



SINERGIA ENTRE LA ACTIVIDAD
AGROPECUARIA Y LA FOTOVOLTAICA:
PROMOVIENDO LA
BIOAGROVOLTAICA



Índice

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	TECNOLOGÍA AGROVOLTAICA	6
3.	EXPERIENCIAS INTERNACIONALES	8
	3.1.Marco regulatorio	8
	3.1.1.Alemania	8
	3.1.2.Italia	9
	3.1.3.Francia.....	11
	3.2.Definiciones y caracterización.....	13
	3.3.Barreras y retos de la AgroFV en el marco internacional	19
4.	CONTEXTO ESPAÑA	21
	4.1.Terreno agrícola español (29)	21
	4.2.Impacto del desarrollo FV sobre la agricultura	23
5.	MARCO NORMATIVO: OPORTUNIDADES PARA LA AGROVOLTAICA	24
	5.1.En el marco Europeo	24
	5.2.En el marco nacional.....	26
6.	ALGUNOS EJEMPLOS DE PROYECTOS AGROFV EN ESPAÑA	30
	6.1. Wine Solar (Toledo) - Iberdrola.....	30
	6.2.Aldenhín (Granada) - Baywa	30
	6.3.Picassent, Valencia – INDEREN.....	31
	6.4.Agrisol, Murcia– IASOL.....	31
	6.5.Totana, Murcia– ENDESA.....	31
7.	BARRERAS Y RETOS A LA AGROFV.....	32
	7.1.Barreras y retos a la implementación	32
	7.2.Retos en la investigación	34
8.	DEFINICIONES DE AGROVOLTAICA Y PROPUESTA UNEF PARA ESPAÑA	36
	8.1. Definiciones agrovoltaica.....	36
	8.2.Propuesta de definición UNEF: Bioagrovoltaica	38
9.	ESCENARIO DE REGULACIÓN DE LA AGROVOLTAICA EN ESPAÑA: VENTAJAS Y DESVENTAJAS	41
10.	CONCLUSIONES Y SIGUIENTES PASOS.....	43



1. Introducción

La implementación de tecnologías limpias como la fotovoltaica (FV) es esencial para mitigar el cambio climático en el marco de la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030. Se ha demostrado que las plantas de gran capacidad de potencia contribuyen a la conservación de la biodiversidad y suelen convertirse en reservas integrales de la naturaleza. La ausencia de actividades humanas facilita que los emplazamientos fotovoltaicos se conviertan en espacios seguros para la reproducción de aves, vertebrados e invertebrados contribuyendo a la protección y conservación de especies, a la vez que se da un respiro a la tierra, a los acuíferos, y se permite un desarrollo de la biodiversidad que antes no existía.

La versatilidad de la utilización de la tecnología fotovoltaica admite que existan opciones de integración de la producción de energía limpia con la actividad agropecuaria a través de la agrovoltaica. La agrovoltaica, también conocida como “agrofotovoltaica (APV)”, “AgroFV” o “solar comparti-

da”, se define como la combinación efectiva de la generación eléctrica con fotovoltaica y la agricultura sostenible para generar oportunidades de mejora a la productividad y economía agrícola. En la sección 7 de este documento se profundiza en la definición de AgroFV.

La AgroFV está especialmente pensada para zonas áridas o semiáridas y para zonas en las que los cultivos enfrentan efectos de alta irradiación solar y pérdida de agua, además de zonas con áreas limitadas, por ejemplo, islas. Este tipo de instalaciones ayudan a mejorar la eficiencia en el uso de agua, evitando la pérdida de ésta especialmente en climas secos y considerando que el uso de agua para irrigación será superior debido a las condiciones climáticas futuras. Además, los cultivos se verían también beneficiados por la reducción de la radiación solar (3,4).

En línea con lo anterior, un ejemplo claro está en el sector de la viticultura, aquí una mayor cantidad de radiación solar y calor podría tener efectos adversos en la cosecha y también podría

provocar quemaduras solares sobre los frutos o que éstos se sequen. La radiación solar también aumenta el contenido de azúcar en las uvas, afectando a su calidad. Por tanto, la sombra generada por módulos solares podría tener un efecto positivo sobre la calidad de la uva y de prevención del envejecimiento prematuro del fruto. Además, la altura a la que se cultiva la uva es una ventaja competitiva para la AgroFV debido a la reducción de los costes en infraestructuras (2).

Como datos adicionales, la producción de electricidad a partir de la AgroFV puede dar paso a los siguientes beneficios: un aumento de más del 30% en el valor económico de la tierra, la expansión de oportunidades para que los agricultores obtengan rentabilidad a largo plazo, mejora ambiental y un aumento del 60-70% en la productividad total de la tierra (5). Esto indica

que *la AgroFV puede ser un elemento importante de la transición energética impulsando el nexo agua, seguridad alimentaria y energía.*

Francia ha sido uno de los primeros países europeos que ha promovido el desarrollo del agrovoltismo (definición propia del país) a través de licitaciones públicas en 2017. Otros países que han implementado iniciativas similares o que incluyen a la AgroFV en su planificación son Estados Unidos, Korea del Sur, India, Israel, Alemania e Italia (2). Otros países con proyectos en AgroFV son España, China, Japón o Malasia (3,6). A la fecha, el mercado global de la AgroFV ha alcanzado una potencia instalada de más de 14GWp (2). Sin embargo, en las zonas subtropicales y semiáridas, soluciones en AgroFV aún están lejos de ser una alternativa a impulsar cuando es en estas zonas donde parece haber mayor potencial de desarrollo.



Tecnología 2. Agrovoltaica

La tecnología AgroFV es similar a la de sistemas FV convencionales, sin embargo, ésta requiere adaptaciones dado que la generación eléctrica ocurre sobre un área dedicada a la actividad agrícola. Por ejemplo, se requiere de estructuras ubicadas a una altura y cimientos adaptados a los requerimientos de paso de maquinaria y de los cultivos (2,7,8):

- **Módulos:** Dado que los módulos de Silicio cristalino son los que actualmente dominan el mercado global, esto también ha hecho que sean la tecnología común en soluciones AgroFV a través de módulos: monofaciales (tipo estándar), bifaciales y semitransparentes (módulos de menor eficiencia). Existen también otras tecnologías emergentes que a futuro podrían tener una importante participación en el mercado de la AgroFV: módulos de micro-concentración con integración de un plan de seguimiento (Insolight); fotovoltaica orgánica; módulos semitransparentes con colectores solares; módulos con concentración selectiva de longitud de onda; módulos tubulares, etc.
- **Estructuras:** Los módulos se ubican usualmente sobre estructuras con una altura mínima de 5m en suelos arables. Esta altura facilita, por un lado, que la tierra sea más transitable y una distribución más uniforme de la luz debajo de los módulos. Las estructuras a menor altura resultan más económicas debido al menor uso de acero.
- **Sistemas de seguimiento:** Estos pueden ser a uno o dos ejes, con este último la producción de electricidad se incrementa. Sin embargo, los sistemas de seguimiento con grandes hileras de módulos pueden crear una umbra debajo, mientras que otras partes de la tierra o cultivo no reciben una distribución uniforme de la luz.
- **Sistema de anclaje y cimientos:** Ambos pueden asegurar la estática y estabilidad del sistema AgroFV. Sin embargo, los cimientos de cemento no son recomendables de cara a la protección del valor agrícola de la tierra. Como

alternativa a este material está el cimiento atornillado o pilotes. A esto también se suman soluciones de AgroFV móviles que flexibilizan la adaptación de la tecnología al entorno, además de ser una herramienta que podría evitar permisos de construcción.

Optimización del uso del suelo:

En un sistema fotovoltaico, la optimización está relacionada al ángulo de inclinación para la captación de irradiación solar sobre los paneles, mientras en un sistema AgroFV se debe tener en cuenta la sombra causada por las filas de los módulos para minimizar la pérdida de radiación fotosintéticamente activa

(PAR) en el cultivo. Esto ha dado lugar a definir el Radio de Terreno Equivalente (*Land Equivalent Ratio - LER*) para demostrar la pertinencia de combinar ambas actividades en el mismo terreno y para mejorar la eficiencia en el uso del terreno (9).

$$LER = \frac{\text{Productividad de plantas AgroFV } (\frac{kWh}{ha})}{\text{Productividad de plantas FV } (\frac{kWh}{ha})} + \frac{\text{Productividad del cultivo bajo sistema Agro FV } (\frac{kg}{ha})}{\text{Productividad del cultivo sin sistema FV } (\frac{kg}{ha})}$$

El LER permite comparar la utilización individual del terreno para cultivos y combinada con un sistema AgroFV.

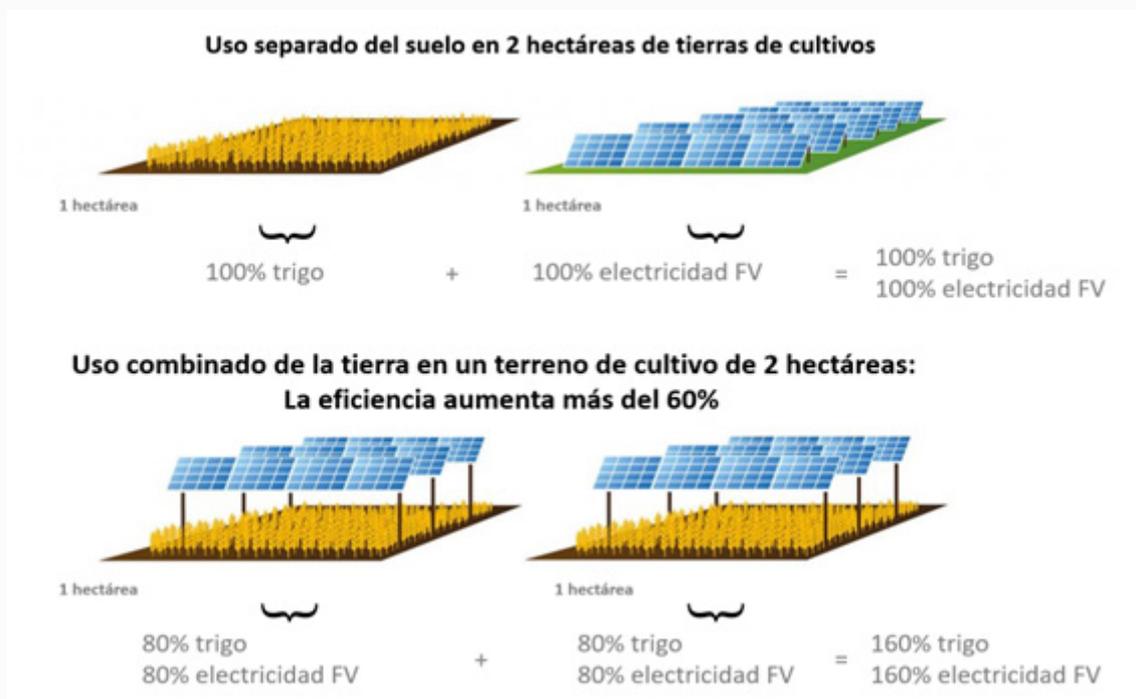


Figura 1. Comparación en uso del suelo entre el cultivo y el sistema FV de forma individual y combinada, respectivamente (9,10)



Experiencias 3. internacionales

Para entender el contexto en el que se justifica la promoción de la AgroFV y los beneficios que el sector agrícola encuentra al “combinar” su actividad con la generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos, se presenta en la siguiente sección, un análisis comparativo de experiencias en países europeos con experiencia en este ámbito: Alemania, Italia y Francia. Por un lado, se presenta un resumen del marco regulatorio y por otro, se muestra las diferencias entre definición y caracterización de AgroFV en cada país.

3.1. Marco regulatorio

3.1.1. Alemania

En enero 2021, la AgroFV fue incluida en la revisión de la Ley alemana de Fuentes de Energía Renovable (EEG) (sección 3) de cara al objetivo de alcanzar un mix de generación de 80% con renovables al 2030. Las implicaciones asociadas son conexión prioritaria a la red y la identificación del punto de conexión a coste más bajo. En principio, el operador de la red cubre los costes de expansión de red mientras el operador del sistema cubre los costes de conexión. Además, gracias a la enmienda de la EEG, Alemania introdujo un segmento independiente para “sistemas de generación fotovoltaicos (FVs) es-

peciales” de 150MWp para 2022, de las cuales 100MW entrarían en el contexto de EEG 2021 de invitaciones de licitación especiales (11). Las convocatorias para proyectos de innovación incluyen instalaciones AgroFV en terrenos arables y dedicados a la horticultura (ej. cultivos permanentes y perennes), solar flotante y en aparcamientos (2,8). Estas convocatorias ocurren en abril y agosto, respectivamente. Para asegurar la competitividad de estos proyectos, Alemania introdujo una salvaguardia en caso de que la convocatoria no adjudique la oferta prevista: “solo el 80% de las ofertas más bajas en términos de

capacidad serán adjudicadas”. Además, no se paga ninguna remuneración si el precio en el mercado spot es negativo.

