

ISSN 2523-6881

Volumen 3, Número 9 — Abril — Junio — 2019

Revista de Energías Renovables



ECORFAN®

Editor en Jefe

SERRANO-PACHECO, Martha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Revista de Energías Renovables, Volumen 3, Número 9, de Abril a Junio 2019, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Perú. La Raza Av. 1047 No.-Santa Ana, Cusco-Perú. Postcode:11500. WEB: www.ecorfan.org/republicofperu, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: SERRANO-PACHECO, Martha. PhD. 2523-6881. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 30 de Junio 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no reflejan necesariamente las opiniones del editor de la publicación.

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional de defensa de la competencia y protección de la propiedad intelectual.

Revista de Energías Renovables

Definición del Research Journal

Objetivos Científicos

Apoyar a la Comunidad Científica Internacional en su producción escrita de Ciencia, Tecnología en Innovación en el Área de Ingeniería y Tecnología, en las Subdisciplinas Energía solar y sus aplicaciones, Energías renovables y el cambio climático, Impacto ambiental, Plantas hidroeléctricas, Energías renovables contaminantes, Energía eólica, Energía geotérmica en el mundo

ECORFAN-México S.C es una Empresa Científica y Tecnológica en aporte a la formación del Recurso Humano enfocado a la continuidad en el análisis crítico de Investigación Internacional y está adscrita al RENIECYT de CONACYT con número 1702902, su compromiso es difundir las investigaciones y aportaciones de la Comunidad Científica Internacional, de instituciones académicas, organismos y entidades de los sectores público y privado y contribuir a la vinculación de los investigadores que realizan actividades científicas, desarrollos tecnológicos y de formación de recursos humanos especializados con los gobiernos, empresas y organizaciones sociales.

Alentar la interlocución de la Comunidad Científica Internacional con otros centros de estudio de México y del exterior y promover una amplia incorporación de académicos, especialistas e investigadores a la publicación Seriada en Nichos de Ciencia de Universidades Autónomas - Universidades Públicas Estatales - IES Federales - Universidades Politécnicas - Universidades Tecnológicas - Institutos Tecnológicos Federales - Escuelas Normales - Institutos Tecnológicos Descentralizados - Universidades Interculturales - Consejos de CyT - Centros de Investigación CONACYT.

Alcances, Cobertura y Audiencia

Revista de Energías Renovables es un Research Journal editado por ECORFAN-México S.C en su Holding con repositorio en Perú, es una publicación científica arbitrada e indizada con periodicidad trimestral. Admite una amplia gama de contenidos que son evaluados por pares académicos por el método de Doble-Ciego, en torno a temas relacionados con la teoría y práctica de la Energía solar y sus aplicaciones, Energías renovables y el cambio climático, Impacto ambiental, Plantas hidroeléctricas, Energías renovables contaminantes, Energía eólica, Energía geotérmica en el mundo con enfoques y perspectivas diversos, que contribuyan a la difusión del desarrollo de la Ciencia la Tecnología e Innovación que permitan las argumentaciones relacionadas con la toma de decisiones e incidir en la formulación de las políticas internacionales en el Campo de las Ingeniería y Tecnología. El horizonte editorial de ECORFAN-México® se extiende más allá de la academia e integra otros segmentos de investigación y análisis ajenos a ese ámbito, siempre y cuando cumplan con los requisitos de rigor argumentativo y científico, además de abordar temas de interés general y actual de la Sociedad Científica Internacional.

Consejo Editorial

CASTILLO - TÉLLEZ, Beatriz. PhD
University of La Rochelle

CERCADO - QUEZADA, Bibiana. PhD
Intitut National Polytechnique Toulouse

FERNANDEZ - ZAYAS, José Luis. PhD
University of Bristol

HERNANDEZ - ESCOBEDO, Quetzalcoatl Cruz. PhD
Universidad Central del Ecuador

RIVAS - PEREA, Pablo. PhD
University of Texas

ROCHA - RANGEL, Enrique. PhD
Oak Ridge National Laboratory

RODRÍGUEZ - MORALES, José Alberto. PhD
Universidad Politécnica de Madrid

VAZQUEZ - MARTINEZ, Ernesto. PhD
University of Alberta

VEGA - PINEDA, Javier. PhD
University of Texas

RODRIGUEZ - ROBLEDO, Gricelda. PhD
Universidad Santander

Comité Arbitral

CASTILLO - QUIÑONES, Javier Emmanuel. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

CASTILLO - TÉLLEZ, Margarita. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

DURÁN - MEDINA, Pino. PhD
Instituto Politécnico Nacional

FLORES - RAMÍREZ, Oscar. PhD
Universidad Politécnica de Amozoc

GÓMEZ - MERCADO, Abdiel
Instituto Tecnológico de Pachuca

HERNÁNDEZ - GÓMEZ, Víctor Hugo. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

HERRERA - ROMERO, José Vidal. PhD
Universidad Nacional Autónoma de México

MEJIAS - BRIZUELA, Nildia Yamileth. PhD
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

PÉREZ - ROBLES, Juan Francisco. PhD
Instituto Tecnológico de Saltillo

AGUILAR - VIRGEN, Quetzalli. PhD
Universidad Autónoma de Baja California

RAMÍREZ - COUTIÑO, Víctor Ángel. PhD
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

Cesión de Derechos

El envío de un Artículo a Revista de Energías Renovables emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo.

Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.

Declaración de Autoría

Indicar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en la participación del Artículo y señalar en extenso la Afiliación Institucional indicando la Dependencia.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo con el Número de CVU Becario-PNPC o SNI-CONACYT- Indicando el Nivel de Investigador y su Perfil de Google Scholar para verificar su nivel de Citación e índice H.

Identificar el Nombre de 1 Autor y 3 Coautores como máximo en los Perfiles de Ciencia y Tecnología ampliamente aceptados por la Comunidad Científica Internacional ORC ID - Researcher ID Thomson - arXiv Author ID - PubMed Author ID - Open ID respectivamente

Indicar el contacto para correspondencia al Autor (Correo y Teléfono) e indicar al Investigador que contribuye como primer Autor del Artículo.

Detección de Plagio

Todos los Artículos serán testeados por el software de plagio PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se mandará a arbitraje y se rescindirá de la recepción del Artículo notificando a los Autores responsables, reivindicando que el plagio académico está tipificado como delito en el Código Penal.

Proceso de Arbitraje

Todos los Artículos se evaluarán por pares académicos por el método de Doble Ciego, el arbitraje Aprobatorio es un requisito para que el Consejo Editorial tome una decisión final que será inapelable en todos los casos. MARVID® es una Marca de derivada de ECORFAN® especializada en proveer a los expertos evaluadores todos ellos con grado de Doctorado y distinción de Investigadores Internacionales en los respectivos Consejos de Ciencia y Tecnología el homólogo de CONACYT para los capítulos de America-Europa-Asia-Africa y Oceanía. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de Arbitraje sea anónimo y cubra las siguientes etapas: Identificación del Research Journal con su tasa de ocupamiento autoral - Identificación del Autores y Coautores- Detección de Plagio PLAGSCAN - Revisión de Formatos de Autorización y Originalidad-Asignación al Consejo Editorial- Asignación del par de Árbitros Expertos-Notificación de Dictamen-Declaratoria de Observaciones al Autor-Cotejo de Artículo Modificado para Edición-Publicación.

Instrucciones para Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

Área del Conocimiento

Los trabajos deberán ser inéditos y referirse a temas de Energía solar y sus aplicaciones, Energías renovables y el cambio climático, Impacto ambiental, Plantas hidroeléctricas, Energías renovables contaminantes, Energía eólica, Energía geotérmica en el mundo y a otros temas vinculados a las Ingeniería y Tecnología.

Presentación del Contenido

Como primer artículo presentamos, *Tratamiento de la biomasa lignocelulósica mediante la pirolisis lenta y a baja temperatura para la producción de biocombustibles* por BARAY-GUERRERO, María del Rosario, PORRAS-FLORES, Damián Aarón, HOFFMANN-ESTEVEZ, Hazel Eugenia y MANJARREZ-DOMINGUEZ, Carlos Baudel con adscripción en la Universidad Autónoma de Chihuahua, como segundo artículo presentamos, *Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México* por ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica con adscripción en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, como tercer artículo presentamos, *Influencia de las condiciones de secado solar en la coloración de plantas medicinales* por CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita, CASTILLO-TÉLLEZ, Beatriz, OVANDO-SIERRA, Juan Carlos y HERNÁNDEZ-CRUZ, Luz María con adscripción en la Universidad Autónoma de Campeche y Universidad de Guadalajara, como cuarto artículo presentamos *Aprovechamiento de frutas y hortalizas de temporada de la Región de Tabasco, mediante la deshidratación del producto, utilizando una estufa solar* por MAGAÑA-BARRERA, Sara María De Jesús, LÓPEZ-SALAZAR, Blanca, PALMA-LÓPEZ, Ulda y HIDALGO-LEAL, Héctor Daniel con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta.

Contenido

Artículo	Página
Tratamiento de la biomasa lignocelulósica mediante la pirolisis lenta y a baja temperatura para la producción de biocombustibles BARAY-GUERRERO, María del Rosario, PORRAS-FLORES, Damián Aarón, HOFFMANN-ESTEVEZ, Hazel Eugenia y MANJARREZ-DOMINGUEZ, Carlos Baudel <i>Universidad Autónoma de Chihuahua</i>	1-9
Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica <i>Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla</i>	10-27
Influencia de las condiciones de secado solar en la coloración de plantas medicinales CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita, CASTILLO-TÉLLEZ, Beatriz, OVANDO-SIERRA, Juan Carlos y HERNÁNDEZ-CRUZ, Luz María <i>Universidad Autónoma de Campeche</i> <i>Universidad de Guadalajara</i>	28-34
Aprovechamiento de frutas y hortalizas de temporada de la Región de Tabasco, mediante la deshidratación del producto, utilizando una estufa solar MAGAÑA-BARRERA, Sara María De Jesús, LÓPEZ-SALAZAR, Blanca, PALMA-LÓPEZ, Ulda y HIDALGO-LEAL, Héctor Daniel <i>Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta</i>	35-40

Tratamiento de la biomasa lignocelulósica mediante la pirólisis lenta y a baja temperatura para la producción de biocombustibles

Treatment of lignocellulosis biomass through slow and low temperature pyrolysis for the production of biofuels

BARAY-GUERRERO, María del Rosario†, PORRAS-FLORES, Damián Aarón, HOFFMANN-ESTEVEZ, Hazel Eugenia y MANJARREZ-DOMINGUEZ, Carlos Baudel*

Universidad Autónoma de Chihuahua

ID 1^{er} Autor: *María del Rosario, Baray-Guerrero* / ORC ID: 0000-0002-0289-9000, CVU CONACYT ID: 201384

ID 1^{er} Coautor: *Damián Aarón, Porras-Flores* / ORC ID: 0000-0002-9802-7185, CVU CONACYT ID: 101794

ID 2^{do} Coautor: *Hazel Eugenia, Hoffmann-Esteves* / ORC ID: 0000-0003-2605-4456, CVU CONACYT ID: 176405

ID 3^{er} Coautor: *Carlos Baudel, Manjarrez-Dominguez* / ORC ID: 0000-0001-9536-4007, CVU CONACYT ID: 217033

DOI: 10.35429/JRE.2019.9.3.1.9

Recibido 16 de Abril, 2019; Aceptado 30 Mayo, 2019

Resumen

Transformar la biomasa residual en compuestos valiosos de energía, es importante debido a los problemas de la crisis energética y la contaminación ambiental, los biocombustibles producidos son un sustituto valioso a los combustibles líquidos o gaseosos para el sector del transporte convirtiéndose en una materia prima barata, reduce las concentraciones de gases contaminantes, problemas de disposición y de efecto invernadero emitidos a la atmósfera. El objeto de estudio, fue el procesamiento de la biomasa residual, para determinar las condiciones óptimas de la pirólisis lenta y a baja temperatura para generar el mayor rendimiento de materia volátil de la biomasa lignocelulósica; además de cuantificar la Materia Volátil Condensable y la Materia Volátil No Condensable obtenida de la reacción pirolítica. Según D. Chiaramonti, et al., 2007 se obtiene mayor rendimiento de líquido cuando mayor es la cantidad de volátiles, el alto contenido de MV hacen de la biomasa residual un candidato con alto potencial para la producción de biocombustibles demostrando que el rendimiento más alto de materia volátil durante la pirólisis la temperatura final debe ser superior a 350°C, empleando una velocidad de calentamiento de 5 °C/min, un tiempo de residencia de 60 minutos y un tamaño de partícula de 150 mc.

Biomasa, Pirólisis, Biocombustibles

Abstract

Transforming residual biomass into valuable energy compounds is important due to the problems of the energy crisis and environmental pollution, the biofuels produced are a valuable substitute for liquid or gaseous fuels for the transport sector becoming a cheap raw material, It reduces the concentrations of polluting gases, disposal problems and greenhouse effect emitted into the atmosphere. The object of study was the processing of residual biomass, to determine the optimal conditions of slow and low temperature pyrolysis to generate the highest volatile matter yield of lignocellulosic biomass; in addition to quantifying the Condensable Volatile Matter and the Non-Condensable Volatile Matter obtained from the pyrolytic reaction. According to D. Chiaramonti, et al., 2007, a higher liquid yield is obtained when the amount of volatiles is higher, the high MV content makes residual biomass a candidate with high potential for biofuel production, demonstrating that the highest yield of volatile matter during the pyrolysis the final temperature must be higher than 350 ° C, using a heating rate of 5 ° C / min, a residence time of 60 minutes and a particle size of 150 mc.

Biomass, Pyrolysis, Biofuels

Citación: BARAY-GUERRERO, María del Rosario, PORRAS-FLORES, Damián Aarón, HOFFMANN-ESTEVEZ, Hazel Eugenia y MANJARREZ-DOMINGUEZ, Carlos Baudel. Tratamiento de la biomasa lignocelulósica mediante la pirólisis lenta y a baja temperatura para la producción de biocombustibles. Revista de Energías Renovables 2019. 3-9: 1-9

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: manjarrez.carlos@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La biomasa procedente de los residuos agrícolas está compuesta, principalmente por hemicelulosa, celulosa y lignina y pequeñas cantidades de extractos. Las concentraciones relativas (expresadas en % en peso) de hemicelulosa, celulosa y lignina, varían en función de la especie y se distribuyen, generalmente, entre un 15-30%, 40-60%, y 10-30%, respectivamente (Yanga, H., Chena, 2007).

La composición de los compuestos volátiles que se forman durante la pirólisis de una biomasa particular es el resultado de los volátiles que resultan de la conversión de las estructuras químicas individuales (celulosa, hemicelulosa y lignina) (D. Neves, et al, 2011)

La tabla 1 muestra cómo los diferentes constituyentes de la biomasa aportan a la formación de los productos de pirólisis. Los productos primarios de la pirólisis de la celulosa y hemicelulosa son volátiles condensables y gases. La lignina) (D. Neves, et al, 2011).

Constituyente	Produce
Extractivos	Líquido Orgánico Gases no condensables (CO, CO ₂ , H ₂ , CH ₄)
Hemicelulosa	Líquido Orgánico Gases no condensables (CO, CO ₂ , H ₂ , CH ₄) Agua
Celulosas	Líquido Orgánico Gases no condensables (CO, CO ₂ , H ₂ , CH ₄) Agua, Sólidos carbonosos
Lignina	Líquido Orgánico Gases no condensables (CO, CO ₂ , H ₂ , CH ₄) Sólido carbonoso
Materiales orgánicos	Ceniza

Tabla 1 Constituyentes de la biomasa residual

La biomasa para su uso energético puede ser directamente quemada en hornos, calderas o procesada para obtener otros productos con mayor densidad energética y aplicaciones. Los procesos que mayormente se utilizan son: la pirólisis, la gasificación, digestión anaerobia y producción de alcohol (Hanzade HA, 2003) No obstante, son los procesos de conversión termoquímicos las vías más convenientes para convertir biomasa lignocelulósica en combustible, productos químicos y energía renovable (McKendry P, 2002).

Existen un gran número de procesos de conversión termoquímica que producen combustibles y productos químicos de interés a partir de materias primas biorenovables. Estos procesos han sido ampliamente estudiados y se pueden dividir en cuatro subcategorías en función de los parámetros de operación: combustión, gasificación y pirólisis. Cada proceso de conversión conduce a unos productos finales e intermedios diferentes (Xu, F. 2010).

La pirólisis es un proceso termoquímico que convierte la materia orgánica en combustible útiles, con un alto rendimiento, mediante calentamiento a temperatura moderadamente alta (350-650°C) y en ausencia de oxígeno. Por su capacidad de tratamiento, es el método más eficaz para competir con las fuentes de combustibles no renovables (D. Chiaramonti, et al., 2007). La pirólisis de biomasa se puede desarrollar con los siguientes gases de arrastre con N₂, He o Ar bajo condiciones específicas de velocidad de calentamiento, temperatura, presión y tamaño de partícula, este gas de arrastre proporciona una atmósfera inerte para la descomposición de la biomasa y retira volátiles de la región caliente.

La biomasa en atmósfera inerte o vacía se descompone en volátiles gracias a que se le suministra calor. Algunos volátiles se pueden condensar y recuperar como productos líquidos y los no condensables se recuperan como productos gaseosos. También queda un sólido carbonoso después que los volátiles abandonan la matriz de la partícula de biomasa.

Las proporciones de los rendimientos relativos de los productos tienen gran dependencia de las condiciones de pirólisis (tipo de biomasa, velocidad de 34 calentamientos de las partículas de biomasa, tamaño de partícula, presión, temperatura de reacción y tiempo de residencia en el reactor).

El proceso se desarrolla en tres etapas principales. La primera ocurre entre la temperatura ambiente y 180 °C. En esa etapa la biomasa absorbe el calor, liberando la humedad en forma de vapor de agua. Entre 110 y 180 °C ocurren reacciones de deshidratación que involucran los grupos -OH presentes en las moléculas de los poli-sacáridos. La segunda etapa ocurre entre 180 y 370 °C, cuando comienzan las reacciones propiamente de pirólisis.

Entre 180 y 290 °C ocurre la degradación de la hemicelulosa y, parcialmente, de la celulosa y lignina. A partir de los 250 °C, las reacciones que absorbían calor (endotérmicas) pasan a liberarlo (exotérmicas) y a los 290 °C es alcanzada a máxima tasa de degradación de la hemicelulosa.

Entre 290 e 370 °C ocurre la total degradación de la celulosa, cuya tasa máxima es alcanzada a 370 °C. En esa fase ocurre la ruptura de los ligamentos glicosídicos de los polisacáridos, dando lugar a una gran emisión de volátiles, compuestos por vapores orgánicos y altas concentraciones de CO, H₂, 35 CH₄ y CO₂, verificándose gran formación de ácido acético, metanol y acetona. El alquitrán comienza a volverse predominante con el aumento de la temperatura.

La tercera etapa se desarrolla por encima de 370 °C, cuando se completa la degradación de la lignina, que es responsable por la formación de cerca de un 50% del carbono fijo del material sólido (Luengo, C. A.; et al 2008) Otro parámetro importante es la velocidad de calentamiento de las partículas este proceso se puede clasificar en: Pirólisis convencional o pirolisis lenta (utiliza baja velocidad de calentamiento de 0.1 K/s a 1 K/s), pirólisis rápida que utiliza altas velocidades de calentamiento (~1000 °C/s).

Los pasos generales del proceso de pirólisis son los siguientes (D. Mohan, et al., 2006).

- Transferencia de calor para incrementar la temperatura de la biomasa.
- Inicio de las reacciones de pirólisis primaria para obtener volátiles y la formación de sólidos.
- Flujo de volátiles calientes hacia los sólidos más fríos y transferencia de calor entre los volátiles calientes y las partículas de biomasa sin pirolizar.
- Condensación de algunos volátiles en las partículas más frías de la biomasa, seguidas por reacciones secundarias. En algunos casos se pueden producir sólidos
- Desarrollo simultáneo y competición de reacciones de pirólisis secundarias auto-catalíticas y reacciones de pirólisis primarias.

- Descomposición térmica y reformado, reacciones de desplazamiento con vapor de agua, recombinación de radicales y deshidratación del producto líquido. Podemos encontrar que los productos más abundantes en la pirólisis son: sólido carbonoso, producto líquido y gas no condensable. En algunos estudios de pirólisis solo se miden dos de estos productos, mientras que el tercero se obtiene por diferencia en el balance de masa total sobre la muestra de biomasa utilizada [D. Neves, et al 2011- S. Şensöz, et al., 2006- K. Raveendran, et al., 1996).

El líquido producto de pirólisis se conoce con varios nombres: alquitrán, líquido de pirólisis, bio-crudo, etc. (D. Neves, et al.2011) La definición más utilizada es la de bio-aceite, y se refiere a la fracción de líquido compuesta por compuestos orgánicos, agua de reacción de pirólisis y humedad (D. Neves, et al ,20011 D. Mohan, et al 2006- A. V. Bridgewater, et al., 1999).

- Líquido de pirólisis

Este líquido se forma a temperatura ambiente y es de color marrón oscuro, puede fluir libremente y es un derivado de materiales orgánicos. El líquido de pirólisis no es en realidad un aceite vegetal o combustible fósil de petróleo, ya que contiene alrededor de 25% de agua en su composición y tiene un poder calorífico superior de 17 MJ/kg (B. A.V, 1999). El líquido de pirólisis se forma rápida y simultáneamente por la de polimerización y fragmentación de la celulosa, hemicelulosa y lignina luego de un incremento rápido de temperatura. Tras la pirólisis, un enfriamiento rápido permite conservar productos que de otra forma continuarían con reacciones de degradación, condensación y unión con otras moléculas si el tiempo de residencia de los volátiles en la zona caliente del sistema de reacción se alarga (D. Mohan, et al 2006) Esto hace que el líquido de pirólisis contenga muchos compuestos que pueden experimentar reacciones posteriores. El líquido de pirólisis puede reemplazar el combustible fósil tradicional en muchas aplicaciones tales como calderas, hornos, motores y turbinas (A. V. Bridgewater ,2000)

El líquido de pirólisis también sirve como precursor de productos químicos, que incluyen resinas, fertilizantes, condimentos alimenticios, entre otros (B. A.V, 1999) El combustible líquido 2,5-dimetilfurano es obtenido directamente de la biomasa y en el futuro podría reemplazar a los productos derivados del petróleo, indicaron James Dumesic y colegas de la Universidad de Wisconsin en Madison, Estados Unidos.

