

AGROVOLTAICA: SITUACIÓN ACTUAL Y OPORTUNIDADES FUTURAS

- ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas – UPM

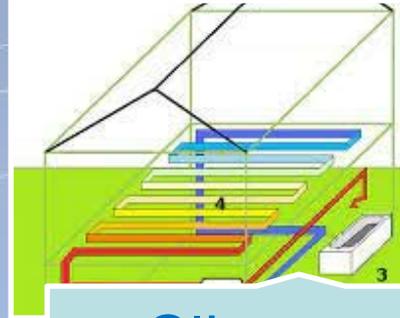


1. Consumo eléctrico en explotaciones agropecuarias
2. Factores que aumentan la factura eléctrica
3. Instalaciones fotovoltaicas conectadas y aisladas
4. Aporte de la solar al sistema eléctrico español
5. Posibilidades agrovoltaicas
6. Líneas de investigación
7. ¿Qué se espera de la agrovoltaica?

1. Consumo eléctrico en explotaciones



Bombeo



Clima



Transporte

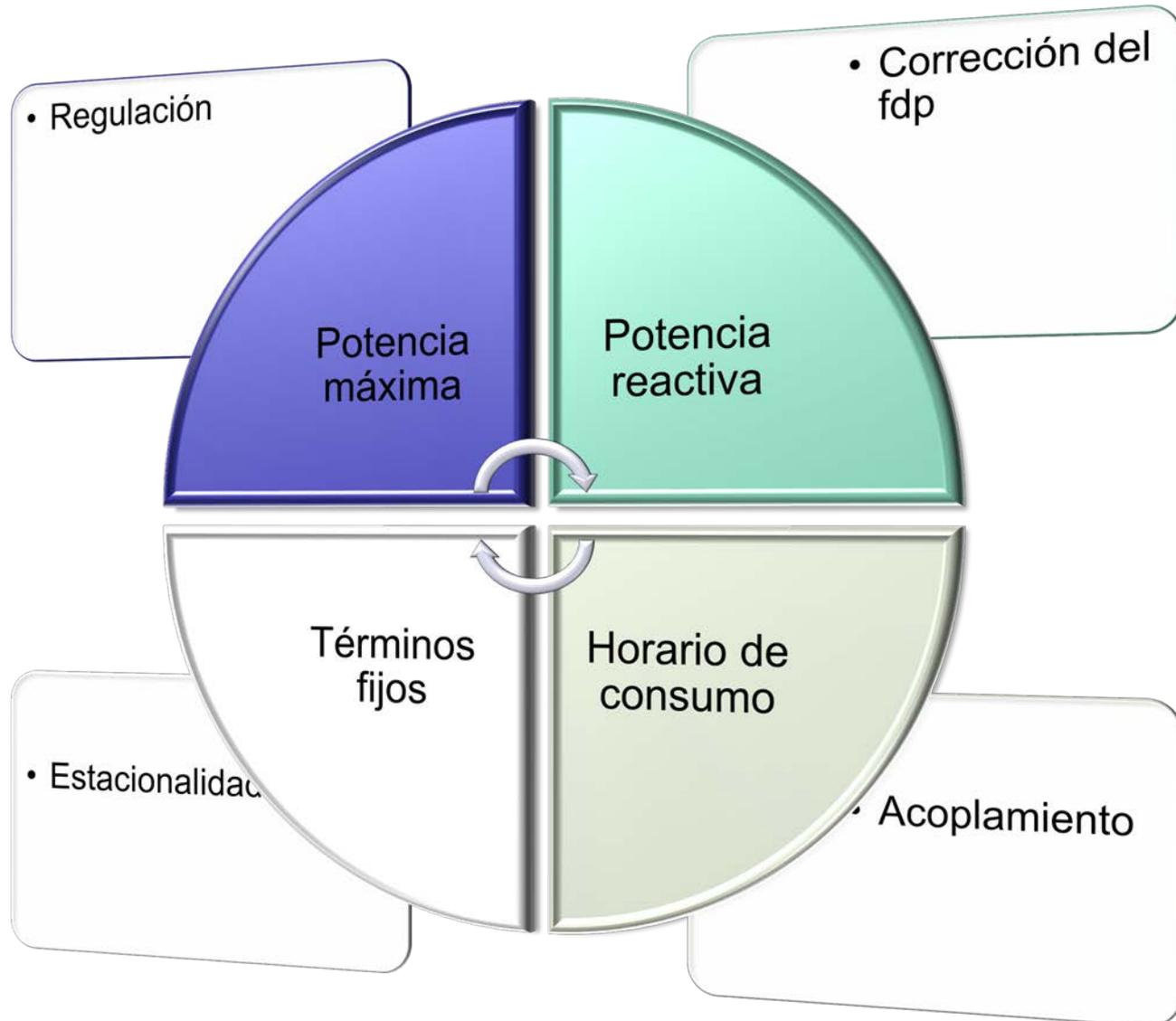


Laboreo



Procesos

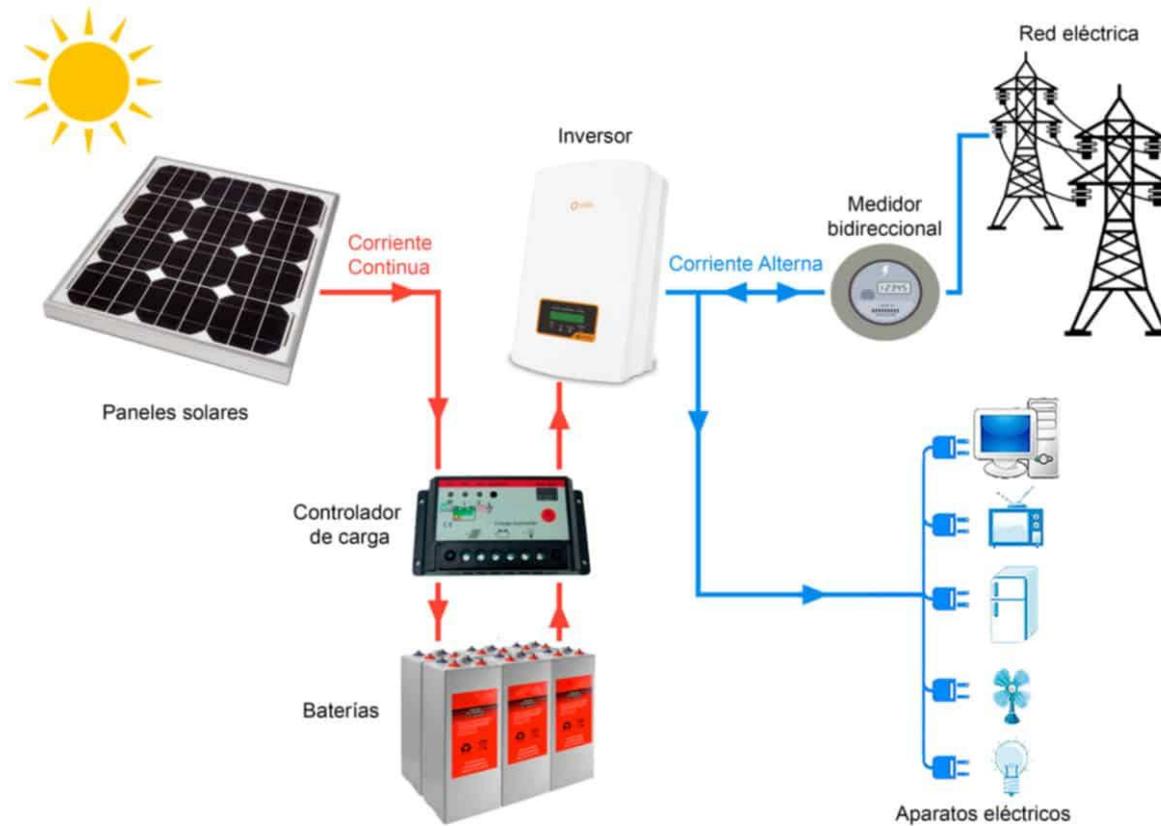
2. Factores que influyen en la factura eléctrica



Conectadas

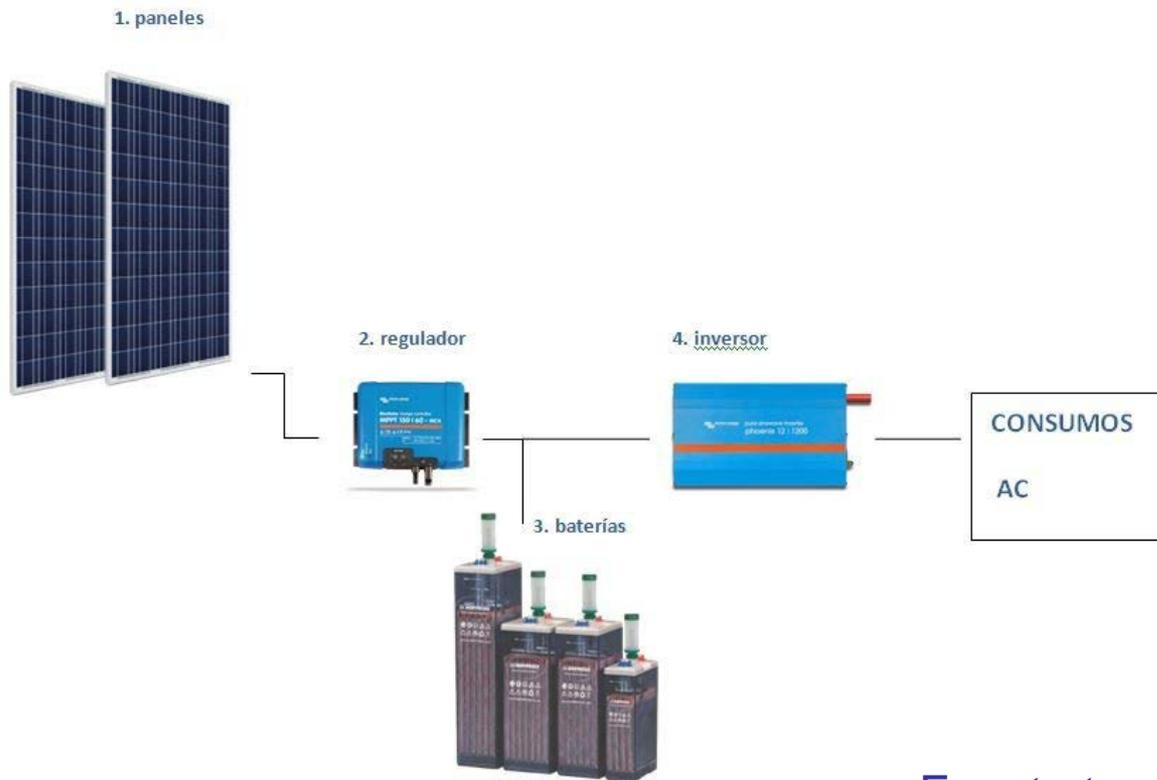
Sin excedentes (solo autoconsumo)

Con excedentes (autoconsumo + inyección)



Fuente: Direnergy.com

Aisladas (solo autoconsumo)



Fuente:tecnosolab.com

Conectadas

Sin excedentes (solo autoconsumo)

Con excedentes (autoconsumo + inyección)

Aisladas

(solo autoconsumo)