En octubre 2021, la Agencia Federal de Redes alemana, a través de una regulación estableció que los sistemas AgroFV deben cumplir los criterios y características establecidas en la DIN SPEC 91434 (8). Aquí, los operadores de un sistema AgroFV no pueden utilizar la electricidad, sino deben suministrarla a un tercero o verterla a la red (8).

En abril 2022, como parte de una convocatoria de innovación de hasta 403MW, se adjudicaron solo 21MW de AgroFV (igual a la potencia total ofer-

tada), lo que puso de relieve la baja demanda de este tipo de proyectos (12). Las ofertas en la ronda oscilaron entre 0,039 EUR y 0,074 EUR/kWh. El precio medio ponderado por volumen se situó en 0,054 EUR/kWh (13).

Según la EEG, las licitaciones ganadoras de la subasta de innovación reciben una prima fija del mercado, de máximo 0.0743 EUR/kWh, además de los precios del mercado mayorista de electricidad (8). En la última licitación, esa prima fue de 0,0542 EUR/MWh (0,057 USD/MWh) de media, frente a los 0,0455 EUR/MWh de la licitación de innovación anterior (12).

3.1.2. Italia

El Plan Nacional de Recuperación y Resiliencia italiano (PNRR) (14) prevé una contribución de 3,5GW de capacidad de renovables a través de la AgroFV, comunidades energéticas y capacidad offshore. De este total, 2GW serían cubiertos con AgroFV conforme la “Misión 2: Revolución Verde y Transición Ecológica”(14). Esta nueva potencia instalada comprometería una inversión de 1,1 MEUR (15). En esta misma línea, Italia ha publicado la “Guía en materia de implementación agrovoltáica” (16), la misma que establece las características y criterios mínimos que debería cumplir un proyecto de este tipo para ser re-

conocido como agrovoltáica, diferenciándolos por dos tipos de sistemas: AgroFV y AgroFV avanzado, siendo éste último el que puede acceder a incentivos y ayudas por el PNRR italiano. Para Italia, la AgroFV debe garantizar que el 70% del área del proyecto está destinada a la actividad agrícola.

Según el Ley No. 77/2021, en su Art. 31, define a la agrovoltáica y establece una categoría diferenciadora de las instalaciones convencionales, evitando que ésta se vea afectada por la aplicación del Art. 65 del Decreto Ley No. 1/2012. que excluye las instalaciones FVs sobre suelo agrícola (17,18).

El Art. 31 en referencia establece (17):

- La exclusión de las plantas sobre el suelo de los incentivos estatales no se aplica a las plantas agrovoltáicas que adoptan soluciones innovadoras para la

instalación de sistemas FVs sobre suelo que no ponen en peligro la continuidad de las actividades agrícolas y ganaderas; y,

- El acceso a los incentivos por parte de las instalaciones agrovoltaicas está además condicionado a la implementación simultánea de sistemas de monitoreo diseñados para evaluar el impacto en los cultivos, el ahorro de agua, la productividad agrícola para diferentes cultivos y ganado y la continuidad de la actividad de las fincas en cuestión.

Subsecuentemente, el Decreto Legislativo No. 199/ 2021, a través de su Art. 13, define a la agrovoltaica como *la implementación híbrida de plantas de producción agrícola y eléctrica que no afecta el uso del suelo dedicado a la agricultura*. El PNRR contempla la inversión para el

desarrollo de plantas agrovoltaicas que contribuirán a la sostenibilidad ambiental y a mejorar la competitividad del sector agrícola mediante la reducción de los costes de energía, los cuales son de alrededor un 20% de los costes variables.

Los proyectos que cumplen con los requerimientos del MITE (Ministerio de Transición Ecológica) reciben:

- Una subvención directa de capital de un máximo del 40% de todos los costes subvencionables; y,
- Una tarifa de incentivo sobre la producción de electricidad neta vertida a la red.
- La inversión máxima subvencionable asciende a 1.500 €/kWp para cubrir lo siguiente:
 - Implementación de sistemas agrovoltaicos avanzados, suministro e instalación de equipos de sistemas de almacenamiento para el sistema de monitoreo;
 - Conexión a la red eléctrica nacional, obras estructurales, compra, transporte e instalación de maquinaria, equipos e instalaciones de hardware y software; y
 - Estudios de factibilidad, diseño, investigaciones geológicas y geotécnicas, dirección de obra, seguridad y apoyo técnico-administrativo.

Adicionalmente, la Agencia Nacional de Tecnologías, Energía y Desarrollo Económico Sostenible (ENEA) ha creado la Red Nacional de Agrovoltaica Sostenible, mientras el Comité Electromecánico Italiano ha creado un grupo de trabajo en esta área (19).

3.1.3. Francia

La Agencia para la Transición Ecológica (ADEME) ha liderado la definición de una guía enfocada a la “Caracterización de proyectos en suelo agrícola y agri-voltaismo” (20) publicada en 2021 y la Comisión Regulatoria de Energía es responsable de los procesos de licitación en esta área.

Este país inició un proceso de subastas para apoyo a proyectos AgroFV desde 2017. A la fecha se han lanzado tres convocatorias para proyectos de innovación. En la primera convocatoria de 57MWp se adjudicaron solo 15MWp

de AgroFV. La mayoría de esta capacidad se destinó a invernaderos y solo el 11% correspondió a plantas sobre suelo (2). La segunda convocatoria adjudicó 40MW en total, con un precio medio de 0,0828 EUR/kWh de entre un grupo de 39 proyectos que incluyen otras soluciones aparte de AgroFV (21). La tercera convocatoria involucró mayor capacidad instalada, 146,2MWp, de los cuales 80MWp fueron de AgroFV con 31 proyectos. Muchos de estos proyectos están ubicados en el sureste de Francia, en particular, en la región de Occitanie (22).

En los últimos meses, el país ha tenido varios cambios con base al reciente “Proyecto de Ley para la Aceleración de Energías Renovables” (23). Este documento en su artículo 54 establece:

- La introducción de la definición de agrovoltaismo en el código de energía. La instalación: (i) debe hacer posible “crear, mantener e impulsar la sostenibilidad de la producción agropecuaria”; (ii) ofrecer beneficios directos sobre el terreno agrícola al menos uno de cuatro servicios (mejora del potencial agronómico, adaptación al cambio climático, protección contra climas extremos, mejora del bienestar animal); (iii) debe garantizar un beneficio al agricultor/ganadero desde una mejora significativa en la actividad agropecuaria y mejora en sus ingresos.
- No se puede considerar agrovoltaismo a una instalación que: (i) afecte sustancialmente a uno o afecte de forma limitada a dos de los servicios anteriormente citados; (ii) presente al menos uno de las siguientes características: a. que la actividad agrícola no se mantenga como la actividad prioritaria; b. que la instalación AgroFV no sea reversible.

Adicionalmente, un Decreto tiene que ser adoptado para determinar los términos de la aplicación de este artículo, en cuanto a:

- Los servicios mencionados,
- La metodología para evaluar la producción agropecuaria y qué ingresos sostenibles resultan de una actividad dual,
- Las condiciones de la implementación y supervisión de un sistema AgroFV,
- Los procedimientos de control y monitoreo de las instalaciones como de las pe-

nalidades en caso de que los requerimientos se incumplan.

Otra definición de agrovoltaje ha sido introducida en el Código Urbano de Planificación, donde se distingue el agrovoltaje entre instalaciones necesarias para la actividad agropecuaria y otras instalaciones compatibles con el ejercicio de la actividad agropecuaria.

- Instalaciones necesarias para la actividad agropecuaria: La instalación de invernaderos, cobertizos y sombras para el uso agropecuario que se basen en instalaciones de módulos fotovoltaicos deben corresponderse a una necesidad vinculada al ejercicio efectivo de una actividad agrícola, ganadera o forestal significativa.
- Instalaciones compatibles con el ejercicio de una actividad agrícola: Cada Departamento debe adoptar un *decreto prefectural* para establecer un “documento marco” que debe definir las áreas agrícolas y forestales que podrían ser compatibles con un proyecto solar y especificar las condiciones para adecuar estas superficies a la introducción de la tecnología fotovoltaica. Las superficies que pueden identificarse en estos documentos marco sólo pueden ser “suelos baldíos” o “sin explotar” por un período mínimo que se definirá por el decreto.

Respecto de la financiación, hasta finales de 2022, los proyectos agrovoltaje debían aplicar a las convocatorias de innovación para instalaciones entre solo 100kWp a máximo 3MWp (24).

En los últimos meses se han modificado los pliegos de condiciones, y ahora los proyectos ubicados en una parcela que constituya un barbecho agrícola de más de 5 años o que acoja una actividad ganadera podrán presentarse a través del “convocatorias para licitaciones de proyectos fotovoltaicos sobre suelo” (instalaciones de más de 500 kWp) (25), y los proyectos de sombra agrovoltaje (para instalaciones superiores a 500 kWp) pueden postularse a través de la “licitación de edificios”(26).

3.2. Definiciones y caracterización

Alemania define a la agrovoltáica (8) como un **uso combinado del suelo entre la producción agrícola y la generación de electricidad con FV**. Categoriza los sistemas en dos tipos, uno primero en altura sobre el cultivo y uno segundo donde el cultivo está entre las filas de la instalación FV. Así también, dentro de las categorías define ejemplos de cultivos, una pérdida de superficie máxima que debe estar entre 10% - 15% y una altura mínima de elevación (2,10 m), además de otros factores relacionados con la homogeneidad de la luz, rentabilidad, eficiencia en el uso del suelo, etc. Para la implementación de la AgroFV por cualquier categoría, inclusive combinada, se deberán seguir cumpliendo los requisitos del acuerdo de uso agrícola según la DIN SPEC 91434 (8).

Italia diferencia dos tipos de sistemas en AgroFV (16,19,27) (sistema AgroFV y sistemas AgroFV avanzados), los mismos que independientemente del tipo deben garantizar la continuidad de la actividad agrícola y ganadera. **Un sistema AgroFV debe garantizar un mínimo de interacción entre la generación de electricidad y actividad agrícola, mientras los avanzados deben demostrar la integración de ambas actividades y la innovación**. El sistema AgroFV avanzado puede ser elegible para recepción de incentivos o de ayudas a través del PNRR según una serie de requisitos claramente establecidos, relacionados con el diseño y construcción, operación, innovación y monitoreo.

Francia **establece que un sistema puede ser AgroFV cuando los módulos están localizados en la misma área que ocurre la actividad agrícola, manteniendo o sin impactar significativamente la degradación de la actividad agrícola** (20). Por un lado, este país establece tres criterios para este tipo de proyectos: (i) servicios generados para la producción agrícola; (ii) incidencia en el rendimiento: e, (iii) incidencia en los ingresos de la agricultura. Así mismo, dentro de cada criterio se definen varias categorías. Por otro lado, establece niveles de sinergia de la agricultura con el agrovoltalismo: (i) servicios generados de la FV; (ii) sinergia con los servicios generados de la FV y con la economía agrícola; y, (iii) el mismo punto anterior, añadiendo sinergia con los aspectos agronómicos. Finalmente, define niveles de “interés” del agrovoltalismo para la agricultura pero que no tienen relación directa con la definición y la práctica en proyectos como tal.

A continuación, la Tabla 1 presenta a modo comparativo las definiciones en los tres países en mención; y, la Tabla 2 presenta la caracterización de la AgroFV, incluyendo categorías y criterios de cara a la definición y acceso a incentivos y ayuda.

