

EL CLIMA Y POTENCIAL SOLAR EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JALISCO, MEXICO. PERSPECTIVAS DE USO ENERGETICO

Ulloa H, García M, Meulenert A, García O, Ramírez H, Alcalá J.

*Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías
División de Ciencias Básicas / Departamento de Física
*Instituto de Astronomía y Meteorología
Tel: (33) 36 16 49 37 Ext. 112
Email: hector@astro.iam.udg.mx*

Resumen

En este trabajo se analizan una serie de estudios de la caracterización del clima de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), realizado por diferentes grupos de investigadores e instituciones gubernamentales, en distintos años. Lo anterior, con la finalidad de conocer el clima local y, en particular, el papel que juega la radiación solar.

Palabras clave: Caracterización del clima, Zona Metropolitana de Guadalajara y Potencial solar.

Abstract

This paper analyzes different studies characterizing the climate of the metropolitan area of Guadalajara (ZMG), conducted by different research groups and governmental institutions, in different years. This is in order to give relevance to the local climate and the role of solar radiation in it.

Key words: Characterization of the climate, the Guadalajara metropolitan area and solar potential.

Introducción

Con el paso del tiempo, los grupos sociales antiguos iban adquiriendo conocimientos acerca del movimiento del sol y los ciclos lunares, e incluso aprendieron a conocer el clima de la zona donde se desarrollaban. De forma sorprendente, en aquella época se aprovechaban mejor los recursos naturales (sol), donde las construcciones eran orientadas al sol para hacerse llegar la energía (calor). En la actualidad se cuenta con

tecnologías que no se han implementado y no son aprovechadas para la obtención de la energía que emite el sol.

La caracterización de un clima local tiene que ver con la cantidad de radiación solar que capta ese territorio; la insolación en un sitio puede que no sea similar a otro sitio cercano. Las condiciones solares locales pueden variar en forma significativa de lugar a lugar, particularmente en áreas montañosas (Del Toro, 2009).

El Sol, nuestra estrella, nuestra energía (figura 1), es quien domina de manera abrumadora la práctica total de la actividad sobre nuestro planeta (clima) y, naturalmente, debe jugar un papel importante en la satisfacción de las necesidades contemporáneas y futuras de nuestra civilización en términos de energía. El Sol es, por ende, un ingrediente esencial en el futuro de la Humanidad (Bachiller R 2009).

Por lo tanto, es importante estudiar el potencial solar y su aprovechamiento óptimo en zonas donde pueda darse su utilización para la generación de energía.



Figura 1. El sol y algunas aplicaciones. Imágenes google

Análisis

México, se encuentra geográficamente ubicada dentro del llamado Cinturón Solar Global (CSG) (figura 2), según la Asociación de la Industria Solar Fotovoltaica Europea, EPIA, por sus siglas en inglés. En un estudio publicado en 2010, considera que los países ubicados en esta zona (entre las latitudes de $\pm 35^\circ$ respecto al ecuador), tienen un potencial solar que aún no ha sido eficazmente explotado.

Los países dentro del CSG representan alrededor del 75% de la población mundial y el 40% de la demanda mundial de electricidad. No obstante, los elevados niveles de radiación solar, la capacidad instalada en estos países apenas representa el 9% a nivel mundial (Amelio, 2011).

