



*Sistema de calefacción por suelo radiante en procesos agrícolas en invernaderos*

*Underfloor heating system in agricultural processes in greenhouses*

*Sistema de aquecimento por piso radiante em processos agrícolas em estufas*

Sayuri Monserrath Bonilla-Novillo <sup>I</sup>  
[smbonilla@epoch.edu.ec](mailto:smbonilla@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-6382-9698>

Jaime Iván Acosta-Velarde <sup>II</sup>  
[ji\\_acosta@epoch.edu.ec](mailto:ji_acosta@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1034-7839>

Jessica Fernanda Moreno-Ayala <sup>III</sup>  
[jessica.moreno@epoch.edu.ec](mailto:jessica.moreno@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0003-4289-3225>

**Correspondencia:** [smbonilla@epoch.edu.ec](mailto:smbonilla@epoch.edu.ec)

Ciencias técnicas y aplicadas  
Artículo de investigación

\***Recibido:** 24 de noviembre de 2019 \***Aceptado:** 29 diciembre de 2019 \* **Publicado:** 17 de enero 2020

- <sup>I.</sup> Ingeniera Mecánica, Magister en Gestión Industrial y Sistemas Productivos, Docente de la Facultad de Administración de Empresas en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- <sup>II.</sup> Ingeniero Industrial, Magister en Ingeniería Industrial y Productividad, Docente de la Facultad de Mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- <sup>III.</sup> Ingeniera Aeronáutica, Máster en Gestión de Sistemas Aeronáuticos, Docente de la Facultad de Administración de Empresas en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

## Resumen

El presente ensayo tuvo como objetivo analizar el sistema de calefacción por suelo radiante como alternativa para la agricultura en el Ecuador. El tipo de investigación realizada fue documental descriptiva, tomando como población a estudiar investigaciones realizadas desde el año 2000 referente al tema, así como fuentes teóricas tomadas de documentos emanados por el gobierno del Ecuador. Se concluye que el sistema de calefacción por suelo radiante es una fuente de energética ecológicamente amigable con el medio ambiente, debido a al consumo mínimo de energía que se genera por el menor costo de combustible en las plantaciones, a diferencia de los sistemas a base de combustión que presentan y generan gases que al ingresar en el invernadero provocan daño en las plantaciones. Además proporciona calefacción en temporada de invierno y la reducción de la temperatura en temporada de verano, lo que permite el desarrollo del tiempo de cultivo en mejores condiciones para la producción incrementando su productividad y reduciendo el tiempo de retorno de la inversión. El inconveniente que presenta el sistema de calefacción por suelo radiante es el elevado coste de inversión, pero a la larga resulta un sistema rentable y eficaz.

**Palabras clave.** Productividad; invernaderos; calefacción; radiadores.

## Abstract

The objective of this essay was to analyze the radiant floor heating system as an alternative for agriculture in Ecuador. The type of research carried out was descriptive documentary, taking as a population to study research carried out since 2000 regarding the subject, as well as theoretical sources taken from documents issued by the government of Ecuador. It is concluded that the radiant floor heating system is an ecologically friendly source of energy for the environment, due to the minimum consumption of energy generated by the lower cost of fuel in plantations, unlike systems based on combustion that present and generate gases that when entering the greenhouse cause damage to the plantations. It also provides heating in winter season and temperature reduction in summer season, which allows the development of cultivation time in better conditions for production by increasing its productivity and reducing the return on investment time. The disadvantage of the radiant floor heating system is the high investment cost, but in the long run it is a profitable and efficient system.

**Keywords:** Productivity; greenhouses; heating; radiators.

## Resumo

O objetivo deste ensaio foi analisar o sistema de aquecimento por piso radiante como uma alternativa para a agricultura no Equador. O tipo de pesquisa realizada foi documental descritivo, tendo como população o estudo de pesquisas realizadas desde 2000 sobre o assunto, bem como fontes teóricas extraídas de documentos emitidos pelo governo do Equador. Conclui-se que o sistema de aquecimento por piso radiante é uma fonte de energia ecologicamente correta para o meio ambiente, devido ao consumo mínimo de energia gerada pelo menor custo de combustível nas plantações, diferentemente dos sistemas baseados em combustão que apresenta e gera gases que ao entrar na estufa causam danos às plantações. Também fornece aquecimento no inverno e redução de temperatura no verão, o que permite o desenvolvimento do tempo de cultivo em melhores condições de produção, aumentando sua produtividade e reduzindo o retorno do tempo de investimento. A desvantagem do sistema de aquecimento por piso radiante é o alto custo de investimento, mas, em longo prazo, é um sistema rentável e eficiente.

**Palavras chave.** Produtividade, estufas, aquecimento, radiadores.

## Introducción

En la actualidad existen regiones naturales en las cuales la temperatura ambiente no es apta para el desarrollo de los cultivos, es por eso que resulta necesario que la producción agrícola sea dentro de invernaderos, pues estos aprovechan la radiación solar para incrementar la temperatura dentro de los mismos y así las condiciones para los cultivos sean las más adecuadas.

Los sistemas de calefacción juegan un papel muy importante en de la economía de los sectores agrícolas dentro del desarrollo productivo. “La disminución del consumo de energía resulta siempre un objetivo interesante para el desarrollo de la competitividad de la explotación, además de obtener una menor emisión de contaminantes al medio ambiente.” (García, y otros, 1997).

La aplicación de esta técnica en lo que concierne a la implementación en invernaderos radica en la oportunidad de proporcionar condiciones ambientales apropiadas a las plantas durante todo el período de cultivo reduciendo circunstancialmente el consumo de energía frente a otros sistemas, aunque su costo es elevado. Según Gómez (2007), la utilización más frecuente de este tipo de sistemas se basa en la producción de plantas ornamentales en macetas, aunque de igual manera se puede aplicar la producción de plantas hortícolas.

Para Ortega y col. (2007, p.10)

El invernadero es el elemento cualitativamente más importante del sistema de producción en agricultura protegida, debido a que de él depende en gran medida la capacidad productiva, su estructura está conformada por el conjunto de elementos verticales, horizontales y curvos, que son los que le otorgan la forma y resistencia de la carga. Los materiales más comunes que lo constituyen son: madera, fierro o acero, su función es soportar la carga y esfuerzos que ocasionan el montaje de la cubierta; además de los aparatos de climatización o de riego, las plantas y los frutos.

De este modo los objetivos principales que conlleva a la realización de esta revisión serán: determinar el comportamiento de este tipo de sistema de calefacción, realizar un análisis comparativo del sistema en estudio con otros sistemas, identificar las diferentes formas de instalaciones, señalar las ventajas más relevantes del sistema de calefacción por suelo radiante, especificar la importancia que tiene este sistema para el desarrollo adecuado de los invernaderos y desarrollar el texto de modo que el lector pueda captar de manera clara y precisa la información que se quiere dar a conocer.

## **Desarrollo**

Los invernaderos son sectores de producción agrícola donde mayor energía se consume (Marín: 2014) y este costo dependerá del tipo de producción que se desarrolle. La revisión de la literatura afirma que la producción de avanzada tecnología muestra una alta productividad con calidad superior y en un ambiente amigable. Este sistema presenta una gran ventaja en comparación a la utilización de aerotermos y tuberías de acero en cuanto al ahorro energético por el hecho que no se utiliza ningún tipo de combustible en relación al 20% de plantaciones de tamaños pequeños. Esta característica del sistema es la que permite disminuir el gasto de su instalación. Para (García, y otros, 1997,) una característica fundamental del suelo radiante (Ver figura 1) “es su elevada inercia térmica, que puede resultar una enorme ventaja en caso de corte eléctrico o avería momentánea del sistema de calefacción; el suelo caliente sigue radiando durante algunas horas, manteniendo así la temperatura del invernadero” (p.8)

Del mismo modo puede afirmarse que el sistema de calefacción por suelo radiante proporciona calefacción en temporada de invierno y la reducción de la temperatura en temporada de verano, lo que permite el desarrollo del tiempo de cultivo en mejores condiciones para la producción

incrementando su productividad y reduciendo el tiempo de retorno de la inversión. Además de que este tipo de sistemas maneja origen de energía de menor escala de contaminación. (Blaque, 2007)

Figura 1. Cultivos de Invernadero mediante un Sistema de Calefacción por Suelo Radiante.



Fuente: Multibeton. Sistemas especiales. 2017

Otro de los aportes de este tipo de calefacción fueron encontradas en varias investigaciones, de las cuales destaca la realizada por Marín, y otros (2016) con el objetivo de determinar la influencia de los diferentes sistemas de calefacción en tres diferentes escenarios de invernaderos; dos invernaderos con calefacción, el primero con sistema de aire caliente, el segundo con sistema de agua caliente y el tercero sin calefacción. En este estudio los autores encontraron que:

En cuanto a la producción total obtenida en cada uno de los diferentes invernaderos podemos observar como en los dos invernaderos con calefacción la producción ha sido superior a la obtenida en el invernadero sin calefacción, De los dos sistemas de calefacción estudiados, en el de agua caliente se obtuvo mayor producción que en el de aire caliente.”

Además de las ventajas en cuanto a la producción señalada en el párrafo anterior, García y otros (1997) indican entre las ventajas de los sistemas de calefacción por suelo radiante las siguientes:

Ahorro energético.

Mayor confort, pues el sistema mantiene una temperatura interna uniforme, independientemente de la temperatura externa

Disminución de pérdidas de energía

Mayor espacio útil, ya que al ir en el suelo el espacio para el cultivo incrementa.

Disminución de gases contaminantes a la atmósfera.



Mayor eficiencia energética, ya que las pérdidas de calor disminuyen y además se puede combinar este sistema con otras tecnologías de generación térmica.

Mayor tiempo de vida útil.

Del mismo modo, es común encontrar sistemas de calefacción cuya fuente de energía sean el fueloil, el gasoil, el gas natural y el propano (Ver figura 2). Estos autores señalan que el fueloil es el sistema más económico, pero está en desuso debido a la suciedad, humos y polución que genera. (Oliveira, García, Benavente, Sirviente y Muñoz, 1999) En comparación entre el gasoil y el gas natural, este último es más recomendado debido a que los gases que este emana pueden ser utilizados en la fertilización carbónica del invernadero, en cambio los gases generados por el gasoil están constituidos de sustancias tóxicas que imposibilita la fertilización carbónica del invernadero. (LANSOLAR, 2015)

Figura 2. Tipos de Sistemas de calefacción.



*Fuente: Rointe. Ventajas e inconvenientes de los principales tipos de calefacción.*

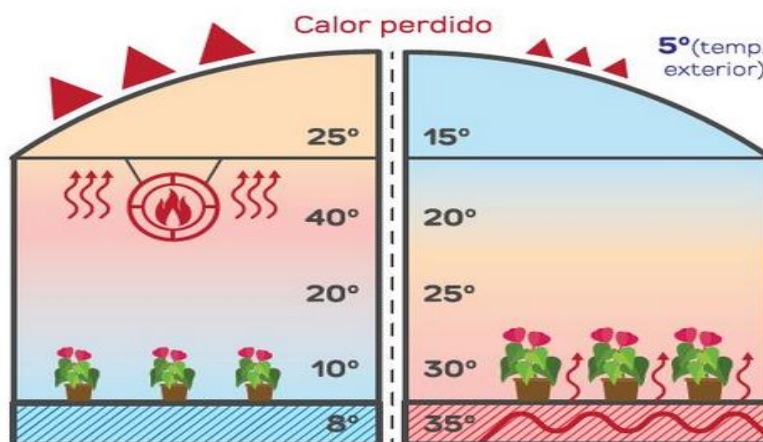
Todo lo antes expuesto se debe a que los sistemas a base de combustión presentan y generan gases que al ingresar en el invernadero provocan daño en las plantaciones, como consecuencia del incremento del Monóxido de Carbono (CO). El aire caliente que generan estos combustibles no es muy recomendado, debido a que deshidrata la atmósfera interior del invernadero, y se debe hacer un registro de humedad relativa, para mantener el cultivo en buenas condiciones. (Melián y Cámara, 2010).

Ahora bien, cuando se trata del sistema de calefacción a través del suelo radiante y aerotermos, (Ver figura 2) investigaciones realizadas por HVACR, R. M., (2017) y García, y col. (1997)

encontraron lo siguiente: Con una potencia de 15 kW para suelo radiante y 18 kW para aerotermos, el primer sistema alcanzó un mayor salto térmico. La máxima potencia de emisión que alcanzó el suelo radiante fue de 120 vatios por metro cuadrado de invernadero mientras que los aerotermos 110 vatios. Suelo radiante en el primer metro de altura tuvo incrementos de 2°C y 4°C, los aerotermos tuvieron el efecto inverso a la mayor altura alcanzó los mismos incrementos. El ahorro energético obtenido del suelo radiante en comparación con los aerotermos fue entre el 17% y 21%, lo cual se traduce en un ahorro económico alto. La reducción en los gastos de combustible fue entre el 10% y 15%. Los costos de instalación entre los dos sistemas indican que dependiendo del tamaño del invernadero, el suelo radiante puede llegar de 3 a 5 veces más que el aerotermo.

Otras investigaciones señalan como desventaja de los sistemas de calefacción a través de suelo radiante es el tiempo en que tardan para alcanzar la temperatura ideal, sobre todo en climas de temperaturas bajas. En la figura 4 se observa una comparación entre dos tipos de invernaderos, evidenciándose que en aquellos con suelo radiante la temperatura perdida es menor que en aquellos cuyo sistema de calefacción es aire; así como también se observa que a nivel de las plantas el calor llega con menor intensidad que en el de suelo radiante.

Figura 4. Comparación del comportamiento de la temperatura dentro de un invernadero entre un sistema de calefacción por aire y uno por suelo radiante

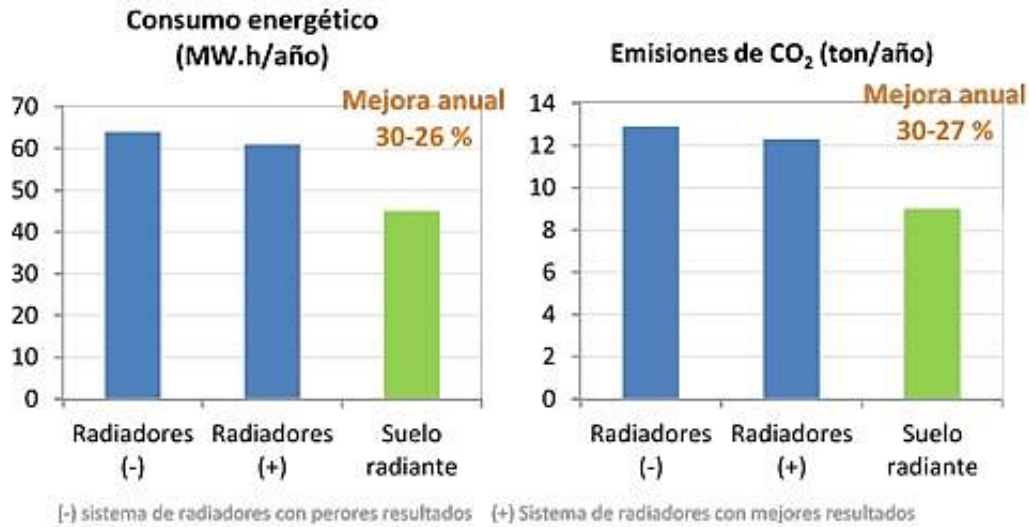


Fuente: Ramos y Lozano (2007)

Por otra parte cabe destacar que aunque la inversión inicial de la calefacción por suelo radiante es ligeramente superior a los sistemas en los que se utilizan radiadores de aluminio, su valor actual neto es inferior al de las restantes instalaciones consideradas al cabo de sólo ocho años. (Ver figura 4) Durante al menos dos tercios del período de vida útil de la instalación la calefacción por suelo

radiante resulta económicamente beneficiosa. (UNAED, 2013). Con el uso de la calefacción por suelo radiante, tomando como referencia un periodo de 25 años, se tiene un ahorro de 475 MWh de consumo energético (19 MWh ahorro anual). Y se evita la emisión de 97,5 toneladas de CO<sub>2</sub> (aprox. 4 toneladas menos cada año).

Figura 4. Comparación del consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> entre el sistema suelo radiante y otros

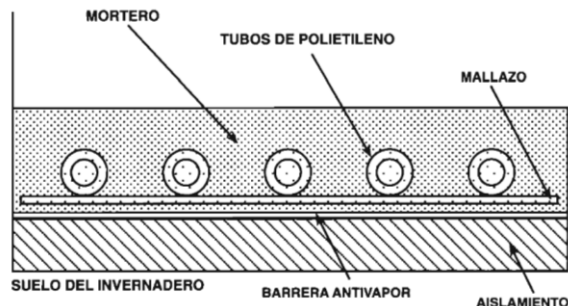


Fuente: UNAED, 2013

Dentro de los factores que hay que considerar al colocar un sistema de calefacción de suelo radiante son la colocación de una capa de aislante térmico situada encima de la cubierta del suelo original, una barrera antivapor y un mallazo de alambre formando una malla para guiar los tubos, los mismos que son colocados sobre la malla, cubriéndose con la capa de mortero. (Martínez, 2016). (Ver figura 5) Los tubos utilizados para la circulación del agua caliente son de polietileno reticulado que contiene una cubierta que impide la propagación de oxígeno, que impide la oxidación de los elementos metálicos del generador.

Figura 5. Elementos necesarios para la instalación del sistema de calefacción por suelo radiante.





Fuente: Grupo de Investigación SCI. Novedades Agrícolas apuesta por nuevos sistemas de calefacción por Suelo Radiante en sus Invernaderos. Universidad Politécnica de Madrid. 2015.

## Metodología

El estudio se circunscribe en una investigación documental de carácter descriptivo, apoyada en la revisión de fuentes bibliográficas relacionadas a los sistemas de calefacción a través de suelo radiante, a partir de las cuales se realizó un análisis cualitativo de la información con el fin de identificar los aportes que diferentes autores han realizado como producto de sus investigaciones en el área; además de llevar a cabo un análisis crítico en relación a cada una de las fuentes consultadas de tal forma que pueda contribuir con el alcance de los objetivos planteados

## Discusión y resultados

El invernadero es un sistema de producción muy importante dentro del campo productivo, ya que en estos se cosechan la mayor variedad de alimentos, la forma, tecnología y equipo de los mismos varían según la cantidad y el tipo de plantas a sembrarse. El control de la temperatura dentro de los invernaderos es lo más importante, pues cualquier cambio en el mismo sería perjudicial para el crecimiento de las plantas y esto se vería reflejado en la cantidad y calidad de las mismas, por esto, la función de los invernaderos por suelo radiante con tuberías de agua caliente tiene como función mantener a los cultivos en un ambiente adecuado y estable según los cultivos con los que se trabaje, limpio y libre de contaminación, al tiempo que su crecimiento será más rápido y sus cosechas más saludables. (Navarro y Zapata, 2003)

En este sentido, existe una gran cantidad de tipos de invernaderos, estos pueden variar según el uso de las materias para su construcción, los tipos de plantas que se planean sembrar o el clima de la región donde se los instala, todos los invernaderos están contruidos por un mismo propósito, el

cuidado, la calidad y el mejor crecimiento de las patatas, si bien no todos los invernaderos están adecuados al sistema de calefacción por suelo radiante mediante tuberías de agua caliente.

Se sabe que existe una variedad de tipos de invernaderos y algunos de estos no siempre se encuentran con las mejores condiciones de higiene y salud, ni cuentan con el cuidado necesario que se deberían tratar a las plantas, es por esto que muchos de estos invernaderos están acumulando grandes cantidades de humus y suciedad. Esto se puede producir por el tipo de ambiente que se genera dentro del invernadero, es muy importante tener en cuenta las temperaturas internas y externas de estos, ya que la producción puede verse afectada debido a los cambios climáticos que se presenten, también es muy importante que los invernaderos cuenten con todas las atenciones necesarias y las medidas de precaución convenientes a cada plantación que se realice dentro de los mismos.

En tal sentido, en la actualidad como forma de generar producción agrícola que sea amigable con el medio ambiente, se ha venido apostando por los sistemas de calefacción por suelo radiante los cuales ayudan al aumento de la productividad en el sector agrícola, cuando se trabaja con agricultura intensiva.

Es importante considerar que existen diferentes sistemas de calefacción, siendo los más utilizados en el sector agrícola los señalados por Valera, Molina, Peña y col., (2002) “los sistemas de calefacción más utilizados en invernaderos son los generadores de aire caliente de combustión directa y la calefacción mediante tuberías de agua caliente”(p.56), mientras que (Blaque, 2007) describe que “básicamente hay dos sistemas de transmitir la energía calorífica, por convección a través del aire o por radiación a través de tuberías calentadas por agua.” (p.34)

Al realizar una revisión de los autores antes mencionados puede afirmarse que en el caso de las consideraciones hechas por Valera, Peña, Gil y col., donde menciona a los generadores de aire caliente de combustión directa como uno de los más empleados en la agricultura, éstos son considerados por Blaque como sistemas de transmisión de energía calorífica. Este autor considera además que su clasificación es más clara ya que analiza en su determinación la finalidad de estos sistemas.

El mismo autor señala la importancia de tomar en cuenta varios factores al momento de implementar alguno de estos sistemas tanto la generación de energía por convección a través del aire o por radiación a través de tuberías calentadas por agua, por ejemplo, si se piensa implementar el sistema bajo combustible se debe considerar el lugar y que tan cercano está a las fuentes de

combustibles, además del costo del mismo. Por otro lado, si se desea implementar un sistema de agua caliente por suelo radiante, se debe tener en cuenta el tipo de terreno y las condiciones del mismo.

En este mismo orden de ideas, autores como Oliveira, García ,Benavente, y col.,(1999) mencionan que, “los gases generados por la combustión del gasoil no pueden manejarse para fertilización carbónica, ya que contiene sustancias que son perjudiciales para los cultivos”, mientras que (Poveda, 1991) indica que, “los gases producidos de la combustión que se introducen en el invernadero junto con el aire caliente, pueden ocasionar deterioro en las plantaciones debido al aumento de la concentración del óxido de carbono.” Al ser el gas procedente de un combustible, los compuestos por lo que están constituidos presentan sustancias tóxicas que al elevar la temperatura emanan monóxido de carbono que se concentra en todo el volumen que ocupa el invernadero, lo que ocasiona que los cultivos se destruyan o no desarrollen su crecimiento de una manera adecuada, y además de los costos que estos combustibles ocasionan sería una pérdida más para el agricultor.

Otra de las alternativas de generación energética variables que se pueden utilizar en invernaderos, es la cogeneración en la cual el calor es utilizado en la temporada de invierno y la electricidad que se genera se puede vender al sistema eléctrico. Es uno de los sistemas más llamativos, pero solo se implementa en sitios donde este libre; así como también los aerotermos con sistemas de agua caliente, los cuales generan el calor hacia los cultivos por medio de la combustión del aire que el agua caliente genera.

Es importante mencionar que la literatura identifica como ventaja de la calefacción por suelo radiante la posibilidad de provisionar de calor tanto al ambiente del invernadero como al suelo, realizando la transferencia de calor mediante conducción. Al contrario, el sistema de agua caliente por convección que, aunque se lo puede encontrar con un valor un poco más accesible, éste no cumple todas las expectativas que se requieren, ya que al instalar este método de convección el aire en el invernadero se calentaría de forma inmediata y si la calefacción llega a tener inconvenientes, el calor que se habría generado se pierde de forma instantánea, lo que provocaría la pérdida total o parcial del cultivo.

Ahora bien, dentro de los Indicadores del Plan Nacional del Buen Vivir implementado por el Gobierno Nacional se promueve el uso de energías renovables en el sector eléctrico, con el fin de

minimizar emisiones contaminantes y que las prácticas dirigidas hacia la producción de electricidad sean sustentables. (Plan Maestro de Electrificación, 2016)

Del mismo modo en este mismo plan señala la necesidad de apuntalar el bioconocimiento como catalizador de la producción nacional, lo cual requiere que se identifique las actividades productivas estratégicas que deberán derivarse de aquel y articular los sectores educativo, productivo y comercial para planificar la generación de talento humano, productos, servicios, mercados y canales de comercialización. Así se insertará el bioconocimiento aplicado en la matriz productiva, y en la economía nacional y mundial, mejorando la conservación y sustentabilidad del uso de los bienes naturales. Pudiendo ser la generación de un microclima amigable a través de los suelos radiantes.

El potenciamiento del bioconocimiento aplicado deberá mejorar el manejo sustentable de la naturaleza para la producción, e incrementar la productividad total de factores. Esta mejora del hábitat implicará una mejora en la calidad de vida de las personas. El énfasis en la producción de alimentos y otros productos agroecológicos, y en la disminución de riesgos laborales relacionados con el uso de químicos nocivos dentro y fuera del sector agrícola

Del mismo modo, dentro de los objetivos de este plan nacional está el garantizar el Buen Vivir rural y la superación de las desigualdades sociales y territoriales, con armonía entre los espacios rurales y urbanos, teniendo como metas mejorar los niveles de productividad de la agricultura familiar y campesina y demás sistemas agroproductivos mediante sistemas de producción que respeten la naturaleza y la pertinencia cultural.

Partiendo de lo antes expuesto Ortega, y otros, (2007) señalan que

La agricultura protegida es el sistema de producción realizado bajo diversas estructuras y cubiertas, entre los que destacan los invernaderos, que tienen como característica básica la protección contra los riesgos inherentes a la producción de cultivos a libre exposición, su función principal es recrear las condiciones óptimas y apropiadas de radiación, temperatura, humedad y dióxido de carbono, para generar la reproducción, desarrollo y crecimiento de plantas, incrementando la producción en cantidad, calidad y oportunidad comercial.”(p.65)

Estas ideas permiten señalar que el gobierno del Ecuador señala que el tercer problema, y quizá el más severo, es la falta de sustentabilidad del crecimiento económico alcanzado. “Este concepto solamente puede concretarse cuando se reconocen los límites naturales y sociales que condicionan la escala del crecimiento y la redistribución” (Falconí y Vallejo, 2012: 54). Aunque la economía

mundial continúa creciendo a ritmos superiores o cercanos al 3% anual, este crecimiento carece de sustentabilidad, ya que la huella ecológica del planeta superó desde 1978 la capacidad natural de soporte de los ecosistemas frente a la actividad humana.

De no tomar correctivos sustanciales y urgentes a escala mundial, la civilización vivirá una crisis ambiental de tal magnitud que pondrá en peligro el progreso alcanzado desde la Revolución Industrial. De allí la necesidad de proponer alternativas de producción agrícolas que favorezcan el cuidado de las condiciones medioambientales en el país y a nivel mundial, tal como es el sistema de calefacción por suelo radiante en invernaderos.

### **Conclusiones**

Al implementar el sistema de calefacción por suelo radiante mediante tuberías con agua caliente, se puede obtener una mayor productividad y calidad en los productos, además de que los cultivos no presenten ningún riesgo de daños por algún tipo de contaminantes.

Se genera un ahorro en la energía debido al consumo mínimo de combustibles en los cultivos de pequeñas plantas, lo que permitirá la pronta recuperación del pago de la instalación del sistema, y la calefacción obtenida durante el día almacena calor, lo que permite que en las noches se pueda apagar el generador, ahorrando energía y combustible.

En la instalación de este sistema de calefacción los tubos de polietileno reticulado deben estar encajados en el mortero, todo esto colocado sobre una capa de aislante térmico, una valla antivapor y un mallazo de alambre. El sistema de calefacción por suelo radiante por radiación proporciona calefacción en temporada de invierno y la reducción de la temperatura en temporada de verano, lo que permite el desarrollo del tiempo de cultivación en mejores condiciones para la producción incrementando su productividad y reduciendo el tiempo de retorno de la inversión. Además de que este tipo de sistemas maneja origen de energía de menor escala de contaminación.

A diferencia de los sistemas por radiación (sistemas de tuberías de agua caliente), los sistemas a base de combustible contienen una sustancia tóxica, monóxido de carbono, que al ingresar en el invernadero generan gases perjudiciales que destruyen las plantaciones. El aire caliente que generan estos combustibles no es muy recomendado, debido a que deshidrata la atmósfera interior del invernadero, y se debe hacer un registro de humedad relativa, para mantener el cultivo en buenas condiciones.



El aire caliente que generan estos combustibles no es muy recomendado, debido a que deshidrata la atmósfera interior del invernadero, y se debe hacer un registro de humedad relativa, para mantener el cultivo en buenas condiciones.

Con la utilización de sistemas de calefacción por suelo radiante se logra reducir el consumo energético y la emisión de contaminantes al medio ambiente, a pesar de que su costo de implementación es alto.

## Referencias

1. Azman R, Lappin D, MacPherson A, Riggio M, Robertson D. (2014) Clinical associations between IL-17 family cytokines and periodontitis and potential differential roles for IL-17A and IL-17E in periodontal immunity. *Inflamm. Res.*; 63:1001-1012.
2. Bazyar H, Gholinezhad H, Moradi L, Salehi P, Abadi F, Ravanbakhsh M, et al. (2019); The effects of melatonin supplementation in adjunct with non-surgical periodontal therapy on periodontal status, serum melatonin and inflammatory markers in type 2 diabetes mellitus patients with chronic periodontitis: a double-blind, placebo-controlled trial. *Inflammopharmacology*. 27(1):67-76.
3. Bonilla E, Castro F, Carrizo E, Prieto D, Rincón C, Asián T. Effectiveness of melatonin in tardive dyskinesia. *Invest Clin*. 2011; 52(3): 252 – 260.
4. Castro C, Villamil J, Gamboa F, García D. (2015) Actividad antimicrobiana de la melatonina y su impacto en la odontología. *Universitas Odontologica.*; 33(71): 53-58.
5. Cutando A, López A, Gomez D, Vicente J, Reiter R, Fernández M. (2014) Effect of topical application of melatonin to the gingival on salivary osteoprotegerin, RANKL, and melatonin levels in patients with diabetes and periodontal disease. *Odontology.*; 102(2):290–296.
6. Cutando A, López A, Gómez R, Arias S, Vicente J. (2013) Effect of gingival application of melatonin on alkaline and acid phosphatase, osteopontin and osteocalcin in patients with diabetes and periodontal disease. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.*; 18 (4):657-663.
7. Cutando A, Montero J, Gómez D, Ferrera M, López A. (2015) Effect of topical application of melatonin on serum levels of C-reactive protein (CRP), interleukin-6 (IL-6) and tumor

- necrosis factor-alpha (TNF- $\alpha$ ) in patients with type 1 or type 2 diabetes and periodontal disease. *J Clin Exp Dent.*; 7(5):628-633.
8. Flemmig T. (1999) Periodontitis. *Annals of Periodontology/The American Academy of Periodontology*; 4 (1): 32-38.
  9. Gupta N, Gupta A, Khan S, Bansal N. (2015) Role of salivary matrix metalloproteinase-8 (MMP-8) in chronic periodontitis diagnosis. *Front. Med*; 9(1):72-76.
  10. Herane A, Chaparro A, Quintero A, Sanz A, Hernández M, Gaedechens D, et al. (2013) Expresión de citoquinas Th17 y su correlación con periodontopatógenos y el área periodontal inflamada en pacientes con periodontitis crónica. *Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral.*; 6(3): 109-113.
  11. Herrera M, Guerrero C, Martínez V(2013) . Participación de la IL-17 en la periodontitis crónica y agresiva. *Rev Mex Periodontol.*; 4 (2): 73-77.
  12. Loe H, Silness J. (1963) Periodontal Disease in pregnancy. *Act Odont Scand.*; 21:533-538.
  13. Manzini J. (2000) Declaración de Helsinki: principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta Bioethica*; 6 (2):1-14.
  14. Matheus N, Mendoza C, Mesonero J, Alcalde A.( 2012)La melatonina un potente inmunomodulador. *Revista del Colegio de Médicos Veterinarios del Estado Zulia.*;2(1):1-19.
  15. Mendoza C, Arteag O, Gamonal J. (2006) Investigación Epidemiológica en Enfermedades Periodontales en América Latina. *Rev Chil Period Oseoint.*; 3(3):7-13.
  16. Montero J, López N, Ferrera M, López A. (2017)Changes in crevicular cytokines after application of melatonin in patients with periodontal disease. *J Clin Exp Dent.*; 9(9):1081-1087.
  17. Mosquera J, Peña K, Rincón J, Pedrañez A, Viera N. Chemotactic effect of melatonin on leukocytes. *J Pineal Res.* 2007; 43:263–269.
  18. Murat I, Seda C, Hom-Lay W, Korman K. (2012) Melatonin and Oral Cavity. *J Periodont Res*: (22): 192-204.

19. Público S, Vásquez, G. González L (2011) . Interleucina-6: ¿amiga o enemiga? Bases para comprender su utilidad como objetivo terapéutico.; *Iatreia* 24 (2): 157-166.
20. Rathnayake N, Akerman S, Klinge B, Lundegren N, Jansson H. (2013) Salivary biomarkers of oral health a cross-sectional study. *J Clin Periodontol.*; 40(2):140-7.
21. Rodella L, Brunamonti P, Bufolli B, Merigo D, Labanca M. (2011). Inflammatory mediators and oxidative stress in periodontal disease. *Nova Science Publishers.*; 107-120.
22. Shaneen J, Leishman G, Seymour J, Ford P. Local and Systemic Inflammatory Responses to Experimentally Induced Gingivitis. *Disease Markers.* 2013; 35 (5): 543–549.
23. Silness J, Loe H. 1964. Periodontal disease in pregnancy. *Acta Odontol Scand.* 22:121-8.
24. Wiebe C, Putnins E. (2000) The periodontal disease classification system of the American Academy of Periodontology-an update. *J Can Dent Assoc.*; 66(11):594-597.

## References

1. Blanque, M. (2007). Equipment for greenhouses. *Horticom Magazine*, (201), 10-19.
2. Eguren, A. (2010). Classification of Heating Facilities. In A. Eguren. Pamplora: UPNA.
3. Falconí, F. and Vallejo, M. C. (2012). Socio-ecological transitions in the Andean region. *Iberoamerican Journal of Ecological Economics*, 18, 54-71.
4. García Pérez, M., Sanchez Molina, J., and Rodríguez, F. (2016). Solar energy for greenhouses, a new approach based on innovation in energy systems and networks. *Interempresas*.
5. García, J., De la Plaza, S., Durán, J., Navas, L., Benavente, R., and Luna, L. (1997). Underfloor heating. *Magazine of industry, distribution and horticultural socioeconomics*, 4.
6. Gómez, M. B. (2007). Greenhouse equipment. *HORTICOM Online Magazines*.
7. HVACR, M. (2014). Heating Systems in Open Systems. *HVACR world*.
8. HVACR, R. M. (2017). Radiant floors. Heat from the inside. *Mundo HVACR Magazine*, 10.
9. LANSOLAR. (2015). Underfloor heating. *LANSOLAR Magazine*, 3. Obtained from <http://www.lansolar.com/paginas/revista/suelo%20radiante.pdf>

10. Marín, F. W. (2012). Evaluation of the heating or cooling performance produced by the construction elements or microclimates of a passive house. *INVI Magazine*, No. 27, p. 171-197.
11. Herrera M, Guerrero C, Martínez V (2013). Participation of IL-17 in chronic and aggressive periodontitis. *Rev Mex Periodontol* .; 4 (2): 73-77.
12. Loe H, Silness J. (1963) Periodontal Disease in pregnancy. *Act Odont Scand* .; 21: 533-538.
13. Manzini J. (2000) Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research on human subjects. *Bioethica Act*; 6 (2): 1-14.
14. Matheus N, Mendoza C, Mesonero J, Mayor A. (2012) Melatonin a potent immunomodulator. *Journal of the College of Veterinary Doctors of the State Zulia*.; 2 (1): 1-19.
15. Mendoza C, Arteaga O, Gamonal J. (2006) Epidemiological Research in Periodontal Diseases in Latin America. *Rev Chil Period Oseoint* .; 3 (3): 7-13.
16. Montero J, López N, Ferrera M, López A. (2017) Changes in crevicular cytokines after application of melatonin in patients with periodontal disease. *J Clin Exp Dent* .; 9 (9): 1081-1087.
17. Mosquera J, Peña K, Rincón J, Pedrañez A, Viera N. Chemotactic effect of melatonin on leukocytes. *J Pineal Res*. 2007; 43: 263-269.
18. Murat I, Silk C, Hom-Lay W, Korman K. (2012) Melatonin and Oral Cavity. *J Periodont Res*: (22): 192-204.
19. Public S, Vásquez, G. González L (2011). Interleukin-6: friend or foe? Basis for understanding its usefulness as a therapeutic objective .; *Iatreia* 24 (2): 157-166.
20. Rathnayake N, Akerman S, Klinge B, Lundegren N, Jansson H. (2013) Salivary biomarkers of oral health a cross-sectional study. *J Clin Periodontol* .; 40 (2): 140-7.
21. Rodella L, Brunamonti P, Bufolli B, Merigo D, Labanca M. (2011). Inflammatory mediators and oxidative stress in periodontal disease. *Nova Science Publishers* .; 107-120.
22. Shaneen J, Leishman G, Seymour J, Ford P. Local and Systemic Inflammatory Responses to Experimentally Induced Gingivitis. *Disease Markers* 2013; 35 (5): 543-549.
23. Silness J, Loe H. 1964. Periodontal disease in pregnancy. *Odontol Scand Act*. 22: 121-8.
24. Wiebe C, Putnins E. (2000) The periodontal disease classification system of the American Academy of Periodontology-an update. *J Can Dent Assoc* .; 66 (11): 594-597.

## Referências

1. Blanque, M. (2007). Equipamento para estufas. Revista Horticom, (201), 10-19.
2. Eguren, A. (2010). Classificação das instalações de aquecimento. Em A. Eguren. Pamplora: UPNA.
3. Falconí, F. e Vallejo, M. C. (2012). Transições sócio-ecológicas na região andina. Iberoamerican Journal of Ecological Economics, 18, 54-71.
4. García Pérez, M., Sanchez Molina, J. e Rodríguez, F. (2016). Energia solar para estufas, uma nova abordagem baseada na inovação em sistemas e redes de energia. Interempresas.
5. García, J., De la Plaza, S., Durán, J., Navas, L., Benavente, R. e Luna, L. (1997). Aquecimento por piso radiante. Revista de indústria, distribuição e socioeconomia hortícola, 4.
6. Gómez, M. B. (2007). Equipamento de estufa. Revistas online da HORTICOM.
7. HVACR, M. (2014). Sistemas de aquecimento em sistemas abertos. Mundo HVACR.
8. HVACR, R.M. (2017). Pisos radiantes. Calor por dentro. Revista Mundo HVACR, 10.
9. LANSOLAR. (2015). Aquecimento por piso radiante. Revista LANSOLAR, 3. Obtido em <http://www.lansolar.com/paginas/revista/suelo%20radiante.pdf>
10. Marín, F. W. (2012). Avaliação do desempenho de aquecimento ou resfriamento produzido pelos elementos de construção ou microclimas de uma casa passiva. Revista INVI, n. 27, p. 171-197.
11. Herrera M, Guerrero C, Martínez V (2013). Participação da IL-17 na periodontite crônica e agressiva. Rev Mex Periodontol.; 4 (2): 73-77.
12. Loe H, Silness J. (1963) Doença Periodontal na gravidez. Lei Odont Scand. 21: 533-538.
13. Manzini J. (2000) Declaração de Helsinque: princípios éticos para a pesquisa médica em seres humanos. Lei de Bioética; 6 (2): 1-14.
14. Matheus N, Mendoza C, Mesonero J, prefeito A. (2012) Melatonina, um potente imunomodulador. Jornal da Faculdade de Médicos Veterinários do Estado Zulia .; 2 (1): 1-19.
15. Mendoza C, Arteag O, Gamonal J. (2006) Pesquisa Epidemiológica em Doenças Periodontais na América Latina. Rev Chil Period Oseoint.; 3 (3): 7-13.



16. Montero J, López N, Ferrera M, López A. (2017) Alterações nas citocinas creviculares após a aplicação de melatonina em pacientes com doença periodontal. *J Clin Exp Dent.*; 9 (9): 1081-1087.
17. Mosquera J, Peña K, Rincón J, Pedrañez A, Viera N. Efeito quimiotático da melatonina nos leucócitos. *J. Pineal Res.* 2007; 43: 263-269.
18. Murat I, Silk C, Hom-Lay W, Korman K. (2012) Melatonina e Cavidade Oral. *J Periodont Res:* (22): 192-204.
19. Public S, Vásquez, G. González L (2011). Interleucina-6: amigo ou inimigo? Base para entender sua utilidade como objetivo terapêutico. *Iatreia* 24 (2): 157-166.
20. Rathnayake N, Akerman S, Klinge B, Lundegren N, Jansson H. (2013) Biomarcadores salivares de saúde bucal em um estudo transversal. *J Clin Periodontol.*; 40 (2): 140-7.
21. Rodella L, Brunamonti P, Bufolli B, Merigo D, Labanca M. (2011) Mediadores inflamatórios e estresse oxidativo na doença periodontal. Nova Science Publishers. 107-120.
22. Shaneen J, Leishman G, Seymour J, Ford P. Respostas inflamatórias locais e sistêmicas à gengivite induzida experimentalmente. *Marcadores de Doenças* 2013; 35 (5): 543-549.
23. Silness J, Loe H. 1964. Doença periodontal na gravidez. *Lei Odontol Scand.* 22: 121-8.
24. Wiebe C, Putnins E. (2000) O sistema de classificação de doenças periodontais da Academia Americana de Periodontologia - uma atualização. *J Can Dent Assoc.*; 66 (11): 594-597.

©2019 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).