Tabla 1: Definiciones

Descripción	Alemania	Italia	Francia
Definición	<p>Uso combinado de una misma superficie de terreno para la producción agrícola, como uso principal, y para la producción de electricidad mediante un sistema fotovoltaico, como uso secundario. El doble uso de la superficie no sólo proporciona una mayor eficiencia ecológica y económica del uso del terreno, sino que en la práctica también puede generar efectos sinérgicos positivos entre la producción agrícola y el sistema agrovoltaico. Dependiendo del diseño de la instalación, la construcción puede asumir importantes funciones de protección (por ejemplo, protección contra el granizo), así como contribuir a la recogida de agua de lluvia con los dispositivos adecuados.</p>	<p>Sistema agrovoltaico: sistema fotovoltaico que adopta soluciones para preservar la continuidad de la actividad agrícola y ganadera, en el sitio de la instalación. Éstos deben garantizar al menos un mínimo de integración entre la producción de energía y actividad agrícola.</p>	<p>Un sistema FV puede ser considerado agrovoltaico cuando los módulos solares están localizados en la misma área que ocurre la actividad agrícola, manteniendo o sin generar un impacto significativo en la degradación de la actividad agrícola (de forma cualitativa y cuantitativa), sin generar pérdida de ingresos agrícolas y cuando generan los siguientes beneficios sobre producción agrícola: (i) adaptación al cambio climático; (ii) protección contra amenazas climáticas; (iii) bienestar animal; (iv) servicios agronómicos específicos, limitando el estrés abiótico, etc.</p>
		<p>Sistema agrovoltaico avanzado: sistema fotovoltaico que adopta soluciones para preservar la continuidad de la actividad agrícola y ganadera, en el sitio de la instalación y además: (i) adopta soluciones integradoras e innovadoras en el montaje de los módulos fotovoltaicos a una altura sobre el suelo, previendo también su rotación (con trackers), de forma que no comprometa la continuidad de las actividades de cultivo agrícola y pastoril, y posiblemente también permitiendo la aplicación de herramientas agrícolas digitales y de precisión; y, (ii) prevé la implantación simultánea de sistemas de monitoreo para verificar el impacto de la instalación fotovoltaica sobre los cultivos, el ahorro de agua, la productividad agrícola, la continuidad de las actividades agrícolas implicadas, la recuperación de la fertilidad del suelo, el microclima, y resiliencia al cambio climático.</p>	

Tabla 2: Caracterización: AgroFV Alemania

Alemania: Agrovoltaica					
CATEGORÍA 1	CATEGORÍAS DE USO	EJEMPLOS	PÉRDIDA DE SUPERFICIE MÁXIMA	ALTURA DE ELEVACIÓN (M)	OTROS FACTORES A CONSIDERAR EN AMBAS CATEGORÍA
SOPORTE ELEVADO CON ALTURA LIBRE: EXPLOTACIÓN BAJO LA INSTALACIÓN AGROVOLTAICA	1A: Cultivos permanentes y plurianuales	Fruticultura, cultivo de frutos rojos, viticultura, lúpulo	<10%	2,10	a) Capacidad a ser trabajada: garantizar toda la superficie que pueda ser aprovechada por la actividad agrícola
	1B: Cultivos anuales y de más de un año	Cultivos herbáceos, cultivos hortícolas, prados temporales, forrajes herbáceos			b) Disponibilidad y homogeneidad de la luz: La intensidad de la luz, el sombreado y la homogeneidad de la luz, así como los efectos de borde deben comprobarse y adaptarse a las necesidades respectivas de los productos agrícolas
	1C: Pastos permanentes con corte	Pastos de explotación intensiva, pastos de uso extensivo			c) Disponibilidad del agua: agua lluvia aprovechable para la agricultura. Sistemas de seguimiento: riego técnico; evaluación relacionada con la instalación y el cultivo
	1D: Pastos permanentes con pastoreo	Pastos permanentes, pastos divididos (ej. vacunos, aves de corral, ovejas, cerdos y cabras)			d) Construcción y desmantelamiento sin residuos

Alemania: Agrovoltaica					
CATEGORÍA 2	CATEGORÍAS DE USO	EJEMPLOS	PÉRDIDA DE SUPERFICIE MÁXIMA	ALTURA DE ELEVACIÓN (M)	
SOPORTE ELEVADO CERCA DEL NIVEL DEL SUELO:EXPLOTACIÓN ENTRE FILAS DE LA INSTALACIÓN FV	2A: Cultivos permanentes y plurianuales	Fruticultura, cultivo de frutos rojos, viticultura, lúpulo	<15%	N/A*	e) Rentabilidad económica
	2B: Cultivos anuales y de más de un año	Cultivos herbáceos, cultivos hortícolas, prados temporales, forrajes herbáceos			f) Eficiencia en el uso del suelo: mínimo el 66% el rendimiento de referencia (pérdida de la superficie fértil)
	2C: Pastos permanentes con corte	Pastos de explotación intensiva, pastos de uso extensivo			g) Determinación del rendimiento de referencia: g.1. Promedio de los últimos 3 años para cultivos permanente; g.2. Promedio de 3 ciclos de rotación para cultivos de rotación; g.3. Si no se ha sembrado cultivo, promedio con datos bibliográficos
	2D: Pastos permanentes con pastoreo	Pastos permanentes, pastos divididos (por ejemplo, vacuno, aves de corral, ovejas, cerdos y cabras)			h) Reducción máxima del rendimiento de un tercio del rendimiento de referencia. Se puede calcular a partir de la pérdida de superficie por estructuras, sombreado, distribución desigual del agua, alteración del microclima, etc.

* No aplica

En cuanto a la coexistencia de la actividad agrícola con los sistemas fotovoltaicos, algunos estudios realizados en Alemania han reportado una evaluación inicial del comportamiento de diferentes cultivos sometidos a la reducción de la radiación lumínica, distinguiéndolos entre: “**Cultivos inadecuados**”, plantas con un alto requisito de luz, para los cuales incluso las densidades de cobertura modestas conducen a una fuerte reducción en el rendimiento, ej. trigo, espelta, maíz, frutales, girasoles, etc.; “**Cultivos adecuados**”, para los cuales la sombra

moderada casi no tiene efecto sobre los rendimientos (centeno, cebada, avena, col, canola, guisantes, espárragos, zanahoria, rábano, puerro, apio, hinojo, tabaco); “**Cultivos medianamente adecuados**”, ej. cebollas, judías, pepinos, calabacines; “**Cultivos muy adecuados**”, es decir, cultivos para los que la sombra tiene un efecto positivo en los rendimientos, ej. patata, lúpulo, espinacas, lechuga, habas (2). La clasificación está condicionada por la zona climática, aspectos agronómicos, entre otros factores, por tanto, no puede ser generalizada.

Tabla 3: Caracterización: AgroFV Italia

Italia: Agrovoltaica					
REQUISITOS	DEFINICIÓN	AMPLIACIÓN DE LA DESCRIPCIÓN	SISTEMA AGROFV	SISTEMA AGROFV AVANZADO Elegible para incentivos estatales	SISTEMA AGROFV AVANZADO Elegible para subvenciones plan nacional de recuperación y resiliencia
Requisito A: El sistema está diseñado y construido de manera que adopte una configuración espacial y opciones tecnológicas apropiadas, que permitan la integración entre la actividad agrícola y la producción de electricidad y mejoren el potencial de producción de ambos subsistemas	Requisito A1: Superficie mínima para la actividad agrícola	Un parámetro fundamental a efectos de la calificación de un sistema agrovoltaico, al que también se refiere el Decreto-Ley 77/2021, es la continuidad de la actividad agraria, dado que la ley limita las instalaciones a terrenos agrícolas. Esta condición se produce cuando la superficie objeto de intervención se destina, durante toda la vida útil del sistema agrovoltaico, a cultivos agrícolas, floricultura o pastoreo de ganado, en un porcentaje que la hace significativa respecto al concepto de "continuidad" de la actividad. Por tanto, se debe asegurar en las parcelas objeto de intervención, al menos un 70% de ésta se destine a la actividad agrícola, en cumplimiento de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)	X	X	X
	Requisito A2: Porcentaje total de la superficie cubierta por los módulos	El límite máximo establecido es del 40%. No aplica un análisis por densidad de potencia (MW/ha). La guía incluye una tabla resumen como referencia de los parámetros de ocupación del suelo con diferentes tipos de instalaciones FVs.	X	X	X
Requisito B: El sistema agrovoltaico opera durante su vida útil de tal forma que, garantiza la producción sinérgica de electricidad y productos agrícolas	Requisito B1: Verificación de la continuidad de la actividad agrícola y pastoril en el terreno	i) Se evalúa considerando la productividad esperada en el área en cuestión en el periodo de operación de la planta (EUR/ha), la cual es comparada con la productividad registrada en periodos previos a la instalación. ii) Contempla el mantenimiento de la actividad agrícola inicial. Por ejemplo, se busca evitar una reconversión de la actividad, de una actividad intensiva a una mucho más extensiva o al abandono de ésta.	X	X	X
	Requisito B2: Verificación de la producción eléctrica de la planta AgroFV en comparación con una planta estándar	La producción eléctrica de un sistema AgroFV no puede ser menor al 60% de un sistema FV convencional de las mismas características. $F_{AgroFV} \geq 0,6$ FV estándar	X	X	X

Italia: Agrovoltaica

REQUISITOS	DEFINICIÓN	AMPLIACIÓN DE LA DESCRIPCIÓN	SISTEMA AGROFV	SISTEMA AGROFV AVANZADO Elegible para incentivos estatales	SISTEMA AGROFV AVANZADO Elegible para subvenciones plan nacional de recuperación y resiliencia
Requisito C: El sistema AgroFV adopta soluciones innovadoras integradas en módulos elevados sobre suelo	Tipo 1	La altura mínima a la que se instalan los módulos permite la continuidad de la actividad agrícola o de pastoreo, inclusive debajo de los módulos. En este sentido, la superficie ocupada por los cultivos y por el sistema agrovoltaico coinciden, salvo los elementos constructivos del sistema que descansan sobre el suelo e inhiben la actividad en zonas circunscritas del suelo.*	X	X	X
	Tipo 2	La instalación no está diseñada para permitir la realización de actividades agrícolas por debajo de los módulos fotovoltaicos. No existe actividad sinérgica con el cultivo. Instalación entre filas. No implica integración generación eléctrica y cultivo, solo un uso combinado del terreno	X		
	Tipo 3	Los módulos fotovoltaicos se ubican en posición vertical. La altura a la que se ubican los módulos no afecta de forma significativa al cultivo, pero si puede afectar el grado de concesión de la zona (ej. paso de animales). La integración entre cultivo y sistema AgroFV puede establecerse como una medida contra vientos.*	X	X	X
* Altura mínima: 1,3 m para actividad pastoril; 2,10 m para actividad agrícola. Son los únicos sistemas que cumplen con los criterios de solución agroFV avanzada					
Requisito D: Sistema de monitoreo	D1: Monitoreo del ahorro del agua	Se puede evaluar el requerimiento de riego para la actividad agrícola a través de equipamientos que apoyen el (i) autoabastecimiento, (ii) irrigación, (iii) sistemas tipo mixto		X	X
	D2: Monitoreo de la continuidad de la actividad agrícola	La continuidad de la actividad agrícola, es decir: el impacto en los cultivos, la productividad agrícola para los diferentes tipos de cultivos o ganadería y la continuidad de las actividades de las fincas involucradas		X	X
Requisito E	E1: Monitoreo de la recuperación de la fertilidad del suelo	Se monitorea una vez declarado que la solución AgroFV plantea alternativa de recuperación de la fertilidad del suelo			X
	E2: Microclima	A través de sensores de temperatura, humedad, velocidad del aire, radiación, comparando área influenciada por los paneles y no.			X
	E3: Resiliencia al cambio climático	(i) En la fase de diseño: estudio sobre los riesgos climáticos; (ii) en la fase de seguimiento: información de impacto sobre la solución aprobada, a través de documentación, fotografías, etc.			X

Tabla 4: Caracterización: AgroFV Francia

Francia: Agrovoltalismo										
Criterios	Categorías	Descripción	Selección de criterios para ser definido como agrovoltalismo	Niveles de sinergia con la agricultura Agrovoltalismo			De interés para la agricultura pero no definido como agrovoltalismo			
				Nivel 1 -servicios generados por la FV	Nivel 2 - Servicios generados por la FV y económica	Nivel 3 Servicios generados por la FV, agrónomica y económica	Nivel 1 -provisión de servicios en la agricultura	Nivel 2 - provisión de servicios en la agricultura y mejora en los ingresos agrícolas	Nivel 3 provisión de servicios y la mejora de los ingresos y producción agrícola	
CRITERIO 1										
SERVICIOS GENERADOS PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	Categoría 1: Servicios directos a nivel de parcela	Adaptación al cambio climático, protección contra condiciones climáticas extremas, mejora del bienestar animal o aspectos agronómicos específicos	X	X	X	X				
	Categoría 2: Servicios indirectos a nivel de parcela	Acceso a equipo técnico debido a la implementación del proyecto FV. Por equipamiento técnico se entiende los equipos utilizados tradicionalmente en el sector agrícola y que pueden desplegarse en una explotación sin necesidad de añadir módulos fotovoltaicos: invernaderos, graneros, establos, etc.					X	X	X	
	Categoría 3: Otros servicios para la agricultura pero alejado de aspectos agronómicos	Seguridad sobre la propiedad de la tierra, acceso a mayores parcelas, perpetuación de la actividad agrícola								
	Categoría 4: Sin servicios	N/A*								
CRITERIO 2										
INCIDENCIA EN EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA	Este criterio evalúa el impacto de la instalación FV sobre la producción agrícola, cualitativa y cuantitativamente.	Degradación agrícola								
		Producción estable o degradación aceptable	X	X	X		X	X	X	
		Mejora en la producción agrícola	X			X				X
CRITERIO 3										
INCIDENCIA EN LOS INGRESOS DE LA AGRICULTURA	Este criterio evalúa los ingresos agrícolas antes y después de la instalación del sistema FV. Los ingresos se refieren a los ingresos del propietario de la explotación agrícola	Disminución de los ingresos operativos								
		Pérdida de los ingresos agrícolas compensados con otros ingresos								
		Mejora general en los ingresos a pesar de haber pérdida en los ingresos por la actividad agrícola					X			
		Ingresos agrícolas estables (sin pérdida)	X	X				X		
		Mejora general en los ingresos sin pérdida sobre los ingresos agrícolas	X		X	X			X	X

* No aplica

3.3. Barreras y retos de la AgroFV en el marco internacional

Con una potencia global de 14 GWp, la implementación de sistemas AgroFV presenta una serie de barreras, en cierto punto, similares entre países. La primera especialmente relacionada con la ausencia de un marco regulatorio claro que promueva la implementación de la AgroFV de forma diferenciada y ágil en comparación con plantas sobre suelo convencionales (7,8). Otras barreras señalan la falta de información sobre el impacto de la agrovoltaica en el cultivo y los ganados; la gestión del

terreno del cultivo al paso de maquinaria o a los trabajos de mantenimiento de un sistema energizado; el impacto que puede tener la actividad agrícola sobre el equipamiento fotovoltaico como módulos, por ejemplo, por uso de fertilizantes; elevados costes; aceptación social; limitaciones en el diseño y procesos de aprobación para la construcción; entre otras barreras, como contar con agricultores interesados en implementar sistemas fotovoltaicos sobre suelo agrícola (7).

Por ejemplo, en *Alemania*, la normativa no establece una hoja de ruta clara para la aprobación y posterior construcción de un sistema AgroFV. Además, el esquema de financiación provisto por la EEG 2021 no basta como herramienta para satisfacer los incentivos que estas soluciones requieren (8). Los retos incluyen:

- I. Desarrollar un plan de zonificación país, definiendo un área concreta para iniciativas AgroFV y diferenciada de otros proyectos de tipo eléctrico;
- II. Clarificar en la EEG que los proyectos AgroFV contemplan uso de suelo agrícola;
- III. Establecer un esquema de licitación basado en feed-in-tariffs para pequeños sistemas AgroFV sobre suelo (< 1MWp) que no son sujetos a licitación;
- IV. Establecer un segmento de licitación separado para grandes gastos generales sistemas agrovoltaicos (> 1MWp) que están sujetos a licitación;
- V. Permitir la implementación de sistemas AgroFV de pequeño tamaño y de sistemas en terrenos de cultivo hortícola con menos de 1MWp en línea con el Código de la Construcción Alemán para simplificar el proceso de aprobación;
- VI. Impulsar un programa de I+D AgroFV para Alemania;
- VII. Socializar la AgroFV con distintos grupos de interés para identificar aspectos no-técnicos que puedan condicionar la implementación de estos sistemas, además de identificar terrenos adecuados para su desarrollo.
- VIII. En *Francia*, entre los retos para la promoción de la AgroFV están (28):
- IX. Asegurar buenas prácticas en el sector para su aceptabilidad, para el efecto

se propone crear un observatorio de buenas prácticas, monitoreo por las autoridades locales, certificación de proyectos que cumplen con estándares de calidad;

- X. Promocionar la AgroFV a través de una regulación concreta que impulse su desarrollo;
- XI. Establecer modalidad para el control de la renta y una distribución justa de los ingresos tanto para el promotor, operador y el agricultor;
- XII. Ayudas públicas, es necesario modificar las regulaciones nacionales para que las ayudas de la PAC permitan a los agricultores continuar beneficiándose de éstas cuando desarrollan un proyecto fotovoltaico;
- XIII. Promoción de la AgroFV con las autoridades locales para impulsar el desarrollo de proyectos.

Contexto

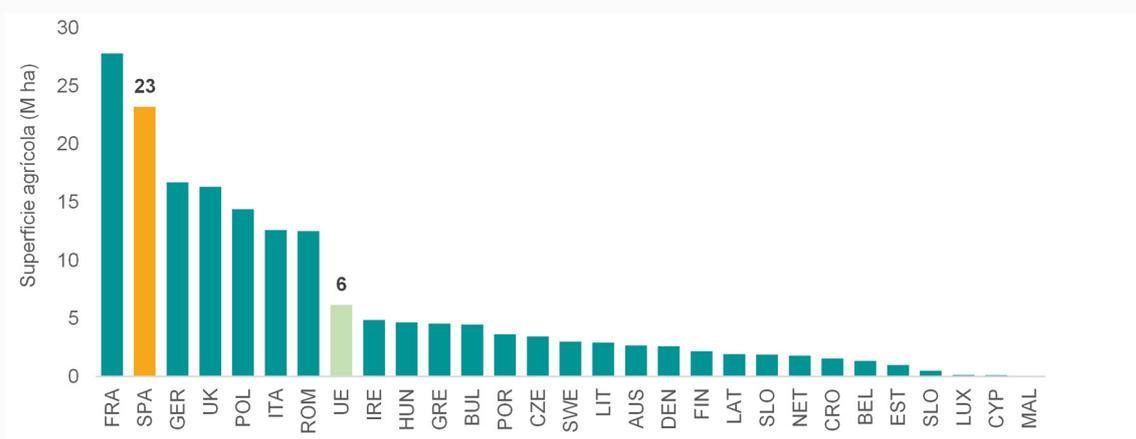
4. España

4.1. Terreno agrícola español (29)

Según el Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA), de una superficie total de 50,6 millones de hectáreas, España cuenta **con 23,8 millones de hectáreas (Mha) disponibles para agricultura y ganadería** repartidas entre 16,7 Mha de terrenos de cultivo y 7,1 Mha de terrenos de pasto. Completando el desglose de la superficie se tienen 20 Mha de superficie forestal, 4,3 Mha de terreno urbano y usos artificiales y 2,4 Mha de terreno clasificado como erial (30).

En la comparativa con el resto de países de la Unión Europea (UE) se puede ver que **España es el segundo país de la UE con más superficie agrícola en términos absolutos**, según Eurostat. Esta cifra incluye terrenos destinados a cultivos y terrenos destinados a pasto.

Figura 2. Superficie agrícola (Mha) por país en la UE. Fuente: Eurostat. Elaboración UNEF (29)



Además del análisis en términos absolutos, **España cuenta con un alto porcentaje de superficie agrícola respecto a su superficie total, 46,8%** según Eurostat. Respecto al resto de países de la UE, se sitúa por encima de la media y en el en-

torno de otros países de similar tamaño. De hecho, se observa que en los países con mayor superficie total los porcentajes de superficie agrícola son similares al dato español.

Figura 3. Porcentaje de superficie agrícola (%) por país en la UE. Fuente: Eurostat (29)



De forma adicional al análisis para el conjunto de España, cabe preguntarse también cómo se reparte este terreno agrícola (cultivos y pastos) en las distintas comunidades autónomas (CCAA).

Con datos del MAPA puede observarse que, en términos absolutos, las CCAA más grandes son las que tienen mayor superficie agrícola disponible. En términos relativos, el porcentaje de superficie agrícola en las distintas CCAA es en general alto y se sitúa cercano a la media de la UE.

Figura 4. Superficie agrícola (Mha) por CCAA. Fuente: MAPA (29)

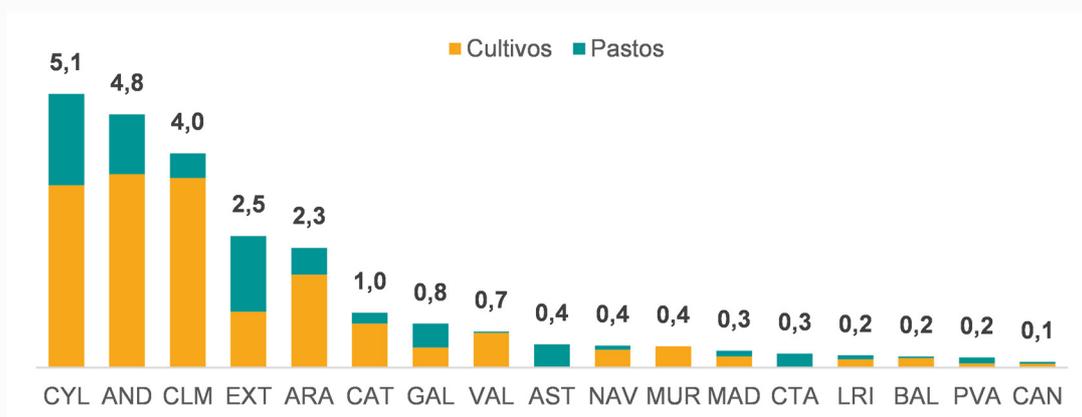
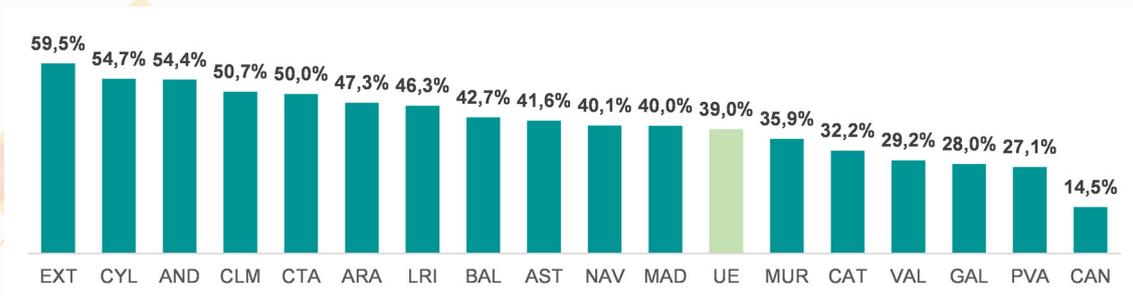


Figura 5. Porcentaje de superficie agrícola (%) por CCAA. Fuente: MAPA (29)



En definitiva, puede demostrarse que España cuenta con un gran recurso de superficie agrícola (cultivos y pasto) tanto en términos absolutos como relativos en comparación con países de su entorno de similar tamaño. Además, se observa que este recurso se distribuye por las distintas CCAA en líneas generales de forma proporcional a su tamaño con porcentajes cercanos a la media europea.

4.2. Impacto del desarrollo FV sobre la agricultura

Con base a lo anterior, la cuestión es si el desarrollo de fotovoltaica tiene unas necesidades de terreno tales que pueda disminuir de forma significativa la superficie agrícola disponible.

Para ello, debe primero cuantificarse el terreno necesario para este desarrollo. Según el PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima), se contará en España en 2030 con 39GWp de capacidad fotovoltaica frente a los 19,57GWp (REE) con cierre a febrero 2023 (31).

Así, para cumplir los objetivos del PNIEC deberán desarrollarse 19,43GWp hasta 2030 (diferencia con lo instalado a febrero 2023). La superficie necesaria para este desarrollo puede estimarse, con un uso de terreno medio de 2 ha/MW, en aproximadamente **38,86 mil hectáreas**.

De la comparación de los datos de terreno agrícola disponible en España (16,7 Mha de cultivos y 7,1 Mha de pastos) y de superficie necesaria para el desarrollo FV (38,86 mil ha) puede verse directamente que ésta última es varios órdenes de magnitud inferior.

En una hipótesis de máximos, si toda la capacidad fotovoltaica se desarrollase en terreno agrícola (cultivos y pastos), se ocuparía solo un 0,16% de este terreno. Si restringimos este análisis a cultivos la fotovoltaica ocuparía solo **un 0,23% de la superficie destinada a cultivos**.

Asimismo, puede estimarse cuál sería la reducción del porcentaje de superficie agrícola si toda la fotovoltaica se construyese en terreno agrícola (un caso máximo). En este caso, de nuevo se observa que **el impacto es reducido (-0,16 pp): del 46,8%** dado por Eurostat (Figura 2), **se pasaría a un 46,64%**.

5.

Marco normativo: Oportunidades para la Agrovoltaica

En el marco europeo y español, de cara a promover una transición energética justa que además empodere otros sectores de la economía aparte del energético, se citan de forma cronológica y desde el marco Europeo al nacional los siguientes documentos:

5.1. En el marco Europeo

I. **Reglamento (UE) 2021/2115 del Parlamento Europeo y del Consejo de 2 de diciembre de 2021**, por el que se establecen normas en relación con la ayuda a los planes estratégicos que deben elaborar los Estados miembros en el marco de la Política Agrícola Común (planes estratégicos de la PAC), financiada con cargo al Fondo Europeo Agrícola de Garantía (FEAGA) y al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER)...”, indica:

- **Artículo 5;** ... la ayuda del FEAGA y del FEADER tendrá por objeto seguir mejorando el desarrollo sostenible de la agricultura, los alimentos y las zonas rurales, ... además de contribuir a los siguientes objetivos generales:
 - a) Fomentar un sector agrícola inteligente, competitivo, resiliente y diversificado que garantice la seguridad alimentaria a largo plazo;
 - b) apoyar y reforzar la protección del medio ambiente, incluida la biodiversidad, y la acción por el clima y contribuir a alcanzar los objetivos medioambientales y climáticos de la Unión, entre ellos los compromisos contraídos en virtud del Acuerdo de París;

1 “La nueva PAC, de aplicación de 2023 a 2027, conserva los elementos esenciales de la PAC anterior, pero pasa de ser una política basada en la descripción de los requisitos que deben cumplir los beneficiarios finales de las ayudas a ser una política orientada a la consecución de resultados concretos, vinculados a tres objetivos generales: a) fomentar un sector agrícola inteligente, competitivo, resiliente y diversificado que garantice la seguridad alimentaria a largo plazo; b) apoyar y reforzar la protección del medio ambiente, incluida la biodiversidad, y la acción por el clima y contribuir a alcanzar los objetivos medioambientales y climáticos de la Unión, entre ellos los compromisos contraídos en virtud del Acuerdo de París; c) fortalecer el tejido socioeconómico de las zonas rurales”. Recuperado de: <https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/>

c) fortalecer el tejido socioeconómico de las zonas rurales.

- **Artículo 6;** que establece con los objetivos generales previamente indicados se cumplirán mediante los siguientes objetivos específicos, de los cuales se destacan:

- a) Apoyar la renta agrícola viable y la resiliencia del sector agrícola...;
- b) Mejorar la orientación al mercado y aumentar la competitividad de las explotaciones agrícolas a corto y largo plazo, también mediante una mayor atención a la investigación, la tecnología y la digitalización;...
- c) Contribuir a la adaptación al cambio climático y a su mitigación, también mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorando la captura de carbono, así como promover la energía sostenible; ...

Estos objetivos, junto con otros no citados en el presente documento, serán complementados por el objetivo transversal: "...modernizar la agricultura y las zonas rurales, fomentando y poniendo en común el conocimiento, la innovación y la digitación en las zonas agrícolas y rurales y promoviendo su adopción por los agricultores, mediante la mejora del acceso a la investigación, la innovación, el intercambio de conocimientos y la formación".

- **Artículo 7;** que indica que la consecución de los objetivos antes mencionados, deberán responder a una serie de indicadores de resultados, entre ellos el R.15: "Energía renovable y procedente de la agricultura y la silvicultura y de otras fuentes renovables: inversiones subvencionadas en capacidad de producción de energía renovable,..."; o el R16: "Inversiones relacionadas con el clima: porcentaje de explotaciones agrícolas beneficiarias de las ayudas a la inversión de la PAC que contribuyen a la adaptación al cambio climático y a su mitigación, así como a la producción de energía renovable..."

Por otro lado, este reglamento establece en su **Art. 47 e inciso iv)** hace referencia al tipo de intervenciones en sectores específicos (ej. frutas y hortalizas): "el aumento del ahorro de energía, la eficiencia energética y la utilización de energías renovables".

II. Estrategia de Energía Solar de la UE de 18 de mayo de 2022

En el marco del REPowerEU, la estrategia tiene como objetivo el desarrollo de más de 320GW de solar fotovoltaica al 2025 y cerca de 600GW a 2030, para reemplazar un consumo de gas natural de cerca de 9 mil millones de m³ a 2027. La tecnología fotovoltaica presenta una ventaja competitiva para acelerar el proceso de integración de renovables en las economías y de compartir los be-

neficios con los ciudadanos y la industria. Sin embargo, esta estrategia también señala y con base a la práctica, la expansión de esta tecnología se verá cada vez más enfrentada a retos de aceptación social y de competencias por los usos del suelo, por tanto, sugiere a los países miembros impulsar formas innovadoras en el despliegue fotovoltaico a través de un uso múltiple del suelo y concretamente establece:

“El uso múltiple del espacio puede contribuir a mitigar la escasez de tierra vinculada a la competencia por el espacio, incluida la protección del medio ambiente, la agricultura y la seguridad alimentaria.

*En particular, en determinadas condiciones, el uso agrícola de la tierra puede combinarse con la generación solar en las denominadas instalaciones **agrovoltaicas**. Ambas actividades pueden crear sinergias, en virtud de las cuales los sistemas fotovoltaicos pueden contribuir a la protección de los cultivos y a la estabilización de la producción, sin que el agrícola deje de ser el uso principal de la superficie. Los Estados miembros deben considerar la posibilidad de introducir incentivos para el*

desarrollo de la energía agrovoltaica a la hora de diseñar sus Planes Estratégicos Nacionales para la Política Agraria Común (PAC), así como sus marcos de apoyo a la energía solar (por ejemplo, mediante la integración de la energía agrovoltaica en las licitaciones de energías renovables). También cabe señalar que, en el sector agrícola, las normas sobre ayudas estatales permiten conceder ayudas a la inversión en energía sostenible”.

5.2. En el marco nacional

III. La Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética introduce que:

*La política agraria común, la de desarrollo rural y la forestal son clave para alcanzar el objetivo de neutralidad climática, por lo que la ley en su artículo 25 establece que el Gobierno incorpore medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad al cambio climático de los suelos agrícolas, de los montes y de los suelos forestales para facilitar la preservación de los mismos, entre ellas, la elaboración de un mapa de vulnerabilidad. **En el mismo artículo se incorpora la necesidad de hacer compatible la conservación del patrimonio natural con el despliegue de las energías renovables.***

Además, concretamente, en su Art. 25 sobre: Desarrollo rural: política agraria, política forestal y energías renovables, establece:

El Gobierno incorporará en la aplicación de la Política Agraria Común, así como en otras estrategias, planes y programas en materia de política agraria y de desarrollo rural y en el Plan Forestal Español: medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad al cambio climático de los suelos agrícolas, de los montes y de los suelos forestales y para facilitar la preservación de los mismos,

entre ellas, la elaboración de un mapa de vulnerabilidad, así como la evaluación y promoción de sistemas agrícolas y prácticas de gestión forestal sostenibles para aumentar su resiliencia frente al cambio climático, que fomentarán en todo caso las sinergias con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en estos ecosistemas.

El despliegue de las energías renovables debe llevarse a cabo de manera compatible con la conservación del patrimonio natural y la adecuada ordenación territorial. Para ello, perseguirá revertir parte de la riqueza que genera en el territorio donde se realice el referido despliegue para activar su economía y combatir el declive demográfico.

IV. Plan Estratégico de la PAC de España (PEPAC)², dentro de sus objetivos 4 y 8, respectivamente, indica:

Objetivo específico 4. Contribuir a la atenuación del cambio climático y a la adaptación a sus efectos, así como a la energía sostenible:

- Inciso 4.3: Reducir la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas, ganaderos y/o forestales a los impactos del cambio climático y a los eventos extremos fomentando su adaptación.

Se ha constatado la posible desaparición de determinados sistemas agrícolas y ganaderos en caso de que no se produzca una adecuada adaptación a los impactos del cambio climático tales como sequía, aridez, inundación e incendios forestales, mayor incidencia de plagas y enfermedades, motivados por el aumento de los eventos extremos.

- Inciso 4.5: Aumentar las energías renovables: Aumentar la autosuficiencia energética a través de las energías renovables, incluyendo la valorización de residuos y materiales de origen agrícola, ganadero y forestal, de conformidad con lo establecido en el Ley 22/2011³.

Existe una elevada dependencia energética de los combustibles fósiles, escasa implantación aún de las energías renovables en el sector primario y escaso aprovechamiento de los recursos agrícolas, ganaderos, residuos de las industrias agroalimentaria como energías renovables.

Sin embargo, existe una gran disponibilidad de recursos forestales y agrarios para su valorización y uso como energía alternativa a los combustibles fósiles.

² <https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/plan-estrategico-pac.aspx>

³ Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

Objetivo específico 8. promover el empleo, el crecimiento, la inclusión social y el desarrollo local en las zonas rurales, incluyendo la bioeconomía y la silvicultura sostenible

- **Inciso 8.2 - Sistemas agroalimentario y forestal sostenibles y diversificados: Potenciar la función de los sistemas agroalimentario y forestal sostenibles como elementos diversificadores de la estructura económica en las áreas rurales.**

El sector primario y la industria agroalimentaria representan aproximadamente el 5,5% del Valor Añadido Bruto del total de la economía, mientras que la importancia económica del sistema agroalimentario en su conjunto se eleva hasta el 10,6% del VAB. Estos datos ponen de manifiesto la importancia del sector agroalimentario en términos económicos.

Es por tanto necesario:

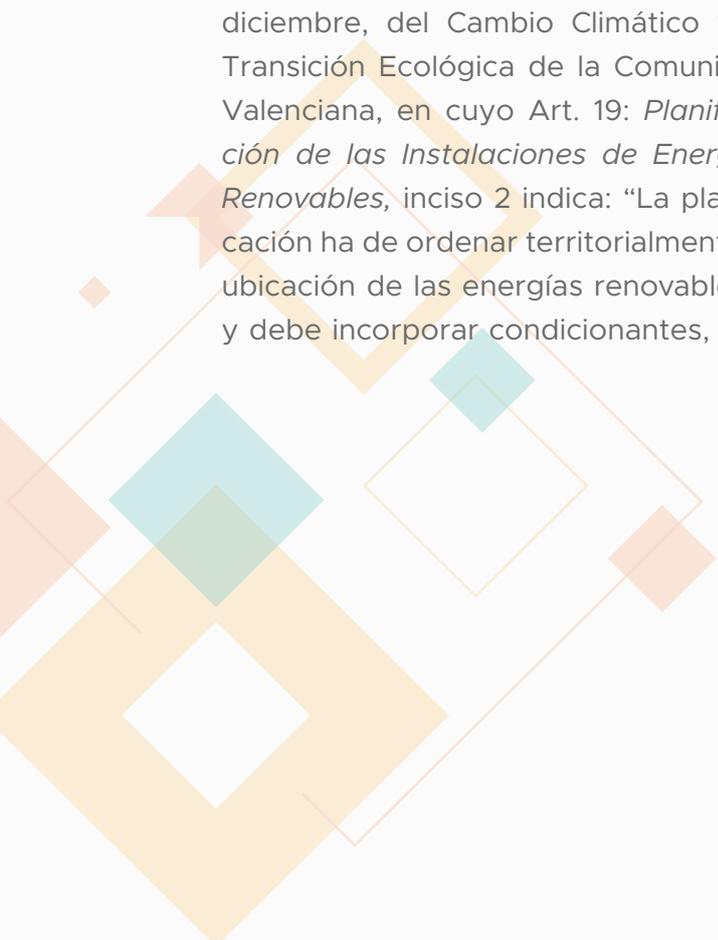
- Aprovechar el potencial de las actividades primarias e industriales del medio rural como multiplicadoras de la economía.
- Diversificar la estructura productiva hacia otros ámbitos creadores de trabajo y riqueza, especialmente en materia de nuevas tecnologías, energías renovables, eficiencia energética, bioeconomía, etc.
- Fomentar los enfoques colectivos y cooperativos como un instrumento de impulso a nuevas iniciativas de empleo y de crecimiento para potenciar, atraer y retener el talento innovador en estas zonas, ofreciendo oportunidades laborales y así fijar población en el medio rural, especialmente la población joven y las mujeres.

- Mejorar la formación, el asesoramiento, la divulgación y la transferencia de conocimiento en el ámbito de la bioeconomía entre todos los agentes implicados y desarrollar acciones innovadoras para afrontar los desafíos del sector.

Este documento ha tomado como referencia, para su desarrollo, otros programas y planes y marco normativo, por ejemplo, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, PNIEC 2021-2023.

Aunque los planes y marco regulatorio español actual, no hacen una referencia explícita a medidas como la AgroFV, como se observa, plasman una oportunidad para el establecimiento de sinergias entre la actividad agrícola y ganadera y la implementación de renovables, de cara a la Estrategia Solar de la UE. Desde UNEF se identifica claramente que esa integración tendría que enmarcarse en el concepto de la sostenibilidad y considerar la aplicación de las mejores prácticas en este ámbito, por ejemplo, el Sello de Excelencia en Sostenibilidad UNEF (32) para la implementación de sistemas fotovoltaicos.

A nivel autonómico, recientemente ha sido publicada la Ley 6/2022 de 5 de



diciembre, del Cambio Climático y la Transición Ecológica de la Comunidad Valenciana, en cuyo Art. 19: *Planificación de las Instalaciones de Energías Renovables*, inciso 2 indica: “La planificación ha de ordenar territorialmente la ubicación de las energías renovables,... y debe incorporar condicionantes, me-

didias preventivas y correctores de los posibles impactos negativos a nivel agrario, ambiental y paisajístico...”; y, su inciso 4 establece que: “se fomentará desde el Consell la implantación de instalaciones agrofotovoltaicas” (33).

6.

Algunos ejemplos de proyector AgroFV en España

A continuación, se citan algunos ejemplos de agrovoltaica implementados o a implementarse en España, los mismos que están siendo liderados por empresas asociadas UNEF. La selección de estos proyectos se debe a la disponibilidad de información.

6.1. Wine Solar (Toledo) - Iberdrola

Un sistema 40 kW en convivencia con los viñedos de González Byass y Grupo emperador, ubicados en Guadamur, Toledo.



La instalación incluye seguidores inteligentes, controlados con un algoritmo de inteligencia artificial para definición de la posición óptima de los módulos solares sobre las vides debido a la información provista por sensores, los

mismos que registran datos de radiación solar, humedad de la tierra, condiciones de viento, entre otros (34). Este resulta ser una iniciativa en el marco de la innovación y sostenibilidad impulsado por la misma empresa promotora.

6.2. Aldenhín (Granada) - Baywa

De un sistema fotovoltaico de 56MWp a ser implementado en Alhendín, Granada, el 10% corresponde a un sistema agrovoltaico para cultivo de cereales entre los paneles solares (35).



Los paneles a utilizarse son más anchos y altos de lo habitual, ubicados a una distancia que permite el paso de maquinaria. Adicionalmente, el proyecto implementará un sistema de recogida de agua para ser utilizada en riego. El proyecto tendrá lugar en el marco del primer PPA agrovoltaico en España con el Grupo Velux. El 80% de la electricidad producida por los parques será suministrado a Velux, mientras que los remanentes serán vertidos a la red (35).

6.3. Picassent, Valencia – INDEREN

El proyecto Picassent corresponde a una instalación de 1MW sobre un cultivo de viñedos que ocupa el 50% de la superficie del terreno. Este sistema es uno de los primeros construidos en España como un proyecto AgroFV (36). El proyecto contribuyó al mantenimiento y recuperación de una zona de



vertederos, además, esta iniciativa ha sido reconocida como una buena práctica ambiental dadas las medidas de integración ambientales y el impacto socio-económico en la zona (36).

6.4. Agrisol, Murcia– IASOL

El proyecto Agrisol de 10 kW (potencia estimada) se plantea como un pro-

yecto de investigación apoyado por un consorcio multidisciplinar con el objetivo de proponer nuevas metodologías y procesos y componentes para implementación de sistemas agrovoltaicos, tipo invernaderos.



El sistema FV será compatibilizado con un cultivo de pimientos, incluyendo herramientas que permitan monitorizar y evaluar su productividad. El proyecto se encuentra en fase de iniciación (37).

6.5. Totana, Murcia– ENDESA

Este es un proyecto de 85MW, operativo desde 2019 y localizado en Murcia. Este proyecto supuso una colaboración con el Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA).



El sistema FV comparte el terreno con cultivos de pimiento rojo, brócoli, alcachofa, tomillo y pitaya. Además, 8 has del terreno han sido destinadas a la creación de una isla ecológica para refugio de aves (más de 25 especies) con algunas de ellas en peligro de extinción (36,38).

7. Barreras y retos de la AgroFV

Con base a una consulta realizada⁴ a empresas socias de UNEF, se logró identificar las siguientes barreras y retos a la agrovoltaica en España, las mismas que responden a experiencias prácticas y a previsiones que derivan de la implementación de sistemas convencionales fotovoltaicos. Los resultados de esta encuesta se complementan con entrevistas individuales. Añadir que, la Dirección de Proyectos UNEF tiene previsto lanzar un cuestionario completo sobre AgroFV para caracterización de proyectos y profundizar sistemáticamente en barreras y retos.

7.1. Barreras y retos a la implementación

Barreras	Retos
Socioeconómica	
<ul style="list-style-type: none"> • Limitada aceptación social a la implementación de sistemas fotovoltaicos en suelo agrícola; • Desconocimiento de los beneficios de la AgroFV; 	<ul style="list-style-type: none"> • La adaptación de la tecnología fotovoltaica al medio rural para lograr beneficios y no afectar su productividad y competitividad; • Generar y mejorar la confianza del sector agrícola en la fotovoltaica a través de soluciones basadas en AgroFV, utilizando información contrastada y confiable sobre los beneficios de la AgroFV sobre el cultivo; • Construir espacios de encuentro entre el agricultor y el promotor de un proyecto para compartir información, capacitar y socializar los beneficios de un proyecto fotovoltaico como actividad complementaria a la agrícola; • Diseñar estrategias de difusión para: (i) informar sobre los beneficios de la fotovoltaica en el sector agrícola; (ii) sensibilizar el sector agrícola y fotovoltaico sobre la convivencia de ambas actividades en un mismo terreno; • No afectar el nivel de ingresos de la actividad agrícola por impacto en el rendimiento del cultivo; • Lograr la disposición del sector agrícola a iniciativas sostenibles de integración de la fotovoltaica en la actividad agrícolas.

4 Un primer formulario sobre AgroFV fue circulado con las empresas socias de UNEF en marzo 2022.

Barreras	Retos
Información	
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de conocimiento simultáneo entre fotovoltaica y agricultura; • Ausencia de una guía de buenas prácticas de AgroFV que incluya aspectos de adaptación de la solución fotovoltaica a una categoría de cultivos; • Ausencia de estudios agrícolas en cuanto a cultivos que podrían beneficiarse de la sombra generada por una instalación fotovoltaica; • Ausencia de datos contrastados y confiables sobre la productividad agrícola y del impacto que puede recibir según el tipo de instalación fotovoltaica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promotores fotovoltaicos con conocimientos complementarios en el área agrícola y agropecuaria; • Desarrollo de un documento de caracterización de proyectos y una guía de AgroFV; • Identificación y categorización de cultivos aptos para AgroFV según zona; • Contar con proyectos demostrativos en diferentes climas, cultivos, orografías, etc., que demuestren la viabilidad de las soluciones desde el punto de vista de la innovación e impacto positivo en el cultivo y actividad agrícola.
Regulatoria	
<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de un marco regulatorio que fomente la compatibilidad de ambas actividades sobre un mismo terreno y que evite penalizar a la fotovoltaica; • Ausencia de una definición y caracterización de la AgroFV para evitar oportunismos y seudo agricultura. Esto incide en la definición de un alcance claro de la AgroFV, conforme a la situación y experiencias a nivel país y de una categorización de proyectos, complementado con un análisis de experiencias internacionales; • Ausencia de una normativa que parametrize a una instalación AgroFV; • Falta de reconocimiento de la AgroFV para la tramitación, diferenciando su implementación de los sistemas fotovoltaicos convencionales; • Recategorización del uso del suelo sin tener en cuenta soluciones en AgroFV y sus beneficios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impulsar un trabajo coordinado entre el MITECO y el Ministerio de Agricultura; • Propuesta de un marco regulatorio que sirva de catalizador para la integración fotovoltaica con la actividad agrícola, junto con una definición y alcances de detalle; • Establecimiento de un objetivo (MWs) en instalaciones AgroFV; • Agilidad en la tramitación bajo la naturaleza de proyecto AgroFV; • Compaginar usos de suelo respecto de la actividad agrícola con la actividad fotovoltaica sobre un mismo terreno en el marco normativo; • Desarrollar una categorización de cultivos en función de la zona geográfica y climática para proyectos AgroFV e integrarlo en un marco normativo; • Identificación de la compatibilidad del aprovechamiento de recursos renovables de energía con la PAC, a fin de evitar pérdida de ayudas públicas a la actividad agrícola; • Considerar a la AgroFV en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA); • Fomentar la economía circular y generar un sistema de compensación a la huella de carbono.

Barreras	Retos
Técnicas	
<ul style="list-style-type: none"> • Sombreado sobre los cultivos que podría afectar su rendimiento; • Falta de herramientas de modelamiento de un sistema AgroFV, que incluya de información de entrada agronómica y datos similares a los usados por herramientas convencionales como PVSyst o SAM (ej. pérdidas por suciedad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño efectivo de instalaciones adaptadas a cultivos, considerando limitaciones en cuando a accesos y distanciamiento entre filas; • Hacer compatible la actividad agrícola con los trabajos de operación y mantenimiento de un sistema energizado; • Propuesta tecnológica que mitigue el incremento de la inversión y que se adapten, por ejemplo, a instalaciones en altura como frutales; • Evaluar el rendimiento de los cultivos con una instalación fotovoltaica integrada en un mismo terreno; • No afectar el rendimiento de los cultivos, generando beneficios medibles; • Fomento a la I+D+i, apoyado a través de un esquema de ayudas públicas; • Integración de sistemas de seguimiento y de almacenamiento a la AgroFV para una gestión óptima de la luz y de la energía, respectivamente.
Financiación	
<ul style="list-style-type: none"> • Alto CAPEX que limita la rentabilidad de los proyectos al requerir de adaptaciones de equipamiento e infraestructuras (ej. estructura elevada, doble seguimiento, software, módulos semitransparentes si aplica); • Aparentemente y tomando como referencia la DIN SPEC alemana, serían las instalaciones de Categoría 2 que podrían competir con plantas convencionales sobre suelo a nivel de CAPEX. Sin embargo, esto debería contrastarse con la práctica a nivel nacional; • LECOE elevado dado que la ratio de rendimiento por uso del suelo se reduce si se favorece a la agricultura; • Ausencia de ayudas públicas específicas para la promoción de la AgroFV. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el CAPEX de una instalación AgroFV respecto de las instalaciones convencionales; • Reducir el sobre coste de las instalaciones con apoyo de subvenciones o incentivos públicos; • Generación de un sistema de incentivos y ayudas públicas a la AgroFV que incorpore aspectos de investigación y apoyo a la I+D+i; • Propuesta de nuevos modelos de negocio y mecanismos de financiación para la AgroFV (ej. subastas); • Compatibilidad de ayudas de la PAC con proyectos AgroFV, ya que es importante definir sinergias entre la regulación agraria y la generación fotovoltaica; • Negociación de contratos con el sector agrícola.

7.2. Retos en la investigación

Sobre retos en la investigación que complementan los aspectos antes señalados:

a) Estudios de impacto de la AgroFV sobre:

- La gestión del **uso del suelo**
- Impacto de la **sombra en aspectos agronómicos**
- **Alteraciones microclimáticas** y su efecto sobre los cultivos
- **Rendimiento** de producción de los cultivos.

Por ejemplo, “el sombreado excesivo de las plantas puede generar efectos negativos en la eficiencia fotosintética y, por ende, en la producción, o incluso las distancias espaciales reducidas entre los módulos y entre los módulos y el suelo pueden interferir con el uso de herramientas y medios mecánicos generalmente utilizados en la agricultura. Esto significa que una solución que favorezca solo a uno de los dos componentes, fotovoltaico o agricultura, puede tener efectos negativos en el otro.

Por lo tanto, es importante establecer parámetros y definir requisitos destinados a lograr un rendimiento optimizado en todo el sistema, considerando tanto la energía como las dimensiones agronómicas” (16)

- b) Dimensionamiento y optimización de sistemas AFV que integre variables medioambientales (pocos sistemas de modelamiento y no integrados);
- c) Definir y caracterizar la AgroFV;
- d) Generar un **esquema de ayudas** para proyectos de investigación en agrovoltaica;
- e) Promover alianzas multi-actor para proyectos más efectivos: **la academia, la empresa y el sector agrícola** para proyectos más efectivos.

8.

Definiciones de agrovoltaica y propuesta UNEF para España

Esta sección presenta y propone una primera definición de Agrovoltaica para España, alineando al concepto a las políticas UNEF de cara a la promoción de las mejores prácticas en implementación de plantas fotovoltaicas y tomando como referencia al Sello de Excelencia en Sostenibilidad UNEF, referencias internacionales y aspectos claves ligados a la agricultura para mantener la coherencia entre los dos sectores.

8.1. Definiciones agrovoltaica

Como se ha indicado anteriormente, la **Agrofotovoltaica** (1981) se define como un *medio de modificar las plantas de energía solar para permitir la producción de cultivos adicionales en la misma área*. Sin embargo, es hasta tres décadas después que se observan prácticas en este ámbito (3).

Las primeras prácticas tienen relación con el concepto de **Agrisolar**, como la *integración de la solar fotovoltaica dentro de una actividad agrícola, partiendo del concepto de agricultura sostenible* (Sustainable Agriculture Concept - SAC, por sus siglas en inglés). SAC promueve la no afectación del terreno agrícola y la viabilidad de la actividad agrícola o su continuidad si se implementa un sistema fotovoltaico en el mismo terreno. SAC busca minimizar

el impacto ambiental negativo y maximizar los beneficios ambientales (39). Bajo este esquema se han desarrollado instalaciones fotovoltaicas en cubiertas de establos, graneros, edificios agrícolas o el pastoreo de ovejas entre las instalaciones, etc.

El concepto de *Agrisolar evoluciona para combinarse con la gestión de la luz compartida entre una instalación fotovoltaica y la actividad agrícola, lo que implica una importante contribución a la I+D*, definiéndose así a la **Agrovoltaica** o solar compartida (3,39). En esta línea, se instala la fotovoltaica para sombrear cosechas, se implementan invernaderos fotovoltaicos o instalaciones sobre suelo con sistemas fotovoltaicos adaptados, etc.

Con referencia a definiciones de otros países europeos previamente citados en la Tabla 1, la AgroFV se define como:

- En **Alemania**: “Uso combinado de una misma superficie de terreno para la producción agrícola, como uso principal, y para la producción de electricidad mediante un sistema fotovoltaico, como uso secundario. El doble uso de la superficie no sólo proporciona una mayor eficiencia ecológica y económica del uso del terreno, sino que en la práctica también puede generar efectos sinérgicos positivos entre la producción agrícola y el sistema agrovoltaico”.
- En **Italia** existen dos definiciones. Sin embargo, solo los sistemas avanzados pueden acceder a incentivos y subvenciones del PNRR:
 - a) Sistema agrovoltaico**: “sistema fotovoltaico que adopta soluciones para preservar la continuidad de la actividad agrícola y ganadera, en el sitio de la instalación. Éstos deben garantizar al menos un mínimo de interacción entre la producción de energía y actividad agrícola”.
 - b) Sistema agrovoltaico avanzado**: “sistema fotovoltaico que adopta soluciones para preservar la continuidad de la actividad agrícola y ganadera, en el sitio de la instalación y además: (i) adopta soluciones integradoras e innovadoras en el montaje de los módulos fotovoltaicos a una altura sobre el suelo, previendo también su rotación, de forma que no comprometa la continuidad de las actividades de cultivo agrícola y pastoril,...; y, (ii) prevé la implantación simultánea de sistemas de monitoreo para verificar el impacto de la instalación fotovoltaica sobre los cultivos, ...”
- En **Francia**: “Un sistema FV puede ser considerado agrovoltaico cuando los módulos solares están localizados en la misma área que ocurre la actividad agrícola, manteniendo o sin generar un impacto significativo en la degradación de la actividad agrícola (de forma cualitativa y cuantitativa), pérdida de ingresos agrícolas y cuando generan los siguientes beneficios sobre producción agrícola: (i) adaptación al cambio climático; protección contra amenazas climáticas; bienestar animal; servicios agronómicos específicos, limitando el estrés abiótico, etc.”

Como se observa, Alemania se limita a una definición de uso combinado del suelo aunque prioriza la actividad agrícola, mientras Italia establece que la actividad agrícola y/o pastoril no puede verse afectada; y, Francia evalúa además el impacto de la instalación fotovoltaica de forma cualitativa y

cuantitativa y evalúa que ésta no genere un impacto negativo significativo en la actividad agrícola. Esto lo hace a través de la definición de niveles de agrovoltaismo sobre la sinergia entre ambas actividades, evaluando el impacto sobre la agricultura.

8.2. Propuesta de definición UNEF: Bioagrovoltaica

La propuesta UNEF combina los conceptos de Agrovoltaica o solar compartida (3,39), el concepto de producción ecológica (40), integrando los criterios del Sello de Excelencia en Sostenibilidad UNEF como sigue a continuación:

- **De acuerdo al Reglamento UE 2018/848 del Parlamento Europeo y del Consejo (40):**

Producción Ecológica (40,41): “La producción ecológica es un sistema general de gestión agrícola y producción de alimentos que combina las mejores prácticas en materia de medio ambiente y clima, un elevado nivel de biodiversidad, la conservación de los recursos naturales y la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y sobre producción que responden a la demanda, expresada por un creciente número de consumidores, de productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales.”

“En la producción vegetal ecológica han de emplearse técnicas de producción que eviten la contaminación del medio ambiente o la reduzcan al mínimo”...

...“Las condiciones de alojamiento y las prácticas pecuarias de la ganadería ecológica deben satisfacer las necesidades de comportamiento de los animales y deben garantizar un elevado nivel de bienestar animal, que, en determinados aspectos, debería ser superior al garantizado por las normas de bienestar animal de la UE aplicables a la producción animal en general. En la mayoría de los casos, el ganado debe tener acceso permanente a espacios de ejercicio al aire libre”.

Los principios generales de la producción ecológica se definen en el Art. 5. A continuación, se citan algunos:

- a) Respeto de los sistemas y los ciclos naturales y mantenimiento y mejora del estado del suelo, el agua y el aire, la salud de las plantas y los animales, y el equilibrio entre ellos;
- b) Conservación de elementos del paisaje natural como lugares que sean patrimonio natural;
- c) Utilización responsable de la energía y de recursos naturales tales como el agua, el suelo, las materias orgánicas y el aire;...
- d) Garantía de la integridad de la producción ecológica en cada etapa de la producción, transformación y distribución...

- **Criterios del Sello de Excelencia en Sostenibilidad UNEF:**

Con el objetivo de certificar que las plantas fotovoltaicas han sido implementadas con criterios elevados de sostenibilidad se han definido cuatro criterios en el marco del Sello de Excelencia: impacto socio-económico, gobernanza,

integración ambiental y protección de la biodiversidad y economía circular.

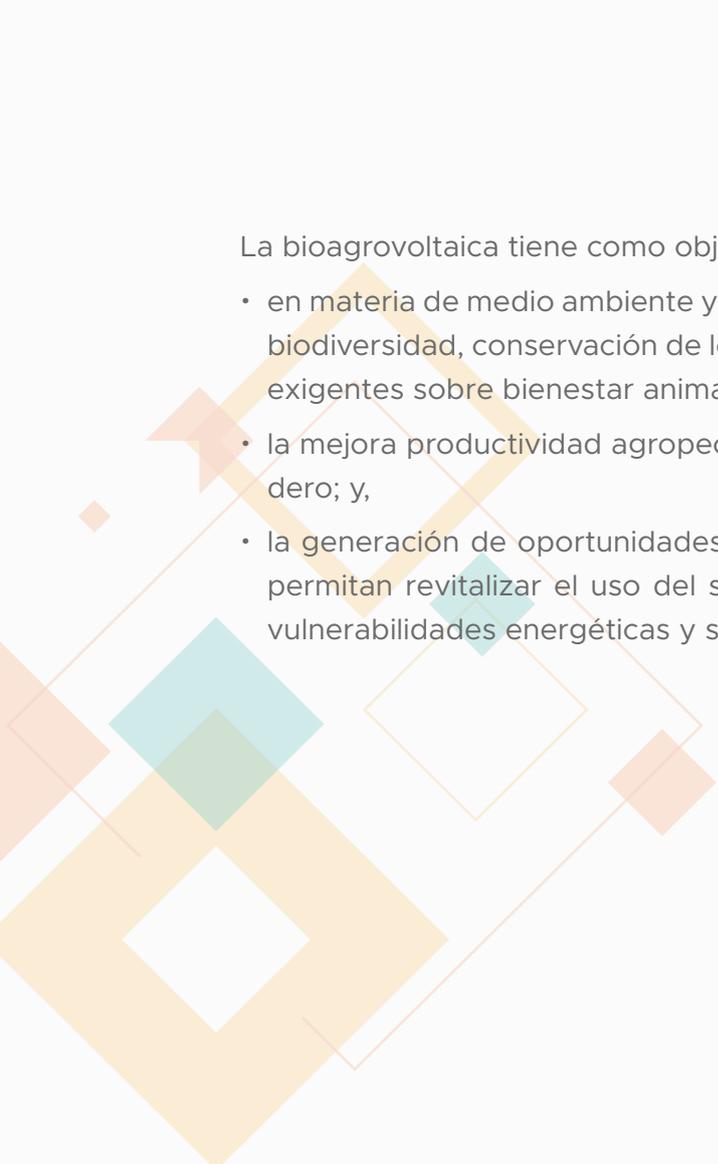
- a) *Socio económico*, el objetivo principal está en generar un valor compartido con la comunidad local, para lo cual el proyecto debe considerar la creación de empleo local, formación, inserción laboral, la compatibilidad con las actividades económicas existentes, contratación de bienes y servicios locales y la generación de beneficios directos para las comunidades.
- b) *Gobernanza*, busca garantizar la implicación de las comunidades en el desarrollo de los proyectos en línea con las necesidades del territorio. Para ello, se deben generar espacios de diálogo con actores locales, renunciar a la expropiación de terrenos, generar acuerdos y convenios de cooperación con las entidades locales.
- c) *Integración ambiental y protección de la biodiversidad*; los proyectos FVs deben incorporar medidas de integración y renaturalización. Para esto se evalúa: que el emplazamiento esté fuera de la Red Natura 2000, que la planta no se encuentre en las áreas críticas de las zonas afectadas por Planes y Estrategias de Conservación de Especies en peligro de extinción y en Régimen de protección especial, la evaluación de impacto ambiental acumulativo y la adopción de medidas ambientales.
- d) *Economía circular*; promueve la gestión adecuada de los residuos eléctricos y electrónicos y la disposición final de equipos que hayan cumplido su vida útil: reciclado de materiales de construcción, de paneles y otros componentes y la gestión de los residuos de la obra sin contaminar suelos y aguas.

Con estas consideraciones, se propone el concepto de **Bioagrovoltaica**:

Figura 6. Conceptualización de la Bioagrovoltaica. Fuente: UNEF



La **bioagrovoltaica** se define como la **integración efectiva** de la **actividad agrícola y ganadera**, actividades prioritarias, **y la generación de electricidad con tecnología fotovoltaica**, actividad secundaria, bajo **conceptos de producción ecológica** y a través de la **gestión compartida de la luz** para **impactar positivamente la actividad agropecuaria**.



La bioagrovoltaica tiene como objetivos garantizar:

- en materia de medio ambiente y clima, el mantenimiento de un elevado nivel de biodiversidad, conservación de los recursos naturales y la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal y sobre producción;
- la mejora productividad agropecuaria, de la economía del agricultor y/o ganadero; y,
- la generación de oportunidades para el medio rural a través de medidas que permitan revitalizar el uso del suelo, prevenir la despoblación y disminuir las vulnerabilidades energéticas y sociales de las comunidades.

9.

Escenario de regulación de la Agrovoltica en España: Ventajas y desventajas

Esta sección presenta un resumen de las posibles ventajas y desventajas de un posible escenario de regulación en AgroFV en España, considerando las barreras y retos identificados en las prácticas actuales en el país, el marco normativo y experiencias a nivel Europeo:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Contribución al cumplimiento del PNIEC y objetivos europeos de introducción fotovoltaica, de la Estrategia de Energía Solar de la UE, Ley 7/2021 de Cambio Climático y el PEPAC que impulsa la introducción de renovables para reducir la vulnerabilidad del sector agropecuario; • Identificación y establecimiento de sinergias con la PAC para evitar penalizaciones a proyectos FVs en la línea AgroFV y pérdidas de ayudas al agricultor/ganadero; • Desarrollo de proyectos AgroFV dando paso a la generación de un mercado y de soluciones innovadoras; • Generación de economías de escala; • Innovación en el sector fotovoltaico en cuanto a diseño de sistemas y su acoplamiento a suelo agrícola y ganadero; • Generación de un esquema de ayudas públicas y modelos de negocio para favorecer la implementación de la AgroFV; • Generación de un esquema de ayudas para la I+D+i para la generación de conocimiento a través de estudios y proyectos piloto; • Atracción del sector privado para fomentar las inversiones; • Medida para favorecer la aceptación social de la fotovoltaica en el área rural; 	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de trabas administrativas a medida que la regulación se va desarrollando y adquiriendo complejidad. Por ejemplo, Italia ha incluido criterios de monitorización que encarecerían los costes de inversión (Requisito E, Tabla 3); • Proliferación normativa a nivel autonómico que introduzcan diferencias en los requisitos para implementación de la AgroFV; • Introducción de complejidades administrativas al establecer un marco normativo diferenciado entre autoconsumo AgroFV y plantas AgroFV sobre suelo; • implementación de un sistema FV en terreno agrícola; • Posible impacto para sistemas fotovoltaicos convencionales si la AgroFV se establece como una medida compensatoria; • Competencia entre ayudas destinadas a plantas sobre suelo convencionales y AgroFV; • Competencia por acceso a puntos de conexión;

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la productividad y economía de la actividad agropecuaria; • Contribución al desarrollo local (ej. generación de capacidades, dinamización de la economía de proximidad, empleo local, diálogo con los actores locales); • Eficiencia en el uso del suelo y recursos naturales al tener una dualidad por generación eléctrica con fotovoltaica y explotación agrícola y ganadera; • Generación de documentos de buenas prácticas, lecciones aprendidas, guías y normativa técnica para dinamizar la implementación de la AgroFV; • Evitar la pseudo agricultura; • Sobre BioagroFV: <ol style="list-style-type: none"> 1. Garantía de mejores prácticas en implementación fotovoltaica y de producción agropecuaria; 2. Mayor disposición de gobiernos subnacionales para facilitar la implementación de la FV en suelo agrícola y ganadero; 3. Garantía de mantenimiento de elevados niveles de biodiversidad y de conservación de los recursos naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> • implementación de un sistema FV en terreno agrícola; • Posible impacto para sistemas fotovoltaicos convencionales si la AgroFV se establece como una medida compensatoria; • Competencia entre ayudas destinadas a plantas sobre suelo convencionales y AgroFV; • Competencia por acceso a puntos de conexión;



10. Conclusiones y siguientes pasos

El desarrollo fotovoltaico es necesario para cumplir los objetivos del PNIEC y la combinación creada con las actividades del sector primario es una solución que permite el desarrollo de numerosos proyectos innovadores. Estos nuevos proyectos pueden contribuir de manera directa al desarrollo social y económico de zonas más rurales, dando lugar a nuevos modelos socioeconómicos sostenibles, oportunidades de desarrollo y puestos de trabajo de calidad. La bioagrovoltaica contribuiría al desarrollo local, a la generación de nuevas capacidades, a la generación de empleo y a la mejora de la economía local y de la actividad agropecuaria.

Sin embargo y como se ha mostrado a lo largo del documento, es necesario resolver las barreras a las que actualmente se encuentra expuesta, elevado CAPEX, desconocimiento de la solución como alternativa para aliviar la competencia por el uso del suelo, recategorización del uso del suelo, su reconocimiento para la tramitación, ausencia de ayudas para proyectos de innovación en la misma línea de otros países Europeos, limitado apoyo al

desarrollo en I+D+i, ausencia de una caracterización de proyectos a nivel nacional, entre otros.

Como siguiente paso, UNEF desarrollará una caracterización de proyectos AgroFV en territorio español para contar con información base y una referencia de lecciones aprendidas que contribuyan a dotar de mayor información al sector y a activar la demanda para el desarrollo de proyectos. La caracterización de proyectos abarcará la parte técnica como la del modelo de negocio establecido para identificar claramente las alianzas que se establecen entre el agricultor y/o ganadero y el promotor. Además, identificará información relacionada al cultivo, tipo, latitud impacto en aspectos agronómicos, beneficios para la agricultura, entre otros aspectos que se evaluarán de acuerdo a la naturaleza y disponibilidad de información de los proyectos. Así mismo, reactivará el grupo de trabajo en agrovoltaica para definir, junto a sus empresas asociadas e interesadas en esta área, la propuesta de hoja de ruta para la administración pública.

Bibliografia

1. Goetzberger A, Zastrow A. On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation. <http://dx.doi.org/101080/01425918208909875> [Internet]. 2007 Jan 1 [cited 2022 Oct 26];1(1):55–69. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01425918208909875>
2. Trommsdorff M, Dhal IS, Özdemir ÖE, Ketzer D, Weinberger N, Rösch C. Agrivoltaics: solar power generation and food production. In: *Solar Energy Advancements in Agriculture and Food Production Systems*. Elsevier; 2022. p. 159–210.
3. Weselek A, Ehmann A, Zikeli S, Lewandowski I, Schindele S, Högy P. Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. Vol. 39, *Agronomy for Sustainable Development*. Springer-Verlag France; 2019.
4. Marrou H, Dufour L, Wery J. How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil-crop system? *European Journal of Agronomy*. 2013 Oct;50:38–51.
5. Gonocruz RA, Nakamura R, Yoshino K, Homma M, Doi T, Yoshida Y, et al. Analysis of the rice yield under an agrivoltaic system: A case study in Japan. *Environments - MDPI*. 2021 Jul 1;8(7).
6. Abidin MAZ, Mahyuddin MN, Zainuri MAAM. Solar photovoltaic architecture and agronomic management in agrivoltaic system: A review. Vol. 13, *Sustainability (Switzerland)*. MDPI AG; 2021.
7. DAWNBREAKER. Market Research Study. Agrivoltaics. NY, USA; 2022.
8. Trommsdorff M, Gruber S, Keinath T, Hopf M, Hermann C, Schongberger F, et al. Agrivoltaics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition. A guideline for Germany [Internet]. Freinburg, Germany; 2022. Available from: www.ise.fraunhofer.de
9. Reasoner M, Ghosh A. Agrivoltaic Engineering and Layout Optimization Approaches in the Transition to Renewable Energy Technologies: A Review. *Challenges*. 2022 Sep 1;13(2):43.
10. What is agrivoltaics? How can solar energy and agriculture work together? [Internet]. [cited 2023 Feb 28]. Available from: <https://metsolar.eu/blog/what-is-agrivoltaics-how-can-solar-energy-and-agriculture-work-together/#!>
11. European Commission. State Aid SA.64376 (2021/N) – Germany – EEG 2021 amendments. Brussels, Germany; 2021.
12. Bernd Radowitz. First-ever German “agrivoltaics” project awards in landmark – but low-yield – renewables auction | Recharge [Internet]. *Energy Transition*. 2022 [cited 2023 Feb 2]. Available from: <https://www.rechargenews.com/energy-transition/first-ever-german-agrivoltaics-project-awards-in-landmark-but-low-yield-renewables-auction/2-1-1220506>
13. Anna Ivanova. Germany awards 607 MW in April innovation, solar tenders [Internet]. *Renewables now*. 2022 [cited 2023 Feb 2]. Available from: <https://renewablesnow.com/news/germany-awards-607-mw-in-april-innovation-solar-tenders-784215/>
14. Gobierno de Italia. Italian Recovery and Resilience Plan #RestartingItaly. 2022.
15. Leonardi M, Bellisai Francesca. Italy’s National Recovery and Resiliency Plan’s climate impact [Internet]. Madrid; 2021. Available from: <https://ec.europa.eu/info/files/proposal-council-implementing-decision-approval-assessment-recovery-and->
16. Ministry of Ecological Transition, Council for Agricultural Research and Analysis of Agricultural Economics (CREA), Gestore dei Servizi Energetici S.p.A. (GSE), National Agency for New Technologies E and SED (ENEA), Research on the Energy System S.p.A. (RSE). Guía en materia de

implementación agrovoltáica. Roma, Italia; 2021.

17. Watson Farley & Williams. Agrivoltaic systems: practical application and challenges [Internet]. 2022. [cited 2023 Feb 7]. Available from: <https://www.wfw.com/articles/agrivoltaic-systems-practical-application-and-challenges/>
18. Senado de la República, Cámara de Diputados. Governance del PNRR e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure. D.L. 77/2021 – A.S. 2332 Italia; 2021.
19. Formolli M, Croce S, Vettorato D, Paparella R, Scognamiglio A, Mainini AG, et al. Solar Energy in Urban Planning: Lesson Learned and Recommendations from Six Italian Case Studies. Applied Sciences (Switzerland). 2022 Mar 1;12(6).
20. ADEME, I Care & Consult, Ceresco, Cétiac. Characterizing solar PV projects on agricultural land and agrivoltaism [Internet]. 2021 [cited 2023 Feb 2]. Available from: <https://bibliothec.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/4992-caracteriser-les-projets-photovoltaiques-sur-terrains-agricoles-et-l-agrivoltaisme.html>
21. Agrivoltaics prevail in France's tender for innovative PV technologies – pv magazine International [Internet]. [cited 2023 Mar 16]. Available from: <https://www.pv-magazine.com/2021/01/05/agrivoltaics-prevail-in-frances-tender-for-innovative-pv-technologies/>
22. Joel Spaes. Agrivoltaics prevail in France's tender for innovative PV technologies – pv magazine International [Internet]. PV Magazine. 2021 [cited 2023 Feb 2]. Available from: <https://www.pv-magazine.com/2021/01/05/agrivoltaics-prevail-in-frances-tender-for-innovative-pv-technologies/>
23. Production d'énergies renouvelables (P JL) - Tableau de montage - Sénat [Internet]. [cited 2023 Mar 2]. Available from: <http://www.senat.fr/petite-loi-ameli/2022-2023/268.html>
24. Appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité innovantes à partir de l'énergie solaire sans dispositifs de stockage - CRE [Internet]. [cited 2023 Mar 2]. Available from: <https://www.cre.fr/Documents/Appels-d-offres/appel-d-offres-portant-sur-la-realisation-et-l-exploitation-d-installations-de-production-d-electricite-innovantes-a-partir-de-l-energie-solaire-sa>
25. Appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales au sol » - CRE [Internet]. [cited 2023 Mar 2]. Available from: <https://www.cre.fr/Documents/Appels-d-offres/appel-d-offres-portant-sur-la-realisation-et-l-exploitation-d-installations-de-production-d-electricite-a-partir-de-l-energie-solaire-centrales-a2>
26. Appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales sur bâtiments, serres et hangars agricoles et ombrières de parking de puissance supérieure à 500 kWc » - CRE [Internet]. [cited 2023 Mar 2]. Available from: <https://www.cre.fr/Documents/Appels-d-offres/appel-d-offres-portant-sur-la-realisation-et-l-exploitation-d-installations-de-production-d-electricite-a-partir-de-l-energie-solaire-centrales-s2>
27. Italy publishes new national guidelines for agrovoltaic plants – pv magazine International [Internet]. [cited 2023 Mar 6]. Available from: <https://www.pv-magazine.com/2022/07/05/italy-publishes-new-national-guidelines-for-agrovoltaic-plants/>
28. Solarplaza. Obstacles and Drivers of Accelerating Agri PV Projects in France [Internet]. 2022 [cited 2023 Feb 27]. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=77UiOyCK2EO&ab_channel=Solarplaza

29. UNEF. Argumentario UNEF: La afección del desarrollo fotovoltaico en la disponibilidad de terreno agrícola. Madrid; 2020 Sep.
30. MAPA. Anuario de Estadística [Internet]. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2019 [cited 2023 Feb 9]. Available from: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2019/default.aspx>
31. Red Eléctrica España. REData - Potencia instalada | Red Eléctrica [Internet]. 2023 [cited 2023 Feb 9]. Available from: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/potencia-instalada>
32. UNEF. Sello de Excelencia en Sostenibilidad | UNEF [Internet]. [cited 2023 Feb 9]. Available from: <https://www.undef.es/es/sello-sostenibilidad>
33. Comunitat Valenciana. Ley 6/2022, de 5 de diciembre, del Cambio Climático y la Transición Ecológica de la Comunitat Valenciana [Internet]. 2023. Available from: <https://www.boe.es>
34. Iberdrola. Iberdrola pone en marcha en Toledo la primera planta agrovoltaica inteligente de España - Iberdrola [Internet]. 2022 [cited 2023 Feb 24]. Available from: <https://www.iberdrola.com/sala-comunicacion/noticias/detalle/iberdrola-pone-en-marcha-en-toledo-la-primer-planta-agrovoltaica-inteligente-de-espana>
35. Sánchez P. Baywa re firma con Velux el primer PPA agrovoltaico de Europa por una planta en Granada – PV magazine España [Internet]. 2015 [cited 2023 Feb 27]. Available from: <https://www.pv-magazine.es/2022/11/15/baywa-re-firma-con-velux-el-primer-ppa-agrovoltaico-de-europa-por-una-planta-en-granada/>
36. UNEF. Guía de mejores prácticas para el desarrollo de plantas solares. Madrid, España; 2022.
37. IASOL. Proyecto Agrisol. 2022.
38. Parque solar Totana | Enel Green Power [Internet]. [cited 2023 Feb 27]. Available from: <https://www.enelgreenpower.com/es/proyectos/highlights/parque-solar-totana>
39. Solar Power Europe. Agrisolar Best Practices Guidelines Version 1.0. [Internet]. Brussels, Belgium; 2021. Available from: www.solarpowereurope.eu
40. Unión Europea. Reglamento (UE) 2018/ del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos y por el que se deroga el Reglamento (CE) n.o 834/2007 del Consejo. 2018.
41. La Producción Ecológica [Internet]. [cited 2023 Feb 24]. Available from: <https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/produccion-eco/>