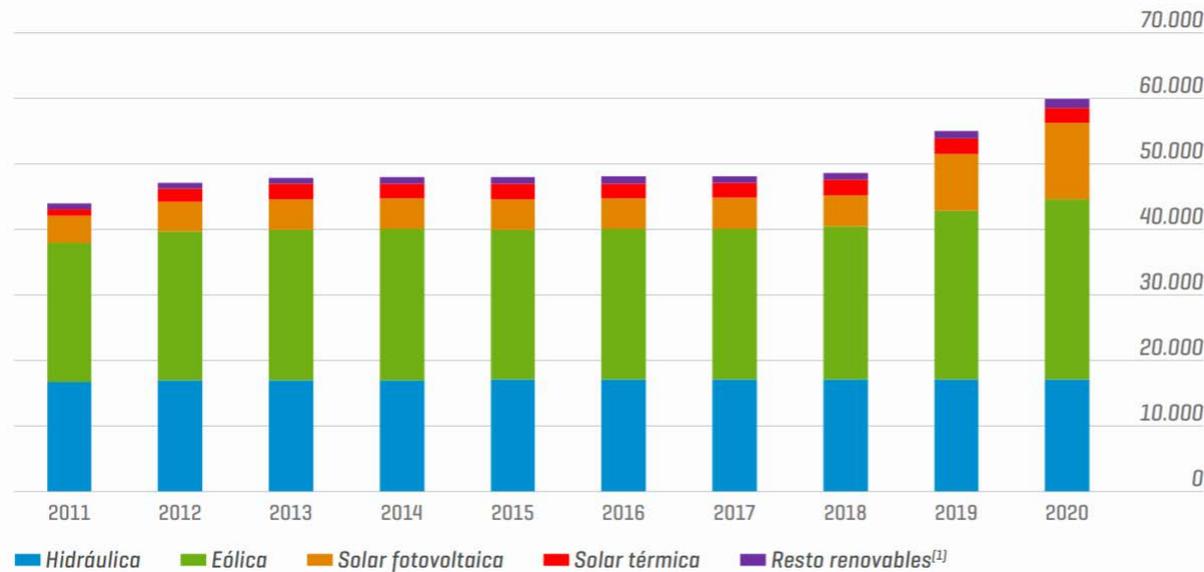
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Ministerio para la Transición Ecológica
«BOE» núm. 83, de 6 de abril de 2019
Referencia: BOE-A-2019-5089

Potencia instalada en España

Evolución de la potencia instalada renovable. Sistema eléctrico nacional
MW

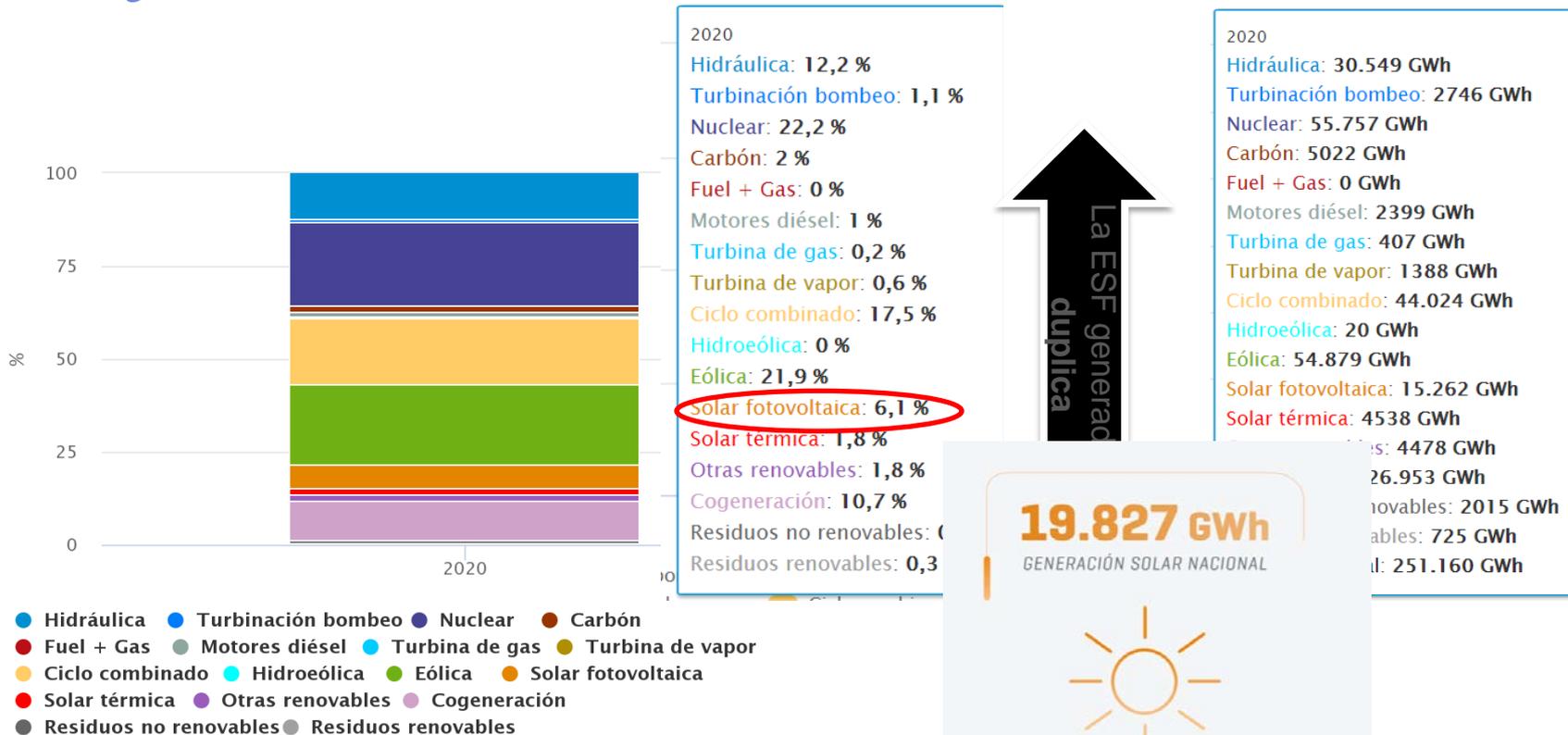


[1] Incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeólica y residuos renovables.
Fuente Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia [CNMC] hasta 2014.