– Sólido carbonoso

Se refiere al sólido que queda después de la pirólisis. Este tiene también en cuenta el material orgánico, cenizas y alguna fracción de material volátil cuando se presenta pirólisis incompleta. Algunos autores definen el residuo que queda tras la pirólisis como la suma de la fracción de biomasa sin reaccionar más la fracción de sólido de pirólisis (J. Lédé, et al., 2007). En este caso el sólido de pirólisis es un material compuesto principalmente de carbono.

– Gases no condensables

La fracción de gases corresponde a especies químicas con masas molares menores a 100 g/mol. Varias investigaciones han determinado la composición del gas producto de la pirólisis y las especies generalmente detectadas son CO, CO₂, H₂, CH₄, C₂H₄, C₂H₂ y C₂H₆ (I. Fonts, et al., 2009, C. Dupont, et al.2008)

Existen diferentes Procesos pirolítico que están en función de la velocidad de calentamiento y el tiempo de residencia de la biomasa en los reactores desde un punto de vista químico, la pirólisis es un proceso complejo, generalmente, se lleva a cabo a través de una serie de reacciones en las que influyen muchos factores: la estructura y composición de la materia prima, la tecnología utilizada, la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia, la velocidad de enfriamiento y la temperatura del proceso (D. Chiaramonti, et al., 2007).

Los distintos tipos de procesos de pirólisis se clasifican atendiendo a la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia y la temperatura final en: Carbonización, pirólisis convencional, pirólisis rápida, pirólisis flash de gases y líquidos, pirólisis ultra rápida, pirólisis a vacío, hidro-pirólisis y metano pirólisis (tabla 5).

– Pirólisis convencional o lenta

La pirólisis convencional tiene lugar a con una velocidad de calentamiento lenta, alcanzando una temperatura máxima entre 500-600°C. En estas condiciones, se obtienen tres productos: sólidos, líquidos y gases, en proporciones significativas. La pirólisis lenta utiliza velocidades de calentamiento bajas (~0.1-1 K/s) (S. A. Raja, et al, 2010) El tiempo de residencia de los volátiles varía entre 5 y 60 minutos (los componentes en la fase de vapor continúan para reaccionar uno con otro al tiempo que se está formando el producto sólido y líquido) La biomasa se calienta hasta alrededor de 500°C (D. Mohan, et al., 2006) y usa tamaños de partícula entre 5-50 mm (S. A. Raja, et al., 2010) Estas condiciones permiten la obtención de productos líquidos, sólidos y gaseosos en proporciones similares (32-38 %w de sólido, 28-32 %w de líquido y 25-29 w% de gas) (F. D. M, 2009) Tabla 5. Tipos de pirólisis en función del tiempo de residencia, la velocidad de calentamiento, temperatura y productos (D. Chiaramonti, et al., 2007). • Pirólisis rápida Es el proceso por el cual el material se calienta rápidamente en ausencia de oxígeno y a temperaturas altas (650°C). Se utiliza sobre todo para la producción de bioaceites ya que los rendimientos en peso de esta fracción son muy superiores a los que se obtienen en la pirólisis convencional. La velocidad de calentamiento elevada junto con un enfriamiento rápido provoca que la condensación de la fracción líquida se produzca sin que se lleven a cabo las reacciones de craqueo de los compuestos de elevado peso molecular, que pasan a formar parte de los gases no condensados. A escala comercial solamente se ha logrado con reactores de lecho fluido y se han instalado plantas pilotos en varios lugares dentro de la Unión Europea. (Xu, F. 2010).

– Flash pirólisis o pirólisis ultrarrápida

Cuando la temperatura del proceso es más elevada (1000 °C) y los tiempos de residencias son aún más cortos, la pirólisis se denomina ultrarrápida. En este caso, el mayor rendimiento corresponde a los gases. El Proceso de rendimiento (%) Líquido Sólido Gas Pirólisis Rápida 75 12 13 Pirólisis Convencional 50 20 30 Carbonización 30 35 35 Gasificación 5 10 85 La pirólisis, es por tanto, un proceso flexible, que permite, mediante el uso de la tecnología adecuada, favorecer la producción de gases, líquidos o aceites y sólidos. 40 2.3 Tipos de Biocombustibles

Los biocombustibles que se producen a partir de diferentes materiales lignocelulósicos como la madera, residuos agrícolas o forestales los combustibles líquidos o gaseosos para el sector de transporte que son predominantemente producidos por la biomasa. Hoy en día los únicos biocombustibles producidos y utilizados en gran escala en el mundo son el etanol y biodiesel, el biocombustible más utilizado es el etanol derivado de la biomasa ligno celulósica como materia prima. (Hendrics et al 2009). Los biocombustibles se pueden clasificar según la materia prima a utilizar y los avances tecnológicos necesarios para obtenerlos serán utilizadas las definiciones publicadas por el CGIR, en un documento preparado para la Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y Alimentación (CGIAR & FAO, 2008).

– Biocombustibles de 1ra generación

Este tipo de biocombustibles son producidos de azúcar, amidas y aceites de la parte comestible de las plantas tradicionales como caña-de-azúcar, trigo, maíz, palma aceitera y soya.

– Biocombustibles de 2da generación

Los de 2da generación se conocen como biocombustibles celulósicos y son producidos de los residuos agroindustriales y gramíneas forrajeras de alta producción de biomasa, su producción es muy compleja a comparación de los de la 1ra generación y son difíciles de comercializar.

– Biocombustibles de 3ra generación.

Este tipo de Biocombustibles son producidos a partir de la materia-prima modificada genéticamente de modo que facilita los procesos subsecuentes.

– Biocombustibles de 4ta generación

Estos biocombustibles se basan en la “captación y almacenamiento de carbono (CAC)”, tanto a nivel de la materia prima como de la tecnología de proceso.

La materia prima no sólo se adapta para mejorar la eficiencia de proceso, sino que se diseña para captar más dióxido de carbono, a medida que el cultivo crece. Estos representan el concepto de «bioenergía con almacenamiento de carbono”.

Algunos estudios previos son: Virmond., et al., (2012) caracterizaron varios residuos sólidos agroindustriales (manzana, naranja, bagazo de caña y cascarilla de arroz) encontrando como resultado que el poder calorífico inferior de las biomásas varió de 14.31 a 29.14 MJ kg⁻¹ y el contenido de materia volátil varió entre 70.57 y 85.36 %W. Volpe., et al. (2014) estudiaron residuos de cascara de naranja y limón por pirólisis lenta en un reactor de lecho fijo en rango de T = 200-325 ° C. donde mostraron como producir un combustible con mayor densidad de energía y la estabilidad térmica por la descomposición de la fracción de hemicelulosa reactiva. Haiping Yang., et al (2007) estudiaron la pirólisis de hemicelulosa, celulosa y lignina en un TGA con detector de calorimetría diferencial de barrido (DSC) de los principales productos gaseosos. Donde encontraron que la pérdida de peso de la hemicelulosa es a 220-315 °C, la de celulosa a 315-400 °C y la lignina inicia desde 160 °C y que la hemicelulosa tiene mayor rendimiento CO₂, la celulosa a CO, y la lignina a H₂ y CH₄. Md. Azharul Islam., et al (2015) ellos estudiaron la pirólisis de cáscaras de naranja por TGA a diferentes velocidad de calentamiento y determinaron la EA por los métodos isoconversional Kissinger-Akahira-Sunose (KAS) y Flynn-Wall-Ozawa (FWO) y encontraron una EA de 62.13 (KAS) y 68.53 (FWO) kJ/mol.

Que el proceso de la pirólisis de la cascara de naranja consta de varias etapas muy complejas. Además los termogramas de TGA y parámetros cinéticos revelaron el buen ajuste de los modelos cinéticos. M.A. Lopez-Velazquez et al., (2012) de la UNAM estudiaron la descomposición térmica y cinética de los residuos de naranja por TGA-DSC y TGA-FTIR y la determinación de la Energía de Activación (EA) mediante los modelos Friedman (F) y KAS a diferentes velocidades de calentamiento (5, 10 y 15 °C min⁻¹). donde encontraron que la pirólisis de los residuos de naranja comienzan con un proceso 52 de deshidratación para T ≤ 120 °C; craqueo pirolítico, de 125 a 450 °C con degradación lignocelulósica y máximo de productos gaseosos y degradación de lignina a T ≥ 450°C. los compuestos: H₂O, CO₂ y CO evolucionaron de 50 a 600 °C. junto con ácidos carboxílicos, aldehídos o cetonas (CO), alcanos (C-C), éteres (C-O-C), alcoholes (C-OH), compuestos fenólicos (C-O) y alifáticos y/o compuestos aromáticos insaturados (C-C).

Además, que la EA depende de varias etapas en el proceso cinético durante la pirólisis de los residuos de naranja. Jeong Wook Kim; et al (2011) Estudiaron la pirólisis de residuos de mandarina para producir bio-aceite por TGA. Encontrando que la pérdida de masa se produjo entre 200-750 °C, y la EA fue de 205.5 kJ/mol. Concluyendo que la temperatura es un parámetro de funcionamiento importante que influye en el rendimiento y la composición de bio-aceite. Echegaray M., (2015) estudiaron los residuos de la uva y durazno mediante TGA. Encontrando que estos residuos tienen contenido de agua del 30%, lo que sugiere deben secarse antes del tratamiento térmico y que la pérdida del peso máximo, se llevó a cabo durante la etapa de pirólisis activa.

Por este motivo, se presenta una metodología para determinar las condiciones óptimas de la pirólisis lenta y a baja temperatura para generar el mayor rendimiento de materia volátil de la biomasa lignocelulósica; además de cuantificar la materia volátil condensable (MVC), la materia volátil no condensable (MVNC) y residuo carbonoso (RC) obtenida de la reacción pirolítica.

Descripción del método

Materiales

Se empleó una muestra de residuos de la industria del jugo de manzana como muestra para la experimentación.

Preparación de la muestra

La muestra se pesó en una balanza analítica para obtener su peso húmedo, la muestra se pasó a la mufla a secar durante 10 horas a 70°C y posteriormente se pulverizó y se tamizó para obtener varios tamaños de partícula ($150 > dp > 180 > dp > 250 > dp > 425 \mu\text{m}$) para realizar las diversas metodologías para la experimentación

Se fijaron los parámetros de la reacción a determinar que son los que afectan directamente a la pirólisis de la biomasa residual los cuales son: Intervalo de la temperatura de la reacción de pirólisis, tamaño de partícula, velocidad de calentamiento y tiempo de residencia. El criterio a utilizar que se tomó para elegir estos parámetros de reacción fue la generación de mayor cantidad de materia volátil en la reacción de la pirólisis de la muestra.

– Tamaño de partícula

Se realizaron diferentes corridas en TGA con muestras de aproximadamente a 30 mg de biomasa residual previamente preparada bajo atmósfera de Nitrógeno a una velocidad de calentamiento de 10 °C / min y a diferentes tamaños de partículas ($150 > dp > 180 > dp > 250 > dp > 425 \mu\text{m}$)

– Velocidad de calentamiento

Para identificar el efecto de la velocidad de calentamiento en la generación de materia volátil se utilizaron muestras de biomasa residual de aproximadamente 30 mg con un mismo tamaño de partícula, las cuales fueron sometidas a distintas velocidades (5, 10, 15 y 20 °C/min).

– Tiempo de Residencia

El tiempo de residencia, se determinó variando el tiempo de permanencia a 30, 60, 90 min a diferentes temperaturas a la muestra.

Cuantificación de los productos de la pirólisis

Para la Materia Volátil Condensable no condensable (MVNC) se acondicionó un termo reactor tubular de lecho fijo, acoplado a un sistema de condensación con el cromatógrafo de gases para identificar cada uno de los gases presentes en la biomasa residual como se muestra a continuación en el siguiente esquema según la imagen 1

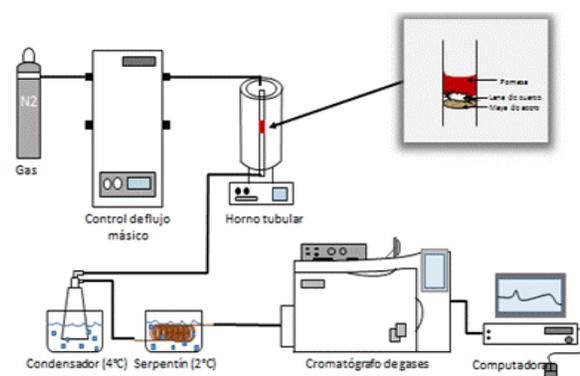


Figura 1 Esquema del proceso de pirólisis de la biomasa lignocelulósica (MVNC)

Se realiza pruebas con aproximadamente 2 gramos de muestra de biomasa de tamaño de partícula 150 μm por temperaturas desde 150°C hasta 550°C a una velocidad de calentamiento de 5 °C /min para identificar cada uno de los gases que se encuentran en la pirólisis de la biomasa a cada temperatura durante un tiempo de residencia de 60 minutos.

BARAY-GUERRERO, María del Rosario, PORRAS-FLORES, Damián Aarón, HOFFMANN-ESTEVEZ, Hazel Eugenia y MANJARREZ-DOMINGUEZ, Carlos Baudel. Tratamiento de la biomasa lignocelulósica mediante la pirólisis lenta y a baja temperatura para la producción de biocombustibles. Revista de Energías Renovables 2019.

Además, se debe de realizar pruebas de forma continua con un rango de temperatura (150°C-550°C.) Esta prueba se realiza con aproximadamente 2 gramos de biomasa de tamaño de partícula de 150 µm en una sola corrida desde 150 hasta 550°C en un tiempo de residencia de 60 minutos a una velocidad de calentamiento de 5 °C/min para identificar cada uno de los gases presentes que se encuentran en la pirolisis de la biomasa.

La materia volátil condensable (MVC) se cuantifica durante la pirolisis desarrollada en un termo reactor tubular de lecho fijo, acoplado a un sistema de condensación y se siguen los siguientes pasos primero se pesara 2.0 g de biomasa previamente preparada. • Se carga el reactor de flujo fijo con la muestra • Se debe de colocar el reactor en un horno y se le acondiciono el tubo de cobre con un tapón el fin de recolectar en la parte inferior la muestra. • Se efectúa las conexiones necesarias y adecuadas. • Se verifica la ausencia de fugas. • Se establece el flujo de nitrógeno 100 cm³/min y se activa el horno con una velocidad de calentamiento de 5°C/min. • Una vez alcanzada la temperatura predeterminada se deja transcurrir los 60 minutos, que es el tiempo determinado experimentalmente y se repite para cada temperatura desde 150°C hasta 550°C • Se debe de guardar las muestras para su posterior análisis en Cromatógrafo de Masas.

El porcentaje de residuo carbonoso (RC) se obtiene de la pirolisis utilizando un tiempo de residencia de 60 minutos. Las ecuaciones para las determinaciones fueron las siguientes:

$$MB = MVNC + MVC + MR \quad (1)$$

$$MB = \text{Masa de biomasa inicial} \quad (2)$$

$$MR = \text{Masa del residuo \%} = \% MVNC + MVC + MR \quad (3)$$

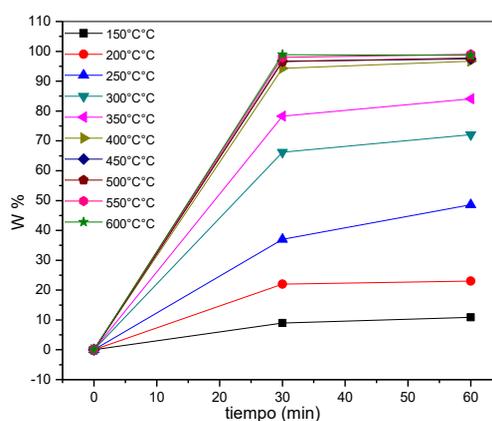
$$\% MVC = MVC / MB \times 100 \quad (4)$$

$$\% MVNC = 100\% - \% MVC - \% MR \quad (5)$$

Resultados

Los resultados obtenidos se analizan en la gráfica 1 donde se puede apreciar el comportamiento que se tiene con los diferentes tiempos de residencia por isoterma.

Se observa que a una temperatura dada y a mayor tiempo, la cantidad de volátiles generada es mayor, sin embargo se observa también, que la relación de la cantidad volatilizada con respecto al tiempo se reduce después de 60 minutos; esto puede ser explicado por la consideración de que pasado este tiempo y a dicha temperatura la cantidad de material volatilizable se ha consumido casi en su totalidad (A.N.A. ElHendawy,2006)



Gráfica 1 Tiempos de residencia en diferentes isotermas

Se obtuvo un resultado muy interesante que es que mediante la pirolisis lenta de la biomasa residual utilizada y a una temperatura de 350 °C se generan los volátiles condensables, no condensables y residuo carbonoso en proporciones de 35%, 50% y 15%, respectivamente.

Que pueden ser aplicados como biocombustibles líquidos, gaseosos y sólidos. Así como que el rendimiento más alto de materia volátil durante la pirolisis de la biomasa es a una temperatura entre 300 y 400°C, con una velocidad de calentamiento de 5 °C/min, un tiempo de residencia de 60 minutos y un tamaño de partícula de 150 micras.

Este estudio aporta un gran avance científico en el área, ya que en la actualidad existen problemas de la crisis energética y la contaminación ambiental, los biocombustibles producidos a partir de diversos materiales lignocelulósicos tales como madera, residuos agrícolas o forestales, residuos agroindustriales, etc. tienen el potencial de ser un sustituto valioso a los combustibles líquidos o gaseosos tanto para el sector del transporte como para la generación de energía.

Conclusiones

Los residuos agroindustriales representan una fuente de energía renovable y se obtienen en grandes cantidades como resultado del procesamiento industrial de frutas y verduras y son una materia prima barata para la conversión a biocombustibles. Se puede decir que los residuos agroindustriales son materiales en estado sólido o líquido que se generan a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización, y que ya no son de utilidad para el proceso que los generó, pero que son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otro producto con valor económico, de interés comercial y/o social.

El problema al que se enfrentan los residuos agroindustriales es que no existe una clara conciencia ambiental para su manejo, además de que falta capacidad tecnológica y recursos económicos para darles un destino final, así como una legislación específica para promover la gestión de este tipo de residuos, que asegure un buen manejo desde su generación hasta su disposición final. Aún en nuestros días, esta problemática prevalece a nivel mundial

Este estudio nos proporciona una información muy valiosa indicándonos que en base al proceso metodológico anteriormente mencionado, el bajo contenido de cenizas, su alto contenido de materia volátil y su alto poder calorífico hacen de la biomasa lignocelulósica, sea un candidato con alto potencial para la producción de biocombustibles.

El rendimiento de la pirólisis de la biomasa residual es fuertemente dependiente de la temperatura, del tamaño de partícula, tiempo de residencia y de la velocidad de calentamiento.

Referencias

- Alicante, Mayo 2008. Conesa J. A., A. Biomasses pyrolysis and combustion kinetics through n-th order parallel reactions. Thermochemical Acta, Volumen 523, Issues 1-2, Pages 176- 181, August 2011.
- Antal, M.J., Mok, W.S.L., Roy, J.C., Raissi, A.T (1985). Pyrolytic sources of Hydrocarbons from biomass. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 8, 291-303.
- Banco nacional de desenvolvimiento Económico y social (2008) Etanol de caña de azúcar – Agro energía para el desenvolvimiento sustentable. Rio de Janeiro: 4, 316 p.
- Becidan, M., Skreiberg, O., Hustad, J.E. (2007). Products distribution and gas release in pyrolysis of thermally thick biomass residues samples. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 78(1): 207-213.
- Bermont. A.V, "Principles and practice of biomass fast pyrolysis processes for liquids," (1999) Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, vol. 51, pp. 3-22,
- Best, M., Brown, A., Clark, P., Hollis, D., Middleton, D., Rooney, G., Thomson.; Wilson, C, Small-scale Wind Energy (2009) Technical report (A report by the Met Office to accompany the Carbon Trust report „Small-scale Wind Energy - Policy insights and practical guidance“), London: Carbon Trust.6.:235-337
- Bridgewater V. and Peacocke, G. V. C. "Fast pyrolysis processes for biomass," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 4, pp. 1-73, 2000.
- Bridgewater, V. "An overview of fast pyrolysis of biomass," Organic Geochemistry, vol. 30, pp. 1479-1493, 1999.
- Burhenne L., Messmer J., (2013) Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 3: 101, 177.
- Burhenne L., Messmer J., Aicher T and M.-P. Laborie, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 101, (2013) 177.
- Caballero JA, Conesa JA., (2005) Mathematical considerations for non isothermal kinetics in thermal decomposition. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis; 73:85-100.
- Carreón R, Sabido R L A, Centeno L S, Leal R L J, Martínez J A & Fernández S M T (2009) Etanol carburante. Biotecnología 13(3): 79- 102.
- Chiaramonti. (2009) "Power generation using fast pyrolysis liquids from biomass," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 11, pp. 1056-1086
- Conesa J. A. Curso Básico de Análisis Térmico. Termogravimetría, cinética de reacciones y análisis térmico diferencial., Folch J & Quiroz R E (2009) Lignocelulosa Como fuente de azúcares para la producción de etanol. Biotecnología 13(3): 11-25.

DEMIRBAS, A.(2008) Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy Conversion and Management* 49, 2106–2116.

Duffield, WA & SASS, JH (2008) Geothermal Energy Clean power from the Earth's heat USGS Circular 1249, 2013. 36 p.

Dupont, C., "Biomass pyrolysis experiments in an analytical entrained flow reactor between 1073 and 1273," *Fuel*, vol. 87, pp. 1155-1164, 2008.

Fahmi, R., "The effect of lignin and inorganic species in biomass on pyrolysis oil yields, quality and stability," *Fuel*, vol. 87, pp. 1230-1240, 2008.

Fern. D. M, (2009)"Biorefineries for biofuel upgrading: A critical review," *Applied Energy*, vol. 86, Supplement 1, pp. S151-S161.

