



Potencial de la Energía Solar en el Estado de Veracruz. México

Autor: Eunice Villicaña Ortiz

Institución: Universidad de Oviedo

Otros autores: Jose Pablo Paredes Sánchez (Universidad de Oviedo); Jorge Xiberta Bernat (Universidad de Oviedo)

Resumen

De las energías renovables, la solar es de especial importancia debido a su vasta e inagotable disponibilidad sobre la Tierra. En México, éste es uno de los recursos energéticos más abundantes, aunque el menos aprovechado. Se estima que los índices de radiación solar alcanzan los 5 kWh/m² en más del 75 % del territorio. El estado de Veracruz cuenta con condiciones idóneas para el aprovechamiento de esta energía, pues sus niveles medios de radiación se encuentran entre los 4 kWh/m² y 4.5 kWh/m² de media, valores muy superiores a los 2 kWh/m² y 3 kWh/m² registrados en países líderes en este sector como Alemania y España. Además, su hipsografía presenta una distribución uniforme prácticamente en todo el estado, por lo que las condiciones geográficas favorecen el desarrollo de la energía solar fotovoltaica y térmica de baja temperatura.

Palabras claves: Energía fotovoltaica; energía fototérmica (baja temperatura); índice de radiación solar.

1. Introducción.

La vida en la Tierra es posible gracias al Sol. La luz y el calor que de él emanan interactúan con los fenómenos que transcurren en la atmósfera terrestre lo que da origen a diversas formas de energía que han sido empleadas para satisfacer las necesidades de la vida humana [i].

De esta variedad energética, las fuentes no renovables son el resultado de la energía solar contenida en algunos seres vivos, vegetales terrestres y en determinados residuos orgánicos, que a través de los años reaccionaron químicamente formando lo que hoy conocemos como el petróleo, el gas y el carbón. Estos combustibles se caracterizan por tener una elevada densidad de energía y la capacidad de convertirla en una forma útil de un modo rápido y de bajo coste. Esto explica que el consumo mundial de estas fuentes, y en particular del petróleo, creciera de forma exponencial desde mediados del siglo XX [ii], lo que ha provocado que estén ante el inicio de una etapa en la que su extracción será cada vez más costosa. Otras, por el contrario, son abundantes, limpias, inagotables y están en constante generación; a este conjunto de energías se les conoce como renovables y entre ellas figuran la hidráulica, la biomasa, la eólica y la solar.

En México existe una variada disponibilidad energética en cuanto a fuentes renovables, sin embargo, a pesar del abundante potencial éste no ha sido desarrollado a gran escala, debido a que la política energética actual favorece la generación eléctrica al mínimo costo, lo que ha determinado que en los últimos años el incremento en el desarrollo de tecnologías de ciclo combinado sea mayor y por tanto el consumo del gas natural.

El incremento en la demanda de gas y su reducida producción, ha tenido como consecuencia su importación y aunque actualmente ésta no es muy importante, los planes de expansión del sistema eléctrico nacional ponen de manifiesto que en el horizonte del 2025 la importación de este combustible tendrá un peso importante en el balance energético, lo que supondrá poner en riesgo el sector debido a la volatilidad de sus costes [iii].

En este sentido, las energías renovables se posicionan como la alternativa más segura para hacer frente a la demanda energética futura del país. Sin embargo, a pesar de que se han realizado algunos estudios relativos a su cuantificación, aún no se han unificado correctamente la exploración y reconocimiento de estos recursos [iv].

De las fuentes renovables, la energía solar cobra importancia debido a su disponibilidad sobre el territorio mexicano. Además se posiciona como una de las alternativas más prometedoras para garantizar el suministro energético nacional. De forma general, el país dispone de recursos solares abundantes, se estima que cerca del 75% del territorio recibe en promedio 5 kWh/m², valores superiores a los registrados en España y Alemania, ambos líderes del sector solar [iv]. Pese a ello, la reducida información solarimétrica y la falta de divulgación referida a su aprovechamiento, han conducido a que su empleo, tanto térmico como fotoeléctrico, sea mínimo. Del mismo modo, el aspecto económico es un factor que ha frenado su desarrollo en el país. Actualmente, no se están realizando proyectos con tecnología solar a gran escala. Sin embargo el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Energía (SENER) ha puesto en marcha dos proyectos relevantes. El primero tiene por finalidad dotar de suministro eléctrico a

zonas altamente marginadas de los estados de Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Tabasco. El segundo conocido como Procalsol, es un programa que tiene como objetivo instalar 1.8 millones de metros cuadrados de colectores térmicos para ACS [v].

En este sentido y ante la necesidad de determinar la disponibilidad de este recurso, se realiza un análisis solarimétrico específico del estado de Veracruz. Con el fin de cuantificar y caracterizar la radiación para su aprovechamiento mediante aplicaciones energéticas de tipo térmico y fotoeléctrico.

El análisis que se realiza involucra el estudio de las características geográficas, físicas, climáticas y meteorológicas del Estado. Estas últimas