- Diferenciar instalada de utilizada

*Fuente: Red Eléctrica Española 2020

Generación 2020



2020

- Hidráulica: 12,2 %
- Turbinación bombeo: 1,1 %
- Nuclear: 22,2 %
- Carbón: 2 %
- Fuel + Gas: 0 %
- Motores diésel: 1 %
- Turbina de gas: 0,2 %
- Turbina de vapor: 0,6 %
- Ciclo combinado: 17,5 %
- Hidroeléctrica: 0 %
- Eólica: 21,9 %
- Solar fotovoltaica: 6,1 %
- Solar térmica: 1,8 %
- Otras renovables: 1,8 %
- Cogeneración: 10,7 %
- Residuos no renovables: 0,3 %
- Residuos renovables: 0,3 %

2020

- Hidráulica: 30.549 GWh
- Turbinación bombeo: 2746 GWh
- Nuclear: 55.757 GWh
- Carbón: 5022 GWh
- Fuel + Gas: 0 GWh
- Motores diésel: 2399 GWh
- Turbina de gas: 407 GWh
- Turbina de vapor: 1388 GWh
- Ciclo combinado: 44.024 GWh
- Hidroeléctrica: 20 GWh
- Eólica: 54.879 GWh
- Solar fotovoltaica: 15.262 GWh
- Solar térmica: 4538 GWh
- Otras renovables: 4478 GWh
- Cogeneración: 26.953 GWh
- Residuos no renovables: 2015 GWh
- Residuos renovables: 725 GWh
- Total: 251.160 GWh



19.827 GWh
GENERACIÓN SOLAR NACIONAL

+37,5 %
RESPECTO A LA GENERACIÓN SOLAR DEL 2019

Fuente: www.ree.es

Superficies: total, protegida, cultivable, urbanizada...

- España: 505990 km² = 50 mill. ha
- A) La superficie agraria útil de España (SAU) supone más de 23 millones de hectáreas, casi la mitad del territorio español, de las cuales casi 17 millones de hectáreas son de cultivo. Del total de la superficie cultivada, el 76% de dicha superficie está dedicada al cultivo de secano y el 24% al cultivo en regadío.
- B) De los 50 millones de hectáreas de superficie total de España, el 36,7% está ocupadas por bosques; el 28% por tierras de cultivo; el 16,4% por matorral y suelo desnudo; el 13,9% por pastizales y el 5% restante por superficies edificadas, carreteras o ferrocarriles
- fuentes: <https://www.mapama.gob.es/> y <https://www.miteco.gob.es/es/>

Energía eléctrica consumida

- 249.144 G Wh DEMANDA PENINSULAR **2019**
 - 39 % DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN EL SISTEMA PENINSULAR
- Suponiendo 1700 HSP (horizontal), son aprox 1650 kWh/kWp (inclinado)*
 - Se necesitarían aprox 150 GWp para cubrir el 100% de demanda (no es el objetivo)
 - Sobre la base de 2 ha / MW, son 300.000 ha (0.6% del territorio)

Recordemos:
2.5 Mill ha urbanizadas
(5%)
17 Mill ha cultivo (34%)

*<https://globalsolaratlas.info/>

Necesidades energéticas

- <https://elperiodicodelaenergia.com/agrivoltaica-o-como-dar-un-uso-mas-eficiente-a-la-tierra-agricola/>

(...)

La agrivoltaica trae la generación de energía solar y la agricultura bajo un mismo techo. Por tanto, un área puede servir tanto para la producción agrícola de alimentos y piensos como para la generación de energía solar al mismo tiempo. «Esto reduce la competencia por las tierras agrícolas y contribuye a un uso más eficiente de la tierra», dice **Max Trommsdorff**, líder del grupo de agrivoltaica en Fraunhofer ISE.

(...) El potencial de la tecnología es alto: entre todas las aplicaciones fotovoltaicas, la agrivoltaica ofrece oportunidades particularmente grandes. Solo alrededor del 4% de la tierra cultivable alemana sería suficiente para cubrir toda la demanda actual de electricidad en Alemania. Esto requeriría alrededor de 500 gigavatios de capacidad instalada. Los costos también son impresionantes. Con costos de producción de electricidad entre 7 y 12 centavos por kilovatio hora, la agrivoltaica ya es económica en la actualidad.

