

SITUACIÓN PRESENTE Y FUTURA DE LA AGROVOLTAICA EN GRAN CANARIA

Consuelo Tatiana Gómez López
Ingeniera Industrial

Oficina de Transformación Comunitaria y Transición Energética de Gran Canaria (OTC-GC)



CONTENIDOS

- ☀ Agricultura en Canarias
- ☀ Agricultura en invernaderos
- ☀ Superficie de invernaderos en Gran Canaria
- ☀ Agrovoltaica
- ☀ Ejemplo. Implementación en invernaderos
- ☀ Conclusiones



LA AGRICULTURA EN CANARIAS

Hasta mediados del siglo XX, Canarias basaba su economía en el Sector Primario, pero se produjo una ruptura del modelo económico con la entrada del turismo en los años 50.

TIPOS DE AGRICULTURA

Agricultura tradicional

Agricultura de secano
Agricultura de regadío
Agricultura ecológica

Agricultura intensiva

Agricultura en invernadero
Agricultura hidropónica

Sorribas y arenados



Terrazas



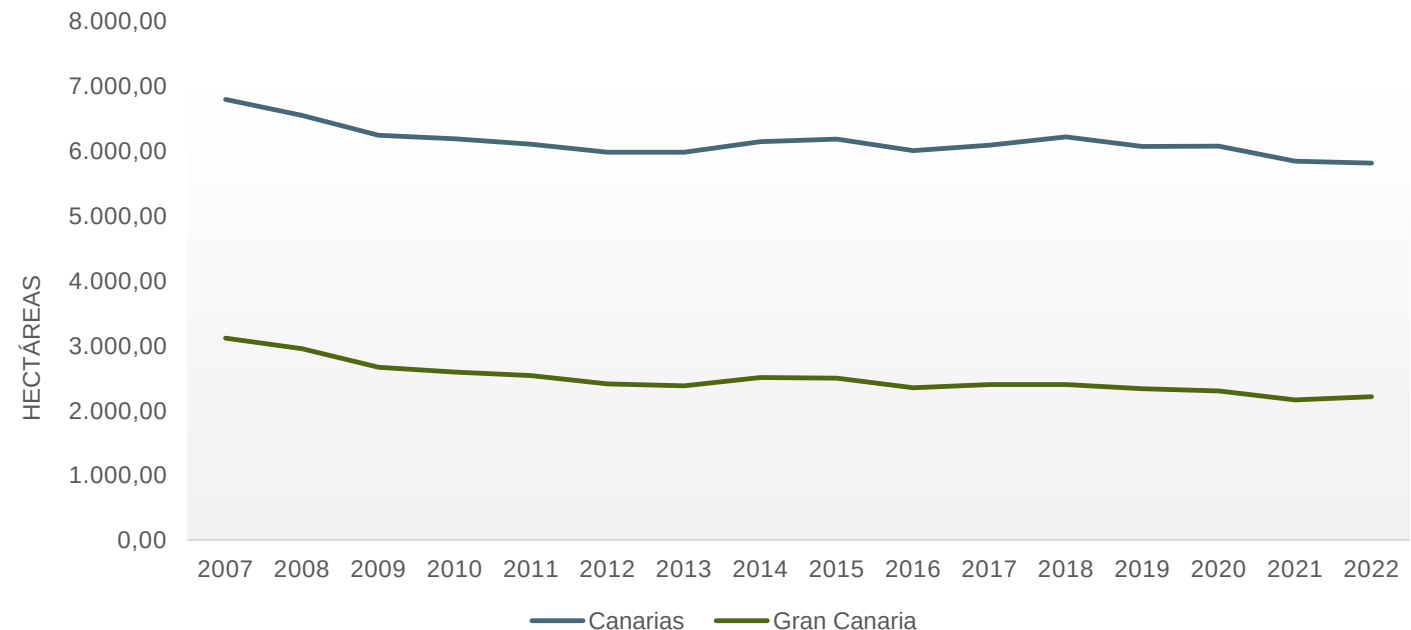
Gavias



SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

130.000 ha → 24 % cultivada¹

40.121 ha cultivadas¹ → 23 % bajo invernadero (2022)



¹ Instituto Canario de Estadística (ISTAC)

AGRICULTURA EN INVERNADERO

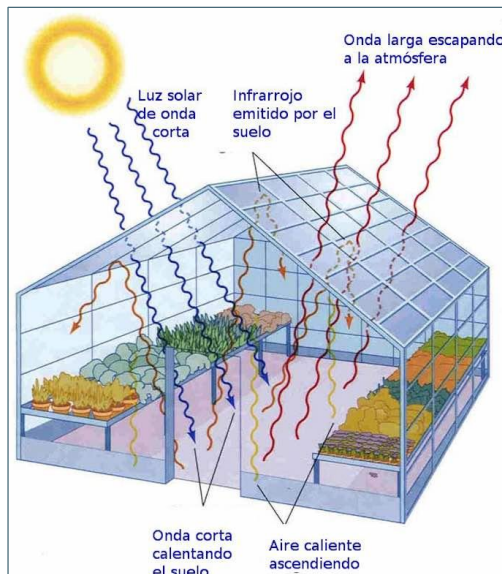
Un invernadero es una estructura de material traslúcido que permite crear condiciones de microclima artificiales para cultivar plantas fuera de temporada en condiciones óptimas.