Fonts, j "Study of the pyrolysis liquids obtained from different sewage sludge," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 85, pp. 184-191, 2009.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The state of food and agriculture 2008 - BIOFUELS: prospects, risks and opportunities. Rome: FAO, 2008. 138 p.

Gassner M, Marechal F. Thermo-economic process model for thermochemical production of Synthetic Natural Gas (SNG) from lignocellulosic biomass. *Biomass and Bioenergy* 2009; 33:1587 – 1604. Giudicianni P., G. and Ragucci, R. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 100, (2013) 213.

Goyal, HB; Seal, D. Saxena, RC. Biofuels from thermochemical conversion of renewable resources: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12: 504–517, 2008.

Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México

Background, prospects and potential of photovoltaic solar energy in the industry in Puebla, Mexico

ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica †*

Doctorado Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 17 sur 901, Barrio de Santiago, C.P. 72410, Puebla, México

ID 1^{er} Autor: Norma Angélica, Enciso-Chávez / ORC ID 0000-0002-7536-8606, Researcher ID Thomson: E-3249-2019
CVU CONACYT ID: 460022

DOI: 10.35429/JRE.2019.9.3.10.27

Recibido 3 de Abril, 2019; Aceptado 08 Junio, 2019

Resumen

El contexto actual para la generación de energía a nivel mundial está en transición hacia las energías renovables, convirtiéndose en un tema prioritario en las agendas energéticas, las cuales compiten cada vez más con los combustibles fósiles predominando el carbón, gas natural y el petróleo, que están provocando consecuencias hacia el cambio climático representando retos económicos, sociales y ambientales. La energía renovable como la solar fotovoltaica despliega una gran oportunidad para favorecer la seguridad energética en México, dado que cuenta con el potencial de radiación solar en su territorio. Sin embargo, no ha sido suficiente para que el sector industrial invierta en proyectos para satisfacer las necesidades de energía. El objetivo de esta investigación tiene como finalidad analizar y crear un marco de referencia para el uso de energía solar en la industria mexicana, la conveniencia, los beneficios, zonas de potencial, así como algunos esfuerzos internacionales donde se incluya la vertiente social y ambiental, de igual manera que tan favorable es la ubicación geográfica de Puebla para esta tecnología y las pautas a tomar en cuenta para motivar las inversiones encaminadas a la transición en lo relativo al uso de esta energía renovable y mejorar la eficiencia energética

Energías renovables, Energía solar fotovoltaica, Uso de energía solar FV en la industria

Abstract

This article describes the current context for energy generation worldwide is in transition towards renewable energies, becoming a priority in energy agendas, which are increasingly compete with fossil fuels predominating coal, natural gas and oil, which they are causing climate change consequences to representing economics, social and environmental challenges. Renewable energy such as solar photovoltaic deploys a great opportunity to promote energy security in Mexico, since it has the potential of solar radiation on its territory. However, it was not enough for the industry to invest in projects to meet energy needs. The objective of this research is to analyze and create a framework for the use of solar energy in the Mexican industry, the convenience, the benefits, potential zones, as well as some international efforts which include the social and environmental aspect, in the same way as so favorable is the geographical location of Puebla for this technology and the guidelines to be take into account to encourage investment aimed and the transition with regard to the use of this renewable energy and improve energy efficiency.

Renewables energies, Photovoltaic solar energy, Using solar PV industry

Citación: ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica. Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México. Revista de Energías Renovables. 2019 3-9: 10-27

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: angelica.ech@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La energía es el elemento central para el desarrollo de las inversiones, la innovación, las industrias y el crecimiento de la economía. Considerando que la energía proviene principalmente de recursos energéticos fósiles (petróleo, gas, carbón), los cuales se han aprovechado por más de 100 años como fuente de calor, energía luminosa, combustible para vehículos y energía eléctrica (INEEL, 2009; UK, 2009; DOF, 2013). El cambio que se necesita debe estar basado en los nuevos paradigmas tecnológicos que desvinculen el crecimiento de los problemas ambientales –en particular las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) – mediante el desarrollo y la utilización de nuevas tecnologías. (Altenberg y Pegel, 2012).

Así mismo, la energía eléctrica ha representado un desarrollo tecnológico de gran impacto, para el crecimiento económico de la humanidad, hay que mencionar, además, que actualmente constituye el 65% de la producción de energía mundial. El acceso confiable y sostenible de energía se encuentra ante una transformación fundamental que resulta esencial para hacer frente al cambio climático, donde la energía renovable desempeña el eje principal para ayudar al desarrollo de sistemas energéticos seguros, contribuyendo a resultados asombrosos en el acceso a la energía.

Hasta ahora el aprovechamiento de la energía renovable y su impacto sobre el ambiente es muy positivo ya que la obtención de electricidad no recurre a ningún tipo de combustión y no genera emisiones para contaminar la atmósfera.

Acorde a la secretaria de Energía Georgina Kessel (2009), en su contexto energético actual, los beneficios económicos y sustentables de las energías renovables han adquirido creciente relevancia, y se tiene que aprovechar su potencial energético.

Este potencial despliega una gran oportunidad para favorecer la seguridad energética se adiciona al esfuerzo global de reducir el impacto ambiental de las emisiones de CO₂ diversificando la cartera de tecnologías y recursos energéticos e impulsar el desarrollo sustentable.

En 2007, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) presentó un reporte alarmante en el que se concluyó que al ritmo de crecimiento actual la temperatura del planeta aumentaría 6 °C para el fin de siglo XXI (IPCC Core Writing Team et al., 2007). En 2009, la Agencia Internacional de Energía presentó diversos escenarios y estrategias de mitigación por país con el fin de limitar el aumento de la temperatura a 2 °C en el año 2010 (International Energy Agency, 2009). Así los objetivos prioritarios son: seguridad de abastecimiento, competitividad y sostenibilidad, es decir, fomento de hacer uso de energías renovables en el sector eléctrico y energético, para hacer cumplir el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

Es necesario recalcar que, la CMNUCC es el acuerdo de mayor importancia a nivel internacional sobre acción por el clima. Uno de los tres convenios adoptados en la Cumbre de la Tierra celebrada en Río en 1992. Hasta la fecha varios acuerdos se han alcanzado desde entonces, el Acuerdo de París en la Conferencia de las Partes (COP21) establece el marco global de lucha contra el cambio climático. Sin embargo, la Unión Europea no contaba con la competencia energética de los Estados Miembros, por lo que se tomó la acción como competencia medioambiental (Solorio, 2011b).

Así, la CMNUCC celebró la COP24 en la ciudad de Katowice, Polonia en diciembre de 2018 y resulta clave para el diseño de los instrumentos que permitirán abordar de forma efectiva y eficiente el cumplimiento de los objetivos climáticos y poner en marcha el Acuerdo de París. La adopción de objetivos globales para el fomento del desarrollo sostenible en 2015 tiene metas respecto de la energía asequible y no contaminante considerando el consumo de energía como elemento vital para los grandes desafío y oportunidades a los que enfrenta el planeta. Además, industria, innovación e infraestructura, donde las inversiones en infraestructura e industria son fundamentales para lograr el desarrollo sostenible e incrementar la productividad con estabilidad social. Para que esto suceda, se requiere de estimular la transferencia de conocimientos, tecnología y promover la inversión.

En la actualidad, la tendencia mundial se enfoca al uso de energías renovables, mismas que son amigables con el ambiente, aprovechando los recursos naturales para generarlas (Vega, 2010).

Ante este escenario, el desarrollo de la tecnología ha permitido el poder utilizar la energía del sol de forma controlada.

Existe especial interés en la energía solar, por su disponibilidad en mayor o menor medida en cualquier parte del mundo, y su aprovechamiento permite un crecimiento sustentable y no se encuentra atado a la volatilidad del precio de los combustibles fósiles. (Bimal, 2014; REN21, 2013; BP, 2014).

Uno de los métodos para la generación de electricidad, empleando la energía solar como materia prima, es mediante un sistema solar fotovoltaico, cuya producción de módulos fotovoltaicos se ha incrementado considerablemente, dichos sistemas están demostrando ser prometedores, cada vez más eficientes y menos costosos, por lo cual se recurre a esta tecnología.

En últimas décadas la tecnología fotovoltaica a nivel mundial ha experimentado enormes avances a nivel científico y tecnológico. Las innovaciones de diferentes tipos de celdas se han incrementado cinco veces, contando con tres generaciones de celdas desarrolladas, sus costos y cantidad de energía necesaria para fabricar paneles ha reducido en tal medida que la inversión puede ser recuperada durante los dos primeros años de uso. Así mismo la capacidad solar instalada corresponde a 161 GW que equivalen al 9% de aumento en 2016 en comparación con 2015. El total registrado es de 303 GW en 2017. Así la capacidad solar fotovoltaica representa cerca del 47%.

Considerando que la electricidad dada su adaptabilidad se usa en todas las actividades económicas, conviene subrayar que la industria hace uso aproximadamente de la mitad de la energía eléctrica, al mismo tiempo, la industria genera desarrollo, riquezas y empleos para las naciones, sin embargo, puede llegar a contribuir a la creación de graves consecuencias ambientales y sociales si no es administrada de una forma sostenible (Aida América, 2016).

Los centros industriales constituyen una significativa fuente de viables clientes de autoconsumo, su importancia radica en que producen gran variedad de productos que se ofrecen globalmente usados para tener una calidad de vida adecuada, estos procesos constituidos por etapas consumen energía para la producción, minimizando la presencia de residuos los cuales contribuyen a la contaminación ambiental.

Un principio importante de la ingeniería, es la optimización de los procesos, es decir aumentar la tasa de producción en relación con los recursos utilizados, esto es reducir los costos al hacer más eficientes los distintos sistemas y componentes que intervienen en la fase productiva. Estos procesos tienen que contribuir al desarrollo sostenible con el manejo racional de los recursos, propiciando su conservación, recuperación, uso adecuado y mejoramiento (Loayza Pérez & Silvia Mesa, 2013). El incentivar el desarrollo del autoconsumo en la industria, incluye la pronosticabilidad de los costos energéticos, mejoras ambientales, además de puntos de imagen de marca.

En este contexto, la necesidad de energía limpia, fiable y sustentable ha alentado a algunos gobiernos para promover el desarrollo y uso de tecnologías de energía renovable (Kyeongseok, Hyoungbae & Hyoungkwan, 2017), para México el reto es aprovechar la oportunidad de transformar el sector energético para atraer inversión y generar empleos.

Considerando que ya se empieza a fomentar la inversión para la generación de energía renovable como parte de la reforma energética de 2013, colaborando en acciones de mitigación de emisiones y adaptación a los efectos del cambio climático, acorde a los diversos convenios internacionales y estrategias para el desarrollo nacional, también se crean los Certificados de Energía Limpia (CEL's), lo que posiciona a México en la etapa de transición para optar por las mejores prácticas en el uso y generación de energía que permitirá competir en el giro energético.

Se requiere que la innovación en los procesos de producción, además de los modelos comerciales, debe estar acompañada de la adecuada alternativa tecnológica lo que representará la solución a los desafíos ambientales de la actualidad.

La presente investigación se realizó para establecer un panorama de las fuentes de energía considerando los antecedentes relacionados con la situación de la actual producción y uso de generación de energía eléctrica, que sirva como insumo de información para analizar los retos y oportunidades que permitan promover el uso de fuentes renovables como la solar fotovoltaica para la generación de energía en la industria y coadyuvar en el logro de competitividad en el sector.

Para efectos de esta investigación se realizó un análisis de la literatura especializada en materia de la producción y obtención de energía en fuentes como artículos científicos, estudios de impacto, sitios web de instituciones oficiales y especializados haciendo inferencia a palabras clave como energías renovables, energía solar, uso de la energía solar fotovoltaica, así como libros y tesis en el tema de exploración, como pieza importante para el desarrollo económico e industrial, a fin de establecer la base para crear y avanzar en la aplicación del conocimiento.

La metodología de este artículo es cualitativa, donde el proceso consta de los siguientes pasos: selección, revisión, comprensión, análisis y síntesis.

Explora el contexto a nivel internacional, después examina la conceptualización nacional de la seguridad energética en México y la disponibilidad del recurso solar, examinando el potencial de la energía renovable.

Posteriormente se analiza Puebla, como importante foco de observación por ser un estado con un peso relevante en la economía mexicana, así como, el uso de la energía en el sector industrial, tomando en cuenta el alto consumo energético.

El tipo de investigación es descriptiva y explicativa, la cual, según Hurtado (2010) tiene como objetivo lograr especificar las propiedades de personas, grupos, comunidades, objetos o cualquier otra unidad sometida a investigación.

El texto finaliza con algunas conclusiones, en las que se explora el potencial de promover la energía renovable en México, para consumo sustentable de mediano y largo plazo.

Energía Solar Fotovoltaica

Recurso energético disponible

El sol está en el origen de todas las energías renovables porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. El sol ordena el ciclo del agua, causa la evaporación que predispone la formación de nubes, por tanto, las lluvias. También del sol procede la energía hidráulica. Las plantas se sirven del sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer. Toda esa materia vegetal es la biomasa. Por último, el sol se aprovecha directamente en las energías solares, tanto la térmica como la fotovoltaica. (Iberdrola, s.f).

El papel de la energía solar, puede llegar a ser la fuente energética más importante para el 2050, debido a que este tipo de energía tiene el potencial más amplio de todo el portafolio de energías disponibles con un 40%. (IEA, 2014; REN21, 2014). La energía solar que llega a la superficie terrestre es 10,000 veces mayor que la que se consume en todo el planeta, y la generación eléctrica fotovoltaica posee la mayor densidad energética media global, 170 W/m^2 de todas las fuentes renovables de energía (FER) (Aubrecht, 2012). La conversión de la energía del sol en electricidad es obtenida mediante dispositivos denominados celdas solares fotovoltaicas (FV), fabricados del material semiconductor por excelencia: silicio cristalino, además de diversas tecnologías fotovoltaicas alternativas, haciendo uso del proceso físico llamado efecto fotovoltaico descubierto por Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891).

A mediados de la década de los 90's las actividades en el campo fotovoltaico fueron impulsadas por la creciente presión ecológica de la sociedad, además de la reducción en los costos de los paneles y de los sistemas en su conjunto. Desde entonces, la evolución de la tecnología aplicada a los módulos solares fotovoltaicos se ha dado de forma progresiva y continua, y en la actualidad siguen sus mejoras en eficiencia, además de su reducción en costos. Recientemente se ha hecho uso de perovskita híbrida en las células con una eficiencia del 44,5%, convirtiendo dos tercios de la luz en electricidad. Teniendo en cuenta la primera célula fotovoltaica en 1954, el tamaño ha podido ser reducido en un 96 % generando la misma potencia.

Definitivamente la evolución del tamaño de los paneles se ha dado año con año consiguiendo mayor potencia, adaptación a diferentes superficies y flexibilidad.

Esta alternativa se ha posicionado como un medio principal de generación de energía en el sector eléctrico junto con las tecnologías de generación eólica e hidráulica. (REN21, 2014). Esto ha establecido en varios países producir energía con fuentes como la solar fotovoltaica comparable en costos de la obtención con fuentes no renovables, esta tecnología ha creado un mercado, el cual sigue en desarrollo para sus mejoras en eficiencia y disminución de sus costos.

Actualmente, las celdas de silicio cristalino dominan el mercado fotovoltaico, con una participación de 85% de las tecnologías que lo conforman. Se espera que este material continúe como líder en el desarrollo de tecnologías fotovoltaicas por lo menos durante la siguiente década (MIT, 2016).

Tendencias del mercado fotovoltaico mundial

Las políticas industriales y tecnológicas en el campo de energías renovables de algunos países han logrado liderazgo en tecnologías como la solar fotovoltaica y han podido desarrollarse en sectores industriales, además de la creación de empleos, así como la formación de capital humano para los sectores en desarrollo. Por otro lado, la demanda mundial de energía sigue en crecimiento, a finales de 2014 las energías renovables aportaron el 59% de la capacidad de generación instalada, lo cual corresponde un total de 22,8% de la electricidad a nivel global. (GSR, 2015).

Cabe destacar que la energía fotovoltaica ha superado la barrera de los 400 GW acumulados consolidándose como un sector maduro y altamente atractivo para todo tipo de empresas y se encuentra en su momento de mayor crecimiento a nivel mundial, potenciado por el desarrollo en países de Asia: Corea del Sur (5,6 GW), Tailandia (2,7 GW) y Pakistán (1,8 GW), Taiwán (1,8 GW) o Filipinas (1,4 GW) China, India o Japón. La potencia instalada que engloba casi el 70% del total es aumentado principalmente por el desarrollo de la tecnología fotovoltaica por los cuatro países con mayor potencia: China, Estados Unidos, Japón y Alemania. (Anuario Fotovoltaico, 2018).

El Gráfico 1 muestra los 10 primeros países asociados con la penetración de la tecnología solar fotovoltaica como fuente de generación.

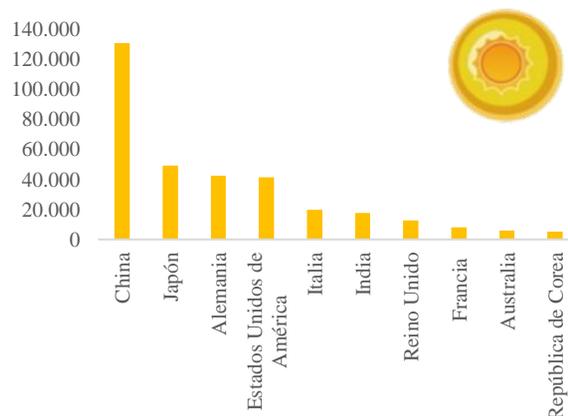


Gráfico 1 Top 10 países/áreas. Capacidad instalada (MW) solar fotovoltaica 2017

Fuente: IRENA, 2019.

Puede verse entonces que, la energía solar FV crece a un ritmo sostenido y con enorme potencial. El Gráfico 2 muestra las tendencias de la capacidad instalada y que dan cuenta de su crecimiento.

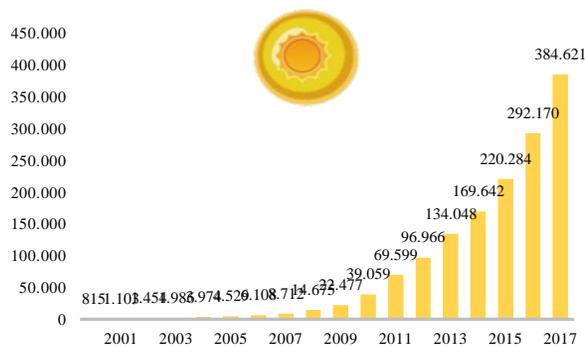


Gráfico 2 Tendencias en energías renovables (capacidad instalada MW) solar fotovoltaica 2017

Fuente: IRENA, 2019.

China es el país que ha crecido rápidamente y cuenta con una venta importante respecto al resto de los países, en 2016 llegó a 34,45 GW instalados. En 2017, confirma su dominio con 53 GW, lo que representa un 51% de la potencia total instalada a nivel mundial.

En los últimos años, India se confirma con un fuerte interés por la energía fotovoltaica, aumentando de 2015 a 2017 su potencia instalada de 2 GW a 9,1 GW augurándole un futuro para el desarrollo de la fotovoltaica en el país.

Cabe destacar que el mercado europeo ya es maduro y se mantiene relativamente constante: Reino Unido 2 GW, Alemania 1,8 GW, Francia 875 MW y Holanda 853 MW. En 2016 Turquía desatacó en Oriente Medio con 2,6 GW. (GTM Research, 2018). Una de las prioridades respecto de impulsar el compromiso y luchar para hacer frente contra el cambio climático es garantizando una energía segura, sostenible y asequible. Para América la distribución de la potencia se encuentra de forma desigual, donde la mayor concentración es en el norte del continente, en tanto, en los países del sur esta tecnología es incipiente, destacando Chile (1.8 GW) como país pionero. Por otro lado, los países de América latina siguen confirmando su enorme potencial, destacan Brasil (910 MW), Chile 67 (MW) y México (150 MW) en 2017 (Anuario Fotovoltaico, 2018).

A continuación, la Tabla 1, muestra la potencia instalada por los principales países en 2017, donde China deja claro su liderazgo en la instalación de potencia fotovoltaica la cual se mantendrá dada su ventaja sobre el resto de los países.

País	Potencia Instalada (GW)	País	Potencia Instalada (GW)
Rep. Popular China	53	Italia	0,41
Estados Unidos	10,6	Bélgica	0,28
India	9,1	Suiza	0,26
Japón	7,0	Tailandia	0,25
Turquía	2,6	Canadá	0,21
Alemania	1,8	España	0,15
Filipinas	1,4	Austria	0,15
Australia	1,25	México	0,15
Corea	1,20	Suecia	0,09
Brasil	0,91	Israel	0,06
Reino Unido	0,90	Dinamarca	0,06
Francia	0,88	Portugal	0,06
Países Bajos	0,85	Malasia	0,05
Pakistán	0,80	Noruega	0,02
Chile	0,67	Finlandia	0,02
Taiwán	0,52	Sudáfrica	0,01

Tabla 1 Potencia instalada (GW) por los principales países en 2017

Fuente: IEA-PVPS, 2018

A nivel global, la inversión en el mercado de la energía fotovoltaica ha crecido y los costes de la tecnología son cada vez menores.

De modo que, los marcadores que definirán su desarrollo en el mundo son: el diseño de mercados energéticos flexibles e interconectados que promuevan la integración de nuevos actores, el papel de los consumidores juega un papel significativo y requiere de regulaciones adecuadas, desarrollo de tecnologías para el almacenamiento de energía que favorezca la integración fotovoltaica a pequeña y gran escala para ser distribuida cuando se requiera, la existencia de la digitalización en las redes de distribución para control y monitoreo de la energía, y por último, un marco regulatorio para las subastas a largo plazo.