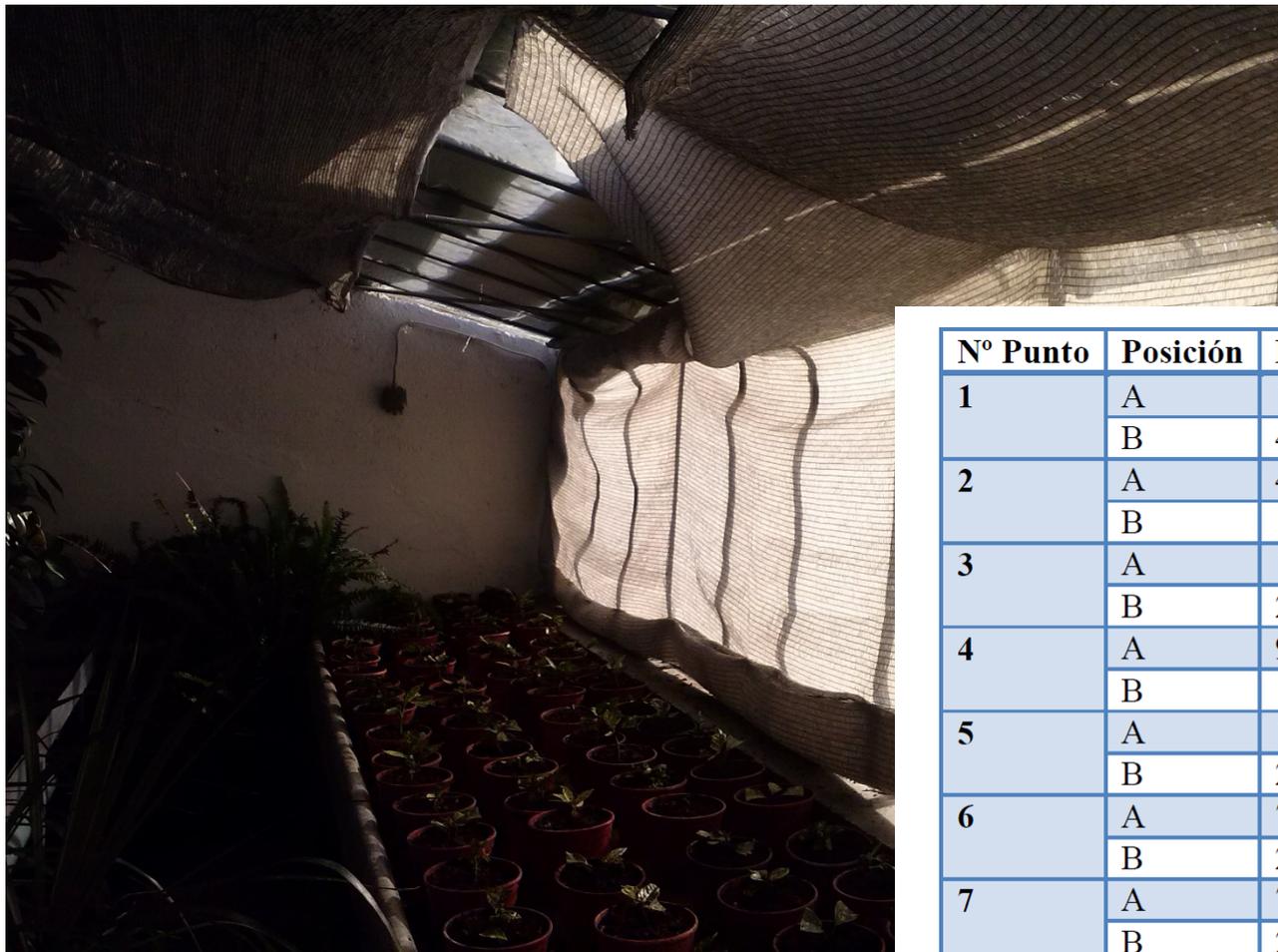
Posibilidades



Evaluación del uso de paneles solares en invernaderos como sustitución de la malla de sombreo
TFG: Irene Serrano Burillo, 2013



Evaluación del uso de paneles solares en invernaderos como sustitución de la malla de sombreo
IFC: Irene Serrano Burillo, 2013



Nº Punto	Posición	Irradiancia (W/m ²)	% Pérdidas
1	A	12,89	97,73
	B	4,79	99,15
2	A	47,88	91,58
	B	145,49	74,41
3	A	11,00	98,06
	B	202,57	64,37
4	A	9,20	98,38
	B	125,23	77,97
5	A	14,73	97,40
	B	25,78	95,46
6	A	7,36	98,70
	B	22,09	96,11
7	A	7,36	98,70
	B	25,78	95,46
8	A	11,05	98,05
	B	31,30	94,49

Agronomy 2021, 11, 593. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030593>



agronomy



Article

Techno-Economic Viability of Agro-Photovoltaic Irrigated Arable Lands in the EU-Med Region: A Case-Study in SouthWestern Spain

Guillermo P. Moreda ¹, Miguel A. Muñoz-García ^{1,*} , M. Carmen Alonso-García ² 
and Luis Hernández-Callejo ³ 

- ¹ LPF-TAGRALIA, Departamento de Ingeniería Agroforestal, ETS de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain; guillermo.moreda@upm.es
 - ² Unidad de Energía Solar Fotovoltaica, CIEMAT, 28040 Madrid, Spain; carmen.alonso@ciemat.es
 - ³ Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Valladolid, 42004 Soria, Spain; luis.hernandez.callejo@uva.es
- * Correspondence: miguelangel.munoz@upm.es; Tel.: +34-9-1067-0968

Agronomy **2021**, 11, 593. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030593>