EVOLUCIÓN

Primeros invernaderos de cristal → S. XIII Italia

Primeros invernaderos plásticos → 1948 EEUU

Invernaderos plástico España → 1958 Canarias



CLASIFICACIÓN

Parral o plano



Asimétrico



Capilla



Túnel



Malla



Cristal

SUPERFICIE DE INVERNADEROS EN GRAN CANARIA

La superficie de cultivo efectuada bajo invernaderos en Gran Canaria ha sufrido un descenso de cerca de un 22 % entre los años 2007 – 2022, siendo la superficie para el año 2022 de 3.346 ha ¹

Gran Canaria	Total (Ha)	Invernadero (Ha)	% sobre tipo cultivado
Fresas	25,6	19,8	77 %
Hortalizas frescas	3112	835,4	-
Tomates	366,7	344,3	11 %
Pepinos	128,1	128,1	4 %
Calabacines	174,1	64,9	2 %
Calabazas	167,8	21,2	1 %
Melones	232,1	38,7	1 %
Sandías	229,8	71,7	2 %
Pimientos	115,8	83,6	72 %
Judías verdes	110,3	26,9	24 %
Flores, plantas ornamentales y esquejes	90,1	58,5	65 %
Frutas y bayas	3300,4	1222	-
Aguacates	308,3	21,7	1 %
Plátanos	1.936,6	1.040,1	32 %
Papayas	148,5	141,5	4 %
Viveros	29,5	20,1	68 %
Total	11.459	3.345,6	29 %



¹ Instituto Canario de Estadística (ISTAC)

AGROVOLTAICA

Consiste en aprovechar una misma superficie de terreno tanto para obtener energía solar como productos agrícolas.



EVOLUCIÓN



1981

“Kartoffeln unter dem Kollektor” Adolf Goetzberger y Armin Zastrow



2011

Primer sistema agrovoltaico en Francia e Italia



2013

Japón (primer programa de subvenciones)



2015

Primer sistema agrovoltaico de más de 10 hectáreas



2017

Francia (Subvenciones para agrovoltaica)



2021

Más de 14 GWp de potencia instalada a nivel mundial ²

INSTALACIONES AGROVOLTAICAS

Según el tipo de estructura que se diseñe, las instalaciones agrovoltaicas pueden clasificarse como sistemas abiertos o cerrados.

SISTEMA ABIERTO

Fotovoltaica espaciada



Fotovoltaica elevada



SISTEMA CERRADO

Invernaderos solares

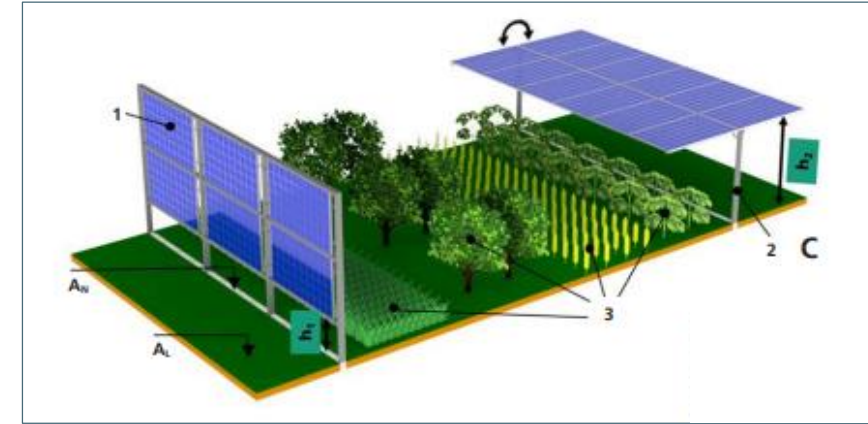
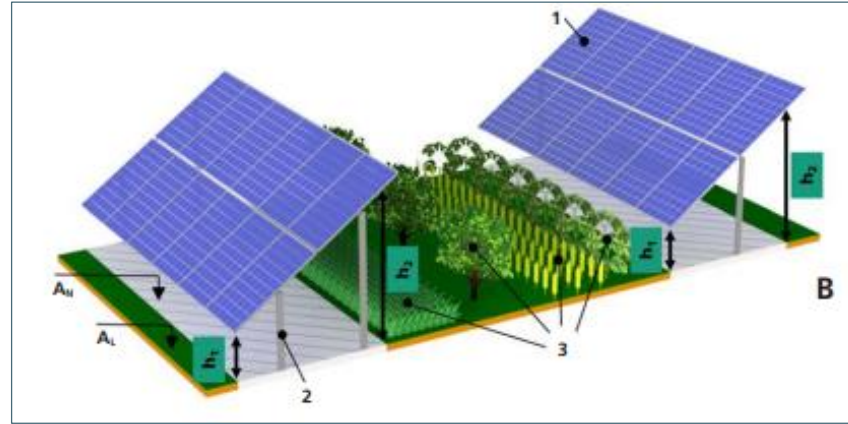
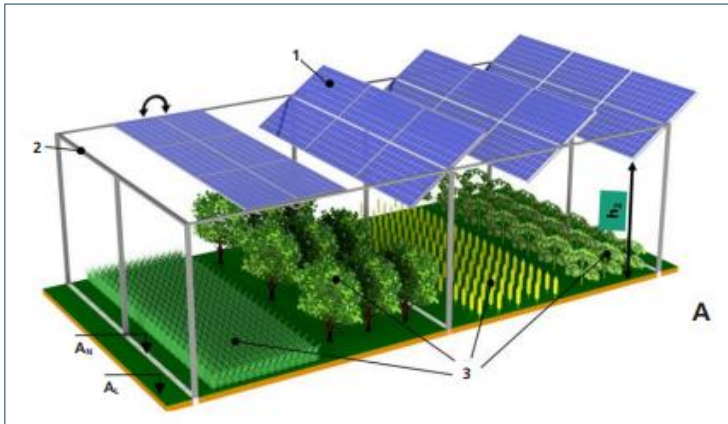


INSTALACIONES AGROVOLTAICAS

Según el tipo de estructura que se diseñe, las instalaciones agrovoltaicas pueden clasificarse como sistemas abiertos o cerrado.

SISTEMA ABIERTO

Configuraciones alternativas²

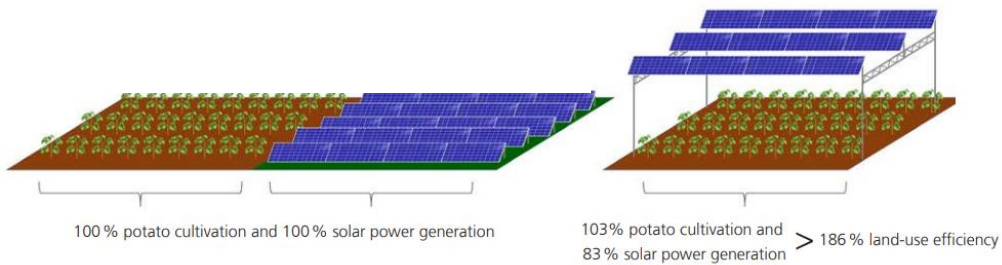


Legend

- A_c Cultivable agricultural areas
- A_{ul} Uncultivable agricultural areas
- h_1 Clearance height below 2.1 m
- h_2 Clearance height above 2.1 m
- 1 Examples of PV modules
- 2 Mounting structure
- 3 Examples of crops

ESTUDIOS EFECTUADOS

Se exponen algunos de los proyectos de aplicación agrovoltaica que se han efectuado en distintas regiones europeas



Heggelbach, proyecto APV-RESOLA (Alemania, 2016)²

Sistema abierto
Cultivo: Papas
194,40 kWp



Aasen, Donaueschingen (Alemania, 2020)²

Sistema abierto
1.046 kWp



Eyrargues, Bouches Du Rhone (Francia, 2018)³

Sistema cerrado
Cultivo: Fresas
2.000 kWp



Toulouges, Prineos Orientales (Francia, 2017)³

Sistema cerrado
Cultivo: Apio, mini acelgas
2.000 kWp



Ombrea, Rians (Francia, 2019)³

Sistema abierto
Cultivo: Vino



Picassent, Valencia (España, 2022)⁴

Sistema cerrado
Cultivo: Higuera y pitaya

² Agrovoltatics: Opportunities for Agriculture and the Energy Transition. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE)

³ SolarPower Europe (2023): Agrisolar Best Practices Guidelines Version 2.0

⁴INDEREN (Ingeniería y Desarrollos Renovables, S.L.)

EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

Desde el descubrimiento del efecto fotovoltaico en 1839 y el desarrollo de la primera célula fotovoltaica en 1883, la energía solar fotovoltaica ha ido ganando terreno a las energías convencionales llegando a 942 GW instalados en 2021.

NIVEL INTERNACIONAL

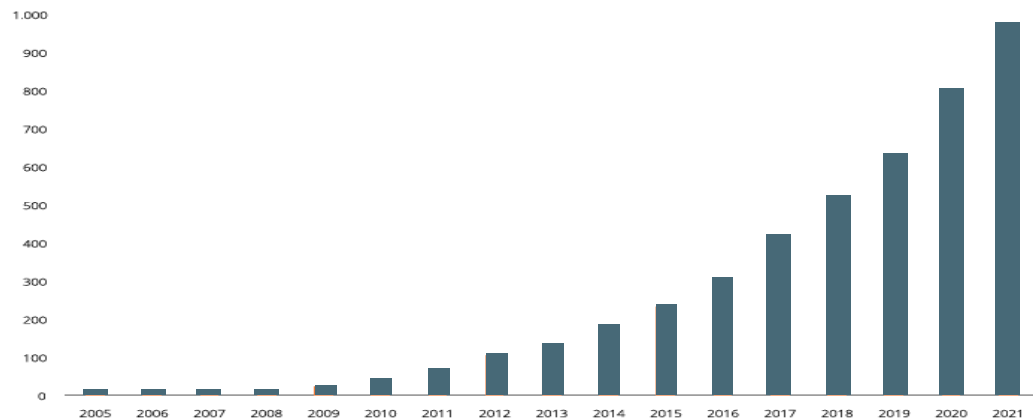
2008 – 2021 incremento de 16 GW → 942 GW ⁵