Disponibilidad del mercado fotovoltaico en México

El análisis de la distribución espacial del potencial energético del sol se lleva a cabo mediante mapas y tablas que establecen los valores promedio diarios de la radiación solar global, brillo y radiación ultravioleta solar que incide sobre la superficie plana por metro cuadrado. Así, la cartografía solar proporcionada por el Banco Mundial, identifica las regiones donde es apropiada la utilización de energía solar. Precisamente, México cuenta con las características geográficas y gran cantidad de recursos, y con el potencial necesario para generar energía mediante fuentes renovables, tomando en consideración factores técnicos como la disponibilidad del recurso, temperatura, latitud y altitud, entre otros. Por tal motivo, cuenta con una gran diversidad de fuentes de energía, además, contempla el cambio climático como asunto de seguridad nacional por lo que ha impulsado medidas de mitigación y adaptación, permitiéndole destacar a nivel internacional, con Políticas Energéticas enfocadas a la inclusión de las fuentes de energía limpia en la matriz energética. Sin embargo, la generación de energía a través de dichas fuentes no es aprovechada en su totalidad (Olivera & Colín, 2012:1).

De acuerdo con la International Renewable Energy Agency (IRENA, 2015), la ubicación geográfica de México se encuentra dentro del llamado “cinturón solar” entre los 14° y 33° de latitud septentrional, donde la radiación presenta los mayores niveles del mundo, región considerada ideal para el aprovechamiento de recursos solares.

Se toma en cuenta no sólo la radiación solar, además el tamaño del territorio para la generación de electricidad provista por el sol, como se muestra en la Tabla 2.

País	Tamaño del territorio (Km ²)	Radiación solar (kWh/m ²)	Generación de energía solar (GWh)
México	1,964,000	5.5	114.2

Tabla 2 Aprovechamiento solar en territorio mexicano
Fuente: CIEP con datos del Bank (2017) y SOLARGIS (2017)

La irradiación global media diaria en el territorio nacional es de alrededor de 5.5 kWh/m²/d (la unidad de medición de radiación solar) (Aleman-Nava et al. 2014). La irradiación promedio diaria cambia a lo largo del país y depende también del mes en cuestión, descendiendo ligeramente por debajo de 3kWh/m² y logra alcanzar valores superiores a 8.5kWh/m². Este potencial de energía renovable puede ser aprovechado con tecnología fotovoltaica, la cual reporta ventajas de tipo energético y económico.

En la Figura 1, se detalla un mapa visual de la radiación solar en México, en el cual se observa que la zona noroeste de país es la franja con mayor potencial donde la radiación excede los 8kWh/m² en primavera y verano. No obstante, los puntos de demanda más altos se localizan en el centro del país, esto implica un reto/oportunidad en la mayor parte del territorio nacional ya que cuenta con un buen recurso de brillo solar (horas de sol).



Figura 1 Mapa de radiación global horizontal de México del potencial de energía fotovoltaica
Fuente: Banco Mundial, Solargis, 2017. Recuperado de: <http://globalsolaratlas.info>.

La Tabla 3 ejemplifica la irradiación anual que presenta el territorio de México, considerando el rango máximo y mínimo, así como su promedio de forma mensual.

Mes	Mínimo	Máximo	Promedio
Enero	3.1	5.4	4.1
Febrero	3.3	6.3	4.7
Marzo	3.1	6.6	5.3
Abril	3.8	7.5	5.7
Mayo	4.1	8.3	5.9
Junio	4.4	8.6	5.6
Julio	4.5	7.0	5.6
Agosto	4.5	6.6	5.5
Septiembre	4.1	6.7	5.1
Octubre	3.5	6.0	4.7
Noviembre	3.1	5.7	4.3
Diciembre	2.8	5.6	3.8

Tabla 3 Irradiación solar global diaria promedio mensual en México (kWh/m²)
Fuente: CONUEE. Irradiación Global Media en la República mexicana

Sin embargo, con base a la proporción que tiene México en su territorio y la irradiación anual mostrada en la tabla 3, el aprovechamiento de la energía solar está muy por debajo con respecto a otros países. De hecho, México continúa aumentando el consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, de esta manera, la huella de carbono producida lo sitúa en el lugar 13 en el mundo en emisiones de GEI (INECC, 2015), pese a que cuenta con una de las mejores radiaciones solares en el mundo, la generación de energía está en gran medida atada a la energía fósil como se observa en la Figura 2, donde el consumo de carbón en la generación de electricidad se incrementó 13.2% a 2016.

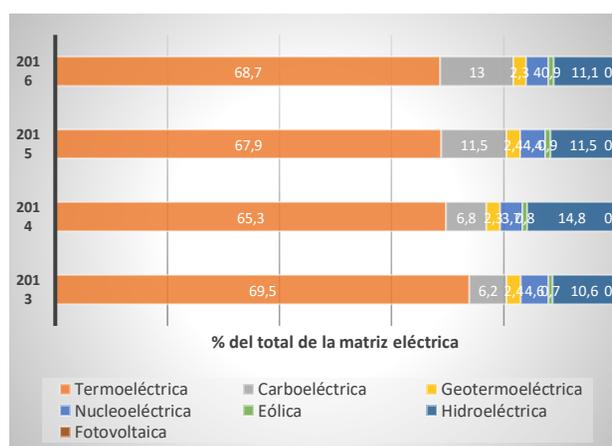


Figura 2 Generación de energía eléctrica por tecnología en México.
Fuente: CIEP, con información del Sistema de Información Energética, 2016

Para cumplir los compromisos asumidos por México en París en 2015 de los *Intended Nationally Determined Contributions* (INDC) ahora *Nationally Determined Contributions* (NDC), para cambiar la matriz energética, debe renunciar a su “forma acostumbrada de hacer negocios” (el modelo *business as usual*, BAU) y reducir sus emisiones de GEI de forma sustancial para alcanzar la ruta trazada a partir de 2025 (INECC, 2015).

Así mismo, la búsqueda de otras fuentes de energía por la creciente demanda para su consumo, el Gobierno Federal, a través de la Ley de Transición Energética (LTE) (DOF, 2015), establece que, del total de energía eléctrica generada, la mayor proporción sea mediante tecnologías verdes.

Por ende, México tiene el desafío de satisfacer la demanda creciente de energía con medios limpios, así se ha autoimpuesto el compromiso de generar el 35% de la electricidad mediante energías limpias para el 2024 y reducir las emisiones GEI en 30% respecto de la línea base para 2020, además, se estableció el objetivo de alcanzar una capacidad instalada mínima, una generación efectiva, así como estrategias y acciones que permitan alcanzar la diversidad de fuentes de energía.

La transición energética del país hacia fuentes de energía renovables le permitirá no sólo asegurar el suministro de energía a usuarios residenciales e industriales, sino también garantizar un crecimiento y desarrollo económico sustentable (Centro de Investigación para el Desarrollo, 2014: 9).

Conforme los datos del Inventario Nacional de Energía Renovables (INERE) a junio de 2015, se puede observar que la energía solar representaba una importante área de oportunidad para diversificar la generación de energía eléctrica puesto que ya se cuentan estudios de factibilidad del aprovechamiento. (SENER, 2014).

Gracias a las reformas implementadas en el sector energético se han eliminado barreras que impedían el desarrollo de nuevos proyectos y tecnologías. La estructura de las fuentes que conforman la oferta interna bruta de energía en México ha permanecido prácticamente constante en los últimos años. Sin embargo, la oferta de energía ha ido en ascenso, pasando de casi 8,000 PJ en 2005, a poco más de 8,500 PJ en 2015.

Las fuentes limpias (renovables y nuclear) participaron con 9% del total de la oferta energética nacional, con 769.5 PJ (SENER, SIE 2017). En 2016, el 20.31% de la energía eléctrica fue generada con fuentes limpias. Así, la capacidad instalada para generar energía creció en 10% llegando a 21,179 MW que representan el 28.81% de la capacidad total nacional. (SENER, 2016).

Los Gráficos 3 y 4 muestran la estructura de la oferta de energía en México en los años 2005 y 2015.

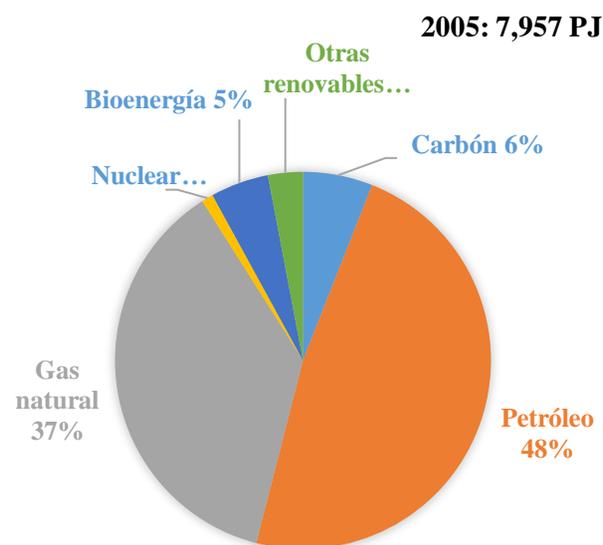


Gráfico 3 Estructura de la oferta bruta de energía en México (petajoules), 2005

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER

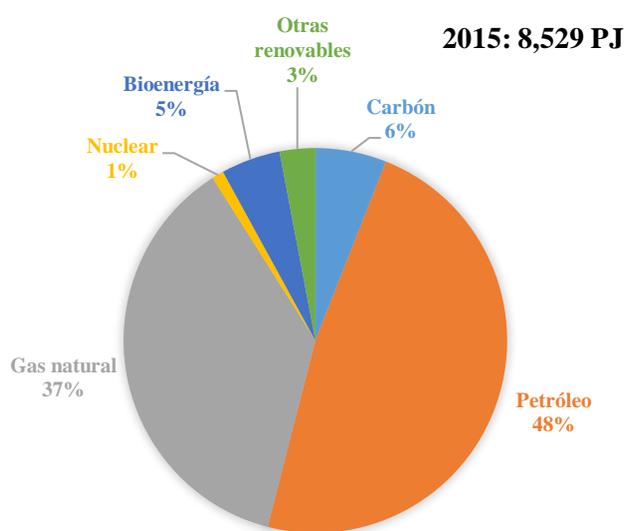


Gráfico 4 Estructura de la oferta bruta de energía en México (petajoules), 2015

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

En este contexto, la energía solar es subaprovechada, contribuyendo con tan solo 0.12% del total de energía, equivalente a 10.15 PJ.

El Gráfico 5 muestra el crecimiento en la producción de energía a partir del sol como fuente hasta el 2015.

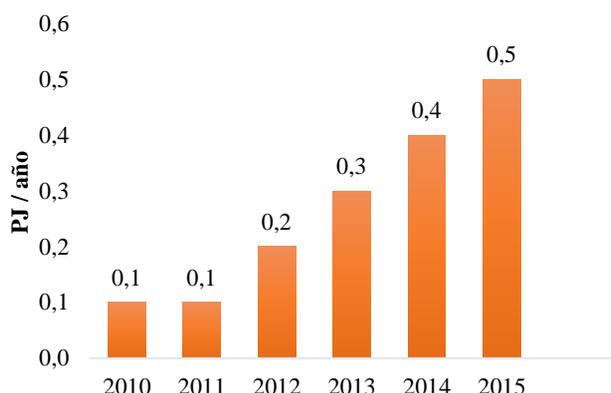
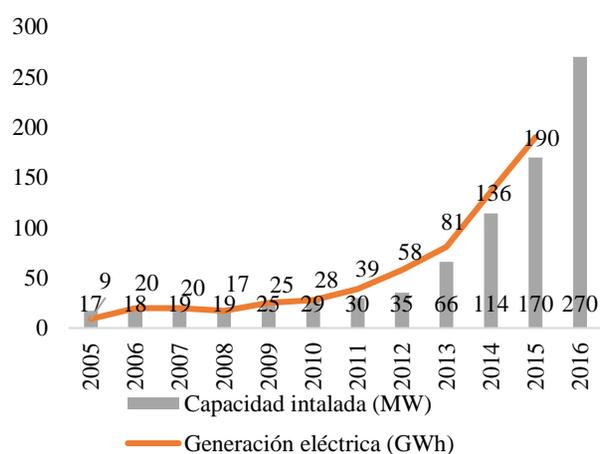


Gráfico 5 Producción primaria de energía solar fotovoltaica en México (PJ)

Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

En el caso, de la demanda de energía por el sector industrial, éste consume con fines térmicos 0.49 PJ. Por otro lado, los proyectos solares a gran escala en el sector eléctrico representaron el 25% en 2016, donde la energía solar estuvo presente con una capacidad instalada de 270 MW, es decir, 0.38% del total de la capacidad a nivel nacional. El Gráfico 6 muestra la generación de electricidad a partir de sistemas fotovoltaicos ascendiendo a 190 GWh y 270 MW de capacidad instalada.



Gráficos 6 Evolución de la capacidad y generación de electricidad en México

Fuente: CRE y Sistema de Información Energética, SENER

El sector productivo, en pocos casos ha considerado la implementación de procedimientos que le permitan lograr la disminución de los costos de producción con el uso de tecnología y la aplicación de conocimientos aplicados a las tendencias estrategias de competitividad.

En este contexto, el reto para México es aprovechar la oportunidad para transformar el sector energético atrayendo inversión, ligando competitividad con redes de innovación y definiendo estrategias que permitan superar los retos a los que se enfrenta la industria, la academia, el gobierno y la sociedad.

El número de participantes en el desarrollo de proyectos solares ha crecido en México con 28 proyectos fotovoltaicos desarrollados por 20 empresas, como resultado de dos subastas con una inversión de más de 4,500 millones de dólares, las cuales entrarán en operación comercial en 2018 y 2019.

La capacidad instalada de energía fotovoltaica se concentra en seis estados del país: Coahuila, Aguascalientes, Yucatán, Sonora, San Luis Potosí y Chihuahua con un 93% de la capacidad por las dos subastas (3,310MW); el 7 % restante se instalará en Jalisco, Morelos, Baja California y Baja California Sur.

La tabla 4 muestra las empresas desarrolladoras como resultado de las subastas de largo plazo para adquirir energía, potencia y certificados de energías limpias.

Primera Subasta	Segunda subasta
	Acciona (180 MW)
	Ienova (41 MW)
	Zuma Energía (148 MW)
Sunpower (100 MW)	OPDE (112.17 MW)
Enel (787 MW)	Fisterra Energy (125 MW)
Recurrent (63MW)	Gestamp Solar (X-Elio) (150 MW)
Sunpower (500MW)	ENGIE (126 MW)
Jinko (188 MW)	Ienova & Trina Solar (100 MW)
Alter Enersum (30 MW)	Fotowatio Renewables (300 MW)
Thermion (23 MW)	Hamwha Q-Cells (101.08 MW)
	Alten Energías Renovables (290 MW)
	EDF (90 MW)
	Grenergy (30 MW)

Tabla 4 Empresas desarrolladoras (subastas)

Fuente: Elaborado con información del CENACE.

En México, el sector industrial es el segundo mayor consumidor de energía con 31.4% de participación del consumo energético total del país en 2015. Al respecto, la energía proveniente del sol despierta mayor interés como fuente confiable, a precios estables, además de una alternativa para reducir el consumo de combustibles fósiles y la emisión de GEI. En 2013, se publicó la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40 (ENACC), donde se describen los ejes estratégicos y las líneas de acción que orienten las políticas de los tres órdenes de gobierno y así fomentar la corresponsabilidad con los diversos sectores de la sociedad. (Semarnat, 2013).

Como resultado de las reformas estructurales, además de establecer la Ley de Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) ratifica la Ley General de Cambio Climático que estipula que el 35% de la generación eléctrica provenga de energías limpias para ese mismo año (SENER, 2016).

Los compromisos que México está asumiendo se apegan a los objetivos y prioridades establecidas en la Ley General de Cambio Climático, además de los acuerdos asumidos en la CMNUCC. Todas estas observaciones se relacionan también con la participación del sector energético e industrial para alcanzar las metas de contribución que se mencionan a continuación:

- Generar el 35% de energía limpia en el 2024 y 43% al 2030. La energía limpia incluye fuentes renovables, la cogeneración eficiente con gas natural y termoeléctricas con captura de CO₂.
- Sustituir en la industria nacional los combustibles pesados por gas natural, energías limpias y biomasa.
- Reducir en 25% las fugas, venteo y quemas controladas de metano.
- Controlar las partículas negras de hollín en equipos e instalaciones industriales.

En México, al 2015 se reportaron nueve centrales de generación con energía solar fotovoltaica, éstas se encuentran distribuidas en distintas áreas operativas: dos en Baja California, una en Baja California Sur, una en Noroeste, una en el área Norte, dos en el área Occidental, una en el área central y la última en Mulegé.

En conjunto, suman 56.0 MW de capacidad y generaron 78.0 GWh de energía eléctrica. (SENER, 2016).

El gran potencial de la energía solar se vio reflejado en los resultados de la segunda subasta eléctrica al ganar el 54% del total requerido (4,836, 597.0 MWh), cabe recordar que la energía limpia adquirida en esta subasta equivale a aproximadamente el 3% de la generación anual de electricidad en México. Se espera que al cierre de 2019 se adicione 5,400 MW de capacidad (20 veces la capacidad actual), debido a las adiciones de capacidad de nuevas centrales, y a los proyectos ganadores de la primera y segunda subasta que contribuirán con 1,691 MW y 1,853 MW respectivamente.

Contexto regional: Puebla

La premisa para entender el aporte de esta investigación regional en el desarrollo nacional precisa tratar algunos aspectos de definición y características. Cuando se habla de la región, se hace en términos geográficos; definida como: una porción de la realidad geográfica cuyo interior prevalecen algunos atributos que le confieren homogeneidad suficiente para distinguirse de otras y así tener identidad y existencia propia.

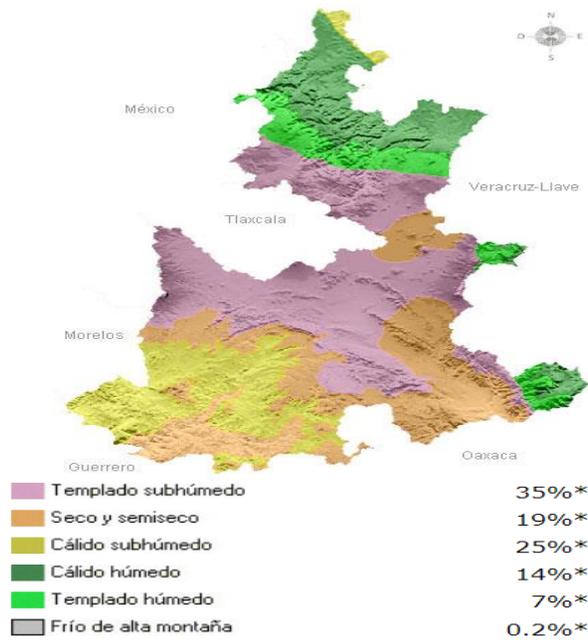
El nivel de desarrollo de un territorio en el enfoque de complejidad económica se relaciona con la sofisticación de su organización y de las capacidades productivas disponibles. De este modo, una región puede progresar de forma sostenida en la medida en que se incrementa su acervo de capacidades, las cuales pueden generarse de manera endógena a partir de procesos descentralizados de aprendizaje, o bien se pueden estimular a partir de una política industrial que tome en cuenta las ventajas comparativas existentes.

El INEGI presenta en el panorama sociodemográfico de México 2015, los datos relevantes sobre las características demográficas y económicas de la población contemplando todos los estados. Los datos presentados a continuación son estimadores de los valores poblacionales para el estado de Puebla.

El estado de Puebla se ubica al norte 20°50'24", al sur 17°51'39" de latitud norte; al este 96°43'29", al oeste 99°04'14" de longitud oeste.

Su capital es Heroica Puebla de Zaragoza, así, representa el 1.75% de la superficie del país que corresponde a 34,309.1 km². La superficie estatal forma parte de las provincias: Sierra Madre del Sur, Eje Neovolcánico, Serra Madre Oriental y Llanura Costera del Golfo Norte.

La Figura 3 ejemplifica las regiones y los climas que presenta el estado de Puebla.



*Referido al total de la superficie estatal.

Figura 3 Representación del clima en el estado de Puebla
Fuente: Elaborado con base en INEGI. Carta de climas 1:1,000,000

Así, el 35% de la superficie de estado presenta clima templado subhúmedo en la región central sureste, el 25% presenta clima cálido subhúmedo en la parte norte sureste, 19% presenta clima seco y semiseco hacia el sur y centro oeste, 14% presenta clima cálido húmedo en el norte y sureste, 7% presenta clima templado húmedo en la región norte y una pequeña área hacia el sureste, un pequeño porcentaje (0.2) de clima frío en la cumbre de los volcanes.

La temperatura media anual del estado es de 17.5°C, la temperatura máxima promedio es de 28.5°C y presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 6.5°C durante el mes de enero.

La precipitación media estatal es de 1,270 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a octubre.

Enfocándonos en la ciudad de Puebla se presenta la fluctuación de radiación solar, de acuerdo con los datos del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER) IIE-GENC y del Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM, las horas de sol pico por día y de modo mensual para Puebla se evidencian en la Tabla 5.

Entidad federativa	Ciudad	Latitud norte	
Puebla	Puebla	19.06	
Horas de sol pico			
Horizontal = Plano horizontal		Inc = Plano inclinado a la latitud de la localidad	
5.22		5.44	
Irradiación solar en kWh/m2 – Día			
Enero	4.9	Julio	5.8
Febrero	5.5	Agosto	6.0
Marzo	6.2	Septiembre	5.2
Abril	6.4	octubre	5.0
Mayo	6.1	Noviembre	4.7
Junio	5.7	Diciembre	4.4
Mínima 4.4		Máxima 6.4	
Media 5.5			

Tabla 5 Horas de sol pico para la ciudad de Puebla.
Fuente: Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar en la República Mexicana (R. Almanza S., E. Cajigal R., J. Barrientos A. 1997) Reportes de insolación de México. Southwest Technology Development

Debido a que la generación de electricidad mediante tecnología fotovoltaica depende del recurso solar y con base a datos proporcionados por fabricantes de las tecnologías se ha determinado el rendimiento del módulo. La Tabla 6 presenta los valores de irradiancia, temperatura y rendimiento para el estado de Puebla.