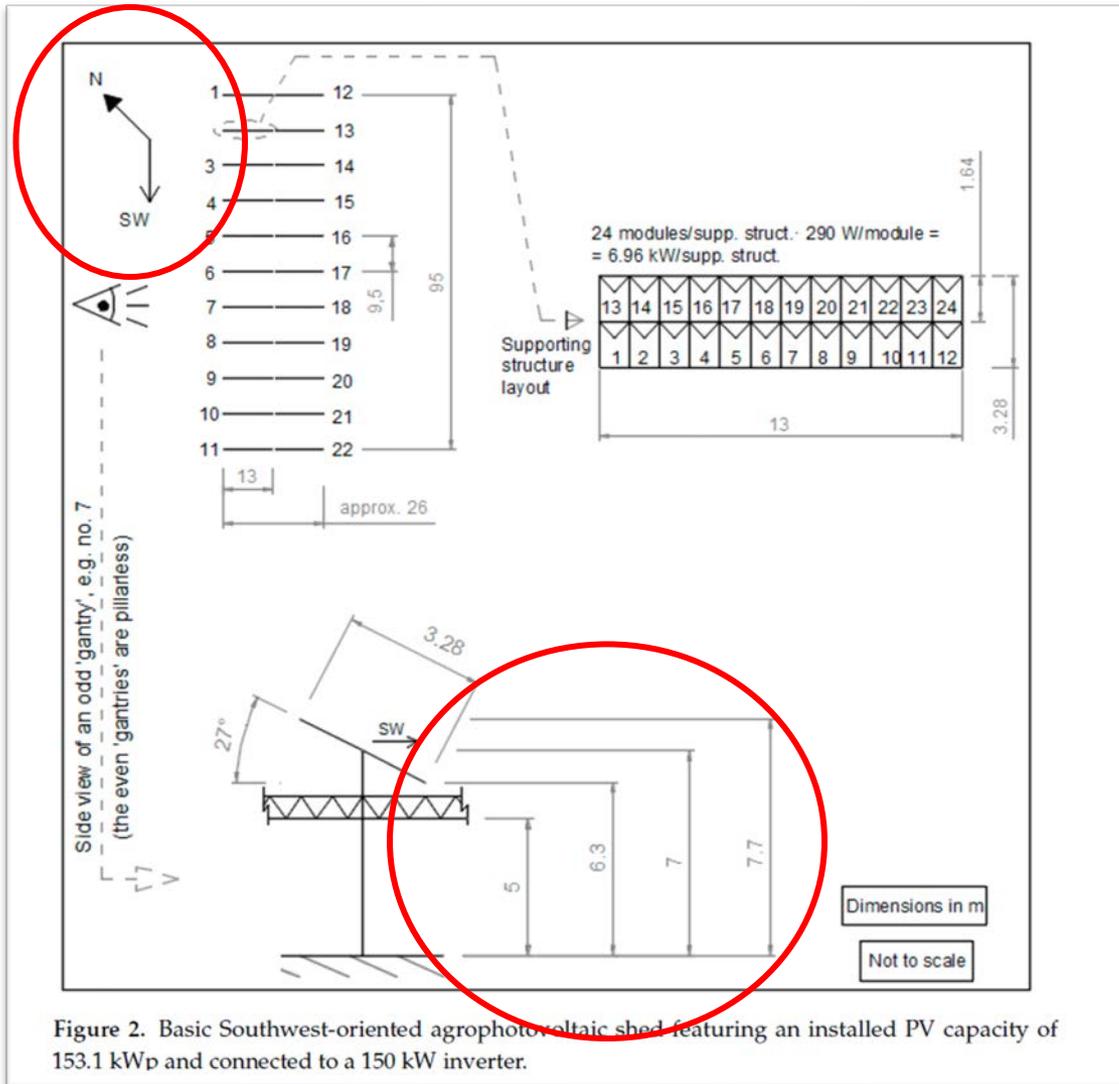


Figure 2. Basic Southwest-oriented agrophotovoltaic shed featuring an installed PV capacity of 153.1 kWp and connected to a 150 kW inverter.

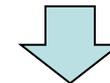
3166 kWp/sección



5.7 ha/sección



555.5 kWp/ha



32% de tasa de cobertura

Agronomy **2021**, 11, 593. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030593>

Dos rotaciones anuales de cultivos de regadío compatible con el sombreado parcial: fuente de agua de riego (superficial / subterránea), penalización del rendimiento del cultivo inducida por la sombra (baja / alta) y rotación de cultivos (papa temprana / tomate procesado), para cada combinación de orientación del cobertizo APV (sur / suroeste) .

	Crop Production Cost ^(a) under Full Sunlight (€/ha)	Savings Due to Synergetic APV Partial Shading				Crop Production Cost under APV Partial Shading (€/ha)
		Irrigation Water Saving (%)	Fertilization Saving (%)	Hail in Surance Saving (%)	Fruit Solar Protector Saving (%)	
Canola	934	11.5 ^(b)	–	–	–	931
Carrot	8978	11.5 ^(b)	–	–	–	8964
Forage maize	1826	11.5 ^(b)	–	–	–	1813
Dry faba bean	544	11.5 ^(b)	–	–	–	541
Melon	7725	14.0 ^(c)	–	2.5	1.5	7697
Onion	7899	11.5 ^(b)	–	–	–	7885
Dry pea	631	11.5 ^(b)	–	–	–	628
Early potato	4701	9.0 ^(d)	–	–	–	4694
Processing tomato	4430	9.0 ^(d)	2.0 ^(e)	2.5	–	4403

Agronomy 2021, 11, 593. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030593>

Las tasas internas de rendimiento (TIR) obtenidas oscilaron entre un mínimo de **3.8%** para la combinación de orientación suroeste, rotación temprana de papa, agua subterránea y una alta penalización en el rendimiento de los cultivos inducida por la sombra, hasta un máximo del **5,6%** para la combinación de orientación, procesamiento-rotación de tomate, agua superficial y penalización del rendimiento del cultivo inducida por la baja sombra

Resultados obtenidos con
suposiciones conservadoras de
venta de energía

Agronomy 2021, 11, 1097. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061097>



agronomy



Article

Analysis of the Viability of a Photovoltaic Greenhouse with Semi-Transparent Amorphous Silicon (a-Si) Glass

José-Ramón Aira ¹, Sara Gallardo-Saavedra ², Marcia Eugenio-Gozalbo ³, Víctor Alonso-Gómez ⁴, Miguel-Ángel Muñoz-García ⁵ and Luis Hernández-Callejo ^{2,*}