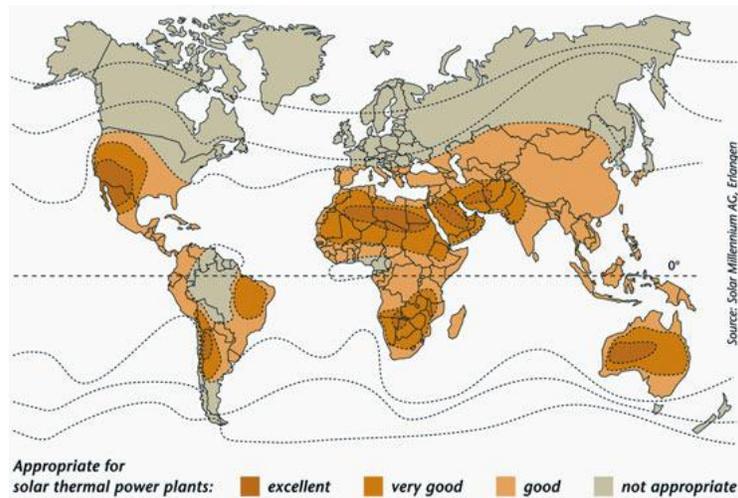


Figura 2. Imagen del cinturón solar global. www.desertec.org

El Gobierno de México, a través de la secretaria de Energía (SENER, 2010), dentro del proyecto de electrificación rural del país tiene dos objetivos principales: el primero de ellos es integrar en las áreas rurales servicios energéticos integrados que sean eficientes y sostenibles; y el segundo, mejorar la calidad de vida. De esta manera y con la finalidad de incentivar el uso de las energías renovables, ha creado el *Atlas de Potencial solar y Eólico de la República Mexicana* (Figura 3), documentos que son de uso público y que, por supuesto, servirían como base para un estudio a nivel local.

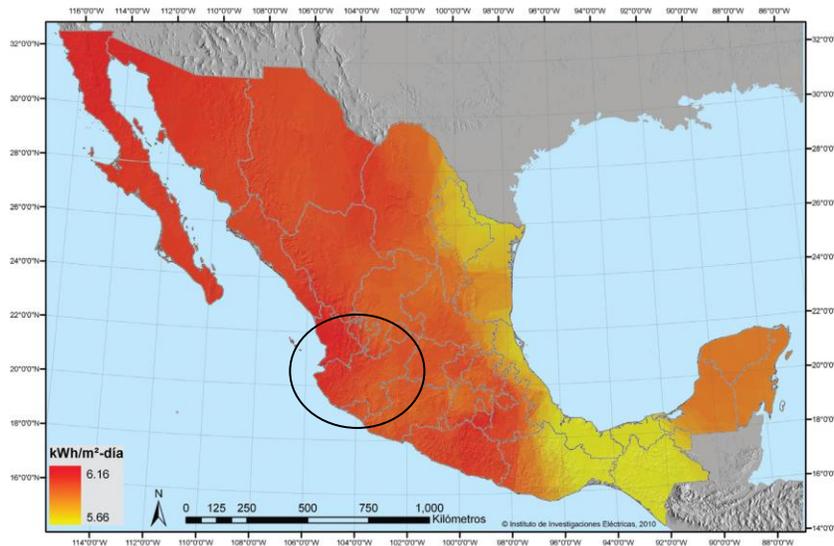


Figura 3. Irradiación solar global anual (SENER, 2010)

Bajo este contexto, se puede determinar porque el territorio de la República Mexicana cuenta fundamentalmente con climas tropicales, secos y templados. Por su ubicación en el continente americano, por su geografía, latitud y altitud, predominan los climas secos en aproximadamente el 50% del país; el clima tropical, ocupa el 30% del territorio y el clima templado un 20% (Rojas, 10/07/2011).

Los planes de desarrollo de energía solar son quizás los más benéficos desde el punto de vista ambiental. Los impactos de este tipo de propósitos son específicos para cada tipo de ubicación; sacar provecho del potencial solar en el territorio depende de distintos aspectos, tales como, las condiciones meteorológicas y climatológicas que imperan en la zona, la intensidad de radiación solar recibida en la superficie, además de las horas/sol que se registran diariamente. Si la posición geográfica de la zona es favorable y los datos climáticos entran en el rango permisible, se pueden llevar a cabo tareas de aprovechamiento de la energía solar.

Ciudad de Guadalajara

Existen antecedentes en la literatura a cerca de varios trabajos de investigación sobre las condiciones climáticas de la ciudad de Guadalajara. García (1983), reporta en sus resultados que la ciudad de Guadalajara se encuentra en una zona climática templada, subhúmeda con lluvias en verano. Comenta que el período de lluvias, con precipitaciones entre 700 a 900 mm comprende los meses de mayo a octubre, mientras que, de noviembre al mes de abril, es la denominada temporada de seca o de poca lluvia, donde se presentan precipitaciones menores a los 70 mm.

En el año de 1997, el Gobierno del Estado de Jalisco (GEJ), a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAP) y la Secretaría de Salud (SS), presentó un trabajo de investigación en donde uno de sus apartados muestran el comportamiento de parámetros importantes en la zona (tabla 1).