Recurso solar promedio diario anual (kWh/m ²)			Temperatura promedio anual (C)		
Min.	Max.	Media.	Min.	Max.	Media.
3.97	6.58	5.25	10.00	24.30	17.10
Rendimiento de tecnología fotovoltaica (%)					
Mono-Si	Poli-Si	m/a-Si	a-Si	CdTe	CIGS
87.61	89.48	94.17	87.90	93.93	88.49

Tabla 6 Valores de irradiancia, temperatura y rendimiento de tecnologías
Fuente: Elaborado con datos de NASA, SMN y fabricantes de tecnología

Hay que mencionar, que a la cantidad de irradiación acumulada durante un tiempo determinado se llama insolación donde la unidad de tiempo es una hora (h), las unidades de insolación son $W\cdot h/m^2$, generalmente la insolación es reportada como horaria, diaria, mensual, estacional y anual. Se debe agregar que, otra forma de expresar la insolación es mediante el término Hora Solar Pico (HSP) y se refiere a la energía acumulada durante una hora a una irradiación promedio de $1000W/m^2$.

Puebla tiene un amplio potencial para llevar a cabo la generación de energía eléctrica a través de paneles solares, ya que cuenta con una radiación de 5.8 a 6 kWh, cuando la media nacional es de 5.2, así hay un amplio mercado para el uso de energías limpias, permitiendo abaratar costos en los procesos de producción en las empresas.

Sector industrial

El sector industrial ocupa el segundo lugar como consumidor de energía en México, con 31.4% del consumo energético total en el país a 2015. La industria manufacturera juega un papel estratégico dentro de la economía en México, se constituye de empresas pequeñas hasta conglomerados, clasificándose en tres rubros: actividad industrial (productos metálicos, maquinaria y equipo; productos alimenticios, bebidas y tabaco; sustancias químicas, derivados del petróleo, productos del acuchado y plásticos), conviene subrayar que concentra el 76.6% del producto Interno Bruto (PIB).

Para el sector industrial, las tarifas de electricidad que se aplican son las de uso general, su clasificación corresponde a la tensión en la que se suministran, por lo que muestran diferencias en estructura y cargo. El potencial técnico usado en el sector industrial es el referente a tarifa media y alta tensión distribuido en 15 entidades federativas y que en su conjunto representan el 83% del potencial identificado.

Puebla, presenta una estructura productiva en donde la actividad manufacturera tiene relevancia y está constituida comenzando con empresas muy pequeñas hasta grandes conglomerados. De acuerdo con los datos del Censo Económico de 2014 sobre el personal ocupado, a nivel nacional los servicios privados no financieros tienen una participación del 35.8%, el comercio del 29.6%, las manufacturas del 23.5% y las demás actividades del 11.1%. (CIDE, 2017).

Las actividades del sector secundario, utiliza maquinaria y procesos cada vez automatizados para transformar las materias primarias que se obtienen en el sector primario. Pertenecen a este sector las fábricas, los laboratorios, talleres, industrias (sector 31-33) como la de la construcción, minería y de manufactura. La industria manufacturera contribuye con 159,709 mdp, equivalente al 33.51% de aportación al PIB estatal y 4.7% de la aportación al PIB nacional. (INEGI, 2016).

En Puebla existen 251 mil 318 unidades económicas, de las cuales 41 mil 114 se enfocan al sector manufacturero; es decir, 16.3% de las empresas del estado se dedican a la transformación de las materias primas y le agregan valor extra para su comercialización. El municipio de Puebla concentra el 15.6% de la industria manufacturera, respecto a las unidades económicas, sin considerar la minería petrolera, se localizan en la ciudad de Puebla 7385 (INEGI, 2014).

Como se puede observar en el Gráfico 7 la demanda de electricidad en el sector industrial se ha incrementado de forma importante en el sector.

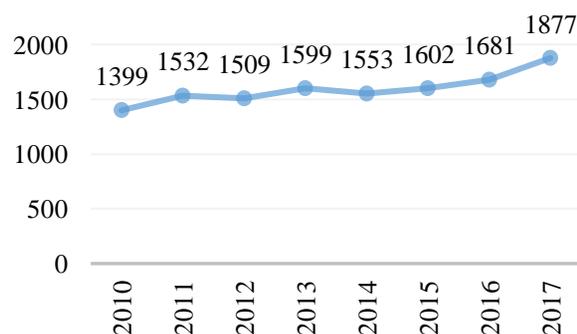


Gráfico 7 Balance Nacional de Energía: consumo final de energía en el sector industrial

Por otra parte, las tarifas no cuentan con un subsidio gubernamental, no obstante, los precios son relativamente bajos y así contribuyen a la competitividad industrial.

La tecnología solar comienza a mostrar dinamismo e interés como fuente confiable, a precios estables, además de establecer retos importantes para implementar alternativas sustentables con sistemas fotovoltaicos en el sector, por el potencial técnico al ser posible en México puesto que el avance tecnológico ha traído como resultado la disminución en costos.

Uno de los retos que enfrenta el país es la insuficiente vinculación academia e industria. Ante ello, es importante su impulso para acelerar el desarrollo industrial, tecnológico que permitan la reducción de la brecha oferta-demanda y colocar al país a la vanguardia. El nuevo entorno de las energías renovables y sus oportunidades, los esfuerzo por desarrollar portafolios comercializables para la industria ofreciendo productos y servicios en los centros de investigación, han permitido en algunas industrias ventajas y beneficios. Sin embargo, hace falta más difusión y vinculación al respecto.

La transferencia de conocimiento entre universidad y empresa constituye sin lugar a duda un fenómeno de creciente interés en la literatura. La mayor parte de dichos estudios se caracterizan por tratar el fenómeno en cuestión en términos de proceso, identificando, según la perspectiva adoptada, los elementos que obstaculizan o dinamizan el desarrollo del mismo. Este hecho ha condicionado un vacío considerable en la literatura académica con referencia al Proyecto como actividad central de la transferencia de conocimiento. (Barberá-Vega, s.f.)

Se ha considerado a la empresa como el agente receptor en los proceso de transferencia e identificando sus características empresariales para hacerla susceptible a adquirir conocimiento externo, ahora bien hay que identificar la capacidad de absorción que identifique a la empresa que pueda adquirir y explotar el conocimiento con fines comerciales, por tanto es importante que una empresa comprenda capacidades básicas como: valorar el nuevo conocimiento, asimilarlo y aplicarlo para fines competitivos. En mercados oligopólicos y donde la competencia se hace no sólo por precios sino por diferenciación de productos, las firmas pueden aumentar su participación en el mercado a través del lanzamiento de nuevos productos y la puesta en práctica de nuevos procesos de producción, además de las prácticas habituales de propaganda y publicidad. (Porter, 2008).

Lafuente y Yagüe (1989) sostienen que la competitividad empresarial se fundamenta principalmente en el tamaño de las unidades económicas a partir de la acumulación de factores internos tangibles, pues entre más grande sea la empresa, estará en condiciones de tener mayor acceso a capital, producción en masa y reducción de costos.

Sin embargo, empíricamente también se ha constatado la relación positiva entre innovación tecnológica y cultura organizativa con la competitividad empresarial, además de la vinculación entre los activos intangibles y la generación de ventajas competitivas entre empresas de países desarrollados (Díaz y Torrent, 2010: 07).

De acuerdo con Medellín (2010), la gestión tecnológica busca satisfacer la necesidad de adquirir ventajas competitivas y maximizarlas en la práctica, basándose en la capacidad tecnológica para desarrollar e innovar productos y procesos mediante metodologías que apoyan tales esfuerzos.

Cuando a las empresas se les expone la existencia de una tecnología se debe explicar sobre cómo funciona y por qué funciona. Posteriormente, la empresa piensa hacia el futuro acerca de los resultados de adoptar la tecnología, asimismo analiza las ventajas y desventajas de adoptar la tecnología. A continuación, al llevar a cabo la implementación es necesario adaptarla a su realidad.

Las empresas deben crear, difundir e incorporar nuevos conocimientos, tanto en sus procesos como en sus productos para lograr obtener ventajas competitivas duraderas, es decir centrarse en la innovación continuada. Las ventajas competitivas se convertirán en ganancias si el conocimiento se traduce en reducción de costos.

Una empresa con una cualidad estratégica proactiva regularmente es la primera en fijar nuevos productos e introducirse en nuevos mercados, así como experimentar con nuevas tecnologías y buscar el desarrollo de nuevas oportunidades a partir de la innovación. Los beneficios percibidos relacionados con la adopción de innovaciones, así como las dificultades y posibles barreras pueden ser igualmente factores que condicionen el comportamiento innovador de las empresas (Cooper y Zmud, 1990; Iacovou, Benbasat y Dexter, 1995; Sadowski, Maitland y van Dongen, 2002; Doherty, Ellis-Chadwick y Hart; 2003; Borra, García y Espasandín, 2005; García, Espasandín y Borra, 2008). En este sentido, las empresas que adoptan en primer lugar la tecnología necesitan percibir los efectos positivos de la misma, y por tanto su valor potencial, antes de adoptarla (Vadapalli y Ramamurthy, 1997).

Dado que la innovación es un impulsor poderoso de la competitividad empresarial, los directivos de las organizaciones deben desarrollar habilidades para entender y medir los factores claves en el proceso de innovación, para mejorar los resultados empresariales (Quintane, et al., 2011).

El costo-beneficio considerado para implementar sistemas fotovoltaicos contempla la reducción de facturación de electricidad, en este sentido, conocer las necesidades en las empresas del estado de Puebla permitirá verter las ventajas tecnológicas y metodológicas para el impulso de oportunidades con valor agregado.

Conclusiones

Ante el panorama expuesto, la correcta percepción de los problemas y desafíos que enfrenta el planeta requiere de la toma de decisiones fundamentada, pero además de los cambios de actitud y comportamiento de la ciudadanía es un elemento imprescindible para avanzar. El mal uso de los recursos ha originado el surgimiento de inquietudes ambientales que han hecho del tema de sustentabilidad y sus implicaciones económicas realizar un consenso acerca de las políticas para ejecutarse en los distintos países.

La generación de la energía eléctrica con tecnologías alternativas al uso del petróleo ha creado un espacio económico y comercial de intensa competencia significando la apertura de nuevos negocios.

El análisis de las experiencias internacionales muestra que las energías renovables son un tema prioritario en las agendas energéticas, tanto en países industrializados como en economías en desarrollo y en los países emergentes; gracias a sus efectos benéficos tanto ambientales como económicos y sociales (Olabi, 2016).

Forlan & Mortarino (2017) señalan que la competencia entre energías tradicionales y renovables en términos de consumos con base en cuatro grandes actores en el mundo de la energía: Estados Unidos de América, Europa, China e India. Además, muestran la importancia de que se impulse el desarrollo de este tipo de energía sobre todo por las necesidades del mercado para satisfacer las exigencias de la sociedad en general.

El desarrollo sustentable debe mediar el crecimiento económico y la protección del ambiente, para lo cual el cambio tecnológico juega un papel primordial donde es posible que las industrias lo apliquen.

Considerando que una de las acciones a iniciar es la necesidad del ahorro energético. Existen muchas razones para considerar el uso de las energías renovables en México para la seguridad e independencia energética, el beneficio de recursos nacionales, aquí se puede generar electricidad a partir del aprovechamiento de la energía solar como la contribución a la sustentabilidad del sistema energético evitando su generación mediante el uso de combustibles fósiles, además de la reducción de las emisiones.

México cuenta con las herramientas para llevar a cabo el incremento de la descarbonización de la energía eléctrica a niveles comparables de los países más adelantados en la materia por su amplio y atractivo potencial solar para explotar el uso de energías renovables gracias a su ubicación geográfica, evidenciando la importancia del impacto para realizar la planificación energética precisando de las políticas generadas en el país y de este modo reducir la dependencia energética del exterior. Además, por la obligación adquirida en los acuerdos firmados a nivel internacional a fin de garantizar su cumplimiento. Es por esto que la energía fotovoltaica debe ser impulsada por su rápida y sencilla obtención, pero sobre todo por la calidad y eficiencia energética.

La tecnología fotovoltaica se ubica en constante evolución y mejora técnica, considerado un foco importante en la investigación a nivel mundial. No obstante, la generación de energía fotovoltaica presenta grandes retos y el impulso de su desempeño podrá contribuir a su pronta incorporación como parte de la estrategia de gestión y en la mejora de los procesos de decisión, permitiendo lograr el equilibrio en los aspectos sociales, económicos y ambientales; incluyendo llevar a la práctica las acciones que fomenten el crecimiento económico.

La mejora de la tecnología transformadora posibilitará que la energía solar se convierta no sólo en la opción más ecológica, además, en la más productiva y económica de las opciones de energía renovable.

El impacto de las actividades con energía solar fotovoltaica permite un aumento en la seguridad en el suministro y refuerza la diversificación de las fuentes energéticas. También, evita costes de mantenimiento una vez instalada. Además de que su promoción en conjunto con las demás fuentes de energía renovable es un objetivo principal por sus beneficios ambientales, económicos y su gran potencial.

En lo referente a la energía solar fotovoltaica y con base en la cantidad mostrada de radiación solar en la tabla 5, se considera que Puebla cuenta con el promedio anual de radiación solar apropiada para llevar a cabo la implementación de dichos sistemas que coadyuven a generar energía eléctrica de manera más limpia y de fácil acceso, sin contaminar y de forma más económica.

En este sentido, México presenta un gran potencial para hacer uso e impulso de las energías renovables como alternativa sustentable.

Su adopción depende en gran medida de los valores sociales de los consumidores para estar dispuestos a fomentar una nueva innovación energética.

La existencia de una industria solar fotovoltaica madura permite una difusión para que alcance su potencial, logrando mejoras en la colaboración con entidades privadas, públicas, gobierno y academia, así como las transparencia y mayor fortalecimiento de las regulaciones del marco jurídico y normativo; por último, un abanico de opciones para el financiamiento.

En el tema ambiental las empresas juegan un papel muy significativo, por lo que deben aprender a medir los impactos y reconocer las oportunidades en favor de soluciones innovadoras para obtener ventajas competitivas basadas en emplear las tecnologías actuales que además reducen la contaminación.

Para las empresas el respeto al ambiente es una oportunidad estratégica para optar como ventaja competitiva y diferenciadora en el uso de la mejor tecnología disponible desencadenando innovaciones y la baja de costos totales, además de otros beneficios, permitiéndoles usar sus recursos más productivamente.

A causa de las actividades que se realizan por la industrialización, en el que las empresas generan un impacto negativo en el ambiente, requiere de reducirlo mediante acciones que permita lograr un cambio permanente rumbo al desarrollo sustentable, es necesario implementar estrategias de responsabilidad social empresarial para atender todos los aspectos que impactan en su estructura, evaluando las inversiones necesarias para su ejecución y crear ventajas competitivas. Sin duda, otro papel importante es la participación del gobierno para asumir los compromisos, generar e integrar políticas en la lucha contra el cambio climático.

En definitiva, el uso de sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica cuenta con un futuro promisorio en México, debido a que el avance tecnológico es seguro como alternativa sustentable.

Aún es necesario superar las barreras que imposibilitan el incremento de su uso, es por esto que se requiere la inversión de capital mexicano que apuntale el crecimiento y la consolidación de este tipo de innovaciones e impulsar soluciones con sistemas fotovoltaicos para la generación de electricidad en la industria mexicana.

El aprovechar las oportunidades que ofrecen las energías renovables para disminuir costos en la producción de electricidad aumenta la competitividad sin afectar el ambiente y de esta forma plantear la configuración de su cadena de abastecimiento.

Referencias

AIE (2014). Indicadores de eficiencia energética: esencial para la formulación de políticas. París: AIE. 2014^{aa}. 162P. DOI: 10,1787 / 9789264215665-en AIE (2014). Política de eficiencia energética Regional recomendaciones París: AIE. 2014B. 12P.

AIE, Agencia Internacional de Energía. (2013). World Energy Outlook. Recuperado de: <http://www.worldener-gyoutlook.org/>

AIE, Agencia Internacional de Energía. (2015). Energy and Climate Change.

Agencia Internacional de Energía. (2015). Energy Outlook 2035, en línea: <http://www.worldenergyoutlook.org/>.

- Alemán-Nava G., Casiano-Flores V., Cárdenas-Chávez D., Díaz-Chávez R., Scarlat N., Mahlknecht J., Dallemand J.F. y Parra R. (2014). Renewable energy research progress in Mexico: A review. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 32, 140-153. DOI: 10.1016/j.rser.2014.01.004.
- Amdee (2016). Capacidad instalada de energía eólica en México 2016. Disponible en: <http://www.amdee.org/mapas/parques-eolicos-mexico-2016>.
- Anuario Fotovoltaico. (2018). Consultado en: <http://proyectotransicionenergetica.org/AnuarioFotovoltaico2018.pdf>.
- Aubrecht, G. (2012). «Renewable Energy: Is the Future in Nuclear?», <http://osumarion.osu.edu/news/dr-gordon-aubrecht-talks-renewables-tedxcolumnbus>.
- Américas, Aida. (2016). Reforma energética: oportunidad para el desarrollo sustentable y de bajo carbono. Consultado en: <http://www.aida-amaericas.org/sites/default/files/Refroma%20Energie%CC%81tica%20FinalCF.pdf>.
- BP Energy Outlook. (2016). Edition. Outlook to 2035. BP p.l.c.
- Cedrick, B., Y. Weil. (2017.) Investment Motivation in Renewable energy: A PPP Approach Energy Procedia.
- Centro Mexicano para la filantropía (Cemefi). (2014). El concepto responsabilidad social empresarial. México, D.F.
- Cortés, F. J., & la Roca, F. (2010). La economía ecológica. Colección Finanzas Éticas, 7-34.
- Cuevas, Z. I., Rocha, L.L. y Soto, F. M. (2017). Tecnologías verdes: energías renovables como una alternativa sustentable para México. Red Internacional de Investigadores en Competitividad. (ISBN: 978-607-96203-04).
- Deloitte. (2011) Factores clave para apoyar la sustentabilidad corporativa. México: Deloitte.
- Energy Transitions Commission. (2017). Etc. Disponible en http://energy-transitions.org/sites/default/files/BetterEnergy_fullReport_DIGITAL.PDF.
- Encuesta Intercensal. (2015). Panorama sociodemográfico de México / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Disponible en <http://www.inegi.org.mx>.
- EPIA (European Photovoltaic Industry Association). (2016). «Global Market Outlook for PV until 2016», www.pv-magazine.com/.../Global_Market_Outlook_2016.pdf.
- Fondo SENER-CONACYT de Sustentabilidad Energética. Disponible en <http://sustentabilidad.energia.gob.mx>.
- Furlan, C., y Mortarino, C. (2017). Forecasting the impact of renewable energies in competition with non-renewables sources. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Global Status Report. (2015). Renewables 2015, informe generado por REN21- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- IEA (2015). Energy and Climate Change. *World Energy Outlook Special Report*. International Energy Agency. Recuperado de: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>.
- INECC (2015). Inventario de gases y compuestos de efecto invernadero. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- INECC/Semarnat. (2014). Mexico. *Fifth Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. México: INECC/Semarnat.
- INECC/Semarnat. (2015). *La política de cambio climático y NAMAS*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- International Energy Agency. (2016). Iea. Disponible en <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/MexicoEnergyOutlook.pdf>. International Renewable Energy Agency. (2015).
- Irena1. Disponible en http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_.

- International Renewable Energy Agency, IRENA. (2015). Renewable Power capacity and Levelized cost for electricity, en línea: <http://resourceirena.irena.org/gateway/dashboard/>.
- International Energy Agency. (2009) Cities, Towns & Renewable energy. OECD. France.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). 2019.
- IPCC (2011) Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. IPCC.
- Kreith, F. y J. F. Kreider (2011). Principles of Sustainable Energy. CRS Press. United States of America.
- Kyeongseok, K., Hyoungbae, P., y Hyoungkwan, K. (2017). Real options analysis for renewable energy investment decisions in developing countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Lafuente, Alberto José María y María José Yagüe. (1989). "Ventajas competitivas y tamaño de las empresas: Las Pyme", en Papeles de Economía Española, núm. 39, pp. 165-184.
- Loayza Pérez, J., & Silva Meza, V. (2013). Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales. Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, 108-117.
- Lund, H. (2010). Renewables Energy Systems. Academic Press. United States of America.
- Massachusetts Institute of Technology (MIT, Energy Initiative). (2016). The Future of Solar Energy. An Interdisciplinary MIT Study. Agosto, 2016. <http://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2015/05/MITEI-The-Future-of-Solar-Energy.pdf>.
- Medellín, E.A. (2010). Gestión tecnológica en empresas innovadoras mexicanas. Revista de Administración e Innovación 7: 58-78.
- Meireles, Solares & Afonso. (2016). Market-based instruments in a growth model with dirty and clean technologies. Elsevier, Energy Procedia. 106, 235-244.
- MER, Monthly Energy Review March. (2017). Recuperado de: <http://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/#renewable>.
- ISSN 2523-2881
ECORFAN® Todos los derechos reservados
- Merino, L. (2015). Las energías renovables.
- Nicolini, M., y Tavori, M. (2017). Are renewable energy subsidies effective? Evidence from Europe. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Núñez, G. (2003). La responsabilidad social corporativa en un marco de desarrollo sostenible. Santiago de Chile: Naciones Unidas-CEPAL.
- Olabi, A. (2016). Renewable Energy and Energy Storage. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Olivera, b., & Colín, M. (2012). Potencial de las energías renovables en México. México: GREENPEACE.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Parlamento Latinoamericano y Caribeño. (2015). Aportes Legislativos de América Latina y El Caribe en materia de Cambio Climático. Recuperado de: http://www.pnuma.org/publicaciones/Aportes_1_egislativos_de_ALC_final.pdf.
- Renewables Global Futures Report. (2017). Ren 21. Disponible en <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/03/GFR-Full-Report-2017.pdf>.
- Renewable Energy Policy Network for 21st. Century, REN 21. (2015). Renewables 2015, Key Findings.
- Renewable Energy Policy Network for 21st. (2014) Century, REN 21 (2015). Renewables G. REN21, Renewable Energy Policy Network. (2015). Renewables global status report, 2015. Disponible en: http://www.Ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12GSR2015_Onlinebook_low1.pdf.
- REN21, Renewable Energy Policy Network. (2016). Renewables Global status report 2016. [En línea]. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report_REN21.pdf.
- REN21, Renewable Energy Policy Network. (2016). Renewables Global status report 2016. Disponible en: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_Full_Report_REN21.pdf.
- ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica. Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México. Revista de Energías Renovables. 2019

- Salvador, V. (2014). The social debate on energy sources: semantic representations and social management of knowledge. *Culture, language and representation*. issn 1697-7750 · vol. xiii \ 2014, pp. 221-243 *Cultural studies journal of universitat jaume i* doi: <http://dx.doi.org/10.6035/clr.2014.13.12>.
- Sand, M., T. Iversen, P. Bohlinger, A. Kirkevåg, I. Seierstad, Ø. Seland, y A. Sorteberg. (2015). A Standardized Global Climate Model Study Showing Unique Properties for the Climate Response to Black Carbon Aerosols. *Journal of Climate*. 28, 2512–2526.
- Secretaría de Energía (SENER). (2016). Balance Nacional de Energía 2016.
- Secretaría de Energía (SENER). (2016). Reporte de Avance de Energías Limpias 2016. *Global Status Report, GSR*.
- SEMARNAT. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40. México. 2013.
- SEMARNAT. (2014). Programa Especial de Cambio Climático 2014 – 2018 (PECC). México. 2014.
- SEMARNAT. (2015). Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el periodo 2020-2030, Instrumentación México. <http://www.gob.mx/semarnat/articulos/compromisos-de-mitigacion-y-adaptacion-2020-2030>
- SEMARNAT. (2016). Política Nacional de Precios de Carbono México. Evento paralelo de PMR Turquía. COP- 22, Marrakech. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SENER. (2016). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2016-2030 – PRODESEN 2016, Ciudad de México, Secretaría de Energía.
- Schaeffer, G. J. (2015). Energy sector in transformation, trends and prospects.
- ELSEVIER, *Procedia Computer Science*, 866-875.
- SOLARGIS. (2017). Accurate and efficient solar energy assessment. World solar resource maps. Recuperado de: <http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/free/download/world>.
- ISSN 2523-2881
ECORFAN® Todos los derechos reservados
- SOLARGIS. (2017). Solargis. Disponible en <http://solargis.com/products/maps-and-gisdata/free/overview/>.
- Tsai, S-B., Youzhi, X., Jianyu, Z., Quan, C. Yubin, L., y Lie, Z. (2017). Models for forecasting growth trends in renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2016). Conferencia de las Partes. Vigésimo segunda sesión. Marrakech. Marrakech Action Proclamation for our Climate and Sustainable Development. Naciones Unidas. Noviembre de 2016. Bonn: UNFCCC; 2015. Recuperado de: http://unfccc.int/files/meetings/marrakech_nov_2016/application/pdf/marrakech_action_proclamation.pdf.
- Uzcátegui, Y. L. (s.f.). Algunos efectos de la energía en el medio ambiente. FADES, Facultad de ciencias económicas y sociales.
- Vega, V. (2010). Apuestas a proyectos de sustentabilidad energética. Disponible en <http://www.invdes.com.mx/suplemento-noticias/1085-apuestas-a-proyectos-de-sustentabilidad-energetica>.
- Watkins, Andrew; Theo Papaioannou; Julius Mugwagwa y Dinar Kale. (2015). “National innovation systems and the intermediary role of industry associations in building institutional capacities for innovation in developing countries: A critical review of the literature”, *Research Policy*, 44, pp. 1407-1418.
- WEO (2015). World Energy Outlook. International Energy Agency. Recuperado de: http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo-website/2015/WEO2015_Chapter01.pdf.
- WMO (2016). Statement on the state of the Global Climate in 2016. World Meteorological Organization. WMO-No.1189. Geneva, Switzerland: WHO; 2017. Recuperado de: http://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414.
- World Energy Outlook. (2016). International Energy Agency. Recuperado de: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2016/>.
- Yvonne León Uzcátegui. (s.f.). Algunos efectos de la energía en el medio ambiente. FADES, Facultad de ciencias económicas y sociales.
- ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica. Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México. *Revista de Energías Renovables*. 2019

Influencia de las condiciones de secado solar en la coloración de plantas medicinales

Influence of solar drying conditions on the coloring of medicinal plants

CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita^{1†*}, CASTILLO-TÉLLEZ, Beatriz², OVANDO-SIERRA, Juan Carlos¹ y HERNÁNDEZ-CRUZ, Luz María¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Campeche, Campus V, predio s/n por Av Humberto Lanz Cárdenas y Unidad Habitacional Ecológica ambiental, Col. Ex Hacienda Kalá, C.P. 24085, San Francisco de Campeche, Campeche, México.

²Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara. Km. 191, México 45D No. 23, 46200 Jal.

ID 1^{er} Autor: Margarita, Castillo-Téllez / ORC ID: 0000-0001-9639-1736, Researcher ID Thomson: S-2283-2018, CVU CONACYT ID: 210428

ID 1^{er} Coautor: Beatriz, Castillo-Téllez / ORC ID: 0000-0003-3747-6320, Researcher ID Thomson: S-2264-2018, CVU CONACYT ID: 210564

ID 2^{do} Coautor: Juan Carlos, Ovando-Sierra / ORC ID: 0000-0001-9639-1736, Researcher ID Thomson: S-2283-2018, CVU CONACYT ID: 662220

ID 3^{er} Coautor: Luz María, Hernández-Cruz / ORC ID: 0000-0003-4358-6657, Researcher ID Thomson: S-2357-2018, CVU CONACYT ID: 358434

DOI: 10.35429/JRE.2019.9.3.28.34

Recibido 09 de Abril, 2019; Aceptado 30 Mayo, 2019

Resumen

Desde hace milenios, los seres humanos han utilizado cientos de plantas medicinales para tratar enfermedades. Actualmente se conocen muchas especies con características importantes para aliviar muy diversos problemas de salud, principalmente en las áreas rurales, donde la utilización de estos recursos es muy elevada, incluso llega a sustituir casi de manera completa a la medicina científica. En este trabajo se presenta la deshidratación de plantas medicinales que se cultivan en el Estado de Campeche mediante tecnologías solares directas e indirectas con el fin de evaluar la influencia del flujo de aire y temperatura en el color del producto final mediante la escala $L^*a^*b^*$, analizándose durante el proceso de secado la actividad de agua y humedad. Los resultados experimentales mostraron que el secador solar directo con convección forzada presenta un cambio poco significativo de color en un tiempo de secado de 400 min en promedio, garantizando la nula proliferación bacteriana y alcanzando una humedad final entre 9 % y 11 %.

Convección natural y forzada, Colorimetría, Cinéticas de secado

Abstract

For millennia, humans have used hundreds of medicinal plants to treat diseases. Currently, many species with important characteristics are known to alleviate a wide range of health problems, mainly in rural areas, where the use of these resources is very high, even replacing scientific medicine almost completely. This paper presents the dehydration of medicinal plants that are grown in the State of Campeche through direct and indirect solar technologies in order to evaluate the influence of air flow and temperature on the color of the final product through the $L^* a^* b^*$ scale. b^* , analyzing the activity of water and humidity during the drying process. The experimental results showed that the direct solar dryer with forced convection presents a little significant color change in a drying time of 400 min on average, guaranteeing the null bacterial proliferation and reaching a final humidity between 9 % and 11 %.

Natural and forced convection, Colorimetry, Drying kinetics

Citación: CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita, CASTILLO-TÉLLEZ, Beatriz, OVANDO-SIERRA, Juan Carlos y HERNÁNDEZ-CRUZ, Luz María. Influencia de las condiciones de secado solar en la coloración de plantas medicinales. Revista de Energías Renovables 2019. 3-9: 28-34

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mcastill@uacam.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La literatura reporta un aproximado de 500,000 especies vegetales en el mundo, de los cuales un porcentaje mayor al 10% se usa con fines medicinales (Wayzel y Martínez, 2007). Campeche tiene una gran influencia histórica maya e hispánica. La medicina tradicional se practica desde la época prehispánica, aunque ahora es impactada por la modernización y la globalización (Can Ortíz, *et. al.*, 2016). Los mayas prehispánicos y sus descendientes conocían el uso de ciertas hierbas con fines terapéuticos; conocimiento que, con algunas variantes, se ha transmitido y ha persistido en la actualidad (Rodríguez, 2017).

El Pasto limón (*Cymbopogon citratus*), es una planta herbácea, perenne, aromática y robusta. Se cultiva en países de clima subtropical a cálido, entre sus principales propiedades medicinales se encuentra que sirve, como antiinflamatorio y antioxidante, se utiliza en casos de cáncer y para combatir la artritis entre otras propiedades (Larduani, *et al.* 2019). La hierbabuena (*Mentha sativa L.*), reúne características culinarias y agronómicas. Entre sus principales beneficios se puede mencionar que combate los gérmenes que producen los malos olores en la cavidad bucal, minimiza los síntomas del intestino irritable, inflamación a nivel gástrico, exceso de gases y es antioxidante, entre otras propiedades. (Alonso, *et al.* 2015). La hoja de guanábana (*Annona muricata*), tiene un tamaño de 6.25 cm a 20 cm de largo y de 2.5 cm a 6.25 cm de ancho. Entre sus múltiples beneficios se encuentran algunos que destacan por ser de gran ayuda a combatir enfermedades de alta especialidad como son sus elementos anticancerígenos, es antiinflamatorio, antidiabético, antiulceroso y contiene antioxidantes que actúan para la protección contra los efectos de deterioro. (Madrilejos, 2016).

Secado solar de plantas medicinales

El secado consiste en la extracción del agua en de productos alimenticios. Para cada hierba existen valores preestablecidos de contenido de agua exigidos para su comercialización en seco, los cuales varían entre un 9 % y 11 % (Fundación Chile, Proyecto FDI). El proceso de secado solar de plantas depende de las condiciones ambientales que rodean al producto: temperatura, humedad relativa y velocidad del aire.

El correcto deshidratado del producto permite evitar la proliferación de microorganismos, evitar cambios de color y ennegrecimiento, lograr un producto homogéneo, de buen color y la conservación de esencias y sustancias antioxidantes (Banchero, *et. al.*, 2008).

La colorimetría es un método físico no destructivo muy utilizado para determinar el color de una muestra.

El sistema de color CIELab se utiliza ampliamente para la determinación de colores en alimentos.

Este sistema utiliza los valores L^* , a^* y b^* los cuales describen un espacio tridimensional uniforme de color, donde L es el eje vertical a y b son los ejes horizontales (Carreño, 1995).

En la bibliografía internacional, no se encontraron estudios contundentes de colorimetría de plantas medicinales; existe un estudio en el que se analiza el parámetro h^* de la planta *Salvia officinalis*, el autor considera que es el el mejor parámetro para representar la calidad en términos de color de secado, concluyendo que 3 h de secado a 55 °C son suficiente para evitar cambios de color (Müller, *et. al.*, 2006).

En el presente trabajo se presentan, en el Estudio experimental, los materiales utilizados y el método de trabajo llevados a cabo para la deshidratación de las hojas de tres plantas medicinales, instrumentación de los secadores solares y aparatos de medición utilizados.

En los Resultados experimentales y discusión, se describe el comportamiento de los principales parámetros climatológicos que influyen en la deshidratación tomando como ejemplo un día soleado durante los días de prueba; se presenta también el estudio de las cinéticas de secado y contenido de humedad obtenidas en un secador directo tipo gabinete con y sin convección forzada y finalmente se realiza un estudio que correlaciona el secado final de cada planta con los principales parámetros colorimétricos ya que debido a que muchas especies de plantas medicinales se utilizan como té, el color es una cualidad esencial (Muller, *et. al.*, 2006).

Estudio Experimental

Se presenta el estudio experimental del proceso de secado de diferentes plantas medicinales, específicamente se analiza el pasto limón (*Cymbopogon*), hoja de guanábana (*Annona muricata*) y hojas de hierbabuena (*Mentha spicata*), se seleccionaron estas tres especies para este artículo por ser las que se encuentran entre las que más se consumen entre la población, incluso con unos mínimos cuidados, germinan sin dificultad.

Debido a que uno de los objetivos principales es realizar estudios de colorimetría a las hojas deshidratadas mediante tecnologías solares, la experimentación se realizó en un secador solar tipo gabinete debido a que la radiación directa es el factor principal que afecta la coloración de las hojas, y en un secador convencional con calentamiento eléctrico no convectivo a temperatura a 55 °C, por ser la temperatura óptima de secado en hojas (Castillo, et. al., 2018).

Materiales y Métodos

Se seleccionaron las hojas maduras de las plantas medicinales bajo estudio, cultivadas en la ciudad de Campeche, Campeche. Se cortaron las ramas, se separaron las hojas y se seleccionaron para obtener un grupo homogéneo, basado en la madurez, color y frescura. Se lavaron y pesaron, se midió el ancho, largo y espesor. En cada secador se registró la temperatura interior, el peso y tamaño de las muestras, así como la irradiancia solar, la humedad relativa y la temperatura ambiente.

Secador eléctrico no convectivo

Para la obtención de la cinética de secado, se utilizó un horno eléctrico marca Riossa sin convección de aire. Se registró la pérdida de peso mediante un software y se variaron las temperaturas de secado.

Secador solar directo tipo gabinete

Se empleó un secador solar de tipo directo construido en material plástico transparente con una superficie de tratamiento de 0.5 m². La cámara contiene una charola absorbidora de la radiación solar en donde se coloca el producto.

Cuenta con perforaciones en las partes laterales, fondo y trasera, para permitir la circulación y extracción del aire húmedo caliente. La superficie frontal tiene una pendiente de 20° para aprovechar la radiación solar incidente y permitir en su caso la condensación y escurrimiento del agua. Puede operar en convección natural o forzada, mediante un ventilador colocado en la parte trasera, de una potencia de 20 W, y permite una velocidad del aire máxima de 2 ms⁻¹. En este trabajo se utilizaron dos secadores solares, uno operando a convección natural y otro a convección forzada. La figura 1 muestra los secadores solares directos tipo gabinete que se utilizaron durante el periodo de prueba.



Figura 1 Secador solar directo tipo gabinete

Fuente: Elaboración propia

Instrumentación

El peso de las muestras se midió utilizando una balanza Boeco, modelo BPS40plus, con una precisión de ± 0.001 g. La temperatura y la humedad dentro de las cámaras de secado se midieron usando un termo higrómetro marca Brannan con una precisión de temperatura y humedad relativa de ± 1 °C y ± 3 %, respectivamente.

Para la determinación de la humedad se utilizaron dos balanzas con analizador de humedad, marca, Ohaus MB45, respectivamente, con una precisión de ± 0.01 % mg, se cortaron las hojas de las ramas y se colocó una muestra de aproximadamente 1.0 g y se procedió a su deshidratación, obteniéndose el valor de la humedad. Este procedimiento se realizó antes y después de realizar las diferentes cinéticas de secado.

Se determinó la actividad de agua para la hoja fresca y posteriormente para la hoja seca. La actividad de agua es un parámetro que determina la estabilidad de los alimentos con respecto a la humedad ambiental.

Se utilizó un equipo marca Rotronic Hygropalm de tipo portátil, con una precisión de $\pm 0.01\%$ mg.

Para realizar las pruebas de medición de color en muestras frescas y deshidratadas se utilizó un colorímetro digital marca Huanyu, modelo SC-10, repetibilidad $\leq 0.03 \Delta E^* ab$.

Durante el período de pruebas se registraron los parámetros climatológicos en la estación meteorológica ubicada en la Facultad de Ingeniería de la UAC. Las características (datos del fabricante) son los mostrados en la Tabla 1:

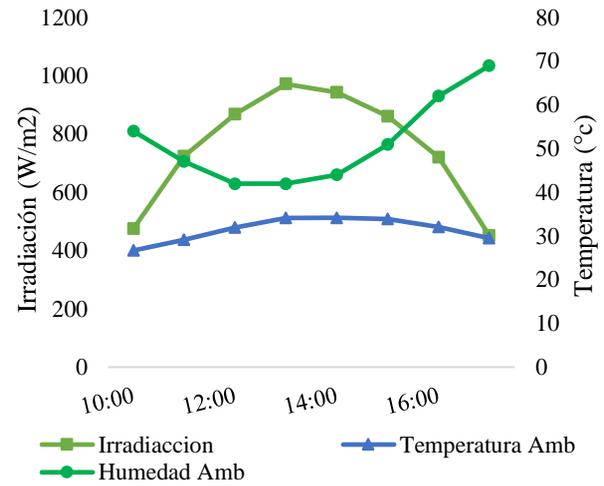
Variable	Descripción	Modelo	Error Máximo
Radiación global	Piranómetro marca LI-COR	LI-200R	Azimet: $< \pm 1\%$ sobre 360° a 45° de elevación
Humedad relativa	NRG Systems	RH-5X	$\pm 3\%$
Temperatura ambiente	NRG Systems	110S	$\pm 1.1^\circ\text{C}$
Dirección del viento	NRG Systems	Series #200P	$\pm 3^\circ$
Anemómetro	Windsensor	P2546C-OPR	$\pm 0.3\text{ m/s}$

Tabla 1 Características y descripción de los instrumentos de medición de la estación meteorológica
Fuente: Elaboración propia con datos del proveedor.

Resultados experimentales y discusión

El estudio experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Secado Solar de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Campeche. El período de pruebas fue del 1 marzo al 30 de junio del 2018.

En la Gráfica 1, se presenta el comportamiento de los parámetros climatológicos, se toma como referencia un día soleado de prueba, en este caso, se consideró el 23 de marzo. Como puede observarse, la irradiancia global máxima alcanzada fue de 972 W/m^2 , siendo el intervalo de los valores máximos promedio entre 868.7 W/m^2 y 943.5 W/m^2 . La temperatura ambiente máxima medida fue 34.2°C , el intervalo de valores máximos osciló entre y 34°C , siendo el promedio 33.9°C . Por otro lado, el valor mínimo que alcanzó la humedad relativa fue 42% , el promedio mínimo en los días de prueba osciló entre 44% y 47% .



Gráfica 1 Irradiancia solar global, temperatura ambiente y humedad relativa el día 4 de abril del 2017
Fuente: Elaboración propia

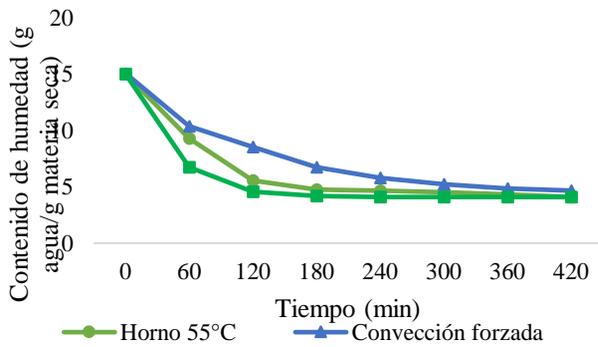
Cinéticas de secado

Se llevaron a cabo las pruebas de deshidratación de las hojas de las plantas medicinaes obteniéndose las cinéticas de secado a temperaturas controladas de 55°C y en un secador solar tipo gabinete con convección natural y convección forzada, se realizaron tres experimentos en cada caso, empezando las cinéticas con 15 g de hojas frescas (Tomazini, *et al.*, 2016). En la Tabla 2, se presentan las humedades y actividad del agua iniciales y finales promedio de las hojas frescas y secas. Las humedades iniciales y finales presentaron valores dentro de los rangos reportados en la literatura como normales. Los valores finales de la aw indican que no hay posibilidad de crecimiento microbiano en el producto deshidratado obtenido.

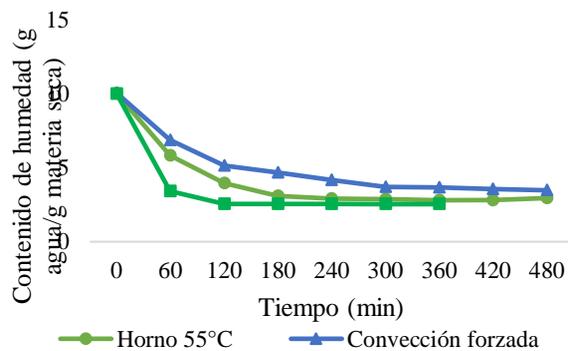
Convección Natural				
Planta medicinal	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)	Aw inicial	Aw final
Pasto limón	73.63	8.64	0.99	0.33
Hierbabuena	79.58	8.73	0.96	0.43
Guanábana	68.2	10.49	0.98	0.49
Convección Forzada				
Planta medicinal	Humedad inicial	Humedad final (%)	Aw inicial	Aw final
Pasto limón	73.63	9.54	0.99	0.42
Hierbabuena	79.58	11.02	0.96	0.4
Guanábana	68.18	10.43	0.98	0.44
Horno a 55°C				
Planta medicinal	Humedad inicial	Humedad final (%)	Aw inicial	Aw final
Pasto limón	73.632	8.27	0.99	0.46
Hierbabuena	79.581	11.11	0.96	0.4
Guanábana	68.177	10.03	0.98	0.42

Tabla 2 Humedades (%) y actividad del agua (aw) para las tres temperaturas seleccionadas

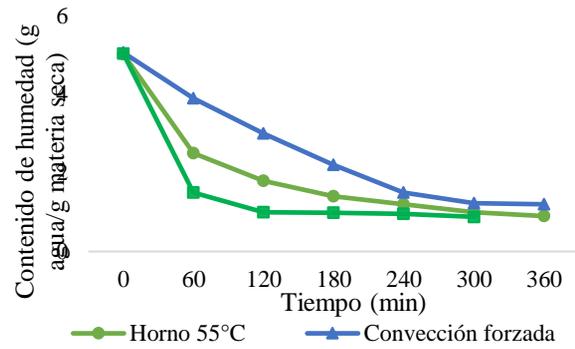
En las Gráficas 2, 3 y 4 se presenta el contenido de humedad en función del tiempo de las hojas bajo estudio; como se puede observar, en todos los casos la cinética de secado fue más rápida con convección natural, los tiempos de secado para cada planta medicinal con este modo de operación fueron tanto para la guanábana como para el pasto limón, 250 min; en el caso de la hierbabuena se redujo a 200 min. De igual forma, el comportamiento en horno fue muy similar en las tres plantas: la cinética en la hierbabuena y en el pasto limón fue muy cercana a la convección natural, en ambos casos se estabilizó en 300 min y la guanábana en 350 min, finalmente en el caso del secador con convección forzada fue más lenta en todos los casos, sin embargo resulta muy importante notar que al final, al estabilizarse el contenido de humedad, no fue muy diferente el tiempo de secado al resto de los modos de operación, la hierbabuena y el pasto limón se terminaron de secar en 400 min y las hojas de guanábana en 450 min.



Gráfica 2 Variación del contenido de humedad respecto al tiempo de secado en condiciones controladas a 55 °C y secadores solares con convección natural y convección forzada del pasto limón



Gráfica 3 Variación del contenido de humedad respecto al tiempo de secado en condiciones controladas a 55 °C y secadores solares con convección natural y convección forzada de la hoja de guanábana



Gráfica 4 Variación del contenido de humedad respecto al tiempo de secado en condiciones controladas a 55 °C y secadores solares con convección natural y convección forzada de hierbabuena

Estudio de colorimetría

Se presenta en las figuras 2, 3 y 4 a manera de resumen, los resultados obtenidos en las coordenadas L*, a* y b* en los diferentes modos de operación de los secadores solares y en horno a 55°C.

Hoja de guanábana	Modo de operación	Medición de color en fresco		Medición de color en seco		Color en seco	Muestra seca
 	Convección natural	L*	37.02	L*	34.7		
		a*	-5.24	a*	3.95		
		b*	16.81	b*	13.31		
	Convección forzada	L*	37.02	L*	37.74		
		a*	-5.24	a*	0.93		
		b*	16.81	b*	17.44		
	Horno a 55°	L*	37.02	L*	50.01		
		a*	-5.24	a*	2.47		
		b*	16.81	b*	13.64		

Figura 2 Resultados del estudio de colorimetría obtenidos en la hoja de guanábana

Hoja de hierbabuena	Tecnología solar	Medición de color en fresco		Medición de color en seco		Color	Muestra seca
 	Convección natural	L*	39.78	L*	30.02		
		a*	-5.54	a*	6.90		
		b*	20.83	b*	12.91		
	Convección forzada	L*	39.78	L*	40.64		
		a*	-5.54	a*	-1.31		
		b*	20.83	b*	14.44		
	Horno a 55°	L*	39.78	L*	41.51		
		a*	-5.54	a*	1.46		
		b*	20.83	b*	22.26		

Figura 3 Resultados del estudio de colorimetría obtenidos en la hoja de hierbabuena

Hoja de Pasto limón	Tecnología solar	Medición de color en fresco		Medición de color en seco		Color	Foto
		L*	a*	L*	a*		
 	Convección natural	L*	50.2	L*	44		
		a*	-7.87	a*	-2.62		
		b*	21.88	b*	11.12		
	Convección forzada	L*	50.2	L*	46.71		
		a*	-7.87	a*	-2.88		
		b*	21.88	b*	10.09		
	Horno a 55°	L*	50.2	L*	41.27		
		a*	-7.87	a*	1.85		
		b*	21.88	b*	13.14		

Figura 4 Resultados del estudio de colorimetría obtenidos en la hoja de hierbabuena

En las tablas 3, 4 y 5 se puede observar que en el caso del modo de operación con convección natural

Los tres parámetros medidos son: luminosidad (L), enrojecimiento (a) y amarillez (b). El valor de L varía de 100 (para blanco perfecto) a 0 (para negro) (Doymaz, 2002), entonces, la diferencia en la claridad es analizada mediante ΔL y la desviación del punto acromático rojo-verde es Δa, mientras que la desviación de amarillo-azul es Δb; finalmente, el cambio total de color es ΔE.

Los resultados obtenidos indican que en el caso del secador que funcionó con convección natural mostró un incremento importante de a*, lo cual revela una tendencia hacia los colores rojizos y por lo tanto, disminución del color verde; la luminosidad disminuyó en las tres plantas de forma muy similar. Fue muy notable la conservación del color verde tanto en convección forzada como en el horno a 55 °C, en comparación con convección natural. En lo que respecta a b*, en los tres casos disminuyó este valor, esto indica una tendencia hacia los colores grises. La Tabla 3 indica los valores de ΔE, en función del tiempo final de secado.

Modo de operación	Hoja de guanábana		Hoja de pasto limón		Hoja de hierbabuena	
	ΔE	Tiempo de secado	ΔE	Tiempo de secado	ΔE	Tiempo de secado
CN	16	250	15	250	18	200
CF	7	450	13	400	8	400
Horno 55	14	350	14	300	7	300

Tabla 3 Variación de color ΔE en función del tiempo de secado, considerando los tres modos de operación del secado de las plantas medicinales estudiadas

Como puede observarse en la gráfica 3, se observa que el mayor cambio de color se presenta en la hoja de hierbabuena, con convección natural, esto debe ser porque esta hoja es muy delgada y pequeña, por lo tanto la exposición directa al sol degrada su coloración con mayor facilidad que al resto de plantas, en contraste con el horno y convección forzada que presentaron cambios de color muy similares en esta hoja; por otro lado, el horno presenta mayor cambio de color tanto en la hoja de guanábana como en el pasto limón comparado con la convección forzada.

Conclusiones

La cinética de secado fue más rápida con convección natural, los tiempos de secado para cada planta medicinal con este modo de operación fueron tanto para la guanábana como para el pasto limón, 250 min; en el caso de la hierbabuena se redujo a 200 min, pero se presentó en todos los casos analizados un incremento del parámetro a*, lo cual indica un acercamiento a los colores rojizos en este modo de operación. En horno fue muy similar en las tres plantas: la cinética en la hierbabuena y en el pasto limón se estabilizó en 300 min y la guanábana en 350 min, en el caso del secador con convección forzada la hierbabuena y el pasto limón se terminaron de secar en 400 min y las hojas de guanábana en 450 min, por lo tanto la cinética fue más larga, con una diferencia entre 30 min y 60 min, esta diferencia de tiempo se compensa con la conservación de la coloración, muy semejante al horno. En todos los casos hubo una disminución de L*, es decir, más acercamiento a los colores opacos, acentuándose en la convección natural.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que en los tres casos analizados se obtuvo un producto deshidratado en el que se garantiza la nula proliferación de microorganismos patógenos además de una humedad final semejante a los productos que se encuentran comúnmente en los mercados, por lo tanto, es factible el secado solar, específicamente utilizando convección forzada puesto que mantiene mejores propiedades de coloración al finalizar el secado, logrando de esta forma un ahorro energético importante para los productores del país, contribuyendo además al cuidado del medio ambiente.

Referencias

Alonso Jorge, Desmarchelier Cristian (2015). Plantas Medicinales Autóctonas de Argentina. Edit. Corpus. 3ª. Ed. Buenos Aires, Argentina.

Can Ortiz Genaro Octavio, Aguilar Cordero Wilian de Jesús, Ruenes Morales Rocío. (2017). Médicos tradicionales mayas y el uso de plantas medicinales, un conocimiento cultural que continúa vigente en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México. *Teoría y Praxis* 21:67-89.

Castillo Téllez Margarita, Pilatowsky Figueroa Isaac, Castillo Téllez Beatriz, López Vidaña Erick (2016). Solar drying of stevia (*Rebaudiana bertonii*) leaves using direct and indirect technologies. *Solar energy*. 159: 898-907.

De las Mercedes Rodríguez Lizbeth. (2015) Etnobotánica maya: Algunas plantas de uso medicinal en estomatología. *Revista ADM* 2015; 72 (1): 21-25.

Fundación Chile, Proyecto FDI. Tomado de Banchemo Luján, Carballo Sergio, Telesca Juan, 2008. Manual de secado solar de especies medicinales y aromáticas para predios familiares. Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA, Montevideo – Uruguay

Jiménez Ruiz Aila. Relaciones electroquimioluminiscentes y parámetros CIELab: estudio de la interacción de especies biomédicas en dendrímeros y nanopartículas (2016). Tesis doctoral. Sevilla.

Luardini Maria Arina, Asi Natalina, Garner Mark. (July 2019). Ecolinguistics of ethno-medicinal plants of the Dayak Ngaju community. *Language Sciences*, 74, 77-84.

Madrilejos Mora Rosa (2016). Efectos de las plantas medicinales en los pacientes afectados de insuficiencia cardíaca. *Formación Médica Continuada*, 23, 420-429.

MHT, Medicamentos Herbarios Tradicionales. PROTEGE, red de protección social, Gobierno de Chile, Ministerio de Salud.

Waizel Bucay J., Martínez Rico IM. (2007). Plantas empleadas en odontologías. *Revista ADM*; 64 (5): 173-186

Aprovechamiento de frutas y hortalizas de temporada de la Región de Tabasco, mediante la deshidratación del producto, utilizando una estufa solar

Use of seasonal fruits and vegetables from the Tabasco Region, by dehydrating the product, using a solar stove

MAGAÑA-BARRERA, Sara María De Jesús †*, LÓPEZ-SALAZAR, Blanca, PALMA-LÓPEZ, Ulda y HIDALGO-LEAL, Héctor Daniel

Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta

ID 1^{er} Autor: Sara María De Jesús, Magaña-Barrera / ORC ID: 0000-0002-3651-9010, CVU CONACYT ID: IT17B402

ID 1^{er} Coautor: Blanca, López-Salazar / ORC ID: 0000-0003-3715-7231, CVU CONACYT ID: IT19A878

ID 2^{do} Coautor: Ulda, Palma-López / ORC ID: 0000-0002-1562-3249, CVU CONACYT ID: IT19A658

ID 3^{er} Coautor: Héctor Daniel, Hidalgo-Leal / ORC ID: 0000-0001-9028-8711, CVU CONACYT ID: IT19A384

DOI: 10.35429/JRE.2019.9.3.35.40

Recibido 03 de Abril, 2019; Aceptado 28 Mayo, 2019

Resumen

Desde hace muchos años el secado es el proceso más utilizado para la preservación de frutas. La deshidratación de alimentos es un proceso en la cual tienen lugar la transferencia de calor y la transferencia de masa. El objetivo principal de esta investigación es compartir los resultados obtenidos en el proceso de deshidratación de frutas y hortalizas de temporada de la región de Tabasco mediante un modelo dinámico utilizando una estufa solar, a través de un método de calentamiento indirecto controlable, que estabiliza la temperatura de deshidratación, para que no se presenten alteraciones en color y sabor de la fruta. Se presentan los resultados en la deshidratación de frutas de temporada (mango y cambola) en proporciones tamaños adecuados y homogéneos, distribuyendo cada pieza en la estufa solar, expuesta a la energía solar por tres días. Se muestra brevemente una descripción del secado solar empleado, la instrumentación empleada y el proceso experimental que se llevó a cabo en cada una de las pruebas. La energía solar es empleada como una buena fuente de suministro de calor para la deshidratación de productos agrícolas y el uso de la estufa solar da una alternativa más al aprovechamiento de esta energía renovable y sustentable, que se tiene en Tabasco para el secado de productos alimenticios, con el propósito de conservar y darle un valor agregado a las frutas de esta región..

Energía renovable, Deshidratación, Estufa solar

Abstract

Drying has been the most widely used fruit preservation process for many years. Food dehydration is a process in which heat transfer and mass transfer take place. The main objective of this research is to share the results obtained in the process of dehydration of seasonal fruits and vegetables of the Tabasco region through a dynamic model using a solar stove, through a controllable indirect heating method, which stabilizes the temperature of dehydration, so that there are no alterations in color and flavor of the fruit. The results in the dehydration of seasonal fruits (mango and cambola) are presented in adequate and homogeneous proportions, distributing each piece in the solar stove, exposed to solar energy for three days. A description of the solar drying used, the instrumentation used and the experimental process that was carried out in each of the tests is briefly shown. Solar energy is used as a good source of heat supply for the dehydration of agricultural products and the use of the solar stove gives another alternative to the use of this renewable and sustainable energy, which is available in Tabasco for drying food products, with the purpose of preserving and giving added value to the fruits of this region

Renewable energy, Dehydration, Solar stove

Citación: MAGAÑA-BARRERA, Sara María De Jesús, LÓPEZ-SALAZAR, Blanca, PALMA-LÓPEZ, Ulda y HIDALGO-LEAL, Héctor Daniel. Aprovechamiento de frutas y hortalizas de temporada de la Región de Tabasco, mediante la deshidratación del producto, utilizando una estufa solar. Revista de Energías Renovables. 2019. 3-9: 35-40

* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: sarita.2008@live.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Aprovechamiento de la energía solar

Uno de los métodos más antiguos utilizados por el hombre para la conservación de los alimentos es la deshidratación (principalmente en las zonas rurales). En un ambiente seco no pueden actuar ni los microorganismos ni las enzimas que descomponen estos productos, por esta razón el deshidratado es uno de los métodos más efectivos para preservar las frutas. Estos métodos de secado se originaron en los campos de cultivo cuando se dejaban deshidratar de forma natural las cosechas de cereales, forraje y frutos. Comúnmente, estos productos eran extendidos al aire libre, sobre todo en superficies naturales, donde se exponían a la acción directa de los rayos solares, de tal manera que el producto recibiera calor y aireación para evaporar el agua (Castañeda, 2011).

El secado se promovió de forma industrial con la necesidad de tener alimentos almacenados por más tiempo.

El proceso de deshidratado, como método de conservación de alimentos, consiste en la transferencia de masa y calor entre el producto y el fluido a su alrededor, hasta alcanzar un contenido de humedad aceptable (Geankoplis, 1999). Existen muchas formas de deshidratar alimentos y cada una es juzgada por su eficiencia energética, tiempo de secado, calidad de producto alcanzado, etc., dependiendo de las necesidades del mercado, un balance en conjunto con estos factores, es la parte económica.

México es el país con mayor potencial solar fotovoltaico, con radiación solar media a lo largo de toda su geografía 6 Kwh /m² por día en promedio. El estado de Tabasco presenta una energía onda corta diaria promedio de 7.1 kwh/m² y en mayo un promedio de 7.8 kwh/m². Por tanto, la temperatura es una variable encargada de optimizar las propiedades de cada fruta y hortaliza deshidratada, ya que una temperatura óptima de secado en el alimento, representa la permanencia de vitaminas como y sabor del producto. Además de la conservación del alimento por más tiempo, la deshidratación presenta diversas ventajas para su embalaje, transporte, y almacenamiento, ya que el producto deshidratado reduce su peso y volumen al habersele retirado el agua contenida.

La combinación de métodos, puede combinar las ventajas de uno u otro método haciendo mejor el proceso de deshidratación. El número de combinaciones posibles es vasto y está limitado por el avance de la tecnología. En muchos alimentos, se prefiere un proceso no térmico para deshidratarlos o una combinación de estos para reducir los costos, también se incluyen pre-tratamientos que mejoren la deshidratación.

En la evaluación para el diseño de un proceso de deshidratación, se deben definir los parámetros como la producción en kilogramos de producto, los contenidos de humedad iniciales y finales, temperatura de secado y propiedades del alimento.

El proceso de deshidratación debe ser económicamente rentable y debe preservar o incrementar la calidad del alimento, se debe poner especial atención en la seguridad, calidad nutricional y propiedades organolépticas para que pueda ser un producto aceptado por el consumidor (Baeza, 2009). En la actualidad, la deshidratación de alimentos sigue vigente por dos principales razones: la primera es que existen productos que, si no se comercializan inmediatamente después de la cosecha, representan pérdidas para los productores; la segunda razón son las ventajas que se obtienen al llevar a cabo este proceso, como lo son el fácil transporte (por el menor peso) y la estabilidad microbiológica y fisicoquímica (facilitando de esta manera su almacenamiento y manipulación). Cabe mencionar que el valor nutritivo de la mayoría de los alimentos deshidratados no se ve afectado en forma importante con estas técnicas (Geankoplis, 1999). El secado se extiende a una amplia gama de productos, entre los que destacan: pescados, carnes, frutas, verduras, azúcar, almidones, especias y hierbas, entre otros (Ekechucwu et al., 1999).

En la actualidad existen una gran variedad de sistemas colectores de energía solar. Cada uno de ellos ofrece ventajas y desventajas respecto a los demás. Las principales características a considerar para su selección son: Costo, Nivel de temperatura a operar en el sistema, Potencia de energía a coleccionar, Facilidad de operación y complejidad, Nivel de automatización (Lemus & Rodríguez, 2015).

Los secadores solares brindan una temperatura más elevada y una humedad relativa más baja, condición que resulta en períodos de secado sustancialmente más cortos y en humedad inferior del producto final. También reduce el riesgo de contaminación con hongos y levaduras.

En la actualidad, la conversión de la energía solar se utiliza ampliamente para generar calor y producir electricidad. Un estudio comparativo sobre el consumo mundial de energía lanzado por la Agencia Internacional de Energía (AIE) muestra que, en el año 2050, las instalaciones de paneles solares suministrarán alrededor del 45% de la demanda de energía en el mundo. Debido a la escasez mundial de energía y al control de los impactos ambientales nocivos, la aplicación de la energía solar ha de recibir mucha atención en las ciencias de la ingeniería.

Por lo tanto, se intensifica la búsqueda de métodos eficaces y económicos para capturar, almacenar y convertir la energía solar en energía útil. Uno de los problemas que se tienen en el estado de tabasco con las frutas y las hortalizas, así como las raíces y tubérculos, es que presentan la tasa más alta de desaprovechamiento en las zonas agrícolas de la región. El exceso de producto en la temporada es una de las principales causas para que el producto como el mango, la carambola, la naranja, el banano, la piña, la papaya, el pepino, el tomate se pudra en el campo. Por lo tanto, con la estufa solar diseñada se obtienen productos como frutas y hortalizas de la región, con una deshidratación adecuada y libre de contaminantes como hongos y bacterias.

Metodología

Se realizaron diferentes pruebas experimentales con diferentes frutas, apoyado por alumnos y docentes del Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta (ITSLV), Villa la Venta Huimanguillo Tabasco.

Las frutas se cortaron en rodajas o tiras (dependiendo si era mango o carambola), posteriormente se pesó el producto antes y después de la prueba, considerando que la diferencia en peso fue la humedad evaporada. Después del tiempo de secado se retiraron, observaron y analizaron las muestras sobre el color, peso, sabor y textura.

Instrumentación

Se utilizó la estufa solar como medio para el desarrollo de las pruebas, se realizó manteniendo el producto de 4 a 13 horas dentro del secador, guardando el producto entre un día y otro para evitar que absorbiera la humedad del medio ambiente.

Los productos utilizados para estas pruebas fueron fruta de temporada y verdura. Cabe hacer mención que no todas las pruebas se hicieron en forma simultánea ni se realizaron en forma consecutiva, sino en diferentes lapsos de tiempo. Para cuantificar la pérdida de humedad del producto, se decidió pesar las muestras antes y después del secado, utilizando una balanza.

Prototipo de la estufa solar

La construcción del prototipo de la estufa solar (figura 1), fue basada en las dimensiones y configuración de la estufa solar del trabajo de Colquitt, Eum, Millis, & Ya, (2016) (Tabla 1).

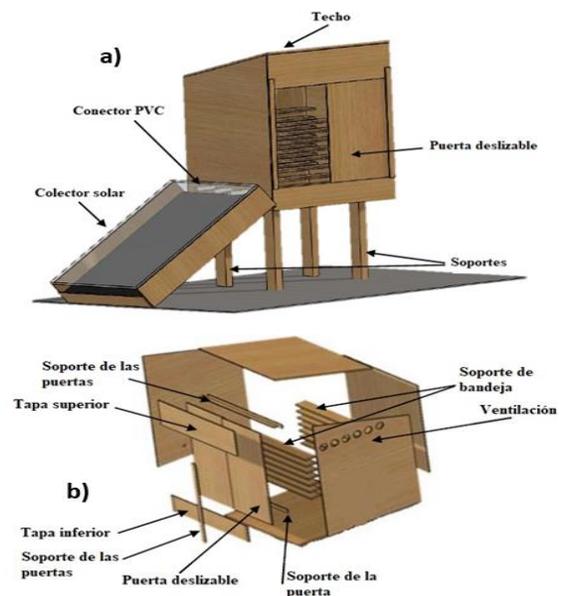


Figura 1 Diseño de la estufa para secado indirecto a) vista isométrica completa b) vista en explosión de la cámara de deshidratación

Fuente: Colquitt, Eum, Millis, & Yaqub, 2016

Dimensión equivalente del producto	Dimensiones (mm)
Base de la cámara de deshidratación	950
Ancho de las bandejas	470
Profundidad de la bandeja	960
Altura de la cámara de deshidratación	1450

Tabla 1 Dimensiones de la estufa solar con respecto al suelo

Controlador del prototipo

En primera instancia se deben obtener los parámetros físicos para el diseño del controlador. Por lo que se realiza una prueba, introduciendo energía por exposición solar sin carga (sin elementos a deshidratar); con temperatura ambiente de 35 °C, obteniendo los resultados en la figura 2.

Constante de tiempo: 390 segundos.

Tiempo de retardo: 10 segundos.

Ganancia estática del proceso: 0.86 °C/%.

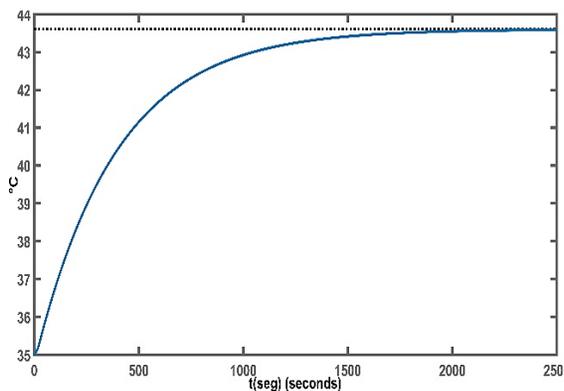


Figura 2 Temperatura de la cámara de deshidratación con 50% del área del captador

Se puede notar que el sistema alcanza el estado estable a los 43°C, con 50% del área para captar radiación. El controlador debe manipular el área mencionada apriori, por lo que es de vital importancia para la implementación del mismo.

Material de experimentación

Para este proyecto se utilizaron los siguientes Ingredientes, Equipos, Materiales:

- Ingredientes: Fruta de temporada: Piña; Mango; Agua adquiridos en Villa la Venta, Tabasco.
- Equipos:
- Deshidratador solar
- Grifo
- Balanza analítica
- Materiales: Bandejas grandes, Cubetas grandes, Palanganas; Tabla para picar, Cuchillos; Pelador.

Descripción del proceso de preparación para el deshidratado de las frutas

Deshidratado de Frutos. En este caso se emplearon Mango y carambola.

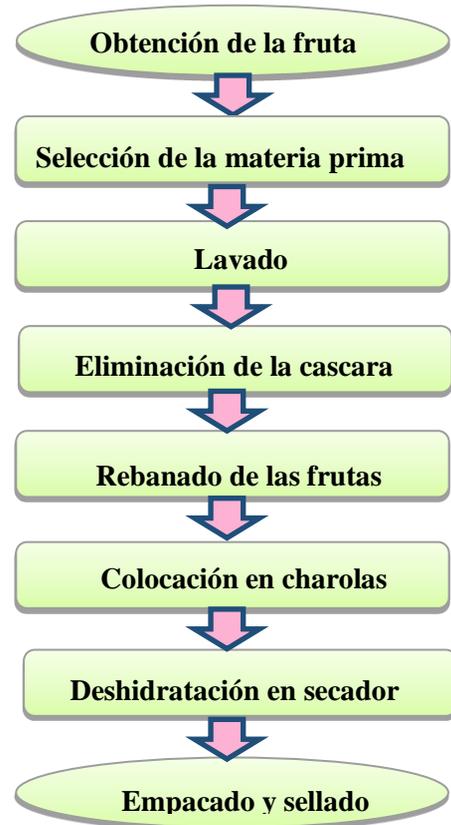


Figura 3 Pasos del proceso de preparación para el deshidratado de las frutas

1. Este trabajo de investigación contribuye Recepción de la materia prima: en este primer paso la materia prima es sometida a un sistema de control, para luego pasar al siguiente paso.
2. Selección y Desinfectado:
3. Se selecciona la fruta en buen estado y desinfecto con una solución clorada a (1.0%).
4. Pelado y Cortado: se procedió a pelar y cortar en cuadritos de 4 mm.
5. Peso de la Fruta: se pesó del producto cortado.
6. Inmersión: se sumergió el producto en solución de 5 a 10 minutos
7. Proceso de deshidratación: utilizando la estufa solar (deshidratador artesanal), 72 horas.
8. Obtención de fruta seca: aquí se obtiene ya el producto seco y se procede al envasado.
9. Envasado al alto vacío: la fruta entra a la máquina de alto vacío para su envasado, sellado y etiquetado para luego pasar al almacén.
10. Almacenamiento: el producto ya envasado pasa al área de almacén para su almacenamiento en cajas.

Para mejorar las bases para nuevas técnicas de deshidratación solar aprovechando dicha radiación de esta región, mejorando los procesos de obtención así como tener un mejor control en sus variables, obteniendo productos ecológicos y saludables contribuyendo en el desarrollo tecnológico, dando apertura a investigaciones en productos deshidratados en forma general.

Resultados del secado de frutas

Para el proyecto de investigación "Aprovechamiento de frutas y hortalizas de temporada de la región de Tabasco, mediante la deshidratación del producto, utilizando una estufa solar" se obtuvieron los siguientes resultados a los diferentes frutos de temporada

Se realizó la deshidratación del fruto de mango con la cantidad de 1 kg de materia prima expuesta a deshidratación en la estufa solar bajo una temperatura de 60-65 °C en horas pico durante 3 días resguardado las muestras de dichos frutos, en donde se pudo obtener una reducción de humedad de 478 gr lo que corresponde aproximadamente un 60 % de deshidratación

Con respecto a la deshidratación del fruto de carambola de una cantidad de 600 gr de materia prima expuesta a una temperatura de 60-65 °C dentro la estufa solar en horas pico durante 3 días resguardado el producto, por lo que se pudo obtener una reducción de humedad de 250 gr lo que corresponde aproximadamente un 60 % de deshidratación. Frutos deshidratados y en fresco (Figura 3.)



Figura 4 Frutos de carambola y mango deshidratado

De acuerdo a los análisis nutricionales de estas frutas de temporada (%) de la región se obtuvo los siguientes resultados (Tabla 2).

Agua	Proteína	Grasa	Grasa saturada	Azúcares	Fibra	Sodio	Kcal/100 gr	Kcal/g
11.13	2.06	5.96	0.00	55.01	12.82	0.00	281.92	28.1

Tabla 2 Análisis nutricionales de las frutas deshidratadas (mango y carambola)

Cabe mencionar que también se realizó un análisis microbiológico de acuerdo a la NOM-111-SSA1-1994, donde se analizaron a los productos deshidratados Hongos y Levaduras obteniendo como resultado 0 ufc/gr de cada uno, lo que reporta de este análisis no hay presencia de hongos y levaduras que pudieran afectar a este tipo de frutas deshidratadas con la estufa solar bajo estas condiciones.

En relación a las temperaturas ambientales de 60- 65 °C se logró una deshidratación de más del 50 % en este tipo de frutas de temporada en el En relación a los resultados obtenidos podemos considerar que la humedad está en un estándar aceptable para ser una fruta deshidratada, por lo que es relativamente bajo para el crecimiento microbiano; el contenido de proteína y grasa fue el esperado para una mezcla de frutas, de acuerdo al contenido de azúcares; el contenido de fibra es bueno para este tipo de fruto, no se observó presencia de sodio por lo es bueno y el contenido calórico va en función a lo que se consuma.

Conclusiones

En los resultados se detectó que la humedad está en un estándar aceptable para ser una fruta deshidratada, por lo que es relativamente bajo para el crecimiento microbiano; el contenido de proteína y grasa fue el esperado para una mezcla de frutas, de acuerdo al contenido de azúcares; el contenido de fibra es bueno para este tipo de fruto, no se observó presencia de sodio por lo es bueno y el contenido calórico va en función a lo que se consuma.

De las frutas de mango y de carambola se obtuvo una reducción de humedad del 60 %, deshidratándose de manera homogénea por lo que se puede considerar a este tipo de estufa solar (deshidratador solar), con parámetros controlables con respecto a la temperatura del lugar así como el tiempo estimado en su deshidratación se comprobó que es una alternativa para el aprovechamiento de la energía radiante y obtener frutas deshidratadas dándole un valor agregado a este tipo de productos.

Se continuarán realizando pruebas a otras frutas y verduras de la región con la finalidad de hacer eficiente el proceso de deshidratación y en el futuro obtener mejor proceso de secado en productos alimenticios.

Sugerencias

Tomando en cuenta los resultados obtenidos sobre la conservación y el eficiente proceso de deshidratación de frutas y hortalizas a través de la estufa solar, se puede seguir innovando los procesos de secado y deshidratación de frutas y verduras para constatar que es benéfico el uso de nuestro aparato de deshidratación solar, con el cual se logra aumentar la conservación de la misma en sabor, textura, etc., de las frutas de la región de Tabasco.

Referencias

Castañeda, M. A. (2011). Desarrollo de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso.

Colquitt, D., Eum, I., Millis, C., & Ya, S. (2016). Solar Powered Fruit Dryer for Market Gardeners in Shelek, Kazakhstan. Michigan: University of Michigan.

Colquitt, D., Eum, I., Millis, C., & Yaqub, S. (2016). Solar Powered Fruit Dryer for Market. Zimbabwe : ME 450, SECTION 004, TEAM 12.

Ekechucwu, O. V., Norton, B. (1999) Review of solar energy drying system II: an overview of a solar drying technology. Energy conversion and management, vol. 40: pp 615-55.

García, E. (2010). Compilador C CCS y simulador PROTEUS para microcontroladores PIC. México D.F.: Alfaomega.

Geankoplis, C. J. (1999). Procesos de transporte y operaciones unitarias. . Ed. CECSA.

Keb Chulin, C., Coyoc, C., Lagunas Jiménez, R., & Moo Yam, V. (2017). sintonización de un controlador PI aplicado a un horno experimental a partir de la identificación de múltiples puntos de la respuesta en frecuencia utilizando un algoritmo genético. Pistas Educativas , 864-877.

Lemus, J., & Rodríguez, J. (2015). Diseño y construcción de un sistema cíclico de colección, transporte y descarga de energía solar térmica para un deshidratador solar en el municipio de san Juan del Río, Qro., San Juan del Río, Qro.

Martínez, A. (2015). Plan integral para el desarrollo de las energías renovables en México 2013-2018. Propuesta de escenarios y acciones necesarias para su desarrollo. México D.F.: WWF, CLIMATEWORKS, IMERE, PWC.

NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos un deshidratador solar en el municipio de san Juan del Río, Qro., 19-21

NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos

Tashtosh, G. M., Jaradat, M., & Zura, S. (2014). A Mathematical Model of Indirect Solar Drying of Dairy Products. Energy and Environmental Engineering, 1-13.

Instrucciones para la Publicación Científica, Tecnológica y de Innovación

[Título en Times New Roman y Negritas No. 14 en Español e Inglés]

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1^{er} Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2^{do} Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3^{er} Coautor

Institución de Afiliación del Autor incluyendo dependencia (en Times New Roman No.10 y Cursiva)

International Identification of Science - Technology and Innovation

ID 1^{er} Autor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Autor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 1^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 1^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 2^{do} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 2^{do} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

ID 3^{er} Coautor: (ORC ID - Researcher ID Thomson, arXiv Author ID - PubMed Autor ID - Open ID) y CVU 3^{er} Coautor: (Becario-PNPC o SNI-CONACYT) (No.10 Times New Roman)

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen (En Español, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Español)

Resumen (En Inglés, 150-200 palabras)

Objetivos
Metodología
Contribución

Indicar 3 palabras clave en Times New Roman y Negritas No. 10 (En Inglés)

Citación: Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor†*, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del Artículo. Revista de Energías Renovables. Año 1-1: 1-11 (Times New Roman No. 10)

* Correspondencia del Autor (ejemplo@ejemplo.org)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del Artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Título en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Artículos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Gráficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del Artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el título en la parte inferior con Times New Roman No. 10 y Negrita]

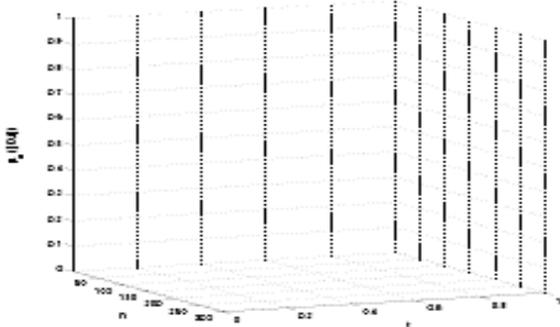


Gráfico 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

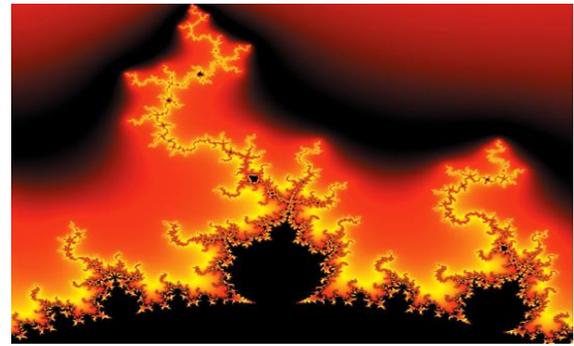


Figura 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (*en cursiva*)

No deberán ser imágenes, todo debe ser editable.

Cada Artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del Artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Autor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 1er Coautor, Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 2do Coautor y Apellidos (EN MAYUSCULAS), Nombre del 3er Coautor. Título del artículo. Revista de Energías Renovables. Año (Times New Roman No.8)

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. No deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del Artículo.

Utilizar Alfabeto Romano, todas las referencias que ha utilizado deben estar en el Alfabeto romano, incluso si usted ha citado un Artículo, libro en cualquiera de los idiomas oficiales de la Organización de las Naciones Unidas (Inglés, Francés, Alemán, Chino, Ruso, Portugués, Italiano, Español, Árabe), debe escribir la referencia en escritura romana y no en cualquiera de los idiomas oficiales.

Ficha Técnica

Cada Artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Requerimientos de Propiedad Intelectual para su edición:

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Originalidad del Autor y Coautores

-Firma Autógrafa en Color Azul del Formato de Aceptación del Autor y Coautores

Reserva a la Política Editorial

ISSN: 2523-2881

ECORFAN® Todos los derechos reservados

Revista de Energías Renovables se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los Artículos a la Política Editorial del Research Journal. Una vez aceptado el Artículo en su versión final, el Research Journal enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN® únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del Artículo.

Código de Ética – Buenas Prácticas y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Declaración de Originalidad y carácter inédito del Artículo, de Autoría, sobre la obtención de datos e interpretación de resultados, Agradecimientos, Conflicto de intereses, Cesión de derechos y distribución.

La Dirección de ECORFAN-México, S.C reivindica a los Autores de Artículos que su contenido debe ser original, inédito y de contenido Científico, Tecnológico y de Innovación para someterlo a evaluación.

Los Autores firmantes del Artículo deben ser los mismos que han contribuido a su concepción, realización y desarrollo, así como a la obtención de los datos, la interpretación de los resultados, su redacción y revisión. El Autor de correspondencia del Artículo propuesto requisitara el formulario que sigue a continuación.

Título del Artículo:

- El envío de un Artículo a Revista de Energías Renovables emana el compromiso del autor de no someterlo de manera simultánea a la consideración de otras publicaciones seriadas para ello deberá complementar el Formato de Originalidad para su Artículo, salvo que sea rechazado por el Comité de Arbitraje, podrá ser retirado.
- Ninguno de los datos presentados en este Artículo ha sido plagiado ó inventado. Los datos originales se distinguen claramente de los ya publicados. Y se tiene conocimiento del testeo en PLAGSCAN si se detecta un nivel de plagio Positivo no se procederá a arbitrar.
- Se citan las referencias en las que se basa la información contenida en el Artículo, así como las teorías y los datos procedentes de otros Artículos previamente publicados.
- Los autores firman el Formato de Autorización para que su Artículo se difunda por los medios que ECORFAN-México, S.C. en su Holding Perú considere pertinentes para divulgación y difusión de su Artículo cediendo sus Derechos de Obra.
- Se ha obtenido el consentimiento de quienes han aportado datos no publicados obtenidos mediante comunicación verbal o escrita, y se identifican adecuadamente dicha comunicación y autoría.
- El Autor y Co-Autores que firman este trabajo han participado en su planificación, diseño y ejecución, así como en la interpretación de los resultados. Asimismo, revisaron críticamente el trabajo, aprobaron su versión final y están de acuerdo con su publicación.
- No se ha omitido ninguna firma responsable del trabajo y se satisfacen los criterios de Autoría Científica.
- Los resultados de este Artículo se han interpretado objetivamente. Cualquier resultado contrario al punto de vista de quienes firman se expone y discute en el Artículo.

La publicación de este Artículo supone la cesión del copyright a ECORFAN-Mexico, S.C en su Holding Perú para su Revista de Energías Renovables, que se reserva el derecho a distribuir en la Web la versión publicada del Artículo y la puesta a disposición del Artículo en este formato supone para sus Autores el cumplimiento de lo establecido en la Ley de Ciencia y Tecnología de los Estados Unidos Mexicanos, en lo relativo a la obligatoriedad de permitir el acceso a los resultados de Investigaciones Científicas.

Título del Artículo:

Nombre y apellidos del Autor de contacto y de los Coautores	Firma
1.	
2.	
3.	
4.	

Principios de Ética y Declaratoria de Solución a Conflictos Editoriales

Responsabilidades del Editor

El Editor se compromete a garantizar la confidencialidad del proceso de evaluación, no podrá revelar a los Árbitros la identidad de los Autores, tampoco podrá revelar la identidad de los Árbitros en ningún momento.

El Editor asume la responsabilidad de informar debidamente al Autor la fase del proceso editorial en que se encuentra el texto enviado, así como de las resoluciones del arbitraje a Doble Ciego.

El Editor debe evaluar los manuscritos y su contenido intelectual sin distinción de raza, género, orientación sexual, creencias religiosas, origen étnico, nacionalidad, o la filosofía política de los Autores.

El Editor y su equipo de edición de los Holdings de ECORFAN® no divulgarán ninguna información sobre Artículos enviado a cualquier persona que no sea el Autor correspondiente.

El Editor debe tomar decisiones justas e imparciales y garantizar un proceso de arbitraje por pares justa.

Responsabilidades del Consejo Editorial

La descripción de los procesos de revisión por pares es dado a conocer por el Consejo Editorial con el fin de que los Autores conozcan cuáles son los criterios de evaluación y estará siempre dispuesto a justificar cualquier controversia en el proceso de evaluación. En caso de Detección de Plagio al Artículo el Comité notifica a los Autores por Violación al Derecho de Autoría Científica, Tecnológica y de Innovación.

Responsabilidades del Comité Arbitral

Los Árbitros se comprometen a notificar sobre cualquier conducta no ética por parte de los Autores y señalar toda la información que pueda ser motivo para rechazar la publicación de los Artículos. Además, deben comprometerse a mantener de manera confidencial la información relacionada con los Artículos que evalúan.

Cualquier manuscrito recibido para su arbitraje debe ser tratado como documento confidencial, no se debe mostrar o discutir con otros expertos, excepto con autorización del Editor.

Los Árbitros se deben conducir de manera objetiva, toda crítica personal al Autor es inapropiada.

Los Árbitros deben expresar sus puntos de vista con claridad y con argumentos válidos que contribuyan al que hacer Científico, Tecnológica y de Innovación del Autor.

Los Árbitros no deben evaluar los manuscritos en los que tienen conflictos de intereses y que se hayan notificado al Editor antes de someter el Artículo a evaluación.

Responsabilidades de los Autores

Los Autores deben garantizar que sus Artículos son producto de su trabajo original y que los datos han sido obtenidos de manera ética.

Los Autores deben garantizar no han sido previamente publicados o que no estén siendo considerados en otra publicación seriada.

Los Autores deben seguir estrictamente las normas para la publicación de Artículos definidas por el Consejo Editorial.

Los Autores deben considerar que el plagio en todas sus formas constituye una conducta no ética editorial y es inaceptable, en consecuencia, cualquier manuscrito que incurra en plagio será eliminado y no considerado para su publicación.

Los Autores deben citar las publicaciones que han sido influyentes en la naturaleza del Artículo presentado a arbitraje.

Servicios de Información

Indización - Bases y Repositorios

RESEARCH GATE (Alemania)
GOOGLE SCHOLAR (Índices de citas-Google)
MENDELEY (Gestor de Referencias bibliográficas)
HISPANA (Información y Orientación Bibliográfica-España)

Servicios Editoriales

Identificación de Citación e Índice H
Administración del Formato de Originalidad y Autorización
Testeo de Artículo con PLAGSCAN
Evaluación de Artículo
Emisión de Certificado de Arbitraje
Edición de Artículo
Maquetación Web
Indización y Repositorio
Traducción
Publicación de Obra
Certificado de Obra
Facturación por Servicio de Edición

Política Editorial y Administración

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú. Tel: +52 1 55 6159 2296, +52 1 55 1260 0355, +52 1 55 6034 9181; Correo electrónico: contact@ecorfan.org www.ecorfan.org

ECORFAN®

Editor en Jefe

SERRANO-PACHECO, Martha. PhD

Directora Ejecutiva

RAMOS-ESCAMILLA, María. PhD

Director Editorial

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Diseñador Web

ESCAMILLA-BOUCHAN, Imelda. PhD

Diagramador Web

LUNA-SOTO, Vladimir. PhD

Asistente Editorial

SORIANO-VELASCO, Jesús. BsC

Traductor

DÍAZ-OCAMPO, Javier. BsC

Filóloga

RAMOS-ARANCIBIA, Alejandra. BsC

Publicidad y Patrocinio

(ECORFAN® Republic of Peru), sponsorships@ecorfan.org

Licencias del Sitio

03-2010-032610094200-01-Para material impreso, 03-2010-031613323600-01-Para material electrónico, 03-2010-032610105200-01-Para material fotográfico, 03-2010-032610115700-14-Para Compilación de Datos, 04 -2010-031613323600-01-Para su página Web, 19502-Para la Indización Iberoamericana y del Caribe, 20-281 HB9-Para la Indización en América Latina en Ciencias Sociales y Humanidades, 671-Para la Indización en Revistas Científicas Electrónicas España y América Latina, 7045008-Para su divulgación y edición en el Ministerio de Educación y Cultura-España, 25409-Para su repositorio en la Biblioteca Universitaria-Madrid, 16258-Para su indexación en Dialnet, 20589-Para Indización en el Directorio en los países de Iberoamérica y el Caribe, 15048-Para el registro internacional de Congresos y Coloquios. financingprograms@ecorfan.org

Oficinas de Gestión

1047 Avenida La Raza -Santa Ana, Cusco-Perú.

Revista de Energías Renovables

“Tratamiento de la biomasa lignocelulósica mediante la pirolisis lenta y a baja temperatura para la producción de biocombustibles”

BARAY-GUERRERO, María del Rosario, PORRAS-FLORES, Damián Aarón, HOFFMANN-ESTEVEZ, Hazel Eugenia y MANJARREZ-DOMINGUEZ, Carlos Baudel

Universidad Autónoma de Chihuahua

“Antecedentes, perspectivas y potencial de la energía solar fotovoltaica en la industria en Puebla, México”

ENCISO-CHÁVEZ, Norma Angélica

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

“Influencia de las condiciones de secado solar en la coloración de plantas medicinales”

CASTILLO-TÉLLEZ, Margarita, CASTILLO-TÉLLEZ, Beatriz, OVANDO-SIERRA, Juan Carlos y HERNÁNDEZ-CRUZ, Luz María

Universidad Autónoma de Campeche

Universidad de Guadalajara

“Aprovechamiento de frutas y hortalizas de temporada de la Región de Tabasco, mediante la deshidratación del producto, utilizando una estufa solar”

MAGAÑA-BARRERA, Sara María De Jesús, LÓPEZ-SALAZAR, Blanca, PALMA-LÓPEZ, Ulda y HIDALGO-LEAL, Héctor Daniel

Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta

