

## ALGUNOS ASPECTOS ENERGÉTICOS PARA CONSIDERAR EN HORTICULTURA PROTEGIDA

*Fecha de envío: 07-03-2027*

*Data de aceite: 02/05/2024*

### **Josué Martínez-Lagos**

Instituto de Investigaciones Agropecuarias,  
INIA Remehue  
Osorno, Región de Los Lagos, Chile  
<https://orcid.org/0000-0002-2942-8583>

### **Homero Barría Ojeda**

Instituto de Investigaciones Agropecuarias,  
INIA Remehue  
Osorno, Región de Los Lagos, Chile  
<https://orcid.org/0000-0003-4114-5241>

### **Gabriel Peña Peña**

Instituto de Investigaciones Agropecuarias,  
INIA Butalcura  
Chiloé, Región de Los Lagos, Chile  
<https://orcid.org/0009-0002-7265-062X>

**RESUMEN:** La horticultura en condiciones protegidas tiene una serie de beneficios para el agricultor que incluyen un mejor control de las condiciones ambientales para el desarrollo óptimo de las plantas, y el uso más eficiente de recursos como la energía. Esto permite una producción más constante a lo largo del año, más rentable y sostenible en el tiempo. Si bien, la energía es un tema importante, son pocos los pequeños horticultores que tienen implementadas medidas, prácticas y tecnologías para mejorar su uso en los predios. Actualmente

existen opciones para mejorar el manejo energético, el cual debe ajustarse a las necesidades específicas de los cultivos, las condiciones climáticas externas y los objetivos productivos del horticultor.

**PALABRAS-CLAVE:** eficiencia, hortalizas, recursos naturales, agricultores.

### SOME ENERGY ASPECTS TO CONSIDER IN PROTECTED HORTICULTURE

**ABSTRACT:** Protected horticulture offers various benefits to farmers, including better control of environmental conditions for optimal plant development and more efficient use of resources such as energy. This enables consistent production throughout the year, enhancing profitability and sustainability over time. Despite the significance of energy, few small-scale farmers have implemented measures, practices, and technologies to enhance its use. Currently, there are options to improve energy management, which must be tailored to the specific needs of crops, external climatic conditions, and the production objectives of the horticulturist.

**KEYWORDS:** efficiency, vegetables, natural resources, farmers.

## ENERGÍA Y HORTICULTURA PROTEGIDA

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que, gracias a la retención de parte de la energía del sol, permite al planeta contar con una temperatura adecuada para mantener la vida. Sin embargo, la emisión de Gases con Efecto Invernadero (GEI) desde fuentes antropogénicas a un ritmo y volumen considerablemente mayor (figura 1), ha contribuido progresivamente al aumento de sus concentraciones en la atmósfera (Guo and Zhou, 2007).

Lo anterior, produce un aumento en la absorción de radiaciones infrarrojas emitidas desde la superficie de la tierra, impidiendo que vuelvan a salir al espacio exterior, atrapando el calor, y causando un aumento de la temperatura. Este fenómeno se denomina efecto invernadero, ya que es muy similar al proceso que se lleva a cabo dentro de los invernaderos hortícolas (Ali, 2021).

En la horticultura protegida, a través de estructuras como invernaderos, túneles, o viveros, se busca resguardar los cultivos (y los frutos de estos) de las inclemencias climáticas, protegiéndolos de bajas temperaturas y lluvia, brindando resguardo ante el viento, evitando posibles daños por heladas, nevadas y granizadas, y/o resguardando las plantas en desarrollo del polvo y partículas.

<b>Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>Óxido nítrico (N<sub>2</sub>O)</b>	<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	<b>Clorofluorocarbonos (CFC) y otros gases (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>)</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Combustión de biomasa y combustibles fósiles.</li><li>• Descomposición de materia orgánica.</li><li>• Cambio de uso de suelo.</li><li>• Generación de energía para el predio.</li><li>• Transporte de productos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Combustión de biomasa y combustibles fósiles.</li><li>• Descomposición de materia orgánica.</li><li>• Uso de fertilizantes y abonos nitrogenados.</li><li>• Manejo del suelo y sistema de riego.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Combustión de biomasa y combustibles fósiles.</li><li>• Descomposición anaeróbica de materia orgánica.</li><li>• Arrozales.</li><li>• Fermentación entérica.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Procesos frigoríficos (gases de sistemas de refrigeración, espumas, propelentes de aerosoles, etc).</li><li>• Procesos eléctricos (aislantes, interruptores, transformadores, extintores, etc).</li></ul>

Figura 1. Principales GEI y sus fuentes de emisión.

Fuente: elaboración propia.

Así como en la atmósfera los GEI capturan la radiación solar provocando que se eleve la temperatura del planeta, los materiales utilizados para cubierta de la infraestructura protegida, que tienen poca transmisividad a la radiación infrarroja (Ej. vidrio, policarbonato, polietileno, u otros), realizan una función bastante similar. Es por ello que, entender cómo funciona el efecto invernadero, resulta de utilidad para mejorar la gestión energética en la horticultura protegida.

Al aumento promedio global de las temperaturas se le conoce como calentamiento global. Este fenómeno provoca una serie de consecuencias negativas que pueden llegar a afectar la frecuencia de eventos climáticos extremos, la biodiversidad, la disponibilidad de agua, etc. En este sentido, la alteración de patrones y elementos del clima, afecta especialmente a la horticultura, ya que es especialmente sensible a cambios en las precipitaciones, temperatura, viento, nubosidad, etc. Sin embargo, brindando condiciones de protección adecuadas, pueden mitigarse estos impactos.

Por otra parte, en los predios hortícolas el uso de energía es clave, ya que forma parte esencial de los procesos productivos y de control climático, siendo necesaria para iluminación, calefacción, ventilación, transporte, etc. En la actualidad, el uso de combustibles fósiles ha sido casi imprescindible, sin embargo, existen opciones para disminuir su uso, y por ende las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ya sea reduciendo la demanda energética, incentivando el uso energías renovables, o haciendo más eficiente la utilización de la energía disponible mediante mejores equipos y técnicas.

Además de ayudar en la disminución de la emisión de gases, un adecuado manejo energético en el predio también conlleva ventajas positivas a nivel económico para los horticultores, ya que los costos por consumo energético, dependiendo de la escala de producción, repercuten directamente en el balance económico y en la rentabilidad.

Con la implementación estratégica de estructuras para la protección de cultivos, además de mejorar el manejo energético, también puede llegar a romperse la estacionalidad, que, en zonas frías como la zona sur-austral de Chile, es una de las principales brechas productivas. Esto permite al horticultor aportar al mercado local y/o regional un suministro más constante de hortalizas de acuerdo a la demanda.

Además, con la suficiente información, los consumidores pueden llegar a preferir los productos provenientes de estos sistemas, ya que al seleccionarlos presentan menos fallas mecánicas debidas a la no exposición a la intemperie, lo que aumenta su duración. También, porque presentan una menor huella de carbono, porque se utiliza menos cantidad de combustible para su transporte, en comparación a las hortalizas provenientes de áreas más lejanas.

Al mejorar las condiciones generales dentro de las estructuras de protección se incentiva un mejor desarrollo de las especies, pero, para ello se deben gestionar adecuadamente las relaciones entre las condiciones climáticas exteriores y las necesidades de las plantas dentro, lo cual determina en gran parte la demanda energética, y el éxito de la producción en condiciones protegidas (Körner, 2003).

Es decir, la combinación de factores climáticos externos como la temperatura, humedad relativa, radiación solar, y velocidad del viento, los requisitos de temperatura y humedad específicos de cada tipo de hortalizas, las características de tamaño y diseño de la estructura protegida, así como la gestión eficiente del clima dentro de esta estructura (ej. prácticas de ventilación, iluminación, etc.) determinarán si la demanda energética es mayor o menor.

Con un buen manejo de las condiciones internas se puede alcanzar una mayor temperatura del suelo y una menor evapotranspiración (con el consiguiente ahorro de agua de riego), creando mejores condiciones de humedad para que las plantas lleguen al óptimo productivo (Hassan et al., 2017). En este sentido, para promover y garantizar el crecimiento saludable y productivo de las hortalizas, y a la vez maximizar la eficiencia energética a través de una operación adecuada de la infraestructura protegida, es de utilidad conocer el balance de energía.

Este concepto tiene relación con los principios de la termodinámica, los cuales establecen que los sistemas pueden intercambiar energía con su entorno a través de mecanismos como calor, trabajo y/o transferencia de masa (Zohuri and McDaniel, 2015). Dentro de infraestructuras de protección, la transferencia y acumulación de energía se rige por el principio de conservación de la energía. La variación de la energía se explica entonces por la diferencia entre la energía que se recibe y la que se entrega. Por ello, conocer el balance energético puede ser útil para planificar, diseñar, y/o realizar un buen control climático del sistema de protección, de forma tal que, se minimicen las pérdidas, al mismo tiempo que se maximiza el aprovechamiento de la energía que viene del sol o de las otras fuentes del predio.

Existen maneras de estimar el balance energético de un invernadero, con más o menos variables que representan la intensidad de energía recibida o perdida dependiendo de los criterios empleados (ej. Salazar-Moreno et al., 2019; De Pedro, 2015; Valera et al., 2008; 2006), por ejemplo:

$$Rn + Qcli = Qcc + Qren + Qevp + Qsue$$

Donde:

- $Rn$  es la radiación neta que calienta el invernadero, la cual es igual a la energía absorbida por la cubierta, por el suelo y por las plantas, menos la radiación emitida.
- $Qcli$  es la energía calorífica que es necesario aportar o eliminar del invernadero, la cual determina cuanto calor se debe aportar en un sistema de calefacción, o cuanto hay que eliminar con un sistema de refrigeración.
- $Qcc$  es el calor perdido por conducción-convicción entre el ambiente exterior y el interior del invernadero, por la superficie cubierta por unidad de tiempo.
- $Qren$  es el calor sensible y latente perdido por la renovación del aire interior, el cual resulta de la entrada de aire procedente del exterior que supone una pérdida o ganancia de energía según las diferencias de temperatura y humedad en el exterior.
- $Qevp$  es el calor latente consumido en la evapotranspiración de las plantas y el suelo, de acuerdo a las condiciones en el invernadero.
- $Qsue$  es el flujo de calor perdido por conducción a través del suelo.

En este balance, la radiación neta y la energía calorífica representan la energía ganada, mientras que el calor perdido por conducción-convección, el calor sensible y latente perdido por la renovación del aire interior, el calor latente consumido en la evapotranspiración de las plantas y el suelo, y el flujo de calor perdido por conducción a través del suelo representan la energía perdida, tal como se muestra en la figura 2.

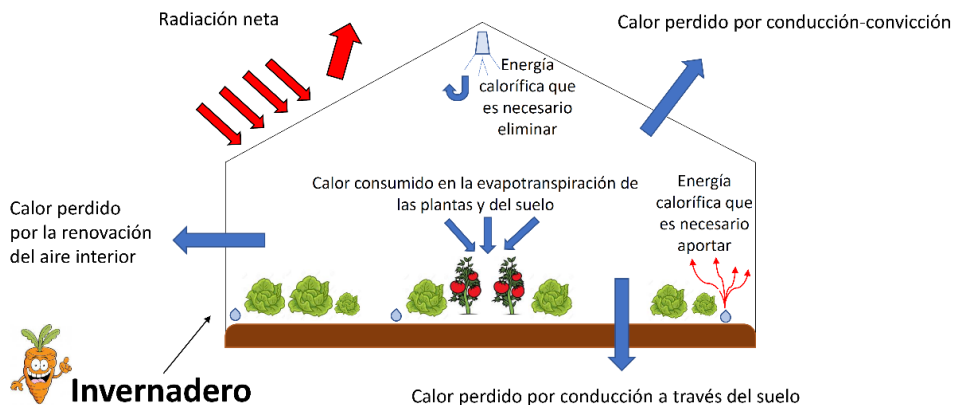


Figura 2. Balance energético en un invernadero.

Fuente: adaptado de Molina-Aizet al. (2013; 2012) y Valera et al. (2008).

Conocer el balance de energía ayudaría al productor y al extensionista que lo asesora, a manejar de mejor forma el sistema de protección de los cultivos, ya que se conocen mejor los requerimientos de calefacción o enfriamiento, permitiendo tomar mejores decisiones en función de la diferencia de temperatura exterior e interior que se desea mantener a lo largo del periodo productivo (Körner, 2003).

Ahora bien, durante la etapa de diseño y/o al establecer estrategias de manejo de infraestructuras protegidas en el predio hortícola, para minimizar las pérdidas de energía es recomendable considerar algunos parámetros de las condiciones climáticas externas, como por ejemplo: intensidad máxima de radiación solar; temperaturas (mínima absoluta del año, media de las mínimas mensuales, media mensual del mes más frío, media mensual del mes más cálido, media de las temperaturas diarias del mes más cálido, y máxima absoluta del año); humedad exterior; y dirección y velocidad media del viento (Valera et al., 2006).

Además, para el interior, se debe considerar el monitoreo permanente de parámetros específicos de acuerdo al tipo de cultivo y a los objetivos productivos planteados. Algunos ejemplos de parámetros son: temperatura del suelo y aire; humedad relativa; intensidad lumínica; flujo de aire;  $\text{CO}_2$ , etc. Para su determinación el horticultor puede emplear herramientas, equipos y sistemas de monitoreo, que incluyan desde un simple termómetro, higrómetro, luxómetro, anemómetro, hasta sensores multiparámetros, softwares de gestión de datos, y/o sistemas de automatización y ajuste automático, que permitan el monitoreo en tiempo real, agilizando la toma de decisiones.

## DATOS DE ENERGÍA DE PEQUEÑOS PREDIOS HORTÍCOLAS DEL SUR DE CHILE

En el marco de un proyecto finalizado en el 2021 se realizó una encuesta a 53 pequeños productores hortícolas acerca de temas energéticos, con el fin de contar con información base para futuros proyectos de capacitación y apoyo técnico en dicha área. Los tópicos consultados fueron: acceso a recursos energéticos; uso de energía; medidas de eficiencia energética; costos asociados; e impacto ambiental.

Los horticultores encuestados (15% hombres y 85% mujeres) provenían de las comunas de La Unión, Corral y Lanco, región de Los Ríos, Chile, y pertenecían al Núcleo Tecnológico Hortícola (2016-2021). En sus predios predomina la jefatura femenina, con el negocio hortícola como una actividad compatibilizada con la vida familiar en el campo. El promedio de edad es de 47 años (cabe recalcar que esta región presenta problemas de migración de individuos jóvenes desde zonas rurales a urbanas), y el 81% contaba con educación media completa.

Las hortalizas con mayor superficie cultivada son lechuga, tomate, acelga, cilantro, poroto, y papa (tubérculo). El 100% posee invernadero, pero también tienen parte de la superficie cultivada al aire libre. La gran mayoría de los horticultores usan técnicas convencionales, pero muchos emplean algunas prácticas agroecológicas (ninguno tiene un sistema orgánico, ni hidropónico).

El 100% de los horticultores tiene acceso seguro y confiable a algún recurso energético, y la totalidad reporta tener electricidad en el predio. La energía se destina a iluminación, calefacción, refrigeración, y solo un 17% emplea la energía para riego básico. El 100% de ellos cuenta con acceso a combustibles para equipos y maquinarias agrícolas, y según lo reportado utilizan principalmente gasolina (100%), gas (58%), y diesel (38%) para las diversas actividades del predio. El nivel de dependencia promedio de la energía no renovable es de 4 (considerando a como muy bajo y 5 como muy alto).

El 8% no conocía el término energías renovables no convencionales (ERNC), pero solo el 34% utiliza alguna fuente de energía renovable en su predio, distribuyéndose de la siguiente manera: energía solar (67%), biomasa (22%) y energía eólica (11%). El 49% ha considerado implementar más tecnologías de ERNC (intención: 62% solar, 27% biomásica y 12% eólica), pero las principales limitantes han sido: falta de recursos monetarios para la inversión (54%); falta de recursos y no saber suficiente sobre el funcionamiento de la nueva tecnología (23%); y no saber suficiente sobre la nueva tecnología (23%). El nivel de dependencia promedio de la energía renovable es de 3.

Respecto a la eficiencia energética, el 57% conocía el término, pero solo un 38% tenía incorporado en el predio alguna medida para mejorarla. De este último porcentaje, el 75% indicaron utilizar iluminación con diodo emisor de luz (LED) y solo un 25% emplea equipos con etiqueta A+++, A++, A+, B, o C.

Si bien es cierto, todos tienen infraestructuras protegidas para sus cultivos, solo el 70% aplica algún tipo de manejo energético del invernadero (30% ventilación, 24% material aislante, 19% orientación adecuada y 27% una mezcla de las anteriores). Ninguno sabía el concepto, ni había realizado un balance energético para su sistema de protección de cultivos.

De los horticultores encuestados, solamente el 6% conocía los costos energéticos relacionados a su producción, lo que es esperable, ya que los agricultores de la región en general no suelen llevar registros. Finalmente, el 57% está consciente que el mal uso de la energía en el predio puede generar un impacto ambiental, asociándolo principalmente a: extracción y consumo de recursos naturales para generación de energía (47%); emisión de gases y material particulado (40%); o energía asociada al uso de productos químicos como fertilizantes y pesticidas que pueden contaminar aguas y suelos (13%).

## **MEDIDAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN HORTICULTURA PROTEGIDA**

Para que los horticultores puedan mejorar la eficiencia energética, reducir las pérdidas y mantener buenas condiciones para el desarrollo óptimo de las plantas, se identificaron las siguientes medidas:

1. Conocer los patrones climáticos de la zona donde está ubicado el predio, y las condiciones ambientales que pueden influir en las necesidades energéticas actuales y futuras.
2. Explorar los distintos diseños de infraestructuras protegidas, y seleccionar el que proporcione las mejores condiciones para garantizar los rendimientos esperados, permitiéndole mantener un nivel adecuado de eficiencia energética.
3. Informarse sobre los materiales de construcción disponibles en la zona, sobre todo para las cubiertas, y elegir el que presenta mejor transmisibilidad de la luz y resistencia a pérdidas de calor. Además, identificar posibles aislantes que puedan utilizarse para puertas, uniones y/o sellar fisuras, teniendo en cuenta el impacto que pudiesen ocasionar en la ventilación.
4. Elegir la orientación correcta de la infraestructura protegida, con el fin de favorecer la captación de la energía del sol y atenuar posibles efectos negativos del viento. Además, lavar el exterior del invernadero para mejorar la captación de luz en algunas estaciones del año.
5. Determinar las necesidades climáticas requeridas dentro del invernadero por especie en producción, ciclo, época del año, etc. Para ello, se debe recopilar información disponible sobre las temperaturas óptimas de acuerdo a su estado de crecimiento (considerando que las temperaturas varían a lo largo del día), nivel de humedad relativa, requisitos de luz y ventilación, etc.
6. Identificar el mejor método de control climático que le permita alcanzar condiciones favorables dentro de la infraestructura protegida, seleccionando el sistema de calefacción, ventilación, sombreado, iluminación, etc., más adecuado.

Para el enfriamiento se recomienda llegar y mantener una temperatura similar a la de las mañanas en época de verano, mientras que para la calefacción se debe considerar el calor necesario para las noches del invierno.

7. Realizar un monitoreo continuo de las condiciones climáticas dentro de la infraestructura de protección, registrando permanentemente datos que permitan contar con información para la toma de decisiones de control climático.
8. Aplicar permanentemente medidas para mejorar la hermeticidad, es decir, reducir las infiltraciones indeseables de aire, mejorar el aislamiento térmico, y procurar una buena ventilación. Para zonas frías algunos ejemplos son: paredes dobles en los invernaderos; mallas térmicas con una porosidad que no disminuya la ventilación; y cortinas rompeviento o barreras de protección vegetal con una distancia que no impida la captación de luz, pero que proteja el daño físico y mejore las condiciones micro climáticas al interior.
9. Revisar regularmente los equipos asociados a la infraestructura de protección (ej. bomba de riego, equipos de iluminación, sensores, etc.) y realizar las mantenciones al día. Esto ayuda a optimizar el rendimiento; prevenir desgaste prematuro; ahorrar en costos de mantenimiento por averías; disminuir riesgos en materia de seguridad; y prolongar la vida útil.
10. Sustituir las energías no renovables (ej. derivados del petróleo, gas natural, etc.) utilizadas en el predio por ERNC como las mencionadas en la figura 3.
11. Favorecer los circuitos cortos de comercialización de productos y/o compra de insumos para evitar el gasto excesivo de combustible de los vehículos, y disminuir así la huella de carbono de las hortalizas producidas.
12. Emplear otras medidas que mejoren el manejo energético del predio, como, por ejemplo, el uso de micro túneles de polietileno para las primeras etapas de crecimiento de las plantas y mallas para sombrear en periodos cálidos.

La implementación total o parcial de las medidas mencionadas puede ayudar a mejorar el balance energético en el predio, a través de la disminución de los requerimientos de energía externos al sistema productivo. Lo anterior ayudará a lograr mejores condiciones para el desarrollo de las hortalizas, mitigando pérdidas económicas por baja eficiencia energética, y mejorando la sostenibilidad de la producción de hortalizas en condiciones protegidas a largo plazo.





### Energía solar fotovoltaica

Funciona convirtiendo la luz solar en energía eléctrica, a través de celdas solares fabricadas con materiales semiconductores como el silicio. Cuando la luz incide sobre las celdas, los electrones se excitan y se ponen en movimiento, creando un flujo de corriente eléctrica.

Esta energía puede ser utilizada en el predio hortícola para bombas de elevación de agua, abastecimiento de equipos de iluminación de bajo consumo en los invernaderos o la casa del productor, sistemas de riego, etc.



### Energía solar térmica

Funciona usando colectores que capturan la radiación solar, convirtiéndola en calor.

Los sistemas de baja temperatura están diseñados para operar a temperaturas inferiores a 100 °C. En los colectores se calienta un líquido, que mediante tuberías se transporta hacia un intercambiador de calor, donde se transfiere su energía térmica a un volumen de agua que puede ser destinado para uso en el predio, ya sea con fines domésticos (cocina, duchas, etc.), o productivos (calefacción de invernaderos, propagación de plantas, protección contra heladas, calentamiento de agua para riego, calefacción de espacios de trabajo, etc.).



### Energía biomásica

Funciona usando materia orgánica para generar calor o electricidad mediante procesos de combustión, gasificación, o digestión anaeróbica. Esta última genera biogás, resultante de la descomposición bacteriana de materiales en ausencia de oxígeno. El gas puede utilizarse para ser transformado en energía térmica o eléctrica destinada a calentar agua, calefacción de invernaderos y espacios de trabajo, secado de productos, etc.

Además también se produce un efluente estabilizado conocido como digestato, el cual que puede ser utilizado como fuente de nutrientes para mejorar la fertilidad y estructura del suelo, y aumentar la materia orgánica y las comunidades de microorganismos.

Figura 3. Principales energías renovables no convencionales aplicables en predios hortícolas. Fuente: elaboración propia.

## REFERENCIAS

Ali, S. R. 2021. **An overview on greenhouse effect**. ACADEMICIA 11(11): 994-1000. ISSN 2249-7137. DOI: 10.5958/2249-7137.2021.02554.4.

De Pedro, L. 2015. **Invernaderos en regiones tropicales y sub-tropicales: Balance de energía, diseño y manejo del ambiente físico**. Trabajo Final para optar por el grado académico de especialista en cultivos intensivos. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. 32 pág.

Guo, J., and C. Zhou. 2007. **Greenhouse gas emissions and mitigation measures in Chinese agroecosystems**. Agricultural and Forest Meteorology, 142 (2–4): 270-277. ISSN 0168-1923. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.03.029>.

Hassan, S., Mehraj, S., Jan, A., Bashir, D., Wani, S., M., Khanday, M., Bhat, and I. Bisati. 2017. **Protected Horticulture**. IJAEB: 10: 1-13.

Körner O. 2003. **Crop based climate regimes for energy saving in greenhouse cultivation**. Tesis Doctoral, Wageningen University, Wageningen (Holanda), 244 pp.

Molina-Aiz F., Valera, D., López A. y P. Marín. 2013. **Desarrollo de un modelo de simulación del microclima dentro de invernaderos mediante balance de energía**. Horticultura, Canales sectoriales interempresas. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/113869-Desarrollo-modelo-simulacion-microclima-dentro-invernaderos-mediante-balance-energia.html> (Consultado el 07-03-2024).

Molina-Aiz F., Valera, D., López, A. y A. Álvarez. 2012. **Analysis of cooling ventilation efficiency in a naturally ventilated Almería-type greenhouse with insect screens**. Acta Horticulturae, 927: 551-558.

Salazar-Moreno, R., López-Cruz, I., y A. Sánchez-Cruz. 2019. **Modelo dinámico de balance de energía en un invernadero con cultivo de tomate: simulación, calibración y evaluación**. Rev. Chapingo Ser. Hortic. 25(1):45-60. ISSN 2007-4034. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.07.014>.

Valera, D., Molina-Aiz, F. y A. Álvarez. 2008. **Ahorro y Eficiencia Energética en Invernaderos**. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Serie: Eficiencia y ahorro energética en la Agricultura 7. Madrid. 72 pp.

Valera, D. 2006. **Control climático en invernaderos**. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería, 516 pp. Almería.

Vandermeer, J. 1995. **The ecological basis of alternative agriculture**. Annual Review of Ecological Systems, 26:201-224.

Zohuri, B. and P. McDaniel. 2015. **First Law of Thermodynamics**. In "Thermodynamics in nuclear power plant systems". pp 99-149. Publisher Springer International Publishing. DOI 10.1007/978-3-319-13419-2.