España avanza principalmente mediante convocatorias nacionales para proyectos de innovación e iniciativas regionales, sin una normativa nacional específica; Portugal moviliza el derecho común de las energías renovables en la trayectoria del PNEC 2030. Esta asimetría refuerza el interés de un método AgroSOL transferible, respaldado por criterios medibles de producción agraria significativa, de servicios prestados y de reversibilidad.

A escala climática, la diversidad de los regímenes agroecológicos del SUDOE exige asociar cada familia de arquetipos (elevados, dinámicos, con módulos semitransparentes, verticales) a los cultivos y calendarios fenológicos adecuados, optimizando la PAR y el riego. La agrovoltáica se presenta así, como una herramienta de adaptación creíble frente al estrés térmico e hídrico, especialmente en las zonas mediterráneas y semiáridas, sin dejar de ser relevante para los pastizales y determinadas producciones propias del clima atlántico.

La trayectoria propuesta para AgroSOL es operativa: seleccionar explotaciones agrarias con demandas energéticas diurnas marcadas, dimensionar el autoconsumo, formalizar un protocolo agronómico común con líneas de cultivo testigos, fijar indicadores de seguimiento compartidos (rendimientos, calidad, microclima, agua, disponibilidad de parcelas), estructurar la gobernanza del proyecto y garantizar los planes de financiación adecuados (autoconsumo, inversión de terceros, modelos cooperativos).