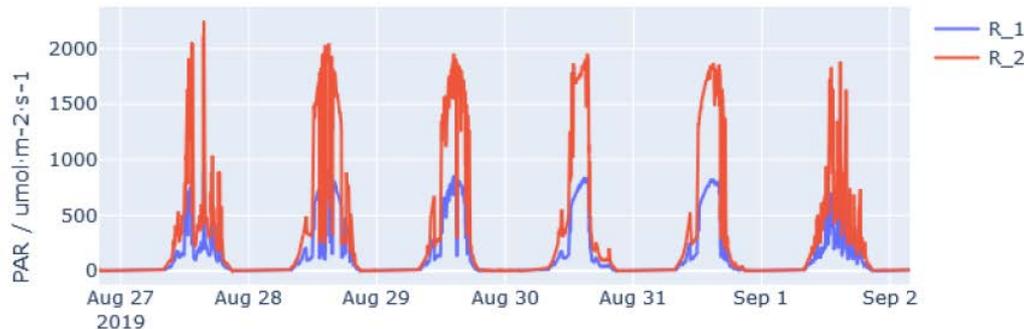
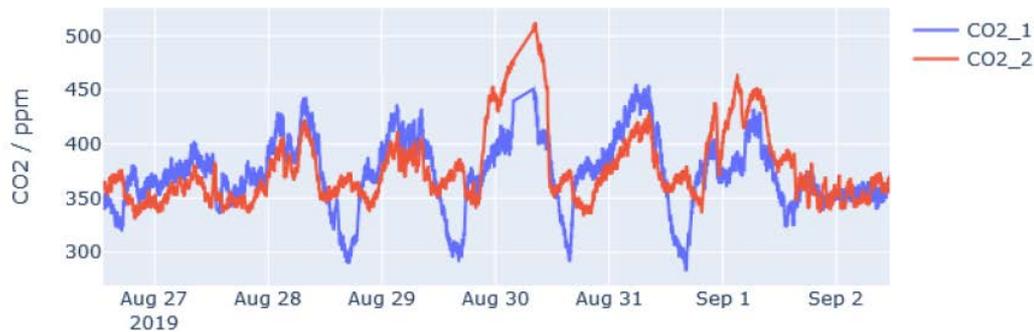
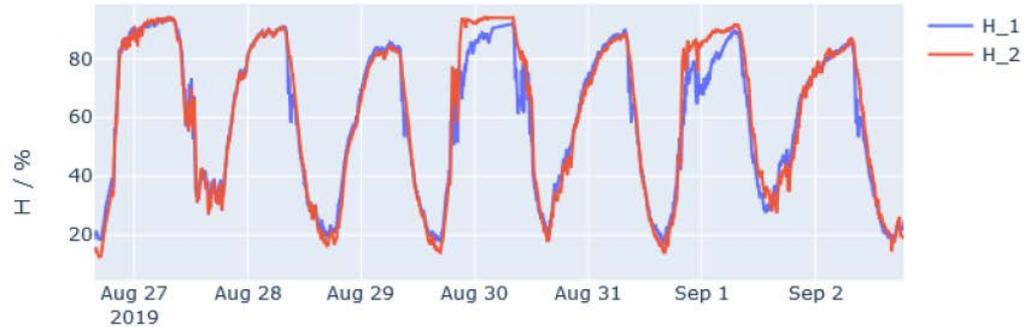
- ¹ Department of Construction and Architectural Technology, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, Avda. Juan de Herrera 4, 28040 Madrid, Spain; joseramon.aira@upm.es
 - ² Department of Agricultural and Forestry Engineering, Campus Duques de Soria, Universidad de Valladolid, 42004 Soria, Spain; sara.gallardo@uva.es
 - ³ Department of Didactics of Experimental, Social and Mathematical Sciences, Campus Universitario Duques de Soria, Universidad de Valladolid, 42004 Soria, Spain; marcia.eugenio@uva.es
 - ⁴ Department of Applied Physics, Campus Universitario Duques de Soria, Universidad de Valladolid, 42004 Soria, Spain; victor.alonso.gomez@uva.es
 - ⁵ Department of Agroforestry Engineering, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas, Universidad Politécnica de Madrid, Av. Puerta de Hierro 2, 28040 Madrid, Spain; miguelangel.munoz@upm.es
- * Correspondence: luis.hernandez.callejo@uva.es; Tel.: +34-975129418

Agronomy **2021**, 11, 1097. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061097>

Este artículo tiene como objetivo demostrar la viabilidad de un invernadero que integra, como novedad, vidrio fotovoltaico de silicio amorfo semitransparente (a-Si), que cubre toda la superficie del techo y los lados principales del invernadero. El prototipo diseñado está formado por un sencillo estructura rectangular de 12 m de largo y 2,5 m de ancho, con cubierta a un agua, orientada al suroeste, y con una inclinación de 35.



Agronomy **2021**, 11, 1097. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061097>



Evolución antes de la siembra de temperatura, humedad relativa, concentración de CO₂ y Radiación PAR (1: vidrios fotovoltaicos, 2: vidrios convencionales).

Agronomy **2021**, 11, 1097. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061097>

BIPV aplicado a la producción hortícola constituye una investigación y desarrollo totalmente en consonancia con las últimas tendencias en edificación sostenible, que abogan por la incorporación de huertos urbanos en el edificio para el consumo de ecológicos sin procesar productos.

La colocación de silicio amorfo semitransparente de vidrio fotovoltaico (a-Si), que cubre toda la superficie del techo (PVR del 100%) y de los lados principales del invernadero, influencia el crecimiento de cultivos hortícolas, **reduciendo ligeramente la producción de biomasa** de las plantas y acelerando el mecanismo de crecimiento apical de plantas heliófilas.

