

# La energía solar y los invernaderos en Navarra



Ignacio Sánchez Manero

(INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO E INGENIERO INDUSTRIAL  
POR LA UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA)



ITG Agrícola viene insistiendo en la necesidad de que las instalaciones de invernaderos reúnan un mínimo de características técnicas que permitan la creación de un clima adecuado para los cultivos. Pero está claro que ello exige una serie de dotaciones que faciliten un adecuado manejo y que a su vez las propias estructuras lo justifiquen. Y en este sentido siempre destacamos la enorme ventaja de las capillas sobre los túneles. Las capillas pueden justificarlas, los túneles no.

Pero para ello todas las explotaciones de invernaderos, capillas o túneles, necesitan una fuente de energía eléctrica. Y frecuentemente su ubicación se encuentra lejana para realizar una toma razonable. Esto condiciona en muchos casos la calidad de las estructuras de invernadero que se vienen montando, lo que constituye

un contratiempo serio para el desarrollo del sector. El ITGA decidió estudiar el empleo de energías alternativas y renovables para solucionar el problema de esas explotaciones y, para ello, estableció contactos con el Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural de la Escuela de Ingenieros Industriales de la UPNA, y más concretamente con su director D. Paulino Martínez Landa. Finalmente, el estudio lo ha llevado a cabo D. Ignacio Sánchez Manero, como proyecto fin de carrera, mediante un convenio de colaboración entre estas dos entidades, y en él se han obtenido interesantes resultados.

El presente artículo aborda de manera resumida este tema, con las primeras conclusiones del estudio que pueden aplicarse no sólo a los invernaderos sino también a otros tipos de explotaciones agrícolas y ganaderas.



## Razones del ITGA para promover el estudio

En el centro y sur de Navarra el número de días soleados es alto. Tenemos además zonas con vientos persistentes y, en algunos supuestos, explotaciones cercanas a cursos de agua. Y esto nos ha hecho pensar desde hace tiempo, en las energías alternativas y en su posibilidad de aplicación a las explotaciones de invernaderos, o de cualquier otro tipo, agrícola o ganadera.

Conscientes de la situación, desde el ITG Agrícola, y en concreto el Área de Invernaderos estableció contacto con la Escuela de Ingenieros Industriales de la UPNA, concretamente con D. Paulino Martínez Landa del Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural, con el fin de que dicho estudio pudiera ser realizado mediante un convenio de colaboración entre ambas partes.

Como resultado de estas conversaciones y dirigido por el profesor Martínez Landa, el alumno de dicha Escuela, Ignacio Sánchez Manero, realiza un estudio denominado "Aplicación de energías renovables a invernaderos", y del que entresacamos los siguientes objetivos:

- conocer si mediante energías de carácter renovable se pueden lograr invernaderos autosuficientes desde el punto de vista energético,
- y comprobar si dicha posibilidad es viable para llevarla a cabo con las soluciones técnicas que existen en la actualidad. En definitiva se trata de dotar a las explotaciones de invernaderos de energía eléctrica procedente de fuentes de energía alternativa, en este caso energía solar, que resulte aconsejable tanto técnica como económicamente.

### Otros objetivos del estudio son:

- Tener una base de conocimientos para llevar a cabo los pasos necesarios que conduzcan a mejorar la solución del pro-

blema planteado, logrando mejorar la eficiencia tanto técnica como económica de los recursos disponibles en cada lugar de ubicación.

- Dicho estudio debe servir como punto de partida para el desarrollo posterior de tales aplicaciones y otros estudios encaminados a la consecución de energía en puntos alejados de la red eléctrica.



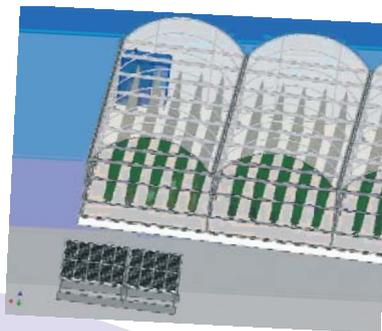
En este sentido, el objetivo se ha logrado plenamente ya que el estudio concluye con **diversas opciones posibles, pero deja cimentadas las bases** para la realización de nuevos y específicos trabajos.

Creemos obligado dar a conocer, a través de la revista Navarra Agraria, la existencia de dicho estudio, que naturalmente obra en poder de la Escuela de Ingenieros Industriales de la UPNA y en el ITG Agrícola.

Por último divulgar también que, según el estudio, **existen ayudas oficiales para este tipo de instalaciones**. En concreto "La ejecución de proyectos que desarrollen instalaciones de aprovechamiento de energías renovables está premiado tanto con ayudas del Gobierno de Navarra, como del Instituto de Diversificación y Ahorro Energético (IDAE). Ambas ayudas son compatibles.



# PLANTEAMIENTO

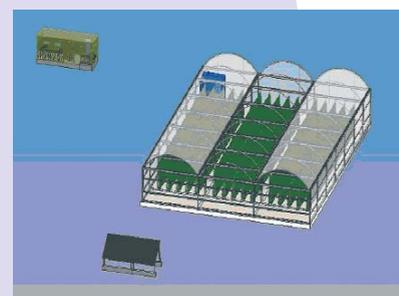


El ITG Agrícola y más concretamente su departamento de invernaderos deseaba realizar un primer estudio acerca de la posible implantación de energías renovables en los invernaderos existentes en Navarra. Sus técnicos, en su trabajo diario, recogen la necesidad de los invernaderistas de disponer de suministro energético en puntos alejados de la red eléctrica, con el fin de satisfacer los consumos existentes en dichas explotaciones. Dichos **puntos de consumo** pueden ser:

- Motores para ventanas.
- Motores para pantallas térmicas.
- Programadores para el control climático.
- Calefactores de aire. Quemadores.
- Sistema de riego.
- Sistema de hidroponía.
- Sistemas de humidificación: fog, cooling.
- Iluminación del invernadero o de instalaciones anexas.
- Posibilidad de aplicación de CO<sub>2</sub>.
- Otros...

Ante la gran cantidad de consumos expuestos, el ITG Agrícola ha estimado que en un primer momento sean consideradas las necesidades energéticas procedentes de las siguientes actuaciones: motores de ventanas, motores de pantallas térmicas, sistemas de humidificación y sistemas de riego.

El estudio se ha desarrollado en un **invernadero ubicado en la finca experimental de Sartaguda**, una capilla de tres naves y dedicado al cultivo hidropónico, con una superficie de 700 metros cuadrados. El hecho de realizar dicho estudio en este invernadero responde a que se halla dotado de diversos mecanismos que exigen consumo energético y además se pueden tomar con gran exactitud los datos relativos a consumos y momentos del día en que se producen.



## elección del tipo de energía renovable a utilizar

Las características atmosféricas que se presenten en cada lugar, condicionan qué tipo de fuente de energía renovable se puede utilizar en cada explotación, ya que de ellas dependerá el sistema a instalar, para su captación y su posterior generación de energía eléctrica de forma autónoma.

Las fuentes de energía renovables que se han considerado en el estudio son: la energía solar (sólo se ha utilizado la energía solar fotovoltaica que es aquella que produce energía eléctrica directamente, prescindiendo de la energía solar térmica que es aquella que

nos genera calor), la energía eólica procedente del viento y la energía hidráulica procedente de un salto de agua próximo.

Entre éstas tres fuentes de energía, se ha escogido la **energía solar fotovoltaica** para este caso en particular, ya que es la que mejor se ajusta a las condiciones que se presentan para nuestro caso y para el lugar donde se ubica el invernadero.

La explotación del **recurso eólico** se desestimó, una vez comprobadas las medidas de velocidad del viento del lugar, que resultan inferiores a la mínima

que requiere un aerogenerador para funcionar. Esto puede deberse a que el invernadero se encuentra en un valle y la fuerza con la que sopla el viento no es la suficiente como para realizar una instalación eólica que resulte eficiente.

La **energía hidráulica** procedente de un salto de agua no se ha considerado, debido a que aguas arriba del invernadero ya existe una minicentral hidráulica que aprovecha la diferencia de alturas existentes en el cauce del Ebro.

La **energía solar térmica**, aquella que nos genera calor y que nos

puede satisfacer la demanda calorífica del invernadero en determinados momentos del año, no ha sido considerada ya que los días del año en que se requiere este tipo de energía (invierno) son días en los que la captación de energía solar no resulta muy alta (en esa época hay pocas horas luz y además con abundantes días nublados). En consecuencia, la instalación de sistemas para el aprovechamiento térmico de este recurso sería ineficiente.

Por otra parte, se debe sumar a la anterior explicación el hecho de que la demanda calorífica de un invernadero se produce generalmente durante las noches (cuando el termómetro alcanza temperaturas mínimas) y la generación de calor procedente del sol se produce durante las horas diurnas. Existe por lo tanto un desfase entre la generación de calor y su demanda, requiriendo de ciertos sistemas de acumulación de calor que reducen los rendimientos que se pueden obtener en estos tipos de instalaciones.

La solución adoptada en este caso de suministrar la energía requerida por el invernadero a partir de la energía solar fotovoltaica no significa que para el resto de invernaderos sea la única fuente energética que pueda ser aprovechada, sino que en función de las características específicas que haya en cada lugar de ubicación del invernadero será conveniente el aprovechamiento de unos u otros recursos, debiéndose de realizar un estudio detallado.

Cabe también la posibilidad de aprovechar varias fuentes energéticas a la vez para una misma explotación, resultando las instalaciones híbridas. Por ejemplo, una instalación en el que se coloquen módulos fotovoltaicos (paneles) junto con aerogeneradores. Otra posibilidad es combinar el aprovechamiento de un recurso de carácter renovable con la utilización de grupos electrógenos que nos produzcan la energía eléctrica demandada en los momentos en que la instalación de captación de energía renovable no sea capaz de suministrar toda la demanda energética que tengamos. ■



datos

de partida

Sartaguda. Los datos con los que se han realizado los cálculos de la instalación fotovoltaica pertenecen a los años 2001 y 2002 siendo anotados cada 10 minutos a lo largo de todos los días del año. En principio, debería ser analizada una secuencia de años más larga pero para ITG Agrícola y según los objetivos que se persiguen se ha creído suficiente considerar dos años.

- Los **valores de consumo energético** que demanda la explotación.

Se deben conocer tanto las potencias eléctricas que requiere cada equipo como los momentos al cabo del día en que entra en funcionamiento cada aparato y sus funcionamientos simultáneos con otros. Es crucial conocer esto último, ya que debemos saber la potencia de consumos en momentos puntuales, tanto de día como por la noche. Y ello con el fin de disponer de un sistema de acumulación de energía eléctrica (baterías) de mayor o menor dimensión, dado el consiguiente desembolso económico que supone.

El objetivo que presenta ITG Agrícola es estudiar la posibilidad de suministrar la totalidad de la energía que demanda en cada momento del día un invernadero mediante fuentes de carácter renovable y posteriormente realizar cálculos de viabilidad económica de las soluciones que se aporten al problema.

**Para realizar un buen diseño de la instalación fotovoltaica, se debe partir del conocimiento de dos aspectos:**

- La **radiación solar** que se capta en el lugar donde se ubica el invernadero. Los datos recabados son tomados de la estación meteorológica que dispone Riegos de Navarra en la misma finca de





## CAPTACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR

Los valores de la radiación solar obtenidos, los Watios de potencia, vienen dados por el número de Watios que se obtienen en un instante de tiempo sobre una superficie horizontal de un metro cuadrado. A partir de estos valores, se pueden determinar los que se captan sobre una determinada superficie inclinada en un cierto ángulo y con una cierta orientación Norte-Sur.

