

Modelado del potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua

Modeling of photovoltaic potential in Chihuahua State

MYRNA C. NEVÁREZ-RODRÍGUEZ^{1,3}, ESTEFANÍA ESTRADA-DE LA CRUZ¹, M. CECILIA VALLES-ARAGÓN¹, CARLOS BAUDEL MANJARREZ-DOMÍNGUEZ¹, MARIO A. SIGALA BUSTAMANTE²

Recibido: Noviembre 11, 2016

Aceptado: Diciembre 15, 2016

Resumen

La demanda mundial de energía crece consistentemente a la par del desarrollo social y económico, conduciendo a aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO₂). Reemplazar o apoyar instalaciones de generación de energía eléctrica basadas en combustibles fósiles con opciones de energía renovable, como la energía solar fotovoltaica, reduciría las emisiones de GEI, minimizando los efectos del cambio climático y además promoviendo el desarrollo de las comunidades urbanas y rurales. México se encuentra ubicado en una región con una radiación solar muy alta (cinturón solar), siendo un país muy atractivo para las instalaciones fotovoltaicas. Chihuahua es uno de los estados con mayor radiación, dada su vasta área, se ha requerido un estudio más detallado para identificar las zonas de mayor potencial fotovoltaico. En esta investigación se construyó un modelo de geoprocésamiento utilizando el software ArcGIS® 10.2.1. El modelo fue capaz de identificar y clasificar claramente 8,660 km² de áreas con alto potencial fotovoltaico; en perspectiva, el estado de Chihuahua requeriría sólo 23.74 km² para satisfacer plenamente su demanda de generación eléctrica, lo que refleja la abundancia del recurso natural en Chihuahua y su potencial fotovoltaico.

Palabras clave: cambio climático, Chihuahua, desarrollo sustentable, modelo de potencial fotovoltaico.

Abstract

Global energy demand has been growing along time to support social and economical development, while leading to increase emissions of green house gasses (GHG), such as carbon dioxide (CO₂). Replace or support electrical power generation facilities based on fossil fuels with renewable energy options, such as solar photovoltaic technology, would decrease emissions of GHG, thus it would help to minimize the effects of climate change, and furthermore, would assist in the development of city and rural communities. Mexico, located within a region with a very high solar radiation (Sunbelt), is a very attractive country for photovoltaic installations, being that Chihuahua is one of the states with higher radiation, however given its vast area; it has required a more detailed study to identify the highest photovoltaic potential zones. In this research it was built a geoprocessing model using ArcGIS® 10.2.1 software. The model was able to clearly identify and classify 8,660 km² of highly photovoltaic potential areas, in perspective, Chihuahua State would require only 23.74 km² of them to fully meet its electrical generation demand, this reflects the abundance of the natural resource on Chihuahua and its photovoltaic potential.

Keywords: Climate change, Chihuahua, photovoltaic potential model, sustainable development.

¹ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Circuito Interior, Campus # 1, Chihuahua, Chih., México, 31200. Tel (614) 439-1844.

² HORIZON APPLIED TECHNOLOGIES AND SERVICES. Chihuahua, Chih. México.

³ Dirección electrónica del autor de correspondencia: mcnevarez@uach.mx.

Introducción

La demanda de energía eléctrica para apoyar el desarrollo social y económico ha aumentado a través del tiempo. El uso de combustibles fósiles ha crecido y ha causado una mayor producción de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente de dióxido de carbono (CO₂) (IPCC, 2011). El sector energético mexicano contribuyó a las emisiones de GEI con 503,817.6 gigagramos de bióxido de carbono equivalentes (Gg de CO₂ eq.). En 2010 la generación de energía eléctrica contribuyó con 115,537.4 Gg de CO₂ eq. (INECC, 2013), debido a que el 79 % de la electricidad en México se produce con el uso de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas y carbo eléctricas (SENER, 2015).