2021 – 2026 previsión 1.100 GW ⁵

UNIÓN EUROPEA

2011 – 2021 incremento de 21,4 GW → 164,90 GW ⁵

2021 – 2030 previsión 672 GW ⁵



ESPAÑA

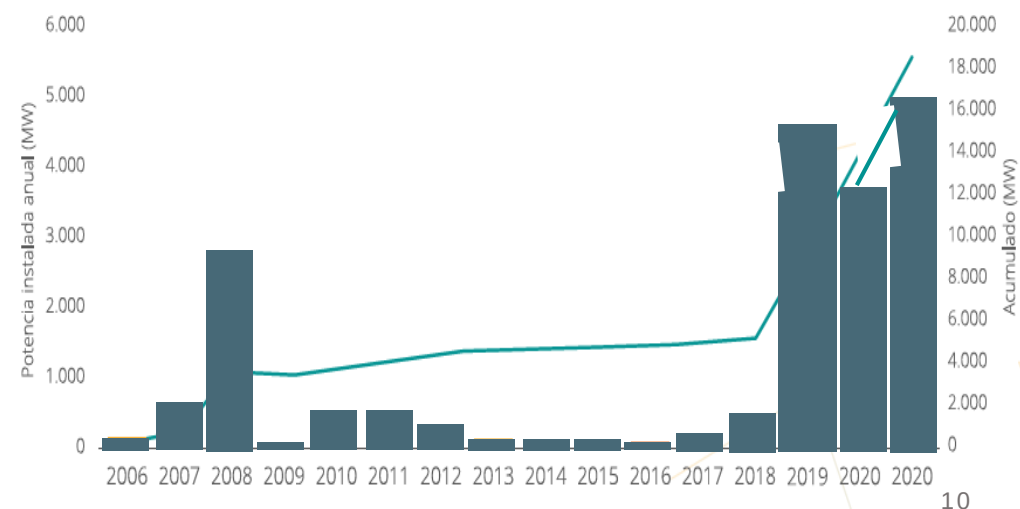
2006 – 2021 incremento de 125 MW → 4,69 GW ⁵

2021 – 2030 previsión 50 GW (PNIEC)

CANARIAS

2010 – 2021 incremento de 141 MW → 233 MW ⁶

2021 – 2030 previsión 1,31 GW (PTECan)



⁵ Informe Anual 2022. Unión Española Fotovoltaica

⁶ Anuario Energético de Canarias 2021. Gobierno de Canarias

MARCO REGULATORIO DE LA FOTOVOLTAICA

UNIÓN EUROPEA



2001

Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de septiembre de 2001



2009

Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009



2018

Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre de 2018



2019

Pacto Verde Europeo



2021

Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de junio de 2021

ESPAÑA



1998

Real Decreto 2818/1198, de 23 de diciembre



2014

Real Decreto 413/2014, de 6 de junio



2015

Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre



2019

Real Decreto 244/2019, de 5 de abril



2021

Ley 17/2021, de 20 de mayo, de Cambio Climático y Transición Energética



2022

Real Decreto-ley 20/2022, de 27 de diciembre

CANARIAS



1987

Plan Energético de Canarias 1986 (PECAN – 86)



1990

Plan Energético de Canarias 1989 (PECAN – 89)



2007

Plan Energético de Canarias 2006 – 2015 (PECAN – 2007)



2009

Decreto 141/2009, de 10 de noviembre



2015

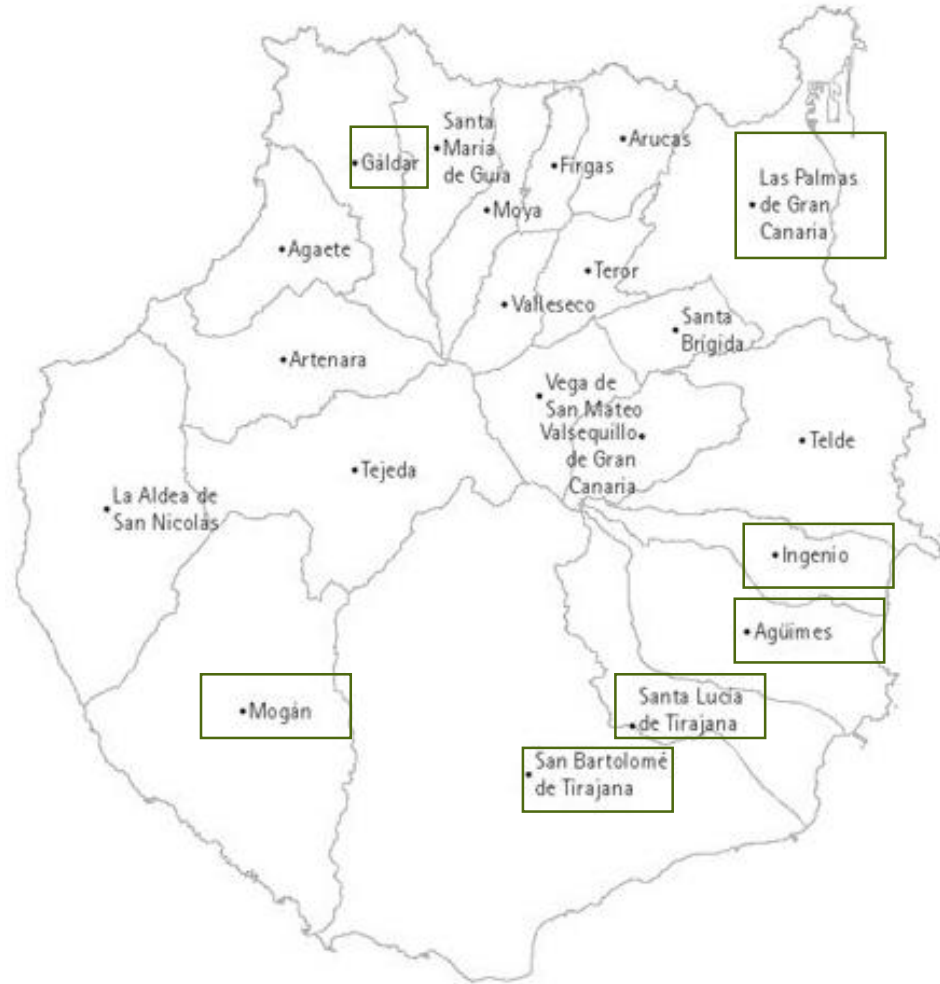
Estrategia Energética de Canarias 2015 – 2025 (EECan25)



2022

Ley 6/2022, de 27 de diciembre, de cambio climático y transición energética de Canarias

ORDENANZA MUNICIPAL PARA LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR



IMPLEMENTACIÓN DE FOTOVOLTAICA EN INVERNADEROS

Gáldar y Mogán

Informe técnico

Agüimes, Ingenio, Santa Lucía de Tirajana

Recomendación índice transparencia módulos

IMPLEMENTACIÓN DE FOTOVOLTAICA EN TERRENO AGRÍCOLA

Gáldar y Santa Lucía de Tirajana

Terreno menos fértil y que cause menor impacto paisajístico

Agüimes, Ingenio, Mogán, Las Palmas GC, San Bartolomé de Tirajana

Ley 4/2017, de 13 de julio, del Suelo y de los Espacios Naturales Protegidos de Canarias

Artículo 61. Usos, actividades y construcciones complementarios

En el caso de la producción de energías renovables la superficie máxima ocupable no podrá ser superior al 15% de la superficie realmente explotada, ni al 10% de la superficie de la explotación agraria.

The image shows the interior of a large, arched greenhouse. The structure is made of dark metal frames supporting a translucent plastic covering. Rows of lush green plants, likely lettuce, are growing in the beds. A central aisle is visible, with a vertical pipe or irrigation system running down its center. The perspective is from the end of the greenhouse, looking down the length of the structure.

EJEMPLO DE IMPLEMENTACIÓN EN INVERNADEROS

CRITERIOS SISTEMAS AGROVOLTAICOS

TIPO DE CULTIVO

Determina el tipo de sistema agrovoltaico, la altura de la estructura, tecnología fotovoltaica a emplear, inclinación y separación de los módulos.



Necesidades de radiación
10 – 14 (MJ/m²·día)

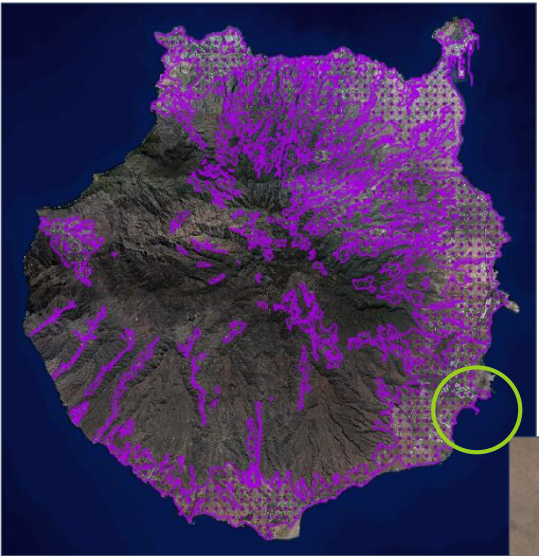


Necesidades de radiación
12 – 17 (MJ/m²·día)



Necesidades de radiación
9 – 13 (MJ/m²·día)

UBICACIÓN Y POTENCIAL SOLAR



Polígono I,
parcela 241, Las
Rosas (Agüimes)



Mes	Días	T media mensual (°C)	G media diaria (Wh/m ²)	I media diaria (W/m ²)	G media mensual (Wh/m ²)	I media mensual (W/m ²)
Ene	31	17,30	3.533,80	160,56	109.547,80	4.977,49
Feb	28	18,00	4.403,30	198,31	123.292,40	5.552,59
Mar	31	19,00	5.670,70	246,39	175.791,70	7.638,15
Abr	30	19,30	6.103,00	285,07	183.090,00	8.552,03
May	31	20,80	6.873,00	314,31	213.063,00	9.743,46
Jun	30	22,70	7.277,40	332,29	218.322,00	9.968,60
Jul	31	24,60	7.089,80	335,67	219.783,80	10.405,76
Ago	31	25,20	6.624,70	310,28	205.365,70	9.618,71
Sept	30	24,60	5.804,10	260,71	174.123,00	7.821,39
Oct	31	23,50	4.531,50	209,88	140.476,50	6.506,23
Nov	30	20,80	3.477,80	170,16	104.334,00	5.104,73
Dic	31	18,70	3.178,10	151,93	98.521,10	4.709,83
TOTAL	365	254,50	64.567,20	2.975,55	1.965.711,00	90.598,94

CRITERIOS SISTEMAS AGROVOLTAICOS

SISTEMA ABIERTO



SISTEMA CERRADO



TIPO DE SISTEMA AGROVOLTAICO

Lo determina la actividad agrícola que se desarrolle y las distintas normativas que regulen el suelo donde se implemente.

CRITERIOS SISTEMAS AGROVOLTAICOS

MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Parte fundamental de la instalación agrovoltaica. Las necesidades de radiación solar de cada cultivo determina el tipo de módulo a emplear.

AG-B72 - 225 Wp

double glass module with „halfcut“ cells

120 cells

12% transparency



certified double glass modules according to EN12600 for overhead mounting

Electrical Specification (STC)

Maximum Power at (Pmax)	225 Wp
Optimum Operating Voltage (Vmp)	20.8 V
Optimum Operating Current (Imp)	10.82 A
Open Circuit Voltage (Voc)	24.9 V
Short Circuit Current (Isc)	11.32 A
Module Efficiency (front side only)	10.2 %
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Power Tolerance	0/+5 W

Temperature Specification

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	43±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.36 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.33 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.049 %/°C

Mechanical Specification

Solar Cell	Bifacial halfcut, 9BB
No. of Cells	72 (4 x 18)
Dimensions Size 1	1049 x 2111 x 35 mm (with frame)
Weight Size 1	29 kg
Front/Back Glass	2 mm heat strengthened glass
Junction Box	IP68 rated (three bypass diodes)
Output Cables	4.0 mm2, symmetrical lengths (1130 mm)
Connectors	MC4 compatible
Fire Safety Class	Class C

Packing Configuration 40' HC Container

Pieces per pallet / Container	32 / 832
-------------------------------	----------



©AGORA Solar 03/2023

13



AG-B48 - 300 Wp

double glass modules with monocrystalline cells

48 cells

12% transparency

size I

size II

certified double glass modules according to EN12600 for overhead mounting

Electrical Specification (STC)

Maximum Power at (Pmax)	300 Wp
Optimum Operating Voltage (Vmp)	29.7 V
Optimum Operating Current (Imp)	10.11 A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.2 V
Short Circuit Current (Isc)	11.26 A
Module Efficiency	13.7 %
Maximum System Voltage	1500 V DC (IEC)
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C
Maximum Series Fuse Rating	20 A
Power Tolerance	0/+5 W

Temperature Specification

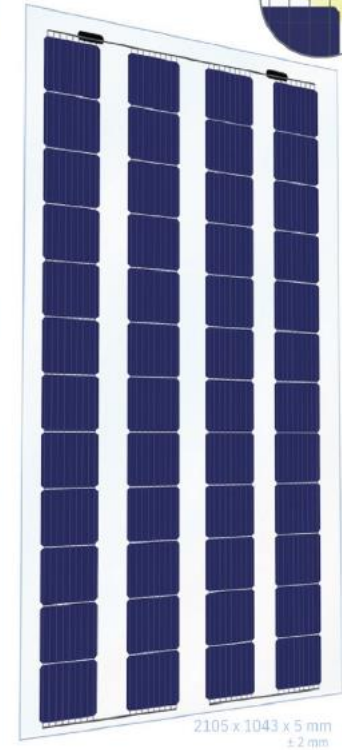
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.35 %/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.28 %/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.04 %/°C

Mechanical Specification

Solar Cell	Bifacial, 9BB
No. of Cells	48 (4 x 12)
Dimensions Size 2	2105 x 1043 x 5 mm (without J-box)
Weight Size 2	26 kg
Front/Back Glass	2 mm heat strengthened glass
Junction Box	IP68 rated (two bypass diodes)
Output Cables	4.0 mm2, symmetrical lengths (230 mm)
Connectors	MC4 compatible
Fire Safety Class	Class C

Packing Configuration 40' HC Container

Pieces per pallet	33
Pallets per container	22
Pieces per container	726



CRITERIOS SISTEMAS AGROVOLTAICOS

NECESIDADES ENERGÉTICAS DE LOS CULTIVOS

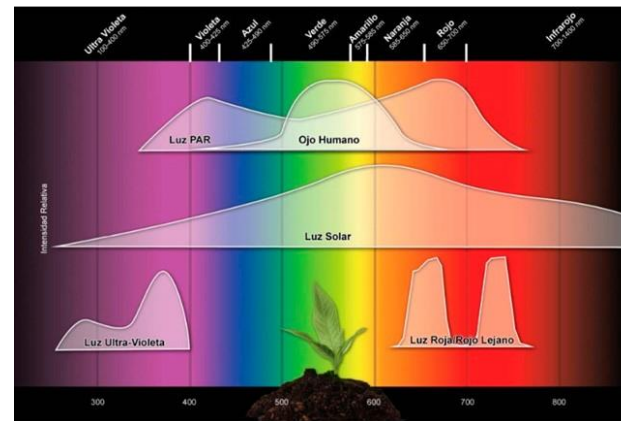
Determina el tipo de módulos fotovoltaicos a emplear, la inclinación y separación de estos.

BALANCE DE RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE

Es necesario comprobar la cantidad de radiación solar que llega al cultivo para su correcto desarrollo.

Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA)

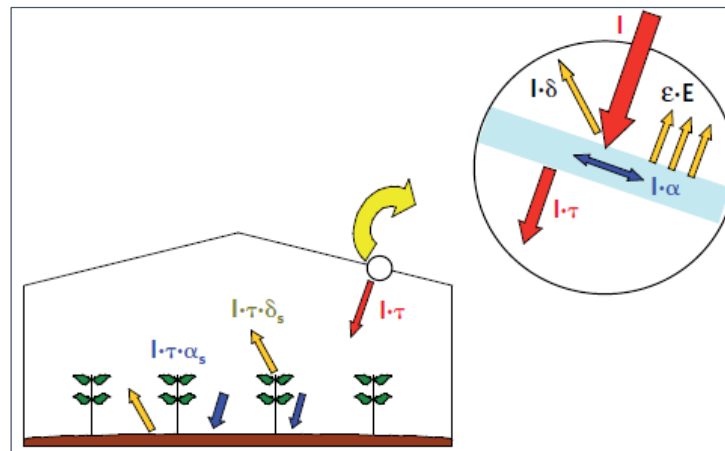
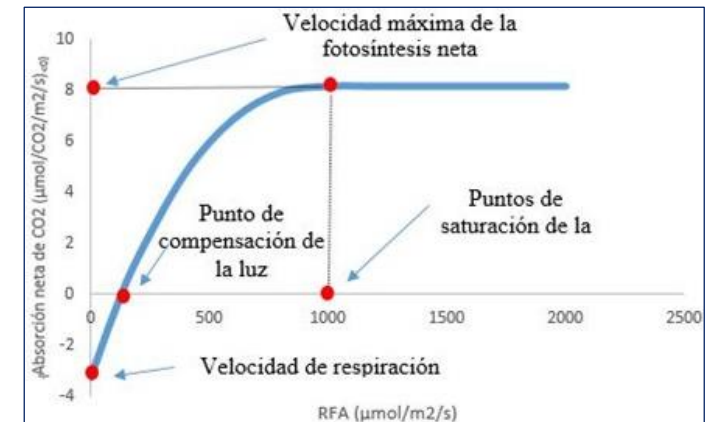
Es la parte de radiación solar empleada por las plantas para realizar el proceso de fotosíntesis.



Punto de saturación de la luz

Comienza cuando la radiación solar recibida es suficiente para realizar la actividad fotosintética.

Varía según cultivo.



$$I \cdot \tau = I \cdot (1 - \varepsilon - \delta - \alpha)$$

I: Radiación solar incidente (MJ/m²·día)

α: Coeficiente de absorción de la cubierta para la radiación solar

τ: Coeficiente de transmisión del material de cubierta para la radiación solar

ε: Emisividad del material de cubierta para la radiación solar

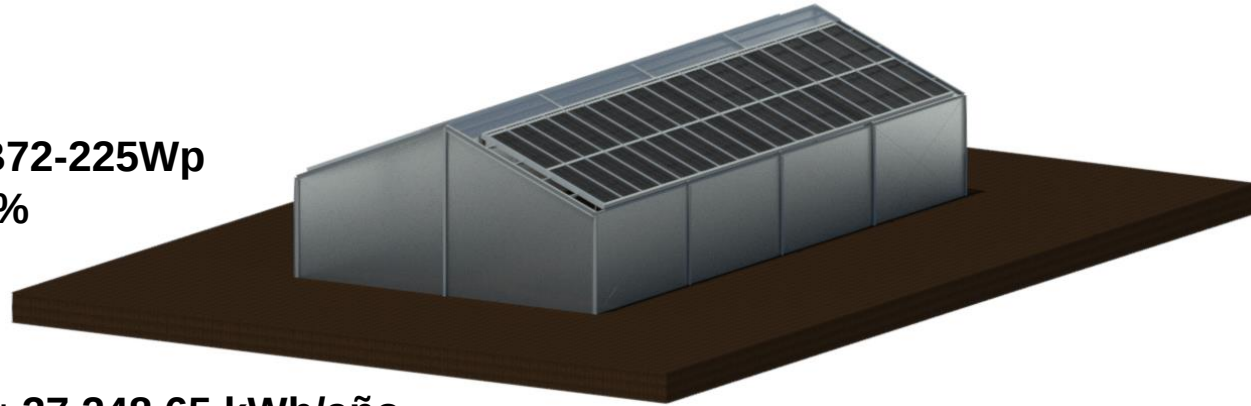
RESULTADOS OBTENIDOS

Luz: 10,00 m
Separación pórticos: 5,00 m
Altura a cumbrera: 5,00 m

INVERNADERO EJEMPLO (TIPO CAPILLA SIMPLE)

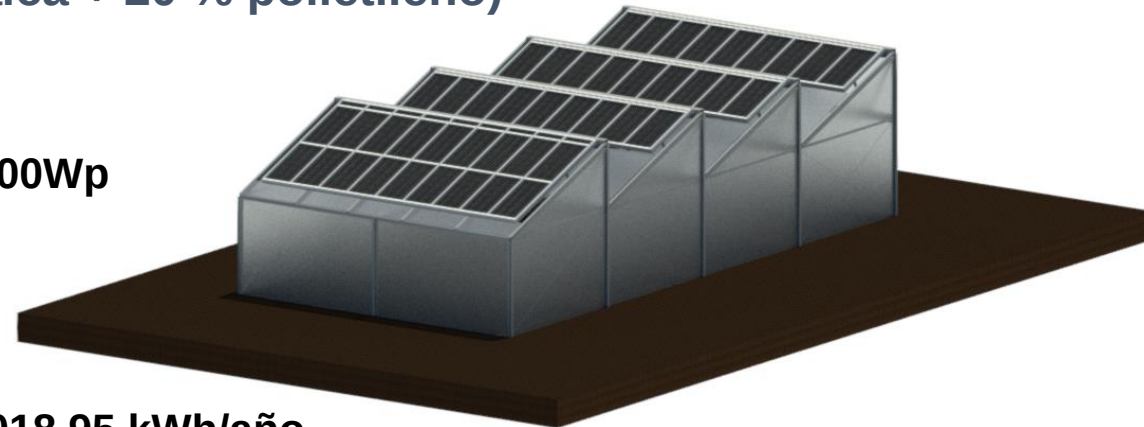
Dos aguas (100 % fotovoltaica)

Inclinación cubierta: **22 °**
Módulos fotovoltaicos: **AG-B72-225Wp**
Índice de transparencia: **50 %**
Disposición **horizontal**
Número de módulos: **72**
Potencia pico: **16,20 kWp**
Energía producida estimada: **37.248,65 kWh/año**



Diente sierra (80 % fotovoltaica + 20 % polietileno)

Inclinación cubierta: **22 °**
Módulos fotovoltaicos: **AG-B48-300Wp**
Índice de transparencia: **40 %**
Disposición **vertical**
Número de módulos: **42**
Potencia pico: **12,60 kWp**
Energía producida estimada: **29.018,95 kWh/año**



ANÁLISIS DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN INVERNADEROS DE GRAN CANARIA

RATIOS

Cubierta a dos aguas
12,34 kWp/m²

Cubierta a un agua
(diente de sierra)
15,87 kWp/m²

Cubierta a un agua
(cubierta plana)
7,50 kWp/m²

Gran Canaria	Cubierta a dos aguas (kWp)	Cubierta a un agua diente de sierra (kWp)	Cubierta a un agua cubierta planta (kWp)
Fresas	11,23	8,73	23,76
Hortalizas frescas	473,89	368,48	1.002,48
Tomates	195,31	151,87	413,16
Pepinos	72,67	56,50	153,72
Calabacines	36,82	28,63	77,88
Calabazas	12,03	9,35	25,44
Melones	21,95	17,07	46,44
Sandías	40,67	31,63	86,04
Pimientos	47,42	36,87	100,32
Judías verdes	15,26	11,87	32,28
Frutas y bayas	693,19	539,00	1.466,40
Aguacates	12,31	9,57	26,04
Plátanos	590,01	458,77	1.248,12
Papayas	80,27	62,41	169,80
Total	1.923,58	1.495,72	4.069,20

CONCLUSIONES

- Favorece la descarbonización del sector agrícola y reduce el consumo de la red eléctrica
- Protege los cultivos y mejora su desarrollo
- Permite aprovechar las explotaciones agrícolas abandonadas, revalorizando el sector primario en núcleos eléctricamente aislados
- La ausencia de un marco legal claro a nivel europeo y nacional, limita el avance de esta tecnología
- Necesidad de incorporar en las políticas de ordenación de territorio zonas específicas que favorezcan el desarrollo de la agrovoltaica en Canarias
- Eliminar la limitación en la compatibilización del doble uso del suelo agrícola
- Inexistencia de subvenciones o incentivos fiscales dificulta su implementación (elevados costes iniciales)



SITUACIÓN PRESENTE Y FUTURA DE LA AGROVOLTAICA EN GRAN CANARIA

Consuelo Tatiana Gómez López
Ingeniera Industrial

Oficina de Transformación Comunitaria y Transición Energética de Gran Canaria (OTC-GC)