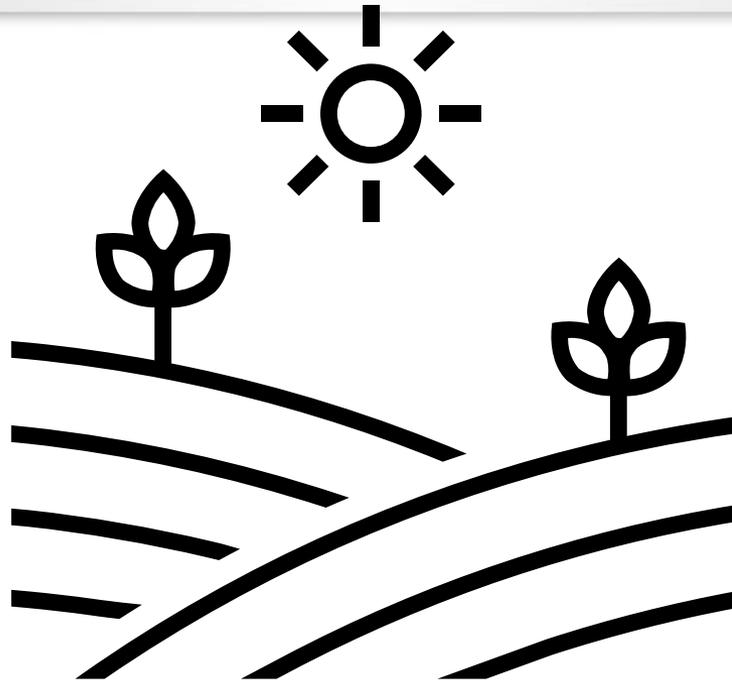
Esta influencia es insignificante por lo que la tecnología estudiada es **viable** para producción hortícola.

Definición clara pero amplia

Investigación y difusión de resultados

Tecnologías adaptadas: soportes y paneles

Desarrollo rural: pequeños propietarios

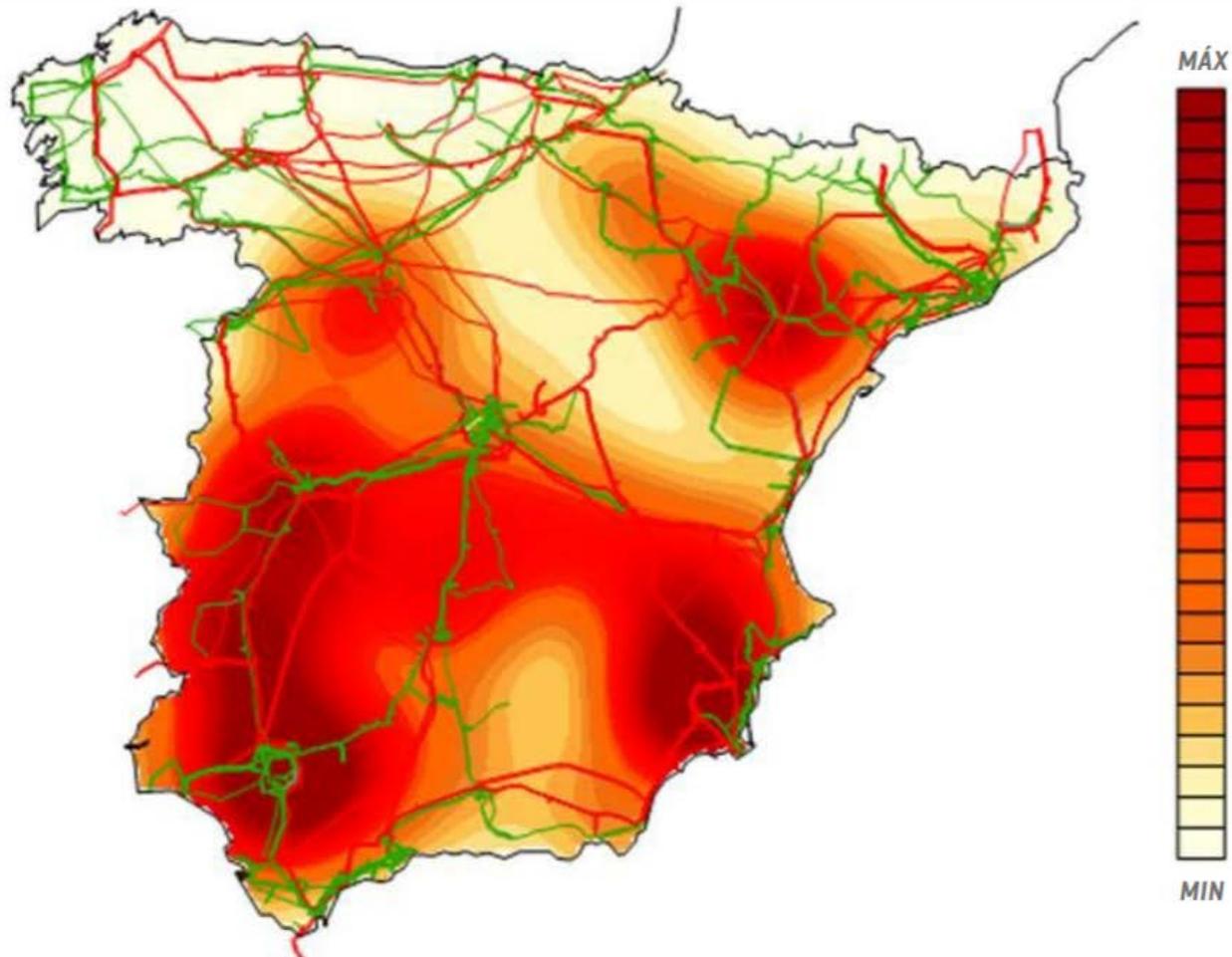


- Progreso
- Economía
- Demografía



- Sostenibilidad
- Conservación
- Biodiversidad

Distribución geográfica peninsular de las instalaciones de energía solar fotovoltaica a 31.12.2020



Investigación
Financiación
Legislación

GRACIAS POR SU ATENCIÓN



ETSI Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas
– UPM



GRUPO DE INVESTIGACIÓN:

LPF-TAGRALIA

ÁREA: ReGENERA

Miguelangel.munoz@upm.es



POLITÉCNICA

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID