



DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3419

Análisis sobre la actividad científica referente a las estrategias de climatización pasiva usada en invernaderos: Parte 1: Análisis bibliométrico.

Gloria Alexandra Ortiz Rocha

glaortizro@unal.edu.co

<https://orcid.org/0000-0002-4137-3837>

Colombia.

Adrian Nicolas Chamorro Medina

achamorro@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-7393-7847>

Colombia.

Linda Gómez Arias

lygomez@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-2351-5424>

Colombia.

John Fabio Acuña Caita

jfacunac@unal.edu.co

<https://orcid.org/0000-0003-1668-5836>

Colombia.

Edwin Villagran

evillagran@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-1860-5932>

Colombia.

RESUMEN

Para garantizar la seguridad alimentaria, bajo el escenario actual y futuro de aumento poblacional y escasez de recursos para la producción, el sector agrícola tiene retos interesantes dentro de los cuales cabe mencionar el desarrollo de técnicas innovadoras y sostenibles para aumentar la producción de alimentos. Dentro de estas técnicas a nivel mundial, una de las prácticas más utilizadas es la producción de alimentos bajo invernaderos. Sin embargo, en la región tropical esta práctica de cultivo debe ser tecnificada con el fin de brindar a las plantas un microclima óptimo para el crecimiento y desarrollo. Una de las principales problemáticas de los invernaderos usados en países de la región tropical es su escaso nivel tecnológico y baja eficiencia energética, lo cual impide desarrollar labores de calefacción y enfriamiento de forma convencional. Sin embargo, en los últimos años en países como China, Turquía, Reino Unido, España, entre otros, se han venido desarrollando estrategias para realizar actividades de climatización sin el uso de combustibles fósiles. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo realizar mediante técnicas bibliométricas el análisis de la información científica publicada entre 2005 y 2021. Los resultados obtenidos permitieron encontrar un total de 397 publicaciones académicas de diversa tipología, generadas en más de 40 países, con China como país líder de la producción científica. Así mismo, se encontró que las fuentes y mecanismos energéticos para climatizar los invernaderos son diversos, destacándose el uso de energía solar y geotérmica como uno de los tópicos de mayor experimentación.

Palabras clave: calefacción, enfriamiento, energía solar, almacenamiento térmico, producción científica.

Correspondencia: evillagran@agrosavia.co,

Artículo recibido: 10 agosto 2022. Aceptado para publicación: 10 septiembre 2022.

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo

Licencia [Creative Commons](#) 

Como citar: Ortiz Rocha, G. A., Chamorro Medina, A. N., Gómez Arias, L., Acuña Caita, J. F., & Villagran, E. (2022).

Análisis sobre la actividad científica referente a las estrategias de climatización pasiva usada en invernaderos: Parte 1: Análisis bibliométrico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(5), 4596-4623.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3419

Analysis of scientific activity on passive climate control strategies used in greenhouses: Part 1: Bibliometric analysis.

ABSTRACT

In order to guarantee food security, under the current and future scenario of population growth and lack of resources for production, the agricultural sector has interesting challenges, including the development of innovative and sustainable techniques to increase food production. Among these techniques, one of the most widely used worldwide is the production of food under greenhouses; however, in the tropical region, this cultivation practice must be technified in order to provide the plants with an optimal microclimate for growth and development. One of the main problems of greenhouses used in countries of the tropical region is their low technological level and low energy efficiency, which prevents the development of conventional heating and cooling. However, in recent years in countries such as China, Turkey, United Kingdom, Spain, among others, strategies have been developed to carry out air conditioning activities without the use of fossil fuels. Therefore, the objective of this work is to analyze the scientific information published between 2005 and 2021 using bibliometric techniques. The results obtained allowed finding a total of 397 academic publications of different types, generated in more than 40 countries, with China as the leading country in scientific production. It was also found that the energy sources and mechanisms for heating greenhouses are diverse, highlighting the use of solar and geothermal energy as one of the topics of greatest experimentation.

Keywords: Heating, cooling, solar energy, thermal storage, scientific production.

INTRODUCCIÓN

Los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural son un pilar relevante del desarrollo energético actual, ya que son recursos usados en actividades para la industria, transporte y climatización de diferentes entornos habitables y de producción de alimentos, desafortunadamente su uso contribuye en gran medida a la contaminación ambiental y por ende a las alteraciones en el clima, que cada día han vuelto más vulnerable al sector dedicado a la producción de alimentos (Lee et al., 2021). Es importante resaltar que el sector agrícola consume cerca del 30% de la energía mundial y su vez genera un 20% de las emisiones de gases efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global (Villagran et al., 2021).

Por lo anterior y ligado al aumento de los costos de los combustibles fósiles y su continua tendencia al alza, en sistemas productivos como, el de la producción agrícola bajo cubierta ha cobrado, cada vez más interés el uso de estrategias de climatización pasiva en estructuras de invernadero (Achour & Zejli, 2018; Bouadila et al., 2014; Esen & Yuksel, 2013; Hassanien et al., 2016). A nivel mundial se han realizado trabajos como el de Esen & Yuksel (2013), en Turquía, donde se estudian diferentes métodos de calefacción para invernaderos a través del uso de, biogás, energía solar y energía geotérmica. Los resultados experimentales obtenidos, permitieron encontrar que es posible alcanzar temperaturas en el interior del invernadero cercanas a los 23°C, valor óptimo para el desarrollo de varios tipos de cultivos, demostrando, por lo tanto, el éxito que pueden ofrecer estos sistemas de calefacción alimentados por energías alternativas.

Así mismo, otras investigaciones más recientes concluyeron que la combinación de fuentes de energías renovables para climatización de invernaderos, producen un menor impacto ambiental con respecto a un método convencional de climatización para invernaderos (Ntinis et al., 2017). Otros autores se han enfocado en el análisis del aprovechamiento de la energía solar, combinado con el uso de materiales de cambio de fase, usando algunos muros como fuente de almacenamiento térmico, especialmente para su implementación en regiones de clima mediterráneo. Los resultados han demostrado que la implementación de esta alternativa logra disminuir las fluctuaciones micro climáticas, mejorando las condiciones de temperatura y humedad al interior del invernadero en el periodo nocturno (Berroug et al., 2011; Liu & Yang, 2017).

En los países de la region tropical, predominan los invernaderos de cubierta plástica, esta tipología de estructuras no cuentan con sistemas de climatización y se ha demostrado que su comportamiento no es el adecuado para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Villagrán et al., 2022; Villagrán & Rodriguez, 2021). De otro lado, algunos estudios han demostrado que los sistemas de climatización convencionales serian poco eficientes en esta tipología de estructuras, debido a perdidas energéticas por baja hermeticidad y por la baja capacidad del plástico para retener la radiación térmica (Villagrán-Munar & Bojacá-Aldana, 2019; Villagran, 2021).

En los últimos años, ha cobrado importancia realizar estudios para recopilar información que permita conocer detalles técnicos y científicos respecto a los últimos avances en algún campo de conocimiento. Dentro de estos estudios, es característico usar técnicas bibliométricas o cienciométricas que están dentro de la rama de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) (Michán Aguirre, 2011). La bibliometría permite identificar las dinámicas y relaciones que pueden existir entre autores y en las metodologías empleadas para la investigación y producción científica de un área del conocimiento (Montalván-Burbano et al., 2020). Por ende, mediante herramientas computacionales basadas en estadísticas, se pueden analizar los metadatos de la producción científica para un periodo determinado (Rocha et al., 2021).

Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo fue desarrollar un análisis bibliométrico y técnico a través de la recopilación de información científica reportada en las principales bases de datos de estudios relacionados con estrategias de climatización pasiva, que puedan ser implementados en invernaderos usados en países de la región tropical.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del este trabajo, se formuló una metodología de búsqueda organizada y estructurada (Figura 1), con el objetivo de realizar un análisis bibliométrico y técnico de la temática analizada, siendo el análisis técnico discutido en otro documento. La búsqueda estructura de información, fue utilizada para analizar la producción científica generada entre los años 2005 y 2021, sobre climatización pasiva en invernaderos, esta búsqueda permitió identificar las relaciones científicas y los hallazgos destacables en dicha temática.



Figura 1: Metodología de la búsqueda organizada y estructurada empleada en el estudio

Los criterios de búsqueda y recopilación de datos incluyeron la selección de Scopus como base de datos científica, debido a que compila investigaciones a nivel internacional, brinda acceso a datos, métricas y herramientas analíticas confiables, con acceso a la información de forma versátil, lo que permite realizar estudios bibliométricos en cualquier área de interés (Betancourt et al., 2013; Salinas-Velandia et al., 2022). Para la búsqueda se definieron 55 palabras clave, relacionadas en la ecuación 1, permitiendo desarrollar la búsqueda de producción académica referente al uso de climatización pasiva en invernaderos.

(Greenhouse OR Glasshouse OR "Greenhouse microclimate") AND (Heat* OR Cool*) AND ("Heating Greenhouse" OR "Rock-bed heating system" OR "Greenhouse climate control" OR "crop development control" OR "Rock-bed" OR "Renewable energy" OR "Thermal energy storage" OR "Combined heating system" OR "Water filled passive solar sleeves" OR "Latent heat storage" OR "Packed bed solar air heater" OR "Solar energy storage" OR "Solar energy" OR "Ground solar heating system" OR "Storage tank" OR "Flat plate collector" OR "Thermal model" OR "Simulation model" OR "Air temperature" OR "Soil temperature" OR "Heat-pipe" OR "Evaporative cooling greenhouse" OR "Conic basket geothermal heat exchanger" OR "Geothermal heat pump" OR "Energy efficiency" OR "Earth-air heat exchanger" OR "Thermal load leveling" OR "Cooling systems" OR "heating systems" OR "Heating potential" OR "Heating potential") AND NOT ("Greenhouse Effect" AND "Carbon Dioxide" AND "Gas Emissions" AND "Greenhouse Gases" AND "Greenhouse Gas" AND "Fossil Fuels" AND "Natural Gas" AND "Costs" AND "Ozone" AND "Air Pollution Control" AND "Greenhouse Gas Emissions" AND "Carbon" AND "Emission Control" AND "Industrial Emissions" AND "Ozone Layer" AND "Economic And Social Effects" AND "Air conditioning" AND "Building").

ANALISIS BIBLIOMETRICO

El análisis bibliométrico, incluyó la evaluación de la producción científica anual de los documentos publicados, el tipo de documentos, la contribución por país, los autores destacados, los documentos más citados, el uso de palabras clave, las redes de coautoría, coocurrencia, y citación. Todo lo anterior permite evaluar la calidad, la influencia y el impacto de los documentos y fuentes de producción científica y las colaboraciones existentes entre los principales actores de generación de conocimiento y ciencia en una temática específica (Boeris, 2010; Montalván-Burbano et al., 2021). A través de la bibliometría o mapeo de la ciencia se logra analizar la naturaleza, el estado y las tendencias del proceso evolutivo en términos de, cantidad, visibilidad y estructura del campo de investigación definido (van Eck & Waltman, 2017). A su vez, la identificación de publicaciones relevantes y altamente consultadas por la comunidad académica (Rocha et al., 2021).

Por lo tanto, la bibliometría se ha constituido como una herramienta para la toma de decisiones, en políticas institucionales y en la planificación y evaluación de investigaciones e incluso para contrastar logros y avances de las fuentes de generación conocimiento (Dávila Rodríguez et al., 2009; Gómez Velasco et al., 2021).

Adicionalmente, se emplearon indicadores bibliométricos complementarios, como el Scimago Journal Rank (SRJ), desarrollado por el grupo SCImago, a partir del algoritmo de Google PageRank™, para evaluar el impacto y visibilidad de las revistas contenidas en la base de datos Scopus® desde 1996 (Riggio-Olivares, 2017). El índice anterior ofrece un análisis categorizando en cuartiles Q1, Q2, Q3 y Q4, donde Q1 es el cuartil de clasificación para las revistas con mayor prestigio debido a su impacto (Falagas et al., 2008). También se consideró el indicador H-index, creado por Jorge E. Hirsch en el 2005 y relaciona la cantidad de número de citas en relación con los artículos publicados (Herrera-Franco et al., 2021).

La información característica de este análisis, corresponde a datos de autores, organizaciones, países, palabras clave, fuentes y referencias bibliográficas, los cuales fueron descargados, analizados y corregidos, pues los datos primarios contenían errores gramaticales, homónimos y referencias duplicadas (Herrera-Franco et al., 2021).

SOFTWARE DE VISUALIZACIÓN DE DATOS

Se utilizó el software de uso libre VOSviewer, desarrollado por Nees Jan van Eck y Ludo Waltman del CWTS Leiden University, el cual aplica la técnica de normalización de la fuerza de asociación, luego la técnica del mapeo VOS (visualization of similarities) y finalmente la técnica de agrupación. Para construir y visualizar la red bibliométrica el programa trabaja con distintas unidades de análisis como autores, organizaciones, países, documentos, fuentes de divulgación, palabras clave, referencias citadas, autores citados o fuentes-revistas citadas; a través de diferentes tipos de análisis que pueden ser: coautoría, coocurrencia y citas (Rocha et al., 2021).

Para construir la red el software se basa en los archivos suministrados de la base de datos bibliográfica, posteriormente se determina el tipo y unidad de análisis, esta última corresponde a los elementos que tomarán una posición como nodo, mientras que el tipo de análisis definirá el tipo de relación que se representará a través de los enlaces. Por lo anterior es así como entre cualquier par de elementos o nodos existe un único enlace que los conecta; cada enlace posee una fuerza que corresponde a un valor numérico

positivo que de acuerdo con el tipo de análisis podrá representar, por ejemplo, el número de publicaciones entre dos investigadores coautores (enlaces de coautoría), el número de publicaciones en las que aparecen los términos juntos (enlaces de coocurrencia). Por su parte, los clústeres corresponden a subgrupos representados a través de colores, donde los elementos solos pueden pertenecer a un único clúster. Finalmente, la construcción de la red se logra al graficar el conjunto de elementos en nodos agrupados en clústeres y con la relación entre estos en enlaces (Van Eck & Waltman, 2013).

Mediante el uso de estas unidades de análisis, se realizó la visualización, exploración e interpretación de gráficos bidimensionales de las relaciones de coautoría y citas, generando un análisis eficiente que favorecen la producción de conocimiento y su divulgación (Carrión-Mero et al., 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Se recopilaron 397 publicaciones, correspondientes al periodo definido de 17 años, entre el 2005 y el 2021, destacando el 2019 como el año con mayor producción, con un total de 47 publicaciones (Figura 2). En general, la productividad científica en el área ha tenido un comportamiento fluctuante con tendencia positiva y una tasa de crecimiento anual promedio del 22%. Sin embargo, el periodo comprendido entre el 2005-2006, fue el que mayor variabilidad negativa presentó, con una tasa de publicación de -38%.

Por el contrario, el lapso entre 2007-2008 corresponde al de mayor tasa de variación positiva, con un valor de 200%, seguido por el 2010-2011 con variación del 145% equivalentes a un aumento en la tasa de publicación de 8 y 16 documentos respectivamente (Figura 3). Lo anterior refleja un comportamiento común de la dinámica de la actividad científica en áreas de conocimiento con potencial desarrollo (Gómez Velasco et al., 2021), por lo cual se evidencia que en la última década ha existido un interés científico por mejorar las condiciones micro climáticas en los invernaderos usados para la producción agrícola.

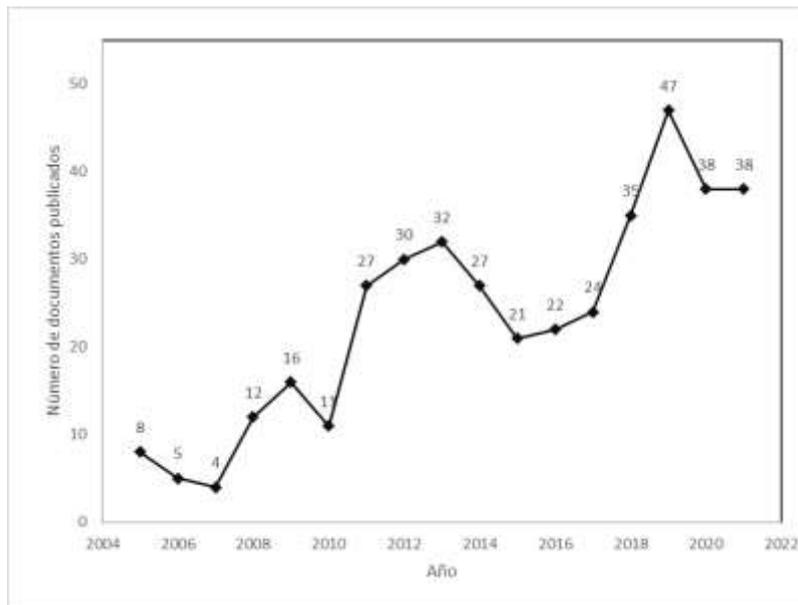


Figura 2: Producción científica por año

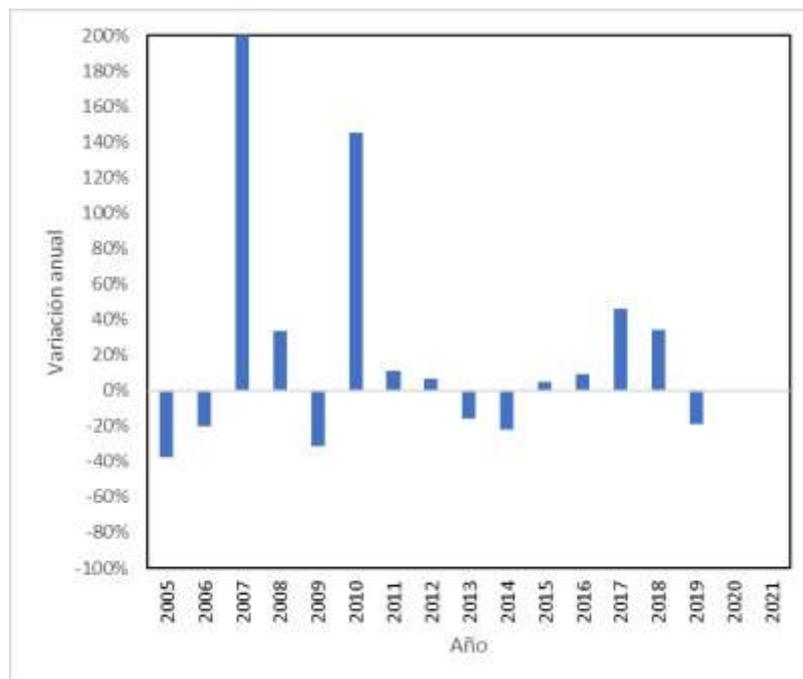


Figura 3: Tasa de variación anual de la producción científica

TIPOLOGÍA DE DOCUMENTOS PUBLICADOS

Entre los documentos recopilados que fueron 397 documentos, se encontraron 5 tipologías de documentos publicados, los cuales se presentan en la Figura 4. Se destacan los documentos tipo artículo con un aporte de 263 documentos, seguido por los documentos de conferencias con una cantidad de 100 y en menor medida, los artículos tipo revisión, libros y capítulos de libros.

Todo lo anterior corresponde a una dinámica común de las ciencias experimentales, donde los artículos son el tipo de documento preferido por los investigadores y personal académico, como medio de difusión para dar a conocer los resultados y contribuciones de los estudios desarrollados, por ende, también es la tipología de documento mayormente consultada y citada.

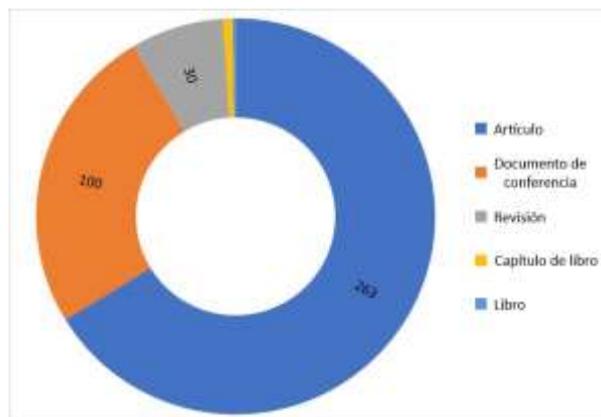


Figura 4: Número de publicaciones por tipología de los documentos recopilados.

Este tipo de comportamiento permite concluir que la temática de climatización pasiva en invernaderos es una disciplina que aún tiene una vigencia de investigación interesante, pues su divulgación se genera a través de artículos y documentos de congreso, tipologías que de publicaciones que pueden ser consideradas efímeras. Además, también se han generado publicaciones a través de libros y capítulos de libro, que son publicaciones de menor envejecimiento y que se consideran como material científico clásico.

ÁREA TEMÁTICA

En cuanto al área temática, 226 documentos publicados pertenecen a la disciplina de la ingeniería, 185 a disciplinas asociadas a energía y 114 a agricultura y ciencias biológicas (Figura 5). Dentro de esta clasificación es importante mencionar que un mismo documento, puede pertenecer a más de un área temática y por lo tanto pueden ser publicados principalmente en revistas multidisciplinarias. Por lo anterior se puede deducir que el desarrollo y avance en el conocimiento de la temática de climatización pasiva de invernaderos es un área de interés multidisciplinario, que relaciona la ciencia de la tecnología con las ciencias de la vida y, en menor medida, se presentan estudios con particularidades que relacionan las ciencias de la salud, ciencias físicas e incluso ciencias sociales, de acuerdo con las categorías temáticas definidas en el trabajo desarrollado por Riggio-Olivares (2017).

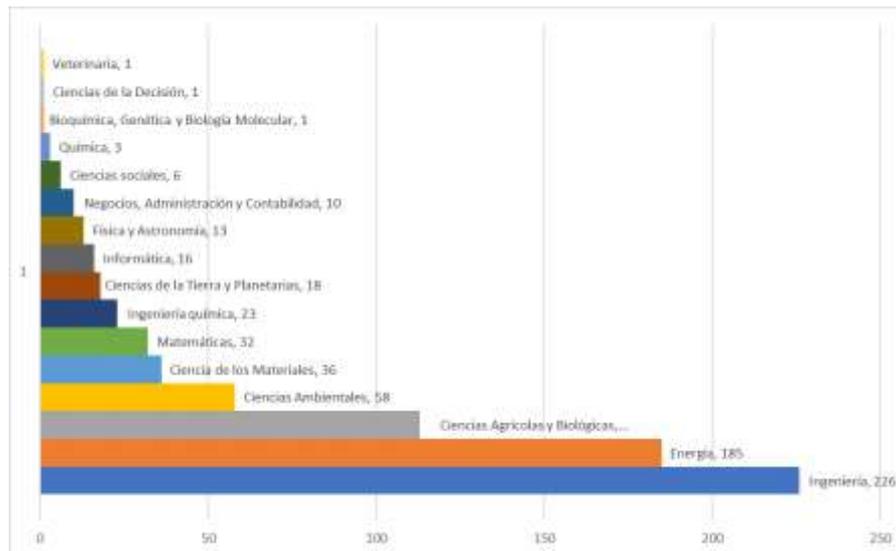


Figura 5: Área temática de los documentos publicados recopilados.

RED COAUTORIA POR AUTORES

En total se lograron identificar 1051 autores en los 397 documentos publicados y sus relaciones de coautoría se presentan en la Figura 6. Esta red principal de coautoría está compuesta por 1057 enlaces que se relacionan a través de 3198 colaboraciones (enlaces), representadas por una fuerza de enlace de 1269, que está organizada en 181 clústeres. En la Tabla 1, se relacionan los datos principales de los autores más influyentes en la temática de climatización pasiva en invernaderos, estos autores generalmente ocupan cargos académicos como docentes o investigadores.

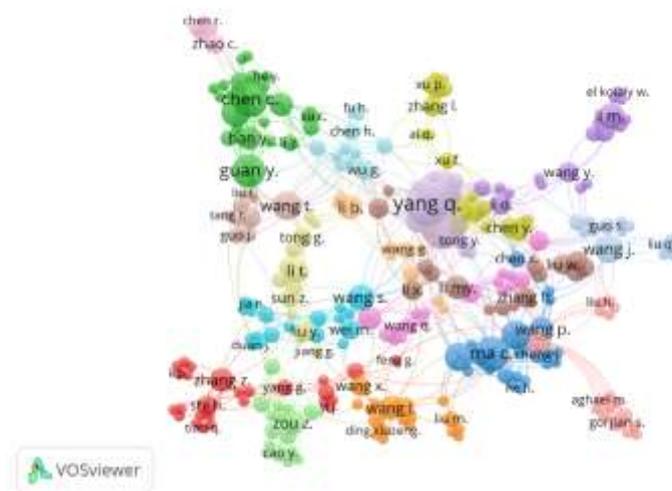


Figura 6: Red de coautoría principal

Tabla 1: Autores con mayor número de publicaciones.

Autor	Documentos publicados	Numero de citaciones	Cargo actual	Institución actual	País de nacionalidad
Yang. Q.	15	273	Profesor	Zhengzhou University	Beijing, China
Fang H.	14	268	Profesor	Chinese Academy of Agricultural Sciences	Beijing, China
Zhang. Y.	14	263	Profesor	Chinese Academy of Agricultural Sciences	Beijing, China
Farhat A.	13	474	Investigador	Centre de Recherches et des Technologies de l'Energie	Hammam Lif, Tunéz
Bouadila S.	11	275	Investigador	Centre de Recherches et des Technologies de l'Energie	Hammam Lif, Tunéz
Lazaar M.	10	327	Investigador	Centre de Recherches et des Technologies de l'Energie	Hammam Lif, Tunéz
Anifantis A.S.	9	180	Profesor	Università degli studi di Bari Aldo Moro	Bari, Italia
Chen C.	9	232	Profesor	Beijing University of Technology	Beijing, China
Kooli s.	9	277	Investigador	Centre de Recherches et des Technologies de l'Energie	Hammam Lif, Tunéz
Ma C.	9	166	Profesor	China Agricultural University	Beijing, China

En la red coautoría se destaca el autor Yang Q, quien publicó 15 documentos de investigaciones de la temática planteada, desarrolladas en China y enfocadas en las áreas temáticas de ingeniería, ciencias agrícolas y biológicas, y ciencias medioambientales. Estos estudios se desarrollaron en temas como la implementación de bombas de calor geotérmicas, sistemas de almacenamiento de calor latente, y optimización energética y microclimática mediante sistemas fotovoltaicos. Para la autoría de estos documentos, Yang Q, se relacionó con otros 24 investigadores, generando una fuerza total de enlace de 61, donde sus enlaces con mayor fuerza se dieron con los profesores de Chinese Academy of Agricultural Sciences, Fang H. y Zhang, Y., originadas a partir de 13 y 11 colaboraciones respectivamente.

Otro de los autores relevantes, es el investigador Abdelhamid Farhat, quien aportó 13 publicaciones en el periodo analizado con trabajos de investigación realizados en Túnez. Estos trabajos se desarrollaron en modelado, simulación, comparaciones y evaluaciones de sistemas de calefacción alimentados por energía solar, bombas de calor geotérmicas,

En la red general, se observa la participación importante de organizaciones como Indian Institute of Technology Delhi, Center De Recherches Et des Techniques, Università degli studi di Bari Aldo Moro y Ege University, que, en el periodo de tiempo evaluado, no generaron enlace con la red principal. Sin embargo, aportaron 9, 18, 9 y 7 documentos sobre la tematica; con 4, 3, 2 y 2 enlaces y una fuerza total de enlace de 4, 3, 4 y 6 respectivamente (Figura 7). La organización con mayor aporte en la temática analizada es el Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, con 30 documentos publicados, resultado de 57 colaboraciones con 28 organizaciones (Figura 8). Estas colaboraciones se dieron principalmente con Chinese Academy Of Agricultural Sciences, seguido por China Agricultural University; con quienes tiene una fuerza de enlace de 15 y 10 respectivamente. Por otro lado, Chinese Academy Of Agricultural Sciences y China Agricultural University se relacionaron con 4 colaboraciones y sus aportes en documentos publicados fueron de 23 y 17 respectivamente. Todo lo anterior demuestra que, en China, existe un interés generalizado por mejorar el microclima de sus invernaderos mediante técnicas pasivas y además hay un trabajo aunado entre las organizaciones gubernamentales, académicas y de Investigación.

RED DE COAUTORIA POR PAISES

El resultado del análisis de coautoría por países muestra que los 397 documentos recopilados, fueron producto de investigaciones realizadas en 59 países, de los cuales 11 no generaron relación de coautoría y 2 generaron un único enlace que no los conecta con la red principal. Por tanto, la red de coautoría presentada en la Figura 9, sólo considera 46 países, organizados en 10 clústeres con 89 enlaces y una fuerza total de enlace de 115.

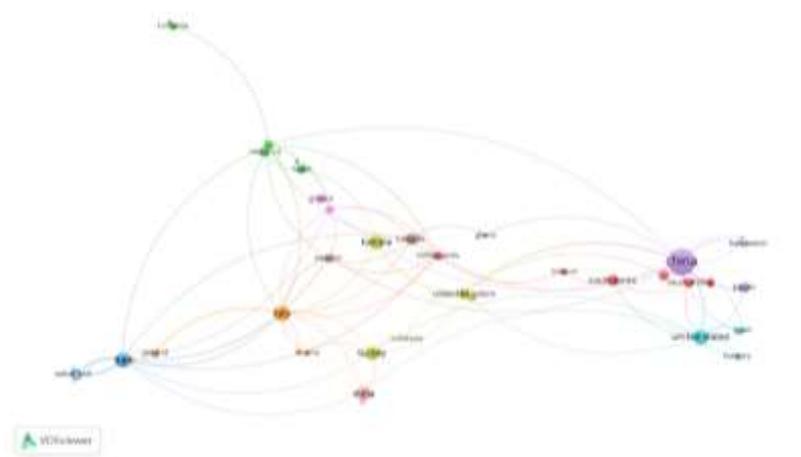


Figura 9: Red de coautoría entre 46 países

El clúster presentado en color rojo está compuesto por la mayor cantidad de países, 7 en total, entre ellos Algeria, Bélgica, Egipto, Holanda, Omán, Arabia Saudita y Corea del Sur, quienes aportan 44 documentos principalmente dentro de las áreas temáticas de Energía, ingeniería, ciencias agrícolas y biológicas, asociadas con temas de diseño de invernaderos, modelamiento o casos estudio de climatización pasiva, incluyendo el uso de energía geotérmica, energía solar y almacenamiento de energía térmica. Por otra parte, el clúster morado incluye los países China, Japón, Bangladés, Kenia y Vietnam, estos países aportan un total de 130 documentos en las áreas temáticas de Ingeniería, ciencias agrícolas y biológicas, energía y ciencia medioambiental. Los temas asociados a las investigaciones son; usos de bombas de calor y ahorro de energía en invernaderos, climatización con energía geotérmica, solar y de biomasa, almacenamiento de calor latente y por último invernaderos enterrados.

De otro lado en la Figura 12, se puede observar la producción científica por países, entre los cuales destaca China con 122 de los documentos recopilados, en trabajos de coautoría con 14 países; sus relaciones más fuertes, se generan con Egipto, Reino Unido y Estados Unidos, con 4 colaboraciones con cada uno. El segundo país destacado es Estados Unidos, el cual aportó un total de 28 documentos con 11 enlaces de coautoría, principalmente con China. Estas coautorías pueden deberse a convenios entre instituciones generalmente académicas; fomentadas por las políticas nacionales de educación superior que identifican a las universidades como facilitadores de los procesos de internacionalización (Sebastián, 2005).

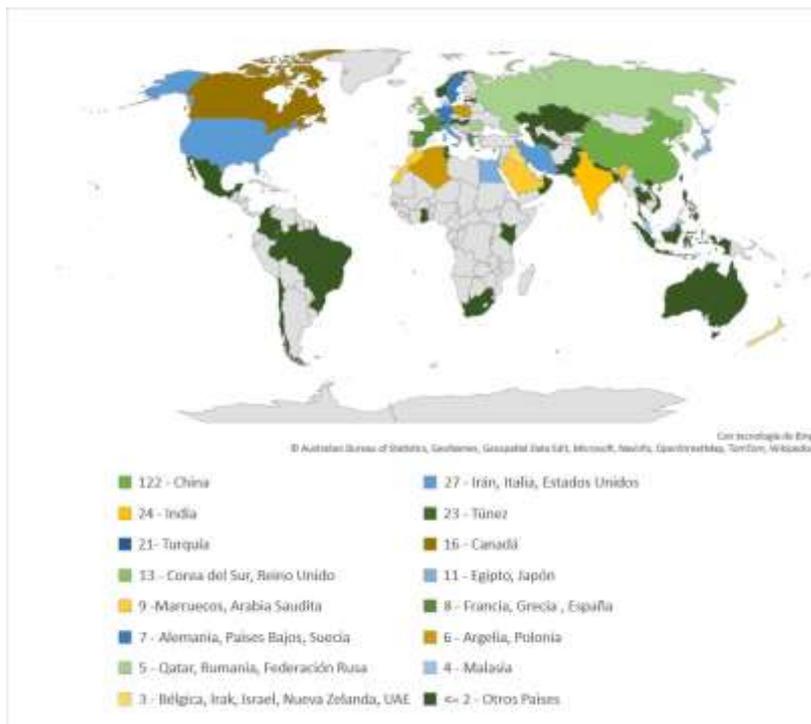


Figura 10: Producción científica por países

En el relacionamiento entre China y Egipto, se trabajó en las áreas temáticas de energía, ingeniería y agricultura con estudios aplicados a uso de la energía solar en invernaderos a través de células mono-fotovoltaicas, sistemas de bombas de calor y colectores solares. Por su lado entre China y Reino Unido, las áreas temáticas de trabajadas fueron; energía, ingeniería, ciencia de los materiales y ciencias ambientales con trabajos de Investigación aplicadas a la climatización de invernaderos mediante la implementación de colectores solares de aire y almacenamiento de calor activo a través de materiales de cambio de fase. Por último, entre China y Estados Unidos las investigaciones fueron en temáticas de ahorro de energía y sistemas de calor geotérmico para climatización de invernaderos.

COOCURRENCIA DE PALABRAS CLAVE

Se lograron identificar 3159 palabras clave, relacionadas en 44 clústeres con 83780 enlaces y una fuerza de enlace total de 107804, cómo se evidencia en la Figura 13. El nodo central es la palabra “Greenhouse”, con 385 ocurrencias; seguida por “Solar energy”, “Solar heating”, “Heating” y “Heat storage” con 150, 117, 117 y 101 ocurrencias respectivamente. Lo anterior permite evidenciar que existe un interés continuo en investigaciones sobre el aprovechamiento de la energía solar, para ser usada como fuente energética para actividades de climatización de invernaderos.

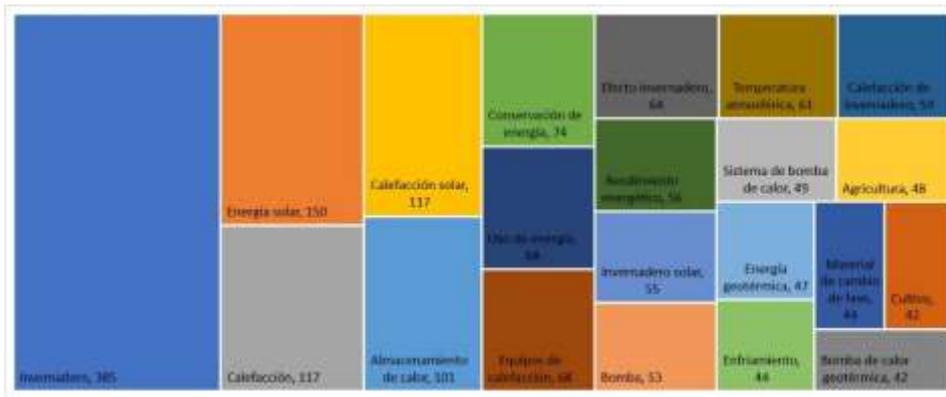


Figura 11: Ocurrencia de palabras clave

Así mismo es importante también mencionar que la coocurrencia entre estas palabras es considerablemente alta, debido a la frecuencia con la que son usadas, especialmente “Greenhouse” con “Solar energy”, “Solar heating”, “Heating” y “Heat storage”, siendo la fuerza de enlace entre estas igual a 148, 116, 115 y 100 respectivamente, estas palabras clave se relacionan mediante 7 clústeres.

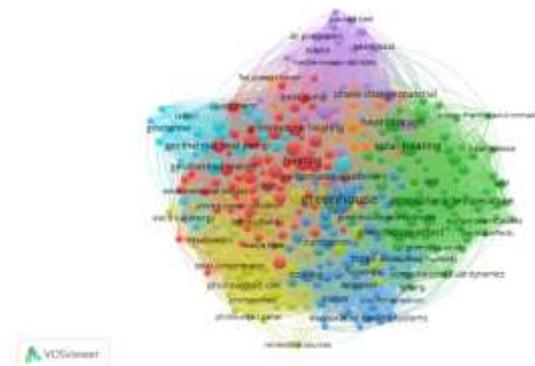


Figura 12: Red de coocurrencia de 3159 palabras clave

El clúster amarillo agrupa los documentos sobre el aprovechamiento de los recursos renovables, especialmente la energía solar y fotovoltaica, para la desalinización del agua y su uso en la agricultura. El Azul celeste, corresponde a investigaciones enfocadas en el aprovechamiento de la energía geotérmica para calefacción, considerando los costos e impacto ambiental. En el verde, se agrupan los estudios referentes a la calefacción y el acondicionamiento micro climático, haciendo uso de la dinámica de fluidos computacional y de técnicas almacenamiento de calor, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética. El Azul, reúne las investigaciones enfocadas al enfriamiento, sistemas evaporativos y de riego, con la implementación del modelamiento

computacional y finalmente, en el morado, se evidencian publicaciones enfocadas en el almacenamiento de calor con el uso de materiales de cambio de fase y lechos rocosos.

RED CITACIONES POR DOCUMENTO

En cuanto al número de citas por documento se encontró que 62 documentos no tuvieron citas, 113 recibieron entre 1 y 5 citas y solo los 15 documentos relacionados en la tabla 2, lograron más de 100 citas, sobresaliendo *Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse* (Esen & Yuksel, 2013), *Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review* (Lund & Boyd, 2016) y *Direct utilization of geothermal energy 2010 worldwide review* (Lund et al., 2011); sus citas fueron 593, 453 y 373 y sus enlaces en la red de citas fueron de 38, 4 y 2 respectivamente.

Tabla 2: Documentos publicados con mayor número de citas

Título	Citas	Referencia
Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse	593	Esen & Yuksel. (2013)
Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review	453	Lund & Boyd. (2016)
Direct utilization of geothermal energy 2010 worldwide review	373	Lund et al. (2011)
Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications	188	Sethi & Sharma. (2008)
Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses	168	Hassanien et al. (2016)
Thermal performance of a greenhouse with a phase change material north wall	159	Berroug et al. (2011)
Review of solar air collectors with thermal storage units	143	Alkilani et al. (2011)
Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review	142	Cuce et al. (2016)
Solar radiation distribution inside a greenhouse with south-oriented photovoltaic roofs and effects on crop productivity	140	Cossu et al. (2014)
A key review on present status and future directions of solar energy studies and applications in Saudi Arabia	139	Hepbasli & Alsuhaibani. (2011)
Performance analysis of a latent heat storage system with phase change material for new designed solar collectors in greenhouse heating	132	Benli & Durmuş. (2009a)
Performance of a concentrated photovoltaic energy system with static linear Fresnel lenses	123	Sonneveld et al. (2011)
Energetic performance analysis of a ground-source heat pump system with latent heat storage for a greenhouse heating	113	Benli. (2011)
Experimental and analytical studies of earth-air heat exchanger (EAHE) systems in India: A review	113	Bisoniya et al. (2013)
Evaluation of ground-source heat pump combined latent heat storage system performance in greenhouse heating	102	Benli & Durmuş, (2009b)

Así mismo, la red de citas por documento se compone de 137 clústeres y 1252 enlaces. Sin embargo, no todos los documentos se encuentran conectados entre sí, por lo que en la Figura 13, se presenta el conjunto principal de documentos conectados, con un total de 275 documentos en 17 clústeres, relacionados a través de 1249 enlaces.

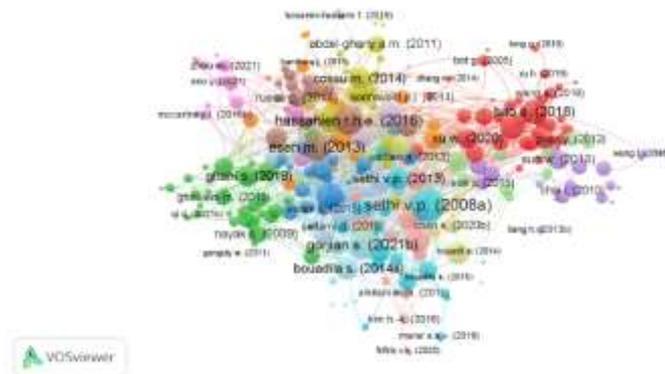


Figura 13: Red de citas por documento

El documento que contiene la mayor cantidad de enlaces en esta red es; *Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications* (Sethi & Sharma, 2008) con 59 enlaces, seguido por *Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses* (Hassanien et al., 2016), *Recent advances in net-zero energy greenhouses and adapted thermal energy storage systems* (Gorjian et al., 2021) y *Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review* (Cuce et al., 2016); con 45, 43 y 41 enlaces respectivamente (Figura 13). Estos documentos son considerados influenciadores en la temática de climatización pasiva en invernaderos, debido a que son los documentos mayormente consultados y altamente citados por la comunidad científica y académica.

CITACIONES POR FUENTE (REVISTAS)

En el análisis de citas por fuente, se reconocieron 144 revistas, entre las cuales destacan principalmente 5, que se relacionan en la Tabla 3. Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, publicó 48 documentos, siendo la revista con mayor cantidad de publicaciones dentro de la temática de climatización pasiva en invernaderos en el periodo del 2005 al 2021, seguida por Solar Energy con 24 documentos.

Por otra parte, Renewable and Sustainable Energy Reviews se destaca con 1548 citas de los 19 documentos publicados, además esta revista presenta el mayor valor

índice SJR 3.68 para 2021, este indicador puede considerarse alto, por lo tanto, así mismo es la influencia científica de esta revista. Le sigue en número de citas Energy and Buildings con 1459 de 17 documentos, y en indicador SJR esta Applied Energy con un valor de 3.06, como se puede observar en la Tabla 3. Cabe destacar que estas cinco revistas hacen parte de los cuartiles 1 y 2, evidenciando que son revistas académicas de alto el impacto, lo cual da una gran visibilidad académica y científica a los documentos allí publicados y por lo tanto estas fuentes deben ser las primeras en consultarse cuando un investigador o un grupo de investigadores se interesen por la temática acá analizada.

Tabla 3: Revistas, más relevantes donde se ha publicado documentos de la temática.

Rango	Artículo	Numero de documentos	Numero de citas	SJR	H-index	Cuartil
1	Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering	48	573	0.4	54	Q2
2	Solar Energy	24	1065	1.42	194	Q1
3	Renewable and Sustainable Energy Reviews	19	1548	3.68	337	Q1
4	Energy and Buildings	17	1459	1.68	198	Q1
5	Applied Energy	10	559	3.06	235	Q1

RED DE CITACIONES POR ORGANIZACIÓN

El análisis de organizaciones relaciona un total de 291 que conforman la red principal, estas organizaciones están agrupadas en 14 clústeres con 3489 enlaces y una fuerza total de enlace de 5302. Se puede evidenciar, que la organización con mayor cantidad de citas fue *Oregon institute of technology*, que supera las 1000 citas, seguida de *Firat University*, con 722 citas. Por otra parte, *el Center De Recherches Et des Techniques*, generó la mayor cantidad de enlaces en la red con 131. Es importante resaltar la relación que existe entre el *Ministry of Agriculture of the People's Republic of China* y la *Chinese academy of agricultural sciences*, con 73 citas entre estas, correspondiendo a la colaboración entre organizaciones más fuerte de la red, demostrando nuevamente la alineación que existe en este tópico de investigación entre las organizaciones del gobierno y las académicas en China (Figura 14).

AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria—AGROSAVIA por el apoyo técnico en la realización de esta investigación. Este estudio fue financiado por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación de Colombia—MINCIENCIAS a través del proyecto denominado *“Fortalecimiento de las capacidades de I + D + i del centro de investigación Tibaitatá para la generación, apropiación y divulgación de nuevo conocimiento como estrategia de adaptación al cambio climático en sistemas de producción agrícola ubicados en las zonas agroclimáticas del trópico alto colombiano”*.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta permitió conocer en detalle la actividad científica de la climatización pasiva en invernaderos, se encontraron 397 publicaciones en la temática, donde se destaca el año 2019, donde se publicaron 47 documentos de trabajos de investigación relacionados. Así mismo se encontró que la tipología de documentos mayormente publicados con un 66% del total de documentos corresponde a artículos, lo que permite demostrar que hay una dinámica de ciencia experimental con vigencia intermedia, pues existe también un pequeño porcentaje de los documentos publicados que corresponde a material clásico. Adicionalmente, se reconoció que esta temática de investigación presenta un interés multidisciplinario que relaciona las ciencias agrícolas con las ciencias de la tecnología, la vida, el ambiente y la energía.

En total se lograron identificar 1051 autores para 397 documentos publicados, los cuales fueron generados en 59 países y en un total de 291 organizaciones de índole investigativo, gubernamental y académico. Adicionalmente, se identificaron 5 revistas de alto impacto y de carácter multidisciplinar que publican constantemente artículos de investigación y revisión de la temática analizada. Así mismo, se identificó que China donde existen 4 millones de hectáreas dedicadas a la producción de alimentos bajo estructuras de invernadero, es el país con mayor cantidad de documentos publicados, demostrando que este país debido a su alta densidad poblacional y a su capacidad económica es un país que está en la búsqueda de alternativas sostenibles para la climatización de su estructura tradicional de invernadero solar chino. Si duda alguna, dentro de estas investigaciones pueden existir múltiples alternativas que pueden ser implementadas en las regiones tropicales, donde incluso pueden tener mayor eficacia debido a que las condiciones climáticas tanto en invierno como en verano son menos extremas.

Los análisis de coautoría, dejaron en evidencia la relación directa que debe existir entre autores de una misma ubicación geográfica y así mismo, la importancia en el relacionamiento que debe existir entre entidades de investigación, academia y entes gubernamentales. Lo anterior, permite generar investigaciones de impacto con una alta difusión y citación como las generadas en China.

LISTA DE REFERENCIAS

- Achour, Y., & Zejli, D. (2018). A thermo-economic analysis of solar energy-based heating systems for greenhouse application. *2018 6th International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 1–6.
- Alkilani, M. M., Sopian, K., Alghoul, M. A., Sohif, M., & Ruslan, M. H. (2011). Review of solar air collectors with thermal storage units. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(3), 1476–1490.
- Benli, H. (2011). Energetic performance analysis of a ground-source heat pump system with latent heat storage for a greenhouse heating. *Energy Conversion and Management*, *52*(1), 581–589.
- Benli, H., & Durmuş, A. (2009a). Evaluation of ground-source heat pump combined latent heat storage system performance in greenhouse heating. *Energy and Buildings*, *41*(2), 220–228.
- Benli, H., & Durmuş, A. (2009b). Performance analysis of a latent heat storage system with phase change material for new designed solar collectors in greenhouse heating. *Solar Energy*, *83*(12), 2109–2119.
- Berroug, F., Lakhel, E. K., El Omari, M., Faraji, M., & El Qarnia, H. (2011). Thermal performance of a greenhouse with a phase change material north wall. *Energy and Buildings*, *43*(11), 3027–3035.
- Betancourt, K. G., de Zayas Pérez, M. R., & Guitián, M. V. G. (2013). Análisis bibliométrico de las publicaciones relacionadas con proyectos de innovación y su gestión en Scopus, en el período 2001-2011. *Revista Cubana de Información En Ciencias de La Salud (ACIMED)*, *24*(3), 281–294.
- Bisoniya, T. S., Kumar, A., & Baredar, P. (2013). Experimental and analytical studies of earth–air heat exchanger (EAHE) systems in India: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *19*, 238–246.
- Boeris, C. E. (2010). *Aplicación de métodos bibliométricos a la evaluación de colecciones:*

El caso de la Biblioteca del Instituto Argentino de Radioastronomía. Universidad Nacional de La Plata.

Bouadila, S., Kooli, S., Skouri, S., Lazaar, M., & Farhat, A. (2014). Improvement of the greenhouse climate using a solar air heater with latent storage energy. *Energy*, *64*, 663–672.

Carrión-Mero, P., Montalván-Burbano, N., Paz-Salas, N., & Morante-Carballo, F. (2020). Volcanic geomorphology: A review of worldwide research. *Geosciences (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/geosciences10090347>

Cossu, M., Murgia, L., Ledda, L., Deligios, P. A., Sirigu, A., Chessa, F., & Pazzona, A. (2014). Solar radiation distribution inside a greenhouse with south-oriented photovoltaic roofs and effects on crop productivity. *Applied Energy*, *133*, 89–100.

Cuce, E., Harjunowibowo, D., & Cuce, P. M. (2016). Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *64*, 34–59. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.05.077>

Dávila Rodríguez, M., Guzmán Sáenz, R., Macareno Arroyo, H., Piñeres Herrera, D., De la Rosa Barranco, D., & Caballero-Urbe, C. V. (2009). Bibliometría: conceptos y utilidades para el estudio médico y la formación profesional. *Revista Salud Uninorte*, *25*(2), 319–330.

Esen, M., & Yuksel, T. (2013). Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse. *Energy and Buildings*, *65*, 340–351.

Falagas, M. E., Kouranos, V. D., Arencibia-Jorge, R., & Karageorgopoulos, D. E. (2008). Comparison of SCImago journal rank indicator with journal impact factor. *The FASEB Journal*, *22*(8), 2623–2628.

Gómez Velasco, N. Y., Chaviano, O. G., & Ballesteros Alfonso, A. L. (2021). Dynamics of Colombian Scientific Production in Economics: A Bibliometric Study in Scopus 2007-2019. *Lecturas de Economía*, *95*, 277–309.

Gorjian, S., Ebadi, H., Najafi, G., Chandel, S. S., & Yildizhan, H. (2021). Recent advances in net-zero energy greenhouses and adapted thermal energy storage systems. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *43*, 100940.

Hassanien, R. H. E., Li, M., & Lin, W. D. (2016). Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *54*, 989–

1001.

Hepbasli, A., & Alsuhaibani, Z. (2011). A key review on present status and future directions of solar energy studies and applications in Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5021–5050.

Herrera-Franco, G., Montalván-Burbano, N., Carrión-Mero, P., & Bravo-Montero, Lady. (2021). Worldwide research on socio-hydrology: A bibliometric analysis. *Water (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/w13091283>

Lee, C.-G., Cho, L.-H., Kim, S.-J., Park, S.-Y., & Kim, D.-H. (2021). Comparative Analysis of Combined Heating Systems Involving the Use of Renewable Energy for Greenhouse Heating. *Energies*, 14(20), 6603.

Liu, Y., & Yang, Y. (2017). Use of nano- α -Al₂O₃ to improve binary eutectic hydrated salt as phase change material. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 160, 18–25.

Lund, J. W., & Boyd, T. L. (2016). Direct utilization of geothermal energy 2015 worldwide review. *Geothermics*, 60, 66–93.

Lund, J. W., Freeston, D. H., & Boyd, T. L. (2011). Direct utilization of geothermal energy 2010 worldwide review. *Geothermics*, 40(3), 159–180.

Michán Aguirre, L. (2011). Cienciometría, información e informática en ciencias biológicas: enfoque interdisciplinario para estudiar interdisciplinas. *Ludus Vitalis: Revista de Filosofía de Las Ciencias de La Vida = Journal of Philosophy of Life Sciences = Revue de Philosophie Des Sciences de La Vie*, 19(35), 239–243.

Montalván-Burbano, N., Pérez-Valls, M., & Plaza-Úbeda, J. (2020). Analysis of scientific production on organizational innovation. *Cogent Business and Management*. <https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1745043>

Montalván-Burbano, N., Velastegui-Montoya, A., Gurumendi-Noriega, M., Morante-Carballo, F., & Adami, M. (2021). Worldwide research on land use and land cover in the amazon region. *Sustainability (Switzerland)*. <https://doi.org/10.3390/su13116039>

Ntinas, G. K., Neumair, M., Tsadilas, C. D., & Meyer, J. (2017). Carbon footprint and cumulative energy demand of greenhouse and open-field tomato cultivation systems under Southern and Central European climatic conditions. *Journal of Cleaner Production*, 142, 3617–3626.

Riggio-Olivares, G. (2017). *Indicadores bibliométricos de la actividad científica de la*

República Dominicana. Universidad Carlos III de Madrid (Spain).

- Rocha, G. A. O., Pichimata, M. A., & Villagran, E. (2021). Research on the Microclimate of Protected Agriculture Structures Using Numerical Simulation Tools: A Technical and Bibliometric Analysis as a Contribution to the Sustainability of Under-Cover Cropping in Tropical and Subtropical Countries. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 10433, 13(18), 10433. <https://doi.org/10.3390/SU131810433>
- Salinas-Velandia, D. A., Romero-Perdomo, F., Numa-Vergel, S., Villagrán, E., Donado-Godoy, P., & Galindo-Pacheco, J. R. (2022). Insights into Circular Horticulture: Knowledge Diffusion, Resource Circulation, One Health Approach, and Greenhouse Technologies. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191912053>
- Sebastián, J. (2005). La internacionalización de las universidades como estrategia para el desarrollo institucional. *Innovación Educativa*, 5(26).
- Sethi, V. P., & Sharma, S. K. (2008). Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy*, 82(9), 832–859. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2008.02.010>
- Sonneveld, P. J., Swinkels, G., Van Tuijl, B. A. J., Janssen, H. J. J., Campen, J., & Bot, G. P. A. (2011). Performance of a concentrated photovoltaic energy system with static linear Fresnel lenses. *Solar Energy*, 85(3), 432–442.
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2300-7>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2013). VOSviewer manual. *Leiden: Univeriteit Leiden*, 1(1), 1–53.
- Villagrán-Munar, E. A., & Bojacá-Aldana, C. R. (2019). Microclimate i simulation in a greenhouse used for roses production under conditions of intertropical climate. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 35(2), 137–150. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000308>
- Villagran, E. (2021). Implementation of ventilation towers in a greenhouse established in low altitude tropical climate conditions: numerical approach to the behavior of the natural ventilation. *Revista Ceres*. <https://doi.org/10.1590/0034-737x202168010002>

- Villagran, E., Bojacá, C., & Akrami, M. (2021). Contribution to the Sustainability of Agricultural Production in Greenhouses Built on Slope Soils: A Numerical Study of the Microclimatic Behavior of a Typical Colombian Structure. *Sustainability*, 13(9), 4748.
- Villagrán, E., Flores-Velazquez, J., Akrami, M., & Bojacá, C. (2022). Microclimatic Evaluation of Five Types of Colombian Greenhouses Using Geostatistical Techniques. *Sensors*, 22(10), 3925.
- Villagrán, E., & Rodriguez, A. (2021). Analysis of the Thermal Behavior of a New Structure of Protected Agriculture Established in a Region of Tropical Climate Conditions. *Fluids*, 6(6), 223.