El uso de energías renovables, como la energía solar fotovoltaica, disminuye las emisiones de CO₂ (Irandoust, 2016; Ren *et al.*, 2016), mejora el medio ambiente, incrementa la calidad del aire y mejora la salud pública (Wiser *et al.*, 2016); además de reducir las emisiones de GEI, mitiga los efectos del cambio climático (Ould-Amrouche *et al.*, 2010; Breyer *et al.*, 2015, Moran y Natarajan, 2015), y su uso es una opción económica y ecológicamente factible (Breyer *et al.*, 2015).

En la actualidad, se presta cada vez más atención al desarrollo sostenible, y el uso de la energía fotovoltaica se considera como un indicador de sostenibilidad de las ciudades (Kýlkýs, 2016). Es una opción técnica y económicamente viable en aplicaciones residenciales urbanas (Okoye *et al.*, 2016), así como en aplicaciones rurales (Afsharzade *et al.*, 2016) donde el desarrollo social ha venido en aumento, permitiendo el reemplazo de lámparas de queroseno contaminantes, estufas de cocina, sistemas de comunicación, mayor seguridad a través de lámparas de servicio público y mejor salud mediante el mantenimiento de vacunas y alimentos refrigerados (IPCC, 2011).

La Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica establece que México, además de ubicarse dentro del cinturón solar (EPIA, 2010), tiene un alto potencial fotovoltaico, y está dentro de los cinco mejores países del mundo con mayor atractivo para esta energía renovable (Aleman-Nava *et al.*, 2014).

Los objetivos de este estudio fueron: (i) construir un modelo de geoprocesamiento para determinar el potencial fotovoltaico en Chihuahua, (ii) calcular el potencial fotovoltaico para Chihuahua, (iii) identificar las regiones con mayor potencial y determinar su extensión en km² y, iv) comparar si las áreas con mayor potencial fotovoltaico son suficientes para satisfacer la demanda de generación eléctrica de Chihuahua.

Materiales y métodos

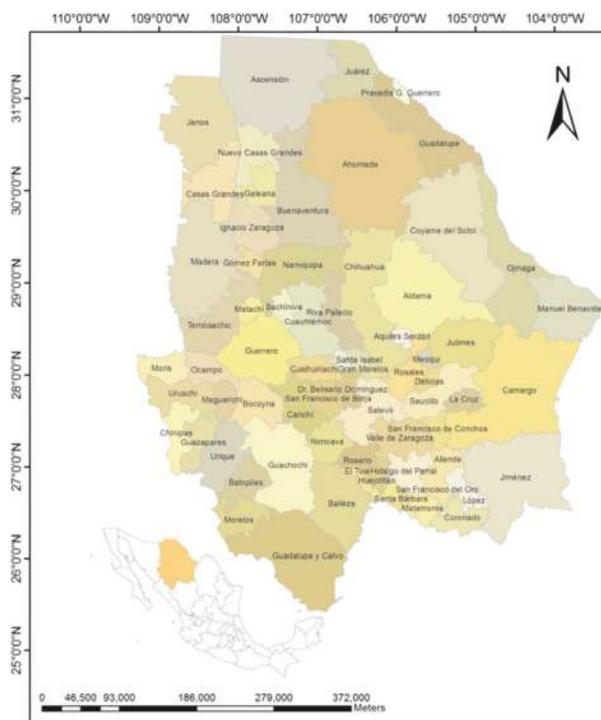
Área de estudio

El estado de Chihuahua se encuentra en el norte de México, limita con los Estados Unidos de América; está entre los paralelos 25° 33' 32" y 31° 47' 04" latitud norte, y los meridianos 103° 18' 24" y 109° 04' 30" longitud oeste (Figura 1). Chihuahua es el estado más grande de México; su extensión es de 247,460 km², lo que representa un 12.6 % del territorio mexicano (INEGI, 2015).

Modelado del potencial fotovoltaico

Se creó un modelo de geoprocesamiento para realizar un análisis espacial del potencial fotovoltaico con el fin de identificar las zonas más adecuadas para parques solares en Chihuahua. El software utilizado para construir el modelo fue ArcGIS® 10.2.1; el modelo utilizó la herramienta de radiación solar, la cual calcula la radiación global por cuenca hemisférica y obtiene la radiación total para cada punto del modelo digital de elevación (MDE). La herramienta de radiación de área solar se basa en modelos previamente desarrollados y ampliados por Fu y Rich (Rich, 1994; Rich y Fu, 2000 y 2002).

Figura 1. Localización del área de estudio, estado de Chihuahua.



El modelo digital de elevación (MDE) del estado de Chihuahua, con una resolución espacial de 60 m, fue descargado del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2015).

La herramienta de radiación de área solar es adecuada para ser utilizada en áreas pequeñas, por lo cual el MDE fue segmentado en 20 elementos. El modelo utiliza primero un bloque para convertir las unidades de medida en unidades estándar utilizadas por otros autores ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{año}$); la salida fue entonces ponderada por la eficiencia de conversión de las celdas solares (15 %) y finalmente comparada con un umbral para determinar las áreas con los valores más altos de potencial fotovoltaico.

El modelo de geoprocésamiento se ejecutó en cada segmento del MDE para simular el potencial fotovoltaico en el periodo comprendido del 1 de enero al 31 de diciembre de 2015, posteriormente, los segmentos se unieron para formar los rasters de salida: raster de potencial fotovoltaico y raster de áreas de interés.

Post procesamiento y cálculo de zonas con alto potencial fotovoltaico

Los rasters de potencial fotovoltaico y el de áreas de interés se procesaron posteriormente para eliminar las zonas no viables como los lagos.

El potencial fotovoltaico se clasificó en un mapa de color de seis clases, utilizándose también para determinar el potencial fotovoltaico mínimo, medio y máximo.

El raster de las áreas de interés se clasificó en un mapa de color de dos clases (menor y mayor potencial fotovoltaico), posteriormente se convirtió en un archivo con formato shape para calcular el área total de alto potencial fotovoltaico; finalmente, se agregó el shape de los límites municipales para determinar qué municipios tenían un mayor potencial.

Análisis de la demanda de generación eléctrica

El área requerida para satisfacer la demanda eléctrica con instalaciones de parques solares se calculó utilizando como base la generación bruta de electricidad para Chihuahua en 2015 (SENER, 2015) y luego se dividió por la tasa de generación eléctrica por m^2 calculada para las áreas de alto potencial fotovoltaico. El área requerida se comparó con el tamaño total del área de alto potencial fotovoltaico.

Resultados y discusión

Modelo del potencial fotovoltaico

Este modelo fue capaz de identificar y clasificar áreas con mayor potencial fotovoltaico para la instalación de parques solares. El modelo ofrece una variedad de salidas para procesamiento adicional, como la radiación solar global total, el potencial fotovoltaico y las áreas de interés (Figura 2).

Potencial fotovoltaico de Chihuahua

El modelo de geoprocésamiento produjo un raster de potencial fotovoltaico anual para el estado de Chihuahua con una resolución espacial de 60 m, un rango de $0\text{-}707 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{año}$ y una media de $295 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{año}$ (Figura 3).

Figura 2. Modelo del potencial fotovoltaico.

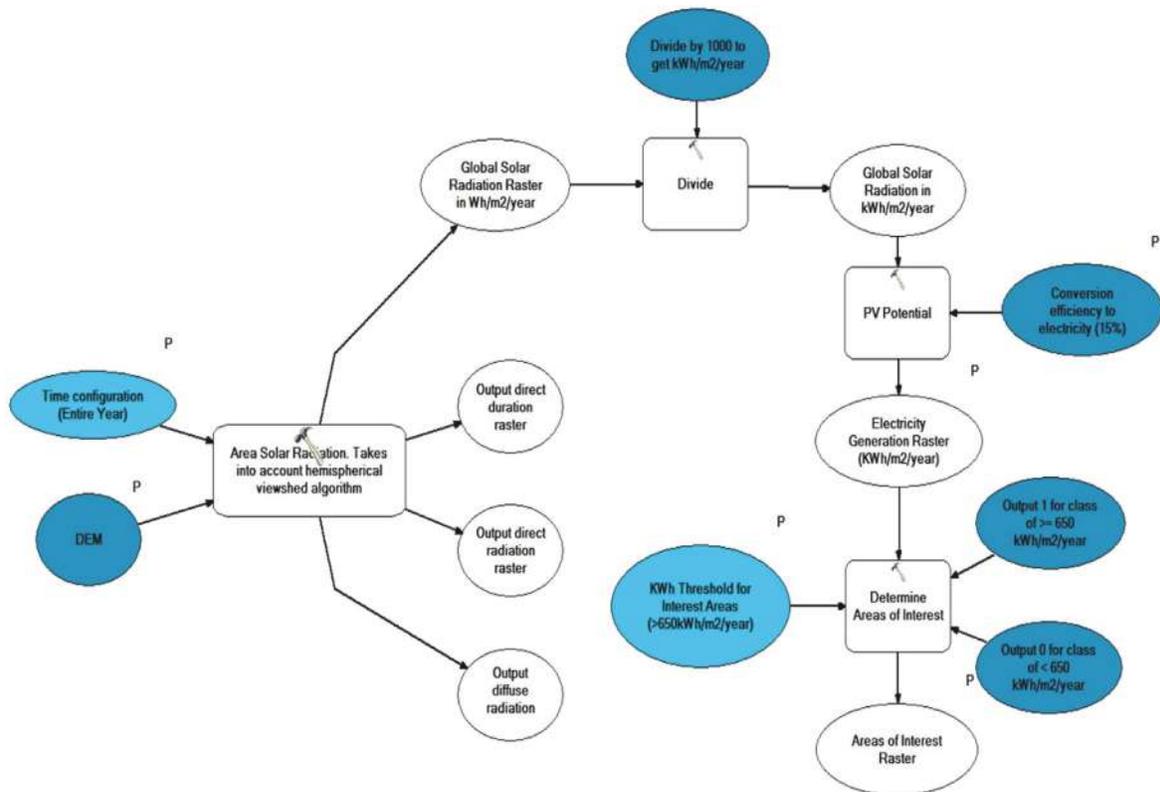


Figura 3. Potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua.

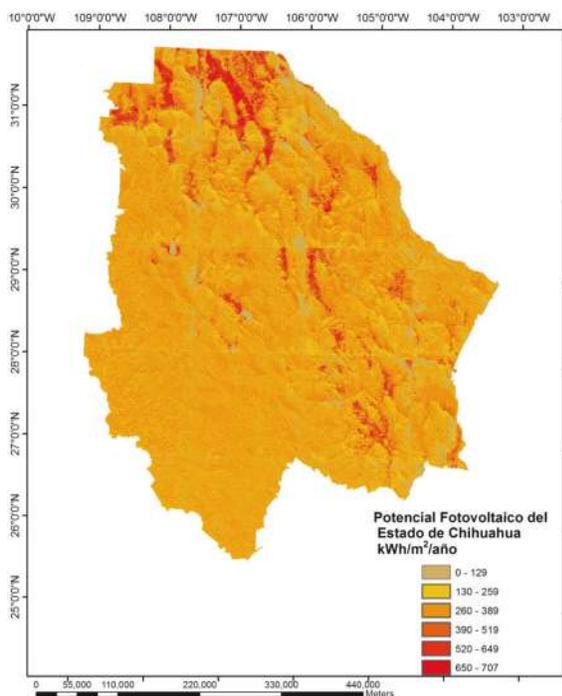
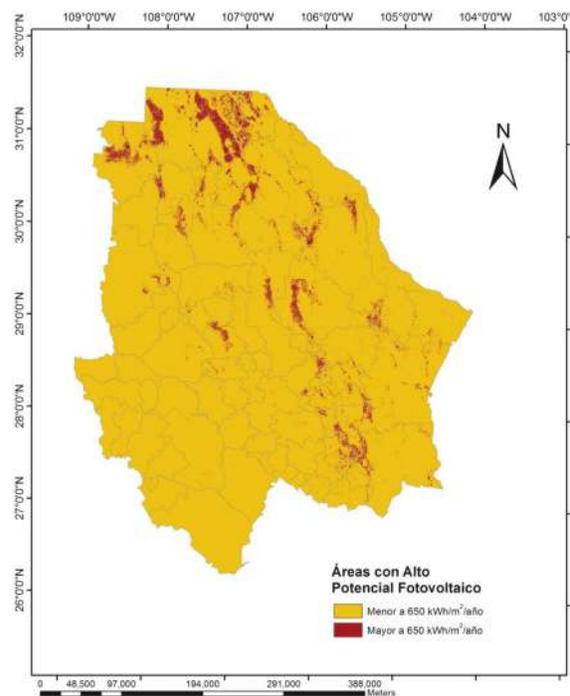


Figura 4. Áreas con alto potencial fotovoltaico en el estado de Chihuahua.



Áreas con alto potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua

Las zonas más adecuadas para parques solares fueron seleccionadas por el modelo con una superficie total de 8,660 km², lo que representa sólo el 3.5% del estado de Chihuahua. Los municipios con mayores áreas de alto potencial fotovoltaico son: Ascensión, Ahumada, Juárez, Janos, Aldama, Chihuahua, Cuauhtémoc, Meoqui, Jiménez, Allende, Casas Grandes y Coyame del Sotol (Figura 4).

Análisis de la demanda de generación eléctrica.

Chihuahua tuvo una generación eléctrica anual de 15,428,281 MWh/año para el 2015 (SENER, 2015), la cual se dividió por el tasa de generación potencial de 650 kWh/m²/año (convertido a 650,000 MWh/km²/año para usar las mismas unidades de la generación eléctrica) para calcular el área requerida en términos de km². El área necesaria para cubrir la demanda de electricidad para Chihuahua fue de 23.74 km², que es menor que el área identificada por el modelo (8,660 km²).

El Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, 2016) publica mapas de radiación solar diaria promedio con una resolución espacial de 40 km para el área de México; con fines de comparación, el mapa de radiación del NREL fue procesado con ArcGIS® 10.2.1 para extraer solamente la información del estado de Chihuahua, obteniendo una radiación diaria promedio de 5.8 kWh/m²/día para el estado. Para obtener los mismos datos del modelo construido en este estudio, se calculó la radiación diaria promedio para el estado de Chihuahua dividiendo el raster de radiación global anual entre 365 días, resultando en una radiación diaria promedio de 5.4 kWh/m²/día que es muy similar al calculado con el mapa del NREL.

Este modelo permitió identificar y clasificar las zonas con mayor potencial fotovoltaico. Se destaca que seleccionar sitios con esta metodología ayuda a generar 2.20 veces más electricidad (650 kWh/m²/año) en lugar de seleccionar sitios aleatoriamente (295 kWh/m²/año), haciendo de este modelo de geoprocésamiento una muy buena herramienta para esta y otras aplicaciones de radiación solar en México,

dada la ausencia de datos calibrados a largo plazo para la radiación solar de estaciones meteorológicas (Valdes-Barrón *et al.*, 2014).

Las energías renovables tienen un gran potencial para el desarrollo sostenible, siempre y cuando se resuelvan los problemas relacionados con las políticas gubernamentales, las tecnologías, la infraestructura, la financiación y la gestión (incluidos los subsidios) (Cancino-Solórzano *et al.*, 2010; Breyer *et al.*, 2015; Afsharzade *et al.*, 2016; Rasul, 2016; Wiser *et al.*, 2016).

El potencial fotovoltaico de Chihuahua para la generación de electricidad, exclusivamente en las áreas de alto potencial, no solo supera las necesidades de electricidad de Chihuahua, sino que es 21 veces más alto que las necesidades actuales de México.

Actualmente, la Ley de Cambio Climático del Estado de Chihuahua (2014) apoya y promueve el uso de energías renovables, también la Ley de la Industria Eléctrica Mexicana (2014) ha establecido metas para promover el desarrollo sostenible de la industria eléctrica mediante el uso de energías limpias con la adquisición de certificados de energía limpia.

La reforma energética mexicana (2013) se considera una reforma verde, ya que facilitará las inversiones privadas en el desarrollo y despliegue tecnológico, adoptando energías menos contaminantes como la energía solar.

Conclusiones

El modelo de geoprocésamiento fue capaz de identificar y clasificar las áreas con mayor potencial, presentando resultados similares a los laboratorios internacionales, pero además este modelo tiene una mayor resolución espacial, lo que lo hace apto para la selección de sitios para parques solares. El modelo fue capaz de identificar 8,660 km² del territorio de Chihuahua donde los parques solares serían 2.20 veces más eficientes que el promedio estatal, de hecho solo 23.74 de 8,660 km² son necesarios para satisfacer plenamente su demanda de electricidad. Este resultado refleja la abundancia de energía solar en Chihuahua, que en las zonas seleccionadas es 364 y 21 veces superior a la de los requerimientos de electricidad en Chihuahua y México, respectivamente.

Literatura citada

- AFSHARZADE, N., Papzan, A., Ashjaee, M., Delangizan, S., Passel, S.V., and Azadi, H. 2016. Renewable energy development in rural areas of Iran. *Renew sust energ rev.* 65:743–755. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.042>.
- ALEMÁN-NAVA, G.S., Casiano-Flores, V.H., Cárdenas-Chávez, D.L., Díaz-Chavez, R., Scarlat, N., Mahlknecht, J., Dallemand, J.F., and Parra, R. 2014. Renewable energy research progress in Mexico: A review. *Renew sust energ rev.* 32:140–153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.004>.
- BREYER, C., Koskinen, O., and Blechinger, P. 2015. Profitable climate change mitigation: The case of greenhouse gas emission reduction benefits enabled by solar photovoltaic systems. *Renew sust energ rev.* 49:610–628. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.061>.
- CANCINO-SOLÓRZANO, Y., Villcaña-Ortiz, E., Gutiérrez-Trashorras, A.J., and Xiberta-Bernat, J. 2010. Electricity sector in Mexico: Current status. Contribution of renewable energy sources. *Renew sust energ rev.* 14:454–461. doi:10.1016/j.rser.2009.07.022.
- EPIA, European Photovoltaic Industry Association. 2010. Unlocking the Sunbelt Potential of Photovoltaics. Disponible en línea: http://www.mesia.com/wp-content/uploads/2012/08/EPIA-Unlocking_the_Sunbelt_Potential-of-photovoltaic.pdf.
- FU P., and Rich P.M. 2000. The solar analyst 1.0 user manual: Helios Environmental Modeling Institute LLC, 53.
- FU P., and Rich P.M. 2002. A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry. *Comput electron agr.* 37:25–35.
- INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2013. Inventario Nacional de Emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2010. México. ISBN: 978-607-8246-63-2. Disponible en línea: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/inf_inegei_public_2010.pdf.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2015. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua 2015. Disponible en línea: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825076191.pdf.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Continuo de elevación mexicano 3.0 (CEM 3.0), Disponible en línea: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continental/descarga.aspx> (accesado el 1/02/2015).
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2011. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Renewable energy sources and climate change mitigation, Summary for policymakers and technical summary. ISBN 978-92-9169-131-9. Disponible en línea: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf.
- IRANDOUST, M. 2016. The renewable energy-growth nexus with carbon emissions and technological innovation: Evidence from the Nordic countries. *Ecol indic.* 69:118-125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.03.051>.
- KYLKYS, S. 2016. Sustainable development of energy, water and environment systems index for Southeast European cities. *J. clean prod.* 130:222-234. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.121>.
- LEY DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA. Publicado en el Boletín Oficial, DOF 11-08-2014. Disponible en línea: <http://www.congresochihuahua.gob.mx/biblioteca/leyes/archivosLeyes/1001.pdf>.
- LEY DE INDUSTRIA ELÉCTRICA. Publicado en el Boletín Oficial, DOF 11-08-2014. Disponible en línea: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec_110814.pdf.
- MORAN, F., and Natarajan, S. 2015. Photovoltaic potential in historic dwellings: The potential to reduce domestic CO₂ emissions. *Journal of building engineering*; 3:70-78. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobe.2015.06.004>.
- NREL, National Renewable Energy Laborator. Disponible en línea: <https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=840V1j%255Bv%255D%3Dt&BL=goad&cE=0&lR=0&mC=3.297327991404266%2C-104.5458984375&zL=7> (accesado el 15/09/2016).
- OKOYE, C.O., Taylan, O., and Baker, D.K. 2016. Solar energy potentials in strategically located cities in Nigeria: Review, resource assessment and photovoltaic potential system design. *Renew sust energ rev.* 55:550–566. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.154>.
- OULD-AMROUCHE, S., Rekioua, D., and Hamidat, A. 2010. Modeling photovoltaic water pumping systems and evaluation of their CO₂ emissions mitigation potential. *Appl energy.* 87:3451-3459. doi:10.1016/j.apenergy.05.021.
- RASUL, G. 2016. Managing the food, water, and energy nexus for achieving the Sustainable Development Goals in South Asia. *Environmental development* 18:14-25. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2015.12.001>. Disponible en línea: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.
- REFORMA ENERGÉTICA. Gobierno de la república de México 2013. Disponible en línea: <http://cdn.reformaenergetica.gob.mx/explicacion.pdf>.
- REN, H., Wu, Q., Gao, W., and Zhou, W. 2016. Optimal operation of a grid-connected hybrid photovoltaic potential/fuel cell/battery energy system for residential applications. *Energy*, 113:702-712. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.091>.
- RICH, P.M., Dubayah, R., Hetrick, W.A., and Saving, S.C. 1994. Using viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Technical Papers. 524–529. Disponible en línea: http://professorpaul.com/publications/rich_et_al_1994_asprs.pdf.
- SENER, Secretaría de Energía, Sistema de Información Energética (SIE), Sector eléctrico Nacional, Generación bruta de electricidad por estado (megawatt-hora) 2015. Disponible en línea: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>.
- SENER, Secretaría de Energía, Sistema de Información Energética (SIE), Generación de energía bruta por tecnología 2015. Disponible en línea: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>.
- VALDES-BARRÓN, M., Rivero-Rosas, D., Arancibia-Bulnes, C.A., Bonifaz, R. 2014. The solar Resource Assessment in Mexico: State of the Art. *Energy procedia*, 57:1299–1308. doi: 10.1016/j.egypro.2014.10.120, Disponible en línea: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>.
- WISER, R., Millstein, D., Mai, T., Macknick, J., Carpenter, A., Cohen, S., Cole, W., Frew, B., Heath, G. 2016. The environmental and public health benefits of achieving high penetrations of solar energy in the United States. *Energy*, 113:472-486. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.068>. 

Este artículo es citado así:

Nevárez-Rodríguez, M.C., E. Estrada-De la Cruz, M. C. Valles-Aragón, C. B. Manjarrez-Domínguez, M. A. Sigala-Bustamante. 2016. Modelado del potencial fotovoltaico del estado de Chihuahua. *TECNOCENCIA Chihuahua* 10(3):154-160.

Resumen curricular del autor y coautores

MYRNA NEVÁREZ RODRÍGUEZ. Terminó su licenciatura en 2006, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero en Ecología por la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Realizó su posgrado en la misma facultad, donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el área de Manejo de Recursos Naturales en 2010 y el grado de Doctor en Ciencia y Tecnología Ambiental en 2014 por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV). Del 2011 al 2016 laboró en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH como profesor de hora clase y en septiembre del 2016 obtuvo la categoría de Académico titular B. Su línea de investigación se enfoca al área ambiental con especialización en manejo de recursos naturales e impacto ambiental. Ha dirigido 2 tesis de licenciatura y actualmente dirige 3 de maestría. Es autora de 2 artículos científicos indexados en JCR y 3 ponencias en congresos.

ESTEFANÍA ESTRADA DE LA CRUZ. Terminó su licenciatura en 2016, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero en Desarrollo Territorial por la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), realizó sus prácticas profesionales en el Instituto de Ecología (INECOL). Actualmente labora como extensionista rural en el municipio de Santa Isabel, Centro de extensión e innovación rural CEIR-UACH-SAGARPA.

CECILIA VALLES ARAGÓN. Culminó la licenciatura en Ingeniería Civil en la Universidad Autónoma de Chihuahua en 2004 y la maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental en el Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV) en 2008. Consecutivamente, obtuvo el grado de Doctor en Ciencia de Materiales por el CIMAV en 2013. Es Docente Investigador Titular C de la Universidad Autónoma de Chihuahua en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas desde 2014 a la fecha. Es Perfil Deseable para Profesores de Tiempo Completo desde Junio 2016. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores Nivel C desde Enero de 2015. Su área de investigación es Medio Ambiente, especializado en Problemas Ambientales y Aplicación de Ecotecnologías. Tiene bajo su dirección un proyecto de Ciencia Básica SEP-CONACYT como Joven Investigador vigente Agosto 2015 - Agosto 2018 y cuenta con 6 publicaciones en revistas JCR.

CARLOS MANJARREZ DOMÍNGUEZ. En el año 2001 egresó de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. En 2004 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias especialidad en Manejo de Recursos Naturales por la Facultad de Zootecnia y Ecología (UACH). Posteriormente realizó estudios de doctorado en la misma área. Del 2003-2010 laboró en Fundación Produce Chihuahua A. C. como Jefe del Área Técnica, donde realizó actividades de detección de demandas y oportunidades de los productores, evaluación y seguimiento de proyectos de investigación, validación y transferencia de tecnología. Del 2005-2009, profesor de tiempo parcial en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, y del 2007 a la fecha Profesor Investigador de Tiempo Completo en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua; actualmente con categoría ATC y posee el perfil Prodep. Su línea de investigación es gestión y desarrollo territorial aplicado a la producción sustentable de alimentos. Ha dirigido 17 tesis de licenciatura y posgrado, tiene 7 artículos publicados en revistas JCR. Ha dirigido 7 proyectos de investigación. Desde 2011 es miembro del comité técnico de evaluación de Fundación PRODUCE Chihuahua A. C. Es consejero técnico del SNITT de la SAGARPA y Presidente del Consejo Orgánico Ambientalista Chihuahua A.C. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores SNI en el Nivel 1 y a partir Octubre 2016 Secretario Adjunto de Recursos Hidráulicos en la Confederación AGRONÓMICA Nacional.

MARIO ALBERTO SIGALA BUSTAMANTE. Terminó su licenciatura en 1998, año en que le fue otorgado el título de Ingeniero Electrónico por el Instituto Tecnológico de Chihuahua. Desde 1999 labora en la industria maquiladora y ha estado en posiciones que incluyen Gerencias de Ingeniería y de Calidad. Durante su carrera ha dirigido 6 prácticas profesionales como opción a titulación de licenciatura. Ha creado desarrollos tecnológicos que incluyen uso de microprocesadores en el diseño de equipo de laboratorio para pruebas de polímeros, hornos de tratamiento térmico de grado y certificación aeroespacial, equipos de prueba de conductividad y dureza, medidores de índice de vegetación, redes inalámbricas para monitoreo remoto, así como diversos proyectos con bases de datos y páginas de internet. Desde 2016 abrió una consultoría, Horizon Applied Technology and Services, dedicada a la investigación científica, desarrollo tecnológico e implementación de servicios y nuevas tecnologías en la industria.