La inclinación de los paneles fotovoltaicos depende de la latitud del lugar y de los momentos al cabo del año en que se producen mayores consumos. Es decir, si la distribución de la demanda energética de un invernadero no es constante (tal y como se ha comprobado, observando los gráficos que a continuación se exponen) y se produce la mayor demanda en verano, conviene inclinar un ángulo pequeño los paneles, ya que en estas épocas, el sol se encuentra a mayor altura que en la época invernal y para que lleguen los rayos solares lo más perpendiculares a los paneles (con el fin de captar la máxima energía posible) se inclinan estos paneles un pequeño ángulo. Si por el contrario, la mayor demanda energética se produce en los meses de invierno, se aconseja inclinar los paneles en un ángulo mayor con el fin de que cuando el sol se encuentre a menor altura respecto a la que alcanza en verano, los rayos solares lleguen e incidan más perpendiculares a los paneles fotovoltaicos. De ahí la importancia de conocer qué sistemas de consumo son los que van a ser satisfechos mediante la instalación fotovoltaica y cual es la distribución de energía demandada al cabo del año, así como a lo largo del día.

La orientación Norte-Sur con la que se instalan los paneles es de 0° Sur y el ángulo de inclinación que se ha escogido ha sido de 35°. Conviene señalar que las estructuras que portan a los paneles deben poder permitir dicha inclinación y deben estar ubicadas en lugares abiertos al exterior con el fin de que no haya obstáculos a su alrededor que puedan proyectar sus sombras, reduciendo la captación de energía.

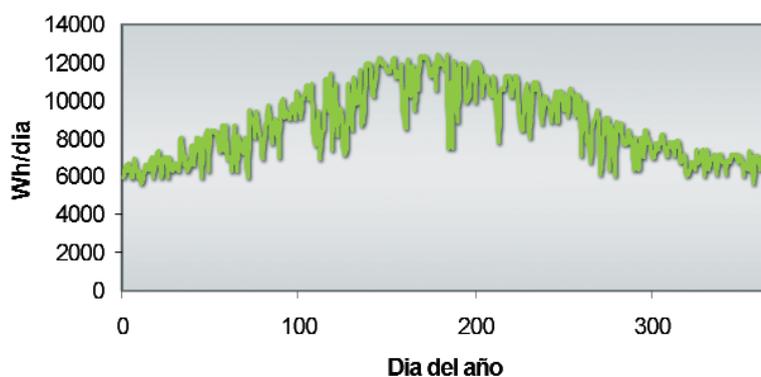
## CONSUMOS CONSIDERADOS EN EL ESTUDIO

Los consumos considerados que deben ser satisfechos mediante la instalación fotovoltaica han sido los siguientes:

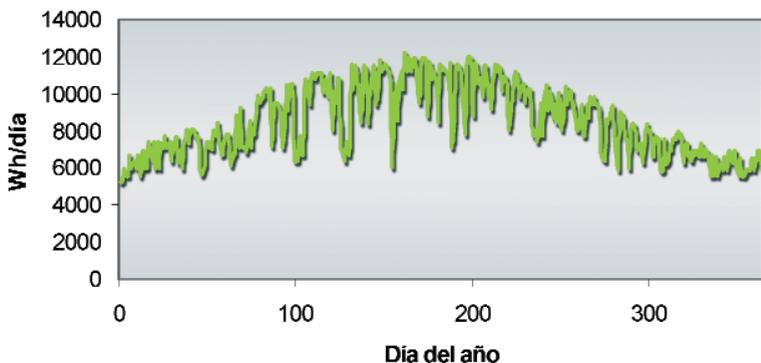
- ✓ Sistema de ventilación: 3 motores de potencia 310 W à 930 Watios
- ✓ Sistema de pantalla térmica: 1 motor de 310 W à 310 Watios
- ✓ Sistema de FOG: grupo presión y bomba de agua à 3.300 Watios
- ✓ Sistema de riego hidropónico: cabezal de riego, cabezal de hidroponía, agitador de abonos, bomba de suministro de agua à 5.500 Watios
- ✓ Sistema de recogida de lixiviados: 1 bomba de agua à 1.300 Watios
- ✓ Otros sistemas: consumo constante en el día à 150 Watios

**Total ..... 11.490 Watios**

**Consumo Total 2001**



**Consumo Total 2002**

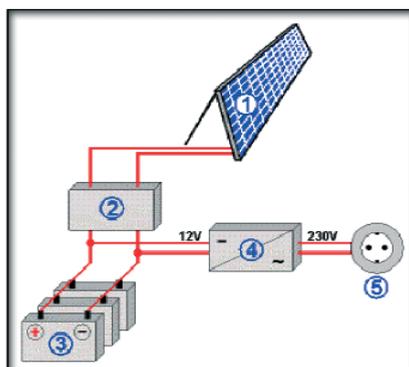


# componentes

que conforman  
el sistema  
fotovoltaico

El sistema fotovoltaico estará formado principalmente por los siguientes elementos, los cuales hay que determinar en función de las características tanto técnicas como ambientales que dispongamos en cada caso:

- 1 Generador fotovoltaico
- 2 Regulador de carga
- 3 Batería de acumulación
- 4 Inversor
- 5 Sistemas de consumo



1 - El generador fotovoltaico es el encargado de transformar la energía del sol en energía eléctrica. Este generador está formado por un número de paneles fotovoltaicos conectados que nos proporcionan la demanda de energía requerida por la explotación.

2 - El regulador de carga nos permite controlar los procesos de carga y descarga de la batería y es el encargado de proteger a las baterías contra sobrecargas o contra sobredescargas excesivas que podrían resultar dañinas para las baterías, acortando su vida útil.

3 - La energía producida por el ge-

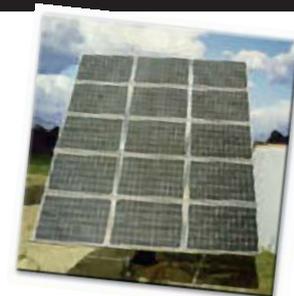
nerador fotovoltaico se acumula en un sistema de baterías, de este modo la energía producida durante las horas de sol se puede utilizar durante la noche o en momentos en los que no se disponga de la suficiente radiación solar para generar la energía necesaria. La batería es un elemento que va estar cargándose y descargándose cíclicamente de manera que conviene dimensionarla convenientemente para que tenga una larga vida útil.



TRANSFORMADOR  
DE CORRIENTE

BATERÍAS

4 - Los módulos fotovoltaicos producen corriente continua que se puede almacenar directamente en las baterías. En el caso de que tengamos que dar suministro eléctrico a aparatos que consumen corriente alterna, como es el caso de la mayoría de los sistemas de consumo existentes en un invernadero, se debe disponer de un inversor el cual se encargue de transformar la corriente continua en corriente alterna y la realice con el máximo rendimiento posible. Ade-



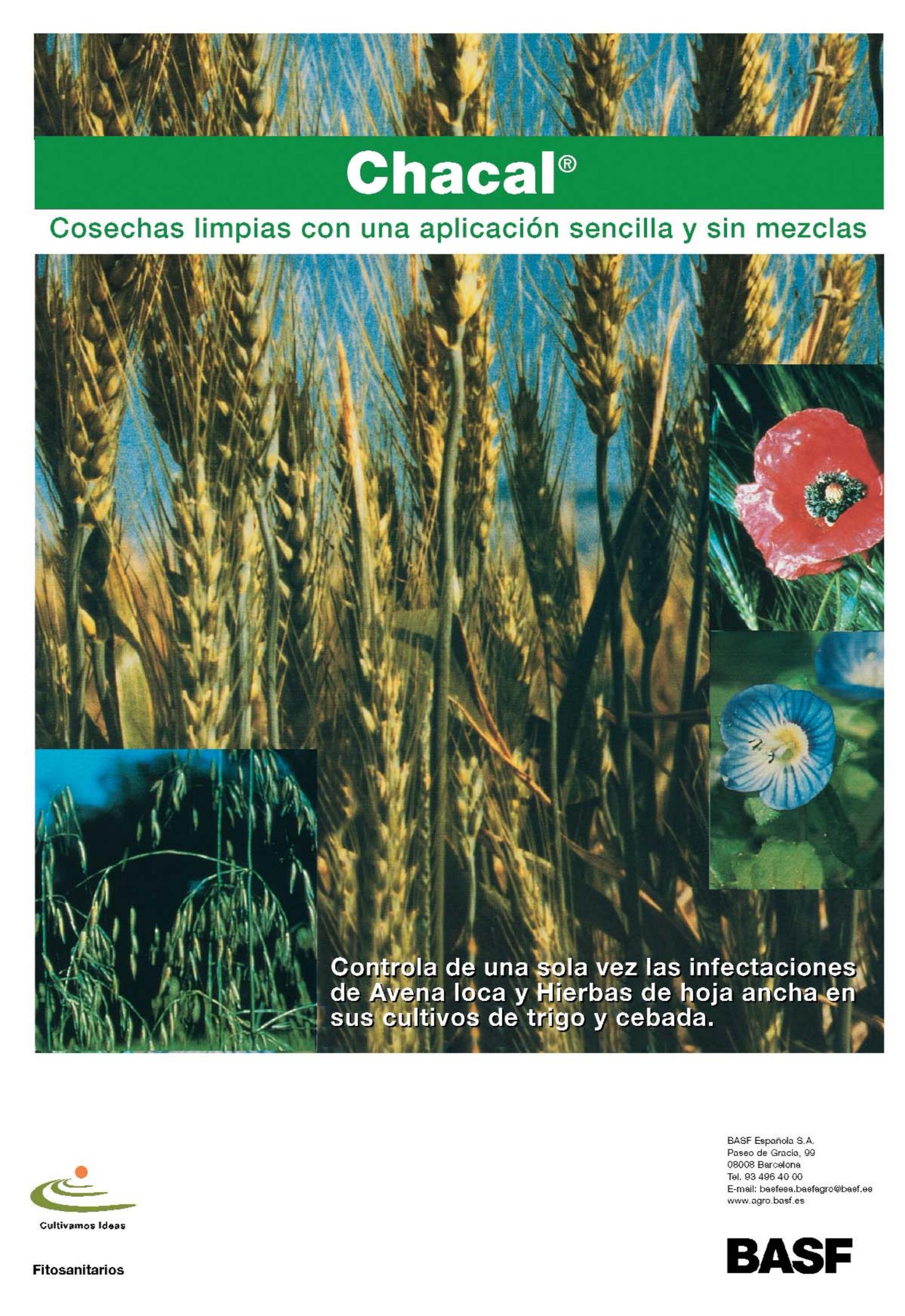
más hay que señalar que los equipos instalados en los invernaderos, suelen ser equipos trifásicos, de manera que habrá que conseguir al final energía eléctrica en forma trifásica (lo que aumenta el costo de la instalación).

5 - Los sistemas de consumo abarcan a todos los consumos o cargas eléctricas que el sistema fotovoltaico ha de satisfacer, los cuales pueden ser en corriente continua o en corriente alterna (es la situación general en este momento). Una buena determinación de los consumos que va a abastecer la instalación fotovoltaica es un hecho fundamental a la hora de diseñar tal instalación.

El diseño de la instalación fotovoltaica se basa en la realización de balances de energía consumida y energía generada cada día del año, teniendo en cuenta el estado de carga en que se encuentran las baterías al finalizar cada día, así como los rendimientos que tiene cada componente que conforma la instalación fotovoltaica.



PLACAS Ó PANELES SOLARES



# Chacal<sup>®</sup>

Cosechas limpias con una aplicación sencilla y sin mezclas



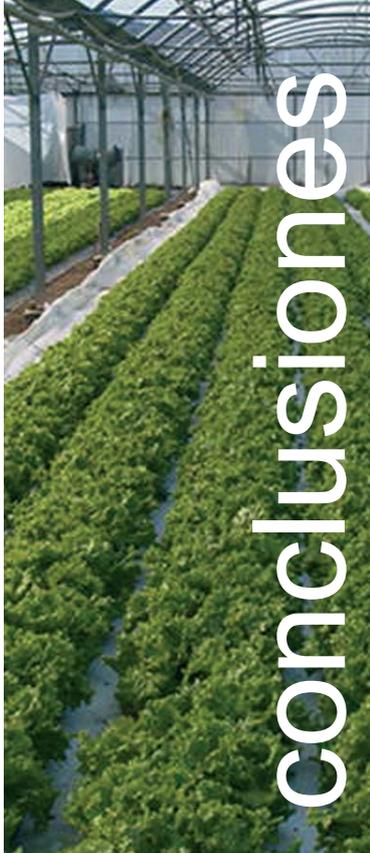
Controla de una sola vez las infecciones de Avena loca y Hierbas de hoja ancha en sus cultivos de trigo y cebada.



Fitosanitarios

BASF Española S.A.  
Paseo de Gracia, 99  
08008 Barcelona  
Tel. 93 496 40 00  
E-mail: [bafeea.baefagro@baef.es](mailto:bafeea.baefagro@baef.es)  
[www.agro.basf.es](http://www.agro.basf.es)

**BASF**



# Conclusiones

## del estudio

La primera conclusión y respuesta al origen de este estudio, que era conocer la viabilidad económica de la obtención de energía a través de la energía solar, para este supuesto concreto, da como resultado que no es viable económicamente dicha posibilidad, en función de los puntos de partida que se han tomado.

La anterior afirmación convendría matizarla en algunos aspectos con el fin de que dicho estudio no sea considerado como un obstáculo para un posterior desarrollo de las energías renovables encaminadas a su aplicación en explotaciones de invernaderos, o explotaciones en general, que se encuentran aisladas de la red eléctrica.

El aspecto fundamental a tener en cuenta para comprender dicha conclusión es que **uno de los puntos de partida del estudio era que la totalidad de la demanda energética fuera satisfecha en todo momento mediante energía solar fotovoltaica. Este hecho lleva a sobredimensionar en gran cuantía toda la instalación fotovoltaica para que sea cumplido el punto de partida antes reflejado.**

El sobredimensionamiento de la instalación es consecuencia de que cubra la demanda energética considerada, en todo momento, en el período de los dos años estudiados, considerando incluso los momentos en que la radiación solar es baja y muy baja (sobre todo en invierno). Este sobredimensionado de la instalación fotovoltaica lleva a utilizar más módulos fotovoltaicos, más baterías principalmente, lo que hace que el costo de la instalación se eleve de manera importante.

De acuerdo con la experiencia de las personas que trabajan en el campo de la energía solar fotovoltaica para su posterior aplicación en modo autónomo, tenemos que entender que **las fuentes de energías renovables no deben ser consideradas como fuentes de energías sustitutivas de otros modos de producción de energía**, ya que debido a que no se puede asegurar su disponibilidad en el tiempo entonces no se pueden considerar como tales. Las fuentes de energías renovables cuando son aplicadas a instalaciones autónomas, **deben ser consideradas como modos de producción de energía complementarias** al modo que se esté utilizando en ese momento, pudiendo reducir en un porcentaje la producción de energía con los medios convencionales utilizados hasta ahora.

Si el estudio hubiera tenido otro punto de partida, en el que no fuera necesario satisfacer la demanda energética en todo momento, de manera obligatoria, posiblemente habría tenido resultados distintos a los presentados en este proyecto. Sin embargo, se debería realizar otro estudio acerca de los riesgos y consecuencias que se podrían presentar si la explotación agraria quedara en algunos momentos sin energía eléctrica y si dichas consecuencias pueden ser asumidas por los invernaderistas.

## otras conclusiones



**El sistema de riego hidropónico, con sus diferentes motores, es el que mayor consumo presenta de la instalación.** Algo más de un 80% de la demanda energética total del invernadero es el requerido por el sistema de fertirriego hidropónico. Este sistema, además, representa la mayor potencia eléctrica consumida en cada momento, contribuyendo al elevado costo económico de la inversión a realizar.

**El resto de sistemas de consumo,** ventilación, pantalla térmica y recogida de lixiviados presentan potencias eléctricas más proclives a ser alimentadas por parte de sistemas fotovoltaicos autónomos, de ahí que pueda ser **posible que resulte viable económicamente la aplicación de la energía solar fotovoltaica** a los sistemas de ventilación, pantalla térmica y recogida de lixiviados en su conjunto.

En cuanto a los sistemas de riego y humidificación, se aconseja diseñar la instalación fotovoltaica de manera que en verano dicha instalación pueda proporcionar toda la energía que necesita el invernadero, mientras que en invierno la producción de energía sea apoyada mediante un grupo electrógeno, con el fin de no

sobredimensionar la instalación fotovoltaica para que dicha inversión sea económicamente viable.

Otra conclusión a tener en cuenta es el riesgo y consecuente **peligro** de que roben los módulos fotovoltaicos y parte de la instalación. Dicho riesgo existe tal y como se puede ver en la prensa sobre sucesos que han ocurrido en nuestra Comunidad en las instalaciones que existen en la actualidad.

Los módulos fotovoltaicos constituyen un producto muy goloso para los ladrones, con independencia del lugar donde hayan sido colocados, como desgraciadamente se ha comprobado. Para evitar dichos robos, es **conveniente y diría obligatorio, disponer de ciertos sistemas de alarmas** que nos permiten detectarlos.



>>> Consulte nuestra revista también en Internet, el medio más moderno, ágil y rápido

<http://www.navarraagraria.com>

En la página web [www.navarraagraria.com](http://www.navarraagraria.com) los lectores podrán consultar de forma **abierta y gratuita** los artículos publicados en este número de la revista.

¡ CON UN NUEVO SERVICIO DE SUSCRIPCIÓN ELECTRÓNICA !



# soluciones posibles



La solución que se plantea para el suministro de energía en puntos alejados de la red eléctrica es recurrir a instalaciones mixtas de grupo electrógeno y aprovechamiento de algún recurso renovable (sol, viento, salto de agua). De esta manera no se recurre a sobredimensionar la instalación, puesto que contamos con un sistema de apoyo de suministro de energía eléctrica para aquellos momentos en los que no se pueda satisfacer la demanda con la fuente de carácter renovable. El dimensionado de la instalación mixta debería realizarse de manera que, en verano, el consumo pueda ser satisfecho con la instalación fotovoltaica mientras que en invierno y durante los periodos de días en los que la radiación solar sea baja, se recurriría al grupo electrógeno como fuente energética para los consumos que se presenten y la carga de las baterías.

Esta solución parece viable tanto técnica como económicamente, ya que **la totalidad de las instalaciones de invernaderos capillas de Navarra que se encuentran aislados de la red eléctrica disponen de grupos electrógenos para su suministro energético, de manera que ya se cuenta con una parte del sistema mixto.**

Otra posible solución al problema, pudiera ser no abordar de forma

global el suministro de energía del invernadero con una instalación fotovoltaica, sino solamente suministrar a algunos de los diferentes sistemas, especialmente aquéllos que se prestan más (según sus características) a un posible suministro energético a través de la energía procedente del sol. Las necesidades de estos sistemas concretos podrían ser satisfechas a través de una instalación fotovoltaica durante todo el año, y exigiendo asimismo la posibilidad de conectar un grupo electrógeno que nos permita no sobredimensionar la instalación en gran cuantía y evitar posibles riesgos para la explotación agrícola.

Como última posible solución, cabría el plantearse desde el principio que los sistemas de consumo a instalar en el invernadero fueran satisfechos energéticamente mediante energías renovables. De esta manera, por ejemplo, el sistema de riego a instalar en la explotación sería especialmente diseñado para trabajar mediante energía procedente del sol y/o del viento.

Dichos sistemas existen comercialmente y se tendría que ver cual es el que mejor se adapta a nuestros requisitos. Igualmente ocurriría con los demás sistemas que se instalan en el invernadero que, como se ha podido comprobar, se adecuan mejor a un posible suministro de energía vía solar o eólica.

Se trataría de cambiar la visión acerca del suministro de energía al invernadero. Es decir, en lugar de disponer de los sistemas que requiera el invernadero como si éste fuese alimentado mediante red eléctrica o grupo electrógeno y luego pensar en alguna alternativa que nos proporcione energía a través de la aplicación de energías renovables al mismo, habría que pensar desde el principio en que el invernadero ha de ser alimentado mediante energías renovables, lo que nos puede llevar a utilizar otros equipos que nos accionen los sistemas con los que está dotado la explotación y conseguir de ésta manera una mayor eficiencia en el aprovechamiento de la energía de la que se dispone.

