

Aportes de la ingeniería a la sostenibilidad

Diana Lancheros Cuesta
Editora

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

Aportes de la ingeniería a la sostenibilidad

Diana Lancheros Cuesta
Editora

UNIVERSIDAD DE
LASALLE

Bogotá, D. C. (Colombia)
2022

Aportes de la ingeniería a la sostenibilidad / Diana Lancheros Cuesta, editora; Efraín Bernal Alzate [y otros diecinueve]. - Primera edición. - Bogotá: Ediciones Unisalle, 2022.

1 recurso en línea (104 páginas): ilustraciones, fotografías, gráficas, mapas.

Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-628-7510-24-1 (PDF)

1. Ingeniería sostenible - Investigaciones - Colombia 2. Recursos energéticos renovables - Investigaciones - Colombia 3. Cambios climáticos - Aspectos políticos - Colombia 4. Abastecimiento de alimentos - Aspectos ambientales - Colombia I. Lancheros Cuesta, Diana II. Bernal Alzate, Efraín

CDD: 628 ed.22

CEP-Universidad de La Salle. Dirección de Bibliotecas y Recursos de Apoyo

e-ISBN: 978-628-7510-24-1

Primera edición, Bogotá, D. C., enero del 2022

© Universidad de La Salle

Tablas y figuras: todas pertenecen a los autores,
a menos que se indique lo contrario.

Edición

Ediciones Unisalle

Cra. 5, n.º 59A-44

PBX: (571) 348 8000, extensiones: 1224 y 1226

edicionesunisalle@lasalle.edu.co

<https://ediciones.lasalle.edu.co/>

Dirección editorial

Leonardo A. Paipilla Pardo

Coordinación editorial

Andrea del Pilar Sierra Gómez

Corrección de estilo

Carlos Guillermo Casanova

Diseño de portada








Andrés Pérez

Diagramación

Diahann Molano

Publicación electrónica

Contenido

 Introducción	5
Diana Lancheros Cuesta	
 Capítulo 1. Sistemas energéticos para el desarrollo rural	7
Efraín Bernal Alzate	
 Capítulo 2. Revisión de la transición energética en combustibles: evidencia empírica en Colombia (2010-2017)	25
Jhon Jairo Pérez Gelves	
 Capítulo 3. Cambio climático y calidad del aire: dos caras de una misma moneda	37
Jorge Eduardo Pachón Quinche	
 Capítulo 4. Factores de emisión de hornos ladrilleros colombianos	45
Boris Galvis, Carolina Abadía, Marcela Barón, Fabio Salgado, Beryiny Ruiz, Paola Herrera, Fredy Díaz Luisa Rodríguez, David Beltrán, Sharitz Mantilla	
 Capítulo 5. Agua y saneamiento: contexto y perspectiva en tiempos de crisis	56
Rosalina González Forero	
 Capítulo 6. Procesos agroalimentarios sostenibles: un aporte desde la academia a la competitividad y el desarrollo del país	73
Ángela María Otálvaro Álvarez y Heidi Tatiana Jiménez Ariza	

Capítulo 7. Productividad y automatización: llaves para la transformación social e industrial de un país.....	84
--	----

Óscar Javier Herrera Ochoa y Jorge Eliécer Rangel Díaz

Capítulo 8. Ecosistemas de emprendimiento e innovación: Observatorio de Economía Circular e Innovación, Universidad de La Salle.....	95
---	----

Beatriz Elena Ortiz Gutiérrez



Introducción

Diana Lancheros Cuesta
Editora



Durante el 2015, los líderes mundiales adoptaron objetivos globales para desarrollar una agenda sostenible, que erradique la pobreza y proteja al planeta. De esta manera, se definieron los *objetivos de desarrollo sostenible* (ODS), los cuales establecen las metas que los países deben monitorear, con el fin de lograr su cumplimiento.