Tabla 1. Comportamiento de parámetros meteorológicos. Promedio de 30 años en la ZMG (GEJ/SEMARNAP/SS, 1997)

Parámetro	Registro
Temperatura media mensual	22.8 °C
Temperatura máxima promedio mensual	33.3 °C (mayo)
Temperatura máxima extrema	36.1 °C (mayo 1983)
Temperatura mínima promedio mensual	4.8 °C (diciembre)
Temperatura mínima extrema	-5.5 °C (enero 1955)
Precipitación media mensual	> a 100 mm
Precipitación máxima mensual	269.4 mm (julio)
Días despejados, promedio mensual	19.1 (marzo)
Días despejados, mínimo mensual	1 (julio)
Días nublados, promedio mensual	17.8 (julio-septiembre)
Insolación mensual	> en marzo y junio
Días con lluvia, promedio anual	99.9 mm (julio es el más lluvioso y marzo el más seco)
Días con granizo, promedio anual	2.7 (agosto el mayor y febrero el menor)
Días con tempestad eléctrica, promedio anual	13.3 (julio el mayor y el menor marzo)
Días con niebla, promedio anual	14.3 (octubre el mayor y el menor marzo)
Días con nevadas, promedio anual	0.03

De acuerdo a datos observados y considerando que Guadalajara recibe más de 270 días al año con un promedio de 9 horas de sol (Instituto de Astronomía y Meteorología: IAM), se puede considerar a esta ciudad como un lugar ideal para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua y la producción de energía eléctrica.

Un estudio realizado por Davydova et al. (1999), determinó las principales características climatológicas de la región y su variación durante el período de observaciones. Utilizando las series largas de temperaturas mínimas y máximas y de precipitación anual para los períodos de 1890 a 1996 y 1881 a 1996, respectivamente y de humedad relativa, dirección y velocidad del viento de 1960 a 1996 de la estación climatológica del IAM-Universidad de Guadalajara, obtuvo una serie de resultados significativos (tabla 2).

Tabla 2. Parámetros climatológicos de la ciudad de Guadalajara, Jalisco, México (Davydova et al, 1999)

Parámetro	Media	Desviación estándar
Temperatura máx. ° C	26.5	7.8
Temperatura mín, ° C	11.9	4.3
Temperatura, ° C	19.2	5.4
Humedad relativa, %	62.4	14.8
Precipitación, mm Hg	892.2	153.5
Presión atmosférica, Mb	845.5	6.7
Dirección del viento, grad.	225.0	-
Velocidad del viento	3.4	2.1

Estos datos muestran las características climatológicas de Guadalajara correspondientes a un clima semicálido - climas de transición entre cálidos y templados - con temperatura media anual por encima de los 18 °C. Con esto se puede señalar que la ciudad tiene un clima estable durante la mayor parte del año, y eso puede ser observable en el cambio de temporada seca o de poca lluvia a temporada de lluvias.

Por último, un estudio reciente al respecto (González et al, 2007), arroja como resultado que tiene un clima semicálido, con temperatura media anual por encima de los 18 °C. Adicionalmente en esta investigación se hace mención a la radiación solar incidente en superficie expresada en calorías por cm² por día, en un lugar determinado y hace notar el potencial con que cuenta la zona para el aprovechamiento de esta fuente de energía inagotable.

En referencia a la variable solar, el estudio comprende la curva de duración del día, teniendo un comportamiento regular de ascenso y descenso, modificándose de acuerdo con el avance del año (traslación de la Tierra y declinación con respecto al ecuador), dando como resultado una duración distinta de los días y consecuentemente una desigual carga solar en las diferentes estaciones del año (tabla 3 y figura 4).

Tabla 3. Radiación solar en calorías por cm² por día, y duración del día en horas en promedio para la ZMG (González et al, 2007)

VARIABLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Radiación solar	372.7	463.7	534.0	574.0	600.5	527.0	504.0	513.8	462.3	446.8	411.4	343.3
Duración del día	10.9	11.3	11.9	12.5	13.0	13.3	13.1	12.7	12.1	11.5	11.0	10.7

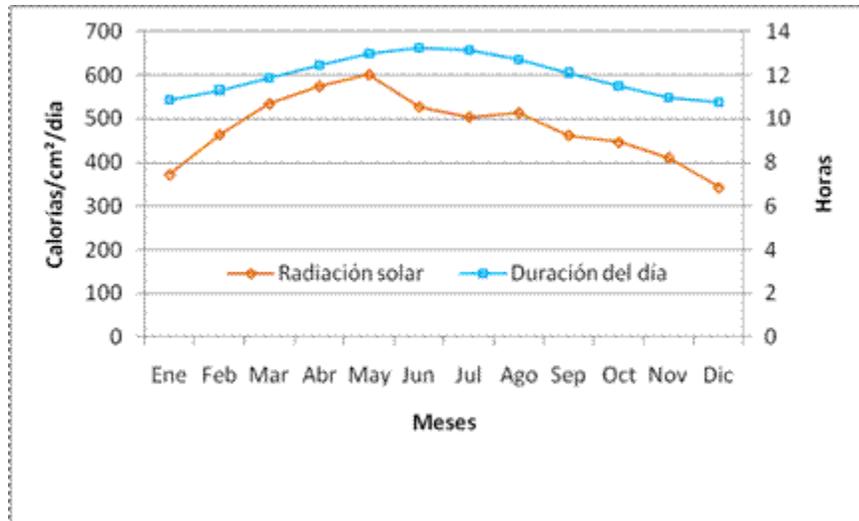


Figura 4. Radiación solar y duración del día en promedio para la ZMG (González et al, 2007)

Ubicación Geográfica

La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), se ubica al centro del Estado de Jalisco; las coordenadas extremas entre las cuales se encuentran son: Latitud norte 20°46'00'', Latitud sur 20°32'08'', Longitud oriental 103°12'30'', Longitud occidental 103°29'00'' aproximadamente y a una altitud promedio de 1,540 metros sobre nivel del mar (Figura 5). Comprende áreas de los Municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan, así como sus Cabeceras Municipales. (Ramírez et al. 2008, SEMARNAP/SS/GEJ 1997).

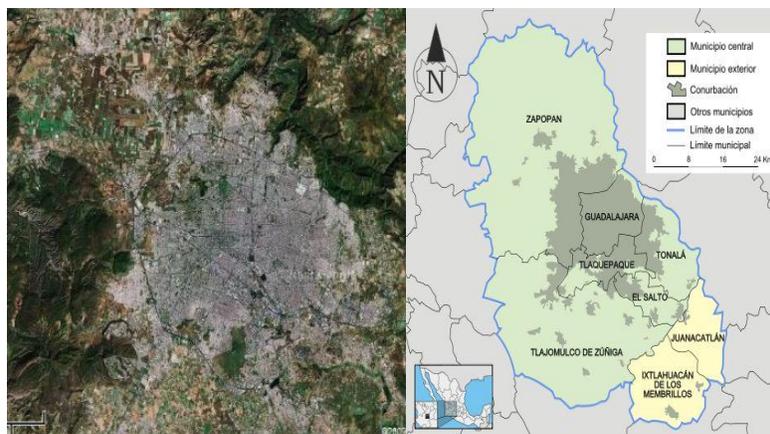


Figura 5. Caso de estudio: Zona Metropolitana de Guadalajara – Ubicación geográfica.

METODOLOGÍA

La metodología consiste en el análisis cualitativo de los estudios sobre características climáticas de la Zona Metropolitana de Guadalajara basadas en el sistema de clasificación de Köppen, realizado por grupos de investigadores e instituciones de gobierno en diferentes años. Además, se indagaron trabajos donde se reportan datos de radiación solar, para efectos de conocer su importancia e impacto dentro de la zona de estudio y así mismo, incentivar el uso de nuevas tecnologías basadas en el potencial local.

RESULTADOS

La ubicación geográfica de la zona de estudio indica condiciones óptimas para el aprovechamiento del potencial solar, por encontrarse ubicada dentro del cinturón solar global.

La orografía tiene influencia en cuanto al relieve de las montañas que circulan la zona; aún así, permiten la entrada de un mínimo de 9 horas promedio de asoleamiento al día, dependiendo de la estación del año (de los 365 días del año, 270 cuentan con estas horas sol).

Los diferentes estudios realizados con respecto a la caracterización del clima de la ciudad de Guadalajara y de Zona Metropolitana de Guadalajara, coinciden en que es una región con clima cálido durante la mayor parte del año, con temperaturas mayores a los 18° C, con una acumulación de lluvias promedio entre 700 y 900 mm por año. Esto favorece a la captación de energía emitida por el sol y la misma captación de agua pluvial.

En cuanto a los datos relacionados a la radiación solar de la zona de estudio, los últimos trabajos de investigación arrojan datos prometedores con respecto al potencial solar local.

Conclusiones:

La Republica Mexicana y ZMG están ubicadas geográficamente dentro del Cinturón Solar Global y son de las que más radiación solar recibe.

Los diferentes estudios revisados, dan como resultado que la ZMG se caracteriza por presentar estaciones del año muy cálidas, con un generoso recurso solar donde se pueden realizar procesos de planeamiento en este tipo de climas para diseñar e innovar tecnología basada en el potencial solar.

La apropiada utilización de la energía solar disponible es un avance trascendental en la búsqueda de la generación y uso eficiente de la energía, tan necesaria en estos tiempos.

Se debe estimar la disponibilidad de luz del Sol en el sitio. Es imposible predecir las condiciones solares para un día específico, pero los registros meteorológicos que cubren un período de varios años proporcionan suficientes datos para diseñar la mayoría de las nuevas tecnologías basadas en la energía solar.

Se debe incentivar a los diferentes actores sociales a voltear con mayor certidumbre hacia el desarrollo y aprovechamiento del potencial solar.

BIBLIOGRAFIA

- Bachiller R. (2009). "El sol: nuestra estrella, nuestra energía". Observatorio Astronómico Nacional. Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento . Pag. 381-382.
- José Ma. Cuadrat & Ma. Fernanda Pita (1997). "Climatología". Madrid, España. Editorial Cátedra.
- García, O. y A. Meulenert (2007): "Fundamentos de Meteorología y Climatología". Universidad de Guadalajara. 209 pp. ISBN 970-764-284-X
- OMM, (1992): "Vocabulario Meteorológico Internacional". Organización Meteorológica Mundial. 784 pp. ISBN: 92-63-02182-1
- Kelly, J. (1993): "¿Cómo ser un experto en clima?". Editorial Lumen. 45 pp.
- Bernard J. Nebel y Richard T. Wright. (1999). Ciencias Ambientales: Ecología y desarrollo sostenible. México: Pearson.
- Roger G. Barry & Richard J. Chorley. (1999). *Atmósfera, Tiempo y Clima*. Barcelona, España: Omega.
- García de Miranda Enriqueta (1983). *Apuntes de Climatología*, México, D.F., UNAM.
- Rojas, J. C. (última fecha de consulta 10/07/2011). *Atlas Agroclimático de la Republica Mexicana*. México: Departamento de Geografía/ UNAM.
- González A, Loza L y Gómez J (2007): Características Climáticas Generales en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG). PP 16. <http://sincronia.cucsh.udg.mx/gonzalezsalazarspring2010.htm>
- Amelio, M. R. (2011). Energía fotovoltaica: Presente y futuro. *Revista de Energías Renovables*. ANES, AC. Número 9 Año 3 Enero-Marzo 2011, 28PP.
- Ramírez H., Andrade M., De la Torre O., García M., Meulenert A., García O., Alcalá J. (2008). Evaluación de eventos climáticos extremos y su impacto en la salud en América Latina. Universidad de Guadalajara. ISBN: 978-970-27-1324-1. Págs. 180. México.
- Base de datos meteorológico, 2010. *Instituto de Astronomía y Meteorología. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías*. Universidad de Guadalajara

- GEJ/SEMARNAP/SS. (1997). Programa Para El Mejoramiento De La Calidad del Aire En La Zona Metropolitana De Guadalajara. 1997-2001. Guadalajara: Gobierno del Estado de Jalisco. 240 p.
- Davydova V, Skiba Y, Bulgakov S y Martínez A. (1999). Modelación Matemática de los Niveles de Contaminación en la Ciudad de Guadalajara, Jalisco, México. Parte I. Microclima y Monitoreo de la Contaminación. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 103-111.
- Del Toro, M. (2009). Edificación Sustentable en Jalisco. Secretaria de Medio ambiente y Desarrollo Sustentable. Prometeo editores. Guadalajara, Jalisco. México. 302 p.