

SERIE PONENCIAS



MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD

Ciemat

Centro de Investigaciones
Energéticas Medioambientales
y Tecnológicas

PERSPECTIVAS DE SUSTENTABILIDAD EN MÉXICO



RED SUMAS Σ^+

"Sustentabilidad energética,
Medioambiente y Sociedad"

S E R I E P O N E N C I A S



MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD

Ciemat

Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas

Es propiedad:

EDITORIAL CIEMAT
Avda. Complutense, 40
28040-MADRID
2017

Catálogo general de publicaciones oficiales
<http://www.060.es>

Depósito Legal: M-35586-2017
ISBN: 978-84-7834-791-9
NIPO: 058-17-067-9

El CIEMAT no comparte necesariamente las opiniones y juicios expuestos en este documento,
cuya responsabilidad corresponde únicamente a los autores.

S E R I E P O N E N C I A S

PERSPECTIVAS DE SUSTENTABILIDAD EN MÉXICO



RED SUMAS Σ^+

"Sustentabilidad energética,
Medioambiente y Sociedad"



MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD

Ciemat

Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas

EDITORES (por orden alfabético)

Helena Cabal, Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España

Efraín Gómez-Arias, CONACYT-División de Ciencias de la Tierra, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE-Geo), México

Antonio Rodríguez Martínez, Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICA), Universidad Autónoma del Estado de Morelos México

AUTORES (por orden alfabético)

Nagamani Balagurusamy, Laboratorio de Biorremediación, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Torreón, Coahuila, México

Adrián Botello Mares, El Colegio de Chihuahua, México

Helena Cabal, Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España

Natàlia Caldés, Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas (CIEMAT), España

Julio Cárabe, Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas (CIEMAT), España

Esmeralda Cervantes Rendón, El Colegio de Chihuahua, México

Luis Ernesto Cervera Gómez, El Colegio de Chihuahua, México

Pablo René Díaz Herrera, Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INNEL), México

Gonzalo Escribano, Director del Programa de Energía y Cambio Climático del Real Instituto Elcano y Profesor titular de Economía Aplicada, UNED, España

Juan Manuel Fernández Morales, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, México

Rosa Laura Patricia Edith Franco González, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, México

Luis Fabián Fuentes Cortés, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, México

Suresh Kumar Gadi, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Coahuila, México

Efraín Gómez-Arias, CONACYT-División de Ciencias de la Tierra, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE-Geo), México

Antonio González-Fernández, División de Ciencias de la Tierra, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada y Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica (CeMIE-Geo), México

Inty Omar Hernández De Lira, Laboratorio de Biorremediación, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila, México

Ariel Macaspac Hernández, Käte Hamburger Center for Global Cooperation Research, University of Duisburg-Essen, Alemania

Carmen Lago, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España

Yolanda Lechón, Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas (CIEMAT), España

Adriana López Villanueva, Laboratorio de Biorremediación, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila, México

Gabriela Montano Armendáriz, Estudiante de Doctorado de El Colegio de Chihuahua, México

Lilia E. Montañez Hernández, Laboratorio de Biorremediación, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila, México

Elvia María Palacios Lozano, Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INNEL), México

María Vita Peralta Martínez, Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INNEL), México

Jordán Pérez Sánchez, Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INNEL), México

Dr. José María Ponce Ortega, Facultad de Ingeniería Química. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Ana Prades, Centro de Investigación Socio-Técnica/CIEMAT, España

Ana Pueyo, Institute of Development Studies, Reino Unido

Antonio Rodríguez Martínez, Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICA), Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Cely Celene Ronquillo Chávez, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México

Edgar Roberto Sandoval García, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, México

Baltazar Solano Rodríguez, UCL Energy Institute, University College London, Reino Unido

Rodolfo Antonio Tejada Guevara, Estudiante de Doctorado de El Colegio de Chihuahua, México

Alan Martín Zavala Guzmán, Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INNEL), México

REVISORES (por orden alfabético)

Helena Cabal, Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España

Natàlia Caldés, Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas (CIEMAT), España

Julio Cárabe, Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas (CIEMAT), España

Esmeralda Cervantes Rendón, El Colegio de Chihuahua, México

Luis Ernesto Cervera Gómez, El Colegio de Chihuahua, México

Gonzalo Escribano, Director del Programa de Energía y Cambio Climático del Real Instituto Elcano y Profesor titular de Economía Aplicada, UNED, España

Luis Fabián Fuentes Cortés, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, México

Inty Omar Hernández De Lira, Laboratorio de Biorremediación, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Coahuila, México

Gabriela Hernández Luna, Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp), Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Ariel Macaspac Hernández, Käte Hamburger Center for Global Cooperation Research, University of Duisburg-Essen, Alemania

Carmen Lago, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), España

Ana Pueyo, Institute of Development Studies, Reino Unido

Antonio Rodríguez Martínez, Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp), Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Edgar Roberto Sandoval García, Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, México

Alan Martín Zavala Guzmán, Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INNEL), México

Contenido

Prólogo	3
PERSPECTIVAS DEL DESARROLLO DE SISTEMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN MÉXICO	5
ANÁLISIS DEL COSTO NIVELADO DE ENERGÍA PARA DIVERSAS FUENTES RENOVABLES AL AÑO 2030 Y 2050. UN PARÁMETRO CLAVE EN LA TOMA DE DECISIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN	19
CAMBIO CLIMÁTICO. FACTORES CLAVE Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN EN AGRICULTURA. EXPERIENCIA CON CULTIVOS ENERGÉTICOS	31
IMPACTO DE POLÍTICAS CLIMÁTICAS GLOBALES Y NACIONALES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO MEXICANO.....	47
Diagnóstico del recurso solar y el desarrollo económico y social del Valle de Juárez, Chihuahua	59
AVANCES, RETOS Y PERSPECTIVAS DE BIOENERGÍA EN MÉXICO.....	69
UNA APROXIMACIÓN A LA GEOPOLÍTICA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	83
FACILITAR LA TRANSFORMACIÓN DE LA ECONOMÍA BAJA EN EMISIONES DE CARBONO EN MÉXICO – EL USO DE TIPOS IDEALES COMO ‘MODELOS TEÓRICOS’	93
LABORATORIO DE CAPTURA DE CO ₂ DEL INEEL	109
LA ACEPTABILIDAD SOCIAL DE LAS TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS	119
LA GEOTERMIA COMO ENERGÍA RENOVABLE Y SUSTENTABLE EN MÉXICO	135
TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DEL CO ₂ : DISEÑO, BARRERAS Y PRECURSORES.....	153
INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY COOPERATION: POLICIES, CHALLENGES AND OPPORTUNITIES RESULTS FROM THE BETTER PROJECT	169
EXTERNALIDADES MEDIOAMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICAS DE LA GENERACIÓN ENERGÉTICA	185
GREEN INVESTMENT DIAGNOSTICS	199
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA: DE LA SUBVENCIÓN AL AUTOCONSUMO.....	217

Diagnóstico del recurso solar y el desarrollo económico y social del Valle de Juárez, Chihuahua

Esmeralda Cervantes Rendón¹, Cely Celene Ronquillo Chávez², Gabriela Montano Armendáriz³, Rodolfo Antonio Tejeda Guevara³, Luis Ernesto Cervera Gómez¹ y Adrián Botello Mares¹

¹ El Colegio de Chihuahua. *E-mail*: ecervantes@colech.edu.mx

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

³ Estudiante de Doctorado en Investigación de El Colegio de Chihuahua.

Resumen

El Valle de Juárez se encuentra ubicado en el norte del estado de Chihuahua, colinda con el estado de Texas de Estados Unidos, su principal actividad económica es la agropecuaria con la producción de algodón, alfalfa, trigo, avena, cebada y sorgo. En esta región se realizó un diagnóstico económico, social y de evaluación del recurso solar con el fin de identificar los aspectos que pueden ser considerados para la implementación de un sistema fotovoltaico para el bombeo de agua subterránea para riego. En cuanto a la parte económica, se observó una disminución de la superficie cosechada de 14,043.57 hectáreas en el 2003 a 12,144.43 hectáreas en el 2015. Respecto a la venta de energía, el 41.5% es para uso agrícola. En cuestión de desarrollo social, se ha identificado una lucha social constante por diferentes acciones que les han afectado. Finalmente, se comprobó que es una zona con un alto potencial solar, registrando una irradiación promedio para el mes de abril de 2016 para la zona de Praxedis G. Guerrero de 6.89 kWh/m².

1. Introducción

El Valle de Juárez se encuentra ubicado en el estado de Chihuahua, entre la frontera de México y EEUU, al margen del Río Bravo. Está constituido por 3 municipios (Juárez, Guadalupe y Praxedis G. Guerrero) con 23 localidades rurales. La actividad económica dominante en la región es la agropecuaria, destacando la producción de algodón, alfalfa, trigo, avena, cebada y sorgo. Dichas actividades históricamente se han abastecido con los escurrimientos del Río Bravo (COCEF, 2015), entre otras fuentes.

Sus inicios datan a partir de la Guerra entre México y Estados Unidos, suceso en el que se pierde el territorio de Texas, Nuevo México y California y se conforma una nueva frontera cercana a los márgenes del Río Bravo, entonces denominado Río Grande, pactada el 2 de febrero de 1848 con el Tratado de Guadalupe Hidalgo (González, 2002). Uno de los resultados de dicho tratado fue que muchas familias fueron desterradas al lado mexicano resultando nuevas comunidades rurales que dieron lugar a la región hoy conocida como El Valle de Juárez.

Por otro lado, en cuestión del uso de energías renovables, en especial la energía solar fotovoltaica, en México se ha identificado la importancia de su estudio y opciones de aplicación ya que recibe cantidades importantes de radiación solar en todo su territorio, en particular pero no exclusivamente, en los estados del norte y noroeste: Chihuahua, Baja California, Sonora, pero también hay otras partes del territorio (Arancibia-Bulnes et al., 2013), además de que es una fuente limpia, probablemente inagotable y de bajo costo a largo plazo (Chacón et al, 2008).

El objetivo del presente trabajo es identificar la situación económica y social de la agricultura en el Valle de Juárez, y la evaluación del recurso solar de esta región, con el fin de determinar los aspectos que pueden ser considerados para la implementación de un sistema fotovoltaico para el bombeo de agua subterránea para riego.

2. Datos económicos y de consumo eléctrico de la región

Según datos presentados por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016), la actividad agrícola en el Valle de Juárez ha logrado llegar a las 14 mil hectáreas en solamente tres años (2003, 2005 y 2009), mientras que en los demás años ha disminuido, reflejándose principalmente este decremento a partir del 2009 hasta el 2012 (Figura 1).

Esto coincide también con un decremento en la población del Valle de Juárez, como en el caso del municipio de Praxedis G. Guerrero que en el 2005 su población total era de 8,514 habitantes y pasó a 4,799 habitantes para el 2010 (INEGI, 2010), periodos en los que se incrementó la violencia relacionada a actividades del crimen organizado, como fueron los homicidios dolosos registrados en el estado de Chihuahua, de 550 en el 2005 a 3,903 en el 2010 (Observatorio Nacional Ciudadano, 2017).

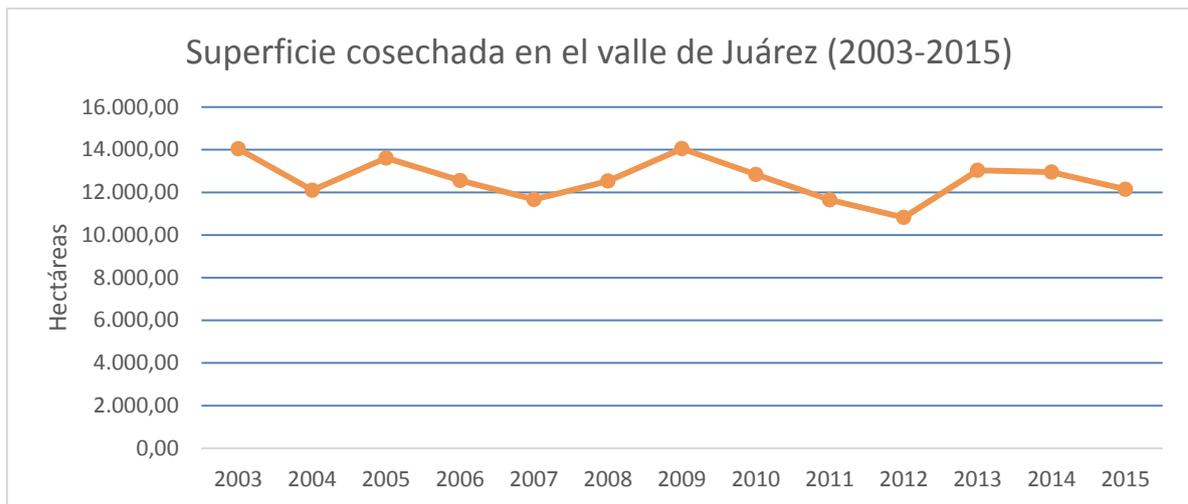


Figura 1. Superficie cosechada en el Valle de Juárez (2003-2015). Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (2016)

De acuerdo con la información de cierre del ciclo agrícola del 2015 (SIAP, 2016), los principales cultivos en esta zona fueron el algodón, la alfalfa, el trigo, la nuez y el sorgo forrajero, siendo el algodón el que representó la mayor proporción con respecto a la superficie cosechada total (Figura 2).

Superficie cosechada (2015)
Proporción por cultivos



Figura 2. Proporción de cultivos de la superficie cosechada en el año 2015. Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP

El valor de la producción de estos cultivos representó el 88% del valor total de la producción del 2015. El algodón y la nuez fueron los dos cultivos con mayor valor de esta zona (Tabla 1), los cuales tienen un gran comercio a nivel internacional.

Tabla 1. Datos de producción agrícola del Valle de Juárez. Fuente: Elaboración propia con información del SIAP

Cultivo	Producción (Ton)	Valor total de la producción (miles de pesos)	Valor por tonelada (miles de pesos/Ton)
Algodón hueso	17,759.35	\$197,245.82	\$11,106.59
Nuez	1,272.90	\$108,196.50	\$85,000.00
Alfalfa verde	180,003.60	\$85,893.29	\$477.18
Trigo grano	7,811.10	\$23,433.30	\$3,000.00
Sorgo forrajero verde	24,515.92	\$13,238.60	\$540.00

El valor de la producción expresado en términos reales durante el periodo 2003-2015 muestra una tendencia al alza, presentando una tasa media de crecimiento anual del 3.58% (Figura 3).

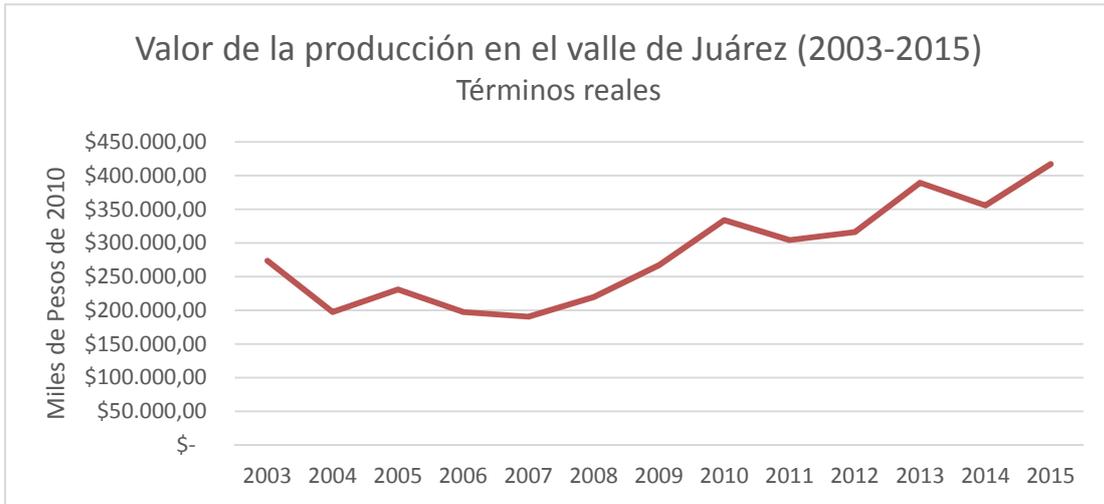


Figura 3. Valor de la producción en el Valle de Juárez (2003-2015). Fuente: Elaboración propia con información del SIAP

Dentro de los municipios que componen el Valle de Juárez, se muestra el tipo de consumo eléctrico de Praxedis G. Guerrero, del que se desprende, que de acuerdo al volumen de venta de energía eléctrica, el 41.5% (2,934 MWh) corresponde al uso agrícola (Tabla 2). Por otro lado, es importante mencionar que de acuerdo al censo de población y vivienda de INEGI (2010) la población del Praxedis contó con un 97.6% de cobertura de acceso a la electricidad ya que, de las 2740 viviendas particulares habitadas, 2672 disponen de luz eléctrica.

Tabla 2. Volumen de ventas de energía eléctrica en MWh, según tipo de servicio al 2014, de Praxedis G. Guerrero: Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2015)

Total	Doméstico	Alumbrado público	Bombeo de aguas potables y negras	Agrícola	Industrial y de servicio
7,075	1,262	571	65	2,934	2,243

En cuanto a las fuentes de agua para riego en el Valle de Juárez se identificaron principalmente tres: 1) las aguas del Tratado internacional de 1906 entre México y los Estados Unidos de América procedentes del río Bravo; 2) aguas residuales tratadas provenientes de Ciudad Juárez y 3) agua subterránea del Acuífero Valle de Juárez (Bolsón del Hueco).

3. Desarrollo social de la agricultura en el Valle de Juárez

Del algodón, considerado el “oro blanco”, existen diversas descripciones del sembrado en esta región debido a que era considerado de muy alta calidad, ya que se caracterizaba por ser de tonos fuertes en verde y blanco, y a que la longitud de su fibra lo hacía diferente al de otras regiones aunque implicaba un mayor costo de producción y su rendimiento se veía influido por las variaciones climáticas sobre las siembras (Aboites, 2013).

Para 1953 la siembra más fructífera en el Valle de Juárez era precisamente el algodón que para ese momento era considerado el segundo mejor en el mundo después del de Egipto. Pero se generó la celulosa la cual es creada a partir de la borra del algodón y se utilizó para producir fibras sintéticas como el rayón o artisela, fiocco y nylon que después desplazó a la propia fibra del algodón en la industria textil, ya que su aplicación avanzó rápidamente en Estados Unidos y Japón (Aboites, 2013). Dicha modificación en la industria textil repercutió en grandes extensiones de la zona agrícola, el conocido *dumping algodoneero*, en donde las bolsas de valores del mundo se desplomaron súbitamente y con ellas el precio del algodón (El Heraldo de Chihuahua, 4 de abril 1999). En 1993 se llevaban más de 40 años de haber apostado todo en la agricultura a la siembra del algodón, como en cualquier industria teniendo tanto buenas temporadas como complicadas debido a los múltiples factores de la zona como sequías y lo desfavorecido en la distribución del agua compartida entre Estados Unidos y México por medio de los tratados firmados de 1906 y 1944. Además hubo otras complicaciones en ese mismo año (1993) por el efecto de sus productos por el uso de aguas residuales y las altas concentraciones de amoníaco derivada del uso de los fertilizantes y las plantas productoras de hielo que utilizaron altas cantidades de ácido fluorhídrico y ácido sulfúrico para desinfectar el agua (Norte de Ciudad Juárez; 26 de julio de 1993, Diario de Chihuahua, 13 de agosto de 1993). Entre otros eventos que afectaron la zona se vivió el anuncio de la creación de un tiradero Nuclear en Sierra Blanca (Waste Dump) para el cual los pobladores de las localidades del Valle de Juárez y las del lado estadounidense se unieron para evitar su establecimiento que afectaría la salud de los locales, por lo que realizaron manifestaciones en México y EUA y recaudaron firmas con lo que ayudaron a evitar el asentamiento de dicho tiradero nuclear en 1998 (El Diario, 9 de julio de 1998; La Jornada, 31 de julio de 1998; El Heraldo de Chihuahua, 5, 7, 8, 9, 16 y 23 de agosto, 4, 8, 14, 18, 20 de septiembre de 1998). El suceso mencionado mostró la solidaridad y fortaleza de la población para hacer valer sus peticiones como ciudadanos ya que con el triunfo de su petición el 22 de octubre de 1998 mientras esperaban la resolución del Gobierno Estadounidense, en las afueras del Capitolio en Austin, Texas, con matachines danzaron la danza de la victoria, característica de su localidad.

4. Diagnóstico del recurso solar del Valle de Juárez

Las funciones del análisis espacial en un Sistema de Información Geográfica (SIG), para la medición de la radiación solar, otorgan un panorama de la evaluación de este recurso. Los rasgos de la topografía pueden ser estimados por operaciones sistematizadas en los SIG, por

medio de los datos aportados en un Modelo Digital de Elevación (MDE). Por lo que para este trabajo se utilizó una extracción del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM 3.0) de INEGI (2013) para el área de estudio, en formato ráster de banda entrelazada por línea (BIL), con los datos de altitud en metros en una resolución de 15 metros (15m x 15m por píxel). Para nuestro objetivo, se definió el cálculo para un área geográfica completa, el Valle de Juárez, y no información puntual interpolada. Esto por medio de tres pasos (Esri, 2016):

1. El cálculo de una cuenca visual hemisférica que mira hacia arriba basada en la topografía
2. La superposición de la cuenca visual en un mapa solar directo para calcular la radiación directa
3. La superposición de la cuenca visual en un mapa celeste difuso para calcular la radiación difusa

Los parámetros utilizados fueron los siguientes:

- Los valores del MDE relativo al área del acuífero, para los cálculos topográficos.
- Para el cálculo de declinación y posición solar de la zona se ha asignado una latitud media en los 31 grados norte, para el periodo de los días de verano.
- Se ha definido un modelo de difusión uniforme, en la cual la radiación difusa entrante es la misma desde todas las direcciones del cielo.
- La proporción de flujo de radiación difusa se ha establecido por días con condiciones de cielo generalmente claras (30% de días nublados).

Con estos datos se logró obtener un mapa de insolación global en el verano (en kWh/m²) para la región del Valle de Juárez (Figura 4).

Las mayores cantidades de radiación durante los días de verano, en color rojo y amarillo fuerte (insolación alta), se interpretan como áreas de alto potencial de aprovechamiento para la recepción de energía solar por medio de las tecnologías de transformación. Estas áreas se localizan espacialmente en planicies al sur y suroriente del área urbana de Ciudad Juárez, así como en prácticamente toda la zona agrícola contigua al Río Bravo, con mayor notoriedad en el área circundante a las cabeceras municipales de Guadalupe y Praxedis G. Guerrero.

La mayor parte del territorio medido se cubre por una insolación media, en color cyan y amarillo claro, muy visible en las inmediaciones a las Sierras Guadalupe, La Amargosa y El Presidio, principalmente en las planicies que se encuentran rodeadas por ellas. Estas zonas pueden ser factibles para transformación de la energía solar eléctrica o térmica realizando análisis de mayor precisión, como antes se menciona.

Finalmente, la insolación baja, en color azul, son las áreas donde no se tiene la aptitud deseada para la captación de energía solar. Aunque la medición puede ser relativa, al tratarse de un área predominantemente apta, los niveles exactos calculados no alcanzan esas proporciones de aptitud. Estas áreas se encuentran primordialmente al este de las principales elevaciones de

la región, es decir, donde las sombras del atardecer caen hacia ese lado y no se permite una radiación directa tan duradera.

Por otro lado, se llevó a cabo la recopilación de información de tres estaciones de monitoreo de la región de tres instituciones, la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en donde se obtuvieron los siguientes datos de irradiación solar acumulada diaria para el mes de abril de 2016 (Tabla 3).

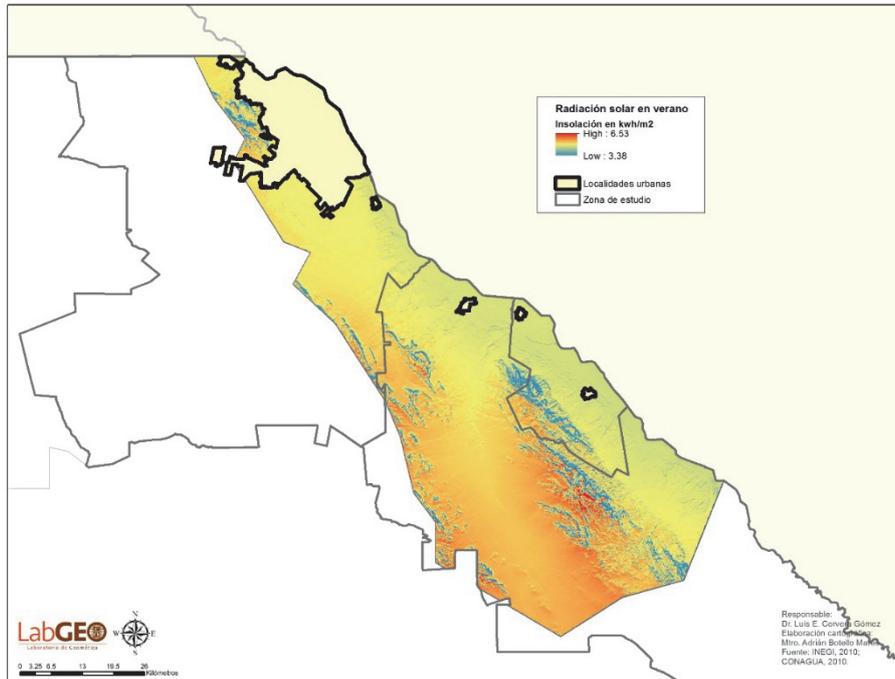


Figura 4. Radiación solar de las zonas rurales del Valle de Juárez. Fuente: Cervera, Luis y Botello, Adrián con datos de INEGI 2010, CONAGUA 2011

La base de datos de la CONAGUA se sincronizó ya que sus horarios no corresponden a los niveles de irradiación por lo que es necesario adecuarlos, razón por la cual se tomó como base los datos de las demás estaciones meteorológicas para ajustar los horarios e irradiancia. Una vez realizados los ajustes a la base de datos se dio inicio al proceso de integración numérica a través de la metodología de integración de la regla trapezoidal de los datos de irradiancia presentados con datos instantáneos tomados cada 10 minutos. Esta información expresada en potencia por unidad de área (W/m^2) al ser integrada en función del tiempo permite obtener la energía por unidad de área en un tiempo determinado, comúnmente en una hora, obteniendo así el valor de energía disponible por metro cuadrado durante un día.

Si se toman los datos de la Tabla 3, se obtiene que el promedio de irradiancia para el mes de abril de 2016 para la zona de Praxedis G. Guerrero fue de 6.89 kWh/m^2 .

Tabla 3. Irradiación acumulada diaria total. Los datos se presentan en unidades de Wh/m², los totales se presentan en kWh/m². Fuente: Elaboración propia con datos de CFE, CONAGUA y UACJ.

Mes	Día	CONAGUA	UACJ	CFE
Abril 2016	1	226.2	225.0	222.00
	2	230.5	225.3	221.90
	3	207.3	201.9	204.88
	4	219.3	213.9	209.41
	5	181.1	172.4	167.70
	6	188.6	165.1	151.44
	7	187.9	193.3	186.31
	8	148.1	139.5	136.66
	9	228.1	221.0	211.45
	10	250.7	238.5	235.11
	11	184.3	236.4	226.49
	12	223.6	232.0	224.90
	13	256.4	247.6	238.66
	14	251.6	243.8	229.32
	15	255.1	249.9	238.79
	16	252.5	249.6	238.21
	17	257.0	252.7	241.41
	18	263.5	255.3	245.85
	19	257.7	244.1	238.14
	20	260.5	249.0	236.18
	21	262.1	253.1	244.65
	22	230.8	243.6	231.12
	23	246.8	233.4	238.99
	24	264.1	255.2	254.44
	25	263.1	260.4	255.03
	26	261.6	260.0	253.93
	27	277.2	264.6	254.69
	28	236.0	233.6	231.82
	29	241.2	240.3	222.65
	30	231.7	227.4	201.99
Total		7.04	6.93	6.69

5. Conclusiones

Después de realizar el presente diagnóstico, se identificó la gran importancia de considerar los factores económicos y sociales cuando se desea implementar un tipo de energía alternativa. En el caso del Valle de Juárez se observó que el comportamiento de la economía en los cambios de superficie cosechada a través del tiempo se ve afectada también por factores sociales, como son el incremento de la violencia, ya que a partir del 2009 al 2012, se identifica este declive, presentando el mayor descenso en el 2012, que fueron los años con más altos índices de violencia en el estado y en esa región. Un factor social interesante identificado es el que esta población se ha organizado por la defensa de diferentes causas, aunque ha sufrido una disminución de su población en los últimos años, por lo que se considera importante realizar un estudio sobre la aceptabilidad de la población para utilizar este tipo de energía.

En cuanto al consumo de energía eléctrica por concepto de bombeo para riego, en Praxedis fue de 2,934 MWh al 2014, si se toma en cuenta el aviso sobre el factor de emisión eléctrico publicado el 23 de junio del 2016 por la SEMARNAT que indica que el factor de emisión para el

cálculo de emisiones indirectas por consumo de electricidad para el periodo 2015, cuando el proveedor sea Comisión Federal de Electricidad, será de 0.458 toneladas de CO₂/MWh, el cual deberá multiplicarse por el consumo eléctrico (en unidades de Mega Watts hora) para obtener la emisión indirecta por consumo de electricidad, se puede deducir que el consumo de energía implica 1,344 Toneladas de emisiones de CO₂ a la atmósfera anualmente.

Mientras que en lo que respecta al recurso solar, se identifica que es una zona con un alto potencial, en especial en el municipio de Praxedis G. Guerrero y parte del municipio de Guadalupe. Sin embargo, en consideración de los factores económicos y sociales se observa necesario el apoyo por otras instancias para realizar este tipo de inversión, pero antes de tomar una decisión de este tipo, se sugiere como una segunda etapa considerar los factores de calidad y disponibilidad de agua, así como realizar un análisis electromecánico del funcionamiento de las bombas y el pozo, con el fin de que la inversión realizada sea sobre equipo e instalaciones eficientes y con ello lograr primero un ahorro en el consumo eléctrico y del agua.

Agradecimientos

Estos resultados son parte del proyecto Análisis para el reemplazo de la energía eléctrica alternativa en sistemas de irrigación en el Valle de Juárez. Proyecto realizado con financiamiento de la Secretaría de Educación Pública-Subsecretaría de Educación Superior-Dirección General de Educación Superior Universitaria. CONVENIO No.: 2016-08-005-065.

Referencias

- Aboites, L., 2013. El Norte entre algodones, población, trabajo agrícola y optimismo en México 1930-1970. El Colegio de México.
- Arancibia-Bulnes, C. A., Peón-Anaya, R., Riveros-Rosas, D., Quiñones, J. J., Cabanillas, R. E., y Estrada, C. A., 2013. Beam solar irradiation assessment for Sonora, Mexico. *Energy Procedia*, 49, 2290–2296. Recuperado de: <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.03.242>
- Chacón Cardona, C. A., Cely, Ó. E., & Guerreo, F., 2008. Diseño y construcción de un medidor de radiación solar. *Revista Tecnura*, 23(12). Recuperado de: <http://tecnura.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/257>
- COCEF, 2015. Evaluación del Impacto de la Infraestructura de Saneamiento Básico en Comunidades del Valle de Juárez, Chi. 2013-2014. Recuperado de: http://www.cocef.org/uploads/files/evaluacin_impacto_valle_de_juarez_-_final_-_junio_16_2015_esp..pdfhttp://www.cocef.org/uploads/files/evaluacin_impacto_valle_de_juarez_-_final_-_junio_16_2015_esp.pdf

- Esri, 2016. "Modelar la radiación solar". Recuperado de: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/modeling-solar-radiation.htm>.
- Figuroa, U., Flores, M., Palomo, M., Corral, B., & Flores, J., 2010. Uso de biosólidos estabilizados con cal como fertilizante orgánico en algodónero para el Valle de Juárez, Chihuahua. *Revista ciencia y tecnología de la UACJ*. 8(1): 35-43.
- Garza, V; Fernández, I; Badii-Zabe, M & Quevedo, H., 2008. Parasitosis intestinales asociadas al reúso de las aguas residuales de Cd. Juárez, Chihuahua, en el Valle de Juárez, estudio de casos y controles. *El Colegio de Chihuahua*, p. 4.
- González, M., 2002. Breve Historia de Ciudad Juárez y su región. *El Colegio de la Frontera Norte*.
- INEGI, 2015. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua 2015. Consultado en: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2015/702825076191.pdf
- INEGI, 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. Consultado en: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/>
- Observatorio Nacional Ciudadano, 2017. Registro de tendencias por entidad federativa. Consultado en: <http://onc.org.mx/tendencia-por-entidad-federativa/chihuahua/>
- SIAP, 2016. Avances de Siembras y Cosechas. Resumen nacional por estado. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do