Colombia, consciente de la importancia en el cumplimiento de los ODS, los monitorea de forma constante e incluye, en los diferentes planes de desarrollo, mecanismos y estrategias que sean garantes del cumplimiento de cada uno de ellos.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Salle define cuatro áreas de énfasis y de trabajo, las cuales ayudan a desenvolver su actividad académica, de extensión y de investigación, con la finalidad de evidenciar el aporte de la ingeniería a la sostenibilidad. Al respecto, estas son las áreas definidas: (a) gestión energética y ambiental, (b) procesos agroalimentarios y biotecnológicos, (c) desarrollo de infraestructura sostenible y gestión de recursos, (d) innovación, automatización y productividad. La relación de cada una de las áreas con los ODS se aprecia en la figura 1, en la cual se denominan *áreas de énfasis*, que aportan al mismo objetivo.



Figura 1. Áreas de énfasis de la Facultad de Ingeniería

El presente libro muestra, en cada uno de sus capítulos, cuál es el aporte de la ingeniería a la sostenibilidad en las áreas establecidas.

A close-up photograph of a leaf vein, showing the intricate network of smaller veins branching off a larger central vein. The leaf is a light beige or cream color. Three solid blue circles are positioned horizontally across the upper part of the image, partially overlapping the leaf's texture.

Capítulo 1

Sistemas energéticos para el desarrollo rural

Efraín Bernal Alzate*

* Doctor en Ingeniería (Universidad de Ulm). Magíster en Ingeniería Electrónica y de Computador (Universidad de los Andes). Ingeniero electrónico (Universidad Pontificia Bolivariana). Profesor del programa de Ingeniería Eléctrica (Facultad de Ingeniería, Universidad de La Salle).



Introducción

Las limitaciones que se viven en el campo colombiano hoy en día, con una población que presenta altos niveles de pobreza, la débil presencia estatal, la escasa provisión de servicios públicos, sumadas a la lejanía que se tiene con las grandes urbes y la poca competitividad ante mercados internacionales, hacen que la brecha de desigualdad entre el sector rural y el sector urbano del país sea cada vez más grande.

En particular, un servicio ausente de primera necesidad esencial en el desarrollo rural es la *energía*. La producción agroindustrial inició hace más de 300 años, gracias a la disponibilidad de los derivados del petróleo. Sin embargo, en la actualidad, los sistemas agrícolas industriales se basan en un alto nivel de productos fósiles y, aunque son productivos al compararlos, su sostenibilidad se debate, puesto que los sistemas agrícolas a nivel mundial impactan el medioambiente de forma negativa. No obstante, en algunas regiones de Colombia no se cuenta, al menos, con la disponibilidad de estos recursos energéticos.

Esta realidad es un reto para la innovación y la ingeniería sostenible. Transformar el campo en comunidades sostenibles, para hacerlo ambiental, económico y socialmente sostenible, es posible a través de proyectos que trabajen líneas temáticas basadas en energías renovables, agua potable, saneamiento y desarrollo productivo sostenible. En este artículo, se presentan algunas alternativas de solución, cuyo eje fundamental son los sistemas energéticos renovables.

Fuentes de energías renovables

Las *fuentes de energía renovable* son una solución al problema del abastecimiento energético futuro, dependiente de fuentes fósiles o estáticas. Se definen como la energía que se obtiene a partir de la energía continua o recurrente en el mundo natural; también son la energía que se restablece al mismo ritmo en el que se utiliza, es decir, son fuentes que provienen de la naturaleza y se caracterizan por ser inagotables.

Las principales fuentes que las originan son el sol, la gravedad, la rotación del planeta y su calor interno (González Velasco, 2009). La energía renovable, además de tener un carácter sostenible, es una fuente que no contamina. A la par, se relaciona con la política energética y medioambiental en tres factores relevantes: el crecimiento demográfico, los desarrollos económicos y los tecnológicos (Castells y Alsina, 2012). Las fuentes de energías renovables se clasifican de la siguiente manera:

- El sol: energía solar (térmica y termoeléctrica).
- El viento: energía eólica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El calor de la tierra: energía geotérmica.
- Materia orgánica o biomasa.

El principal productor de energía de Colombia es la *hidroelectricidad*, gracias a la abundancia del recurso hídrico, seguida de los combustibles fósiles, como el petróleo, el gas y el carbón. Sin embargo, debido a su ubicación geográfica privilegiada y su riqueza natural, también posee el potencial para convertirse en un actor clave en la creación y aplicación de tecnologías alternativas. Estas tecnologías no solo resolverían la crisis energética global, sino que dejarían una significativa contribución en la protección ambiental.

Por fortuna, se cuenta ahora con el respaldo jurídico necesario en el desarrollo formal de estas tecnologías. Gracias a la Ley 1715 del 2014, “por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”, se busca promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía. En principio, se focalizan aquellas de carácter renovable en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las zonas no interconectadas y en otros usos energéticos. Esta acción es un medio para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético, que busca, además, promover la gestión eficiente de la energía, la cual comprende la eficiencia energética y la respuesta de la demanda.

Lo anterior es fundamental porque, al contrario de las fuentes de energía tradicionales en Colombia, las fuentes de energía no convencionales, establecidas en la Ley 1715 del 2014, ofrecen una alternativa en el desarrollo rural, gracias a la diversificación de la matriz energética accesible en diferentes zonas geográficas. Colombia, debido a sus condiciones climáticas y posicionamiento geográfico, ofrece la posibilidad de desplegar proyectos de energía solar, eólica, biomasa, geotérmica y mareomotriz, así como pequeñas centrales hidroeléctricas o *pico-generadores*, como se les conoce popularmente.

Colombia disfruta de la radiación solar durante todo el año, en particular, en los departamentos de La Guajira, Atlántico, Antioquia y Valle del Cauca. El posicionamiento geográfico del país es una de las razones por las que se ha convertido en un generador de energía solar. El efecto de esta energía dura hasta 12 horas al día y

registra unas de las tasas más altas del mundo. Al respecto, Colombia puede construir soluciones solares, como parques y granjas, que producen energía durante el año entero con mayor eficiencia que otros países que poseen estaciones solares.

El país también ofrece oportunidades en proyectos híbridos con energía eólica. En las zonas montañosas, los registros disponen de pequeños generadores, los cuales, en combinación con otros tipos de energías, suplen las necesidades del agro de una manera económica y sostenible. En la actualidad, se han realizado diversos estudios y se ha validado que no solo hay una amplia disponibilidad, sino que los vientos en La Guajira son de una calidad alta para reproducir energía a gran escala, en una zona afectada por la ausencia o la calidad de energía eléctrica.

Necesidades energéticas del agro

La *energía* es el insumo más importante que permite suplir las necesidades humanas básicas y suministrar servicios fundamentales, como luz eléctrica, agua, comunicaciones, educación, salud y preparación de alimentos. De igual forma, es parte fundamental para mejorar la producción agrícola, desde la fabricación de fertilizantes, plaguicidas, así como el funcionamiento de la maquinaria agrícola, hasta impulsar sistemas de riego, pero con un alto impacto ambiental (Pimentel y Pimentel, 2005).

Hasta hace medio siglo, la agricultura producía energía, al captar la energía solar en forma de cosechas sin consumir apenas petróleo ni electricidad. Hoy en día, cada caloría de alimento cosechado requiere la inversión de gran cantidad de gasolina en la maquinaria agrícola, electricidad en los motores de riego, fertilizantes químicos fabricados con alto consumo de energía, pesticidas, entre otros. Por esta razón, se habla de *productos hechos con petróleo*. Los agricultores ahora se enfocan en un modelo más racional de agricultura, un tipo de agricultura ecológica que produzca alimentos con un consumo de energía reducido (Tortosa Vicente, 2015).

En diversas zonas rurales de los países en desarrollo, las necesidades energéticas se suplen con combustibles de biomasa, con trabajo humano y animal, no tan contaminante como los sistemas fósiles más ineficientes. Este incierto horizonte restringe la posibilidad de muchos campesinos para optimizar su productividad y calidad de vida (van Campen et al., 2000).

El sector agrícola requiere diferentes fuentes de energía en cada una de sus actividades. El agua es el principal recurso natural que consume la agricultura. Según

un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), en Colombia, este sector demanda hasta el 50 % del recurso hídrico, sobre todo en las labores de riego. En el agro colombiano, el café es el subsector que más consume agua, con un 22 % del total, seguido por el maíz (13 %), el arroz (12 %), mientras que el plátano, los bananos y la caña de azúcar representan el 11 % cada uno (Delgado Munevar, 2015).

La energía eléctrica también es uno de los insumos que la producción agrícola en el país requiere. Según estudios del Banco Mundial (citado por Perdomo Rodríguez y Suárez Quiroga, 2017), la agricultura demanda hasta el 30 % de la energía eléctrica producida a nivel mundial. No obstante, la producción agrícola colombiana no abarca más del 4 % de la producción nacional, como una trazabilidad que no incorpora tecnología, maquinaria y equipos para realizar los quehaceres del campo nacional, a diferencia de otros países más industrializados (Cruz et al., 2020).

Debido a la alta dispersión de la población en la zona, la falta de interconexión eléctrica a las redes del sistema de distribución local de energía y la ausencia de alternativas eficientes de energía en las cadenas productivas, se retrasó el desarrollo de la economía local, por no cubrir los requerimientos energéticos que exigen estos procesos. La región presenta una riqueza hídrica y solar que se debe aprovechar en el diseño de alternativas energéticas renovables que, al ser involucradas en los procesos de transformación y mínimo procesamiento, mejorarían la calidad del producto y alargarían su tiempo de vida útil, hasta alcanzar un proceso de acopio adecuado con el consumidor final.

El agro en Colombia se enmarca en zonas donde no se dispone de cobertura de energía eléctrica permanente, ni sistemas de comunicaciones que brinden conectividad; lo cual es imperativo en la transferencia de información entre el centro de acopio (productores) y el consumidor, con la finalidad de mejorar la entrega de productos con calidad (Dolezal et al., 2013). Se requieren, por lo tanto, alternativas energéticas renovables para diseñar tecnologías en agua y energía, que incorporen valor agregado y valor en el encadenamiento productivo de los principales cultivos en la región. 64 % de las viviendas rurales no tienen acceso a energía permanente y resiliente, por lo que aún usan velas y linternas para cubrir sus necesidades básicas. Dado el alto potencial del recurso hídrico, complementario con el recurso solar, es posible aumentar el servicio de cobertura de energía eléctrica mediante el suministro e instalación de sistemas autónomos de energías renovables, como los *picogeneradores* y los sistemas solares fotovoltaicos en viviendas rurales.

Los sistemas solares, por la flexibilidad de su aplicación en las zonas rurales apartadas, su mejor perfil anual de producción de energía y por no ofrecer solo energía eólica, salvo en La Guajira, representan una oportunidad única para que el sector de la energía proporcione opciones de servicios, por ejemplo, energía eléctrica y térmica en procesos productivos o el suministro de agua y suministro energético residencial. Un ejemplo de ello se observa en la figura 1.



Figura 1. Sistema solar como solución rural en Colombia

A continuación, se ilustran diferentes alternativas desde el campo de la ingeniería sostenible para el fomento del desarrollo rural en estos ámbitos:

Programa en comunidades sostenibles (Sipibas)

El anterior Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), ahora MinCiencias, en alianza con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), durante el 2018, unieron esfuerzos para licitar el “Programa prototipo de ciencia, tecnología e innovación en comunidades sostenibles para la paz”. Este programa se orienta a promover condiciones territoriales para disminuir esa brecha y facilitar el desarrollo rural, al ofrecer soluciones integrales desde la ciencia, la tecnología y la innovación en comunidades rurales. En

principio, se destinó a cuatro antiguos espacios territoriales de capacitación y reincorporación (ETCR) y sus zonas de influencia.

El planteamiento de este programa tuvo como base, en primera instancia, el componente de energía renovable. No era para menos, pues la *energía*, definida como la capacidad para realizar un trabajo, es un elemento intrínseco en cualquier actividad humana y es un punto clave de todo proceso de desarrollo rural. Por su parte, la integración de energías renovables, sumada a una correcta apropiación del conocimiento, debe asegurar la sostenibilidad de los proyectos a largo plazo. La producción está ligada a los componentes de aguas y al manejo dado por las propias comunidades, pues, no podría excluirse que estas últimas dominan saberes sobre sus tierras y conocen los comportamientos en cada una de sus zonas.

Para cumplir con estos requerimientos, la Universidad de La Salle y la Pontificia Universidad Javeriana propusieron el diseño e implementación de las soluciones integrales de agua, energía y sistemas productivos, gracias a las cuales se contará con la participación de las comunidades locales y la población en fase de reincorporación. Esta metodología novedosa que recoge los componentes de forma articulada, ilustrada en la figura 1, fue seleccionada por el PNUD para implementarla en una de las cuatro zonas a intervenir: la zona de Mesetas-Meta, que se encuentra en ejecución.

La metodología planteada atiende las necesidades en términos de energía, agua y sistemas productivos de gran demanda energética (el café, el frijol, el plátano, por ejemplo), mediante soluciones tecnológicas que tendrían la combinación de uno o dos componentes, para considerar los retos particulares expresados en el *diagnóstico de la zona*.

Como solución integral para propiciar las comunidades sostenibles, se propone la creación e implementación de sistemas de producción integrados con base agroecológica sustentables (Sipibas), a través de un proceso de investigación-capacitación-intervención, el cual sería esencial en la construcción social del conocimiento. Los Sipibas son alternativas sostenibles en el ambiente, porque mejoran las condiciones de vida de la población local y contribuyen al cierre de brechas para el desarrollo territorial.

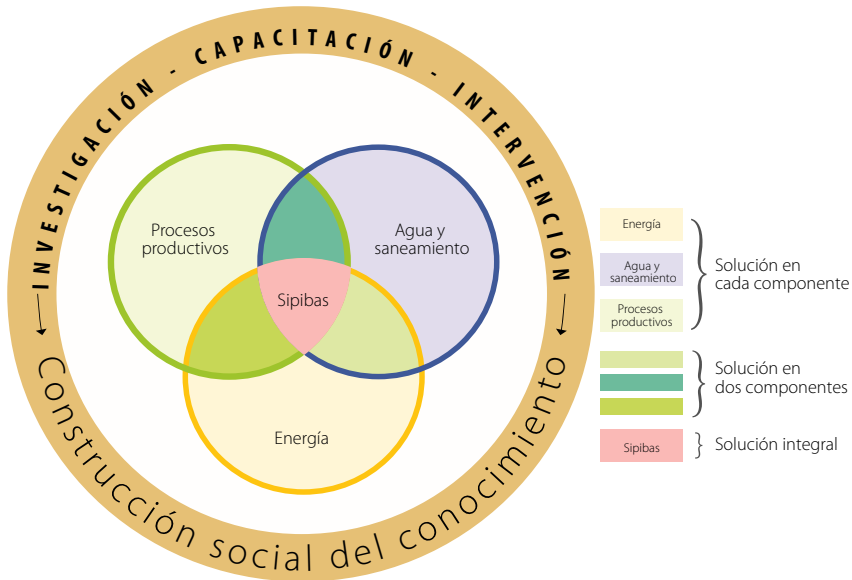


Figura 2. Metodología de los Sipibas para aplicar en comunidades sostenibles

La metodología de investigación-capacitación-intervención de los Sipibas garantiza que las soluciones integrales de los diferentes retos se repliquen en la mayoría de la población de las comunidades rurales y, a la par, es una apuesta por la sostenibilidad, desde el punto de vista ambiental y de apropiación social de la tecnología y sus beneficios.

Los Sipibas son una innovación por conjunción (o síntesis de innovaciones) de los sistemas de producción familiar agropecuaria. Ahora bien, más allá de un artefacto tecnológico, que crea bienes y servicios agropecuarios, son un concepto que destaca la integración de la actividad humana, en torno al logro de la sostenibilidad de un territorio y que, en el caso específico de este proyecto, integra soluciones de producción, agua y energías renovables.

Las soluciones de energía propuestas se vinculan a los recursos hídricos, proyectos productivos y apropiación del conocimiento, en busca de ofrecer soluciones integrales con las comunidades, soluciones sostenibles en el tiempo y acordes con la geografía y la cultura del lugar en donde se desarrollará.

Sipibas frente al cambio climático

En la última década, la única relación entre el componente de agua y energía, que fue objeto de interés en zonas rurales por parte de los ingenieros, se basó en el aprovechamiento de la energía de las corrientes de los ríos. De forma prematura, se realizó con ruedas, molinos y, a partir del último siglo, con turbinas. El interés avocaba desarrollos de ingeniería como fuentes de energía mecánica y eléctrica. Sin embargo, en los últimos años, propiciado por la paralización de proyectos hidroeléctricos, por las repercusiones ambientales y económicas que el manejo sostenible del agua exige y por la necesidad de generar recursos alternativos (agotadas las fuentes tradicionales en algunas áreas geográficas, bajo los efectos del cambio climático), despierta interés la *relación inversa*; es decir, el recurso natural máspreciado como consumidor de energía (Cabrera et al., 2011).

Es innegable el rol que tiene el agua como fuente de energía. Es una historia tan antigua como la vida misma y, aún hoy, como en el caso colombiano, con una base hidroeléctrica en su mayoría, el cambio climático empieza a diezmar el potencial energético del recurso, tanto en zonas urbanas como rurales. El cambio climático afecta al sector agropecuario de manera sensible, lo cual promueve conflictos sociales, pérdidas económicas y pone en riesgo la seguridad alimentaria de la población, como se evidenció durante los periodos de sequías o lluvias intensas y con los fenómenos de El Niño y La Niña en Colombia (Arteaga y Burbano, 2018).

En ese sentido, la disponibilidad de radiación solar disminuye fuera de los registros históricos e implica aumentar la cantidad de paneles solares para suplir la demanda. En el caso de El Niño, al igual que los embalses, la disponibilidad del recurso hídrico se reduce y deshabilita los generadores artesanales, las hidroturbinas (picogenerador), empleados en zonas donde el recurso fue abundante. Una combinación de estos dos recursos y sus tecnologías se vislumbra como la solución óptima para combatir la insuficiencia de energía eléctrica en zonas rurales no interconectadas con electricidad.

Se denominan *sistemas energéticos híbridos* a aquellos sistemas de generación que incluyen fuentes convencionales y no convencionales o que están compuestos por más de una fuente renovable o no. De esta manera, hay sistemas híbridos renovables y viables para su disposición en zonas rurales. Un ejemplo de un picogenerador rural, como solución a esta problemática, se muestra en la figura 3.



Figura 3. Sistema picogenerador rural

El sistema de energía híbrida propuesto tiene como objetivo mitigar la problemática social que presenta una zona rural del territorio nacional colombiano no interconectada, debido a la falta de suministro energético y porque reporta afectaciones gracias al cambio climático y a los fenómenos de El Niño y La Niña. Los sistemas híbridos de generación de energía eléctrica son un claro ejemplo de una alternativa de ingeniería sostenible e innovadora. La conexión híbrida del picogenerador, directo al punto de conexión de las baterías, permite un mejor y económico aprovechamiento de la energía producida (figura 4).

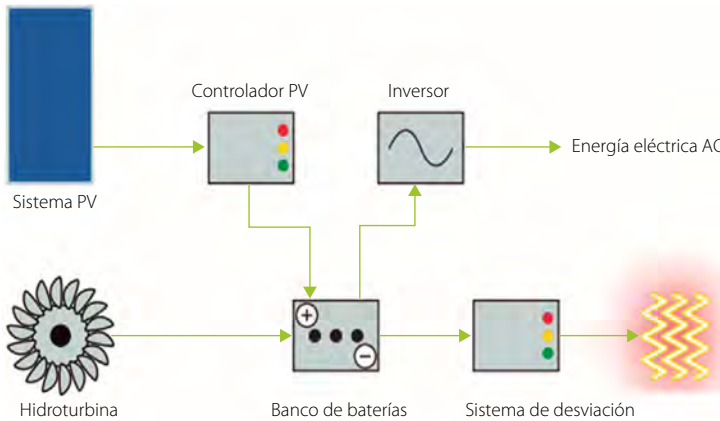


Figura 4. Sistema híbrido de los Sipibas

Secador solar sostenible

El uso de la radiación solar para el secado de productos agrícolas es una de las aplicaciones más antiguas de la energía solar. La primera instalación se encontró en el sur de Francia y data del año 8000 A. C. El calor solar fue la única fuente de energía disponible para la humanidad hasta el descubrimiento y uso de la madera y la biomasa. Hasta hoy, en las comunidades pequeñas y remotas, no solo en las llamadas *regiones del tercer mundo*, sino en los países occidentales, las personas aprovechan la radiación solar para secar y conservar pequeñas cantidades de alimentos. De las aplicaciones potenciales más importantes de los secadores solares, se menciona el secado de los productos agrícolas en campo. Uno de los tipos de secadores convencionales son los de efecto invernadero, cuyo empleo abarca el secado de frutos, plátano, cacao o café. Ofertar un café con las correctas condiciones de humedad es una aplicación de ingeniería sostenible que hace a los pobladores de zonas rurales competitivos y mejora sus ingresos.

El método más popular es el *secado solar*, proceso que tarda entre 7 y 15 días en alcanzar un grado de humedad del 10-12 %, que es el porcentaje especificado para comercializar en Colombia, como se describe en la *Cartilla 21 cafetera. Beneficio del café II: secado del café pergamino* (Soediono, 1989). El tiempo de secado depende de las condiciones climáticas a la hora de secar el café y de la temperatura de la zona.

No obstante, el Centro de Comercio Internacional establece que el café que recibe un secado excesivo pierde calidad y es un hecho irreversible, mientras que un café demasiado seco se rompe con facilidad durante la molienda, lo cual arroja granos quebrados y cáscaras que reducen la calidad del café y su valor en los ingresos del productor (Puerta, 2013).

Debido a que un sobresecado es perjudicial en la calidad del café y es un suceso común al que se enfrentan los campesinos, se necesita la automatización de su secado y contar con energía térmica y eléctrica para cumplir dicho fin. La ingeniería sostenible ofrece como solución energética aplicativa al café un sistema de secado solar, a partir del cual se combina la función del colector solar con un sistema de efecto invernadero en el secado del café, a partir de un modelo de secador parabólico y túnel que promueve la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (Oliveros, 2013).

Los colectores solares de calentamiento de aire son uno de los mejores proyectos que se promueven en el ámbito artesanal. Estos sistemas son fáciles y económicos de construir, porque ofrecen un reembolso rápido del costo de los

materiales utilizados y garantizan un ahorro en comparación con los productos de fabricación comercial equivalentes. Existen varios prototipos de concentradores solares artesanales citados en la literatura. Dos de los diseños más populares son el colector de latas *pop can* y el colector de pantalla.

El aire caliente producido por el colector solar, con una temperatura elevada, se introduce en la cámara, pasa por el producto (en este caso el café), lo seca y luego lo entrega a la atmósfera. Este procedimiento garantiza la disminución del tiempo de secado, porque se trabaja con ventilación forzada y controlada, cuya energía se obtiene mediante un panel solar. Gracias al secado del café y al mejoramiento de la calidad del grano, se realizan ajustes en la cosecha, con la finalidad de producir cafés especiales que se incluyan en diferentes comercios.

Un tipo de colector solar viable de implementación en el país es el colector de latas de cerveza o gaseosa, el cual utiliza columnas de latas de soda de aluminio ordinarias con los extremos recortados. El sol brilla sobre las latas pintadas de negro que las calientan y el aire que fluye por el interior de las columnas de la lata capta el calor y lo lleva al secador, similar a un túnel parabólico de café. El colector de pantalla utiliza 2 o 3 capas de mallas de ventana negra ordinaria contra insectos como el absorbente. El sol brilla en la pantalla, lo calienta y el aire que fluye, a través de la pantalla, recoge el calor y lo envía al secador tipo túnel. En la figura 5 se observa un secador solar.



Figura 5. Sistema de secador solar sostenible

Esta obra presenta los avances y tendencias actuales en gestión energética y ambiental, así como en procesos agroalimentarios y biotecnológicos; además, abarca novedades en desarrollo de infraestructura sostenible, gestión de recursos humanos, innovación, automatización y productividad; resultados de la actividad investigativa y académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Salle, la cual se encuentra comprometida con el desarrollo sostenible teniendo en cuenta el desafío que impone el cumplimiento de las metas de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS). El texto se convierte en un referente a nivel nacional al mostrar los aportes que desde la ingeniería impactan a la sociedad y al medio ambiente para lograr una “Colombia sostenible”.



Sede Chapinero, Carrera 5 # 59A- 44
PBX: 348 8000 Exts.1224 y 1226
edicionesunisalle@lasalle.edu.co
<https://ediciones.lasalle.edu.co/>
Bogotá, D. C., Colombia

ISBN: 978-628-7510-24-1



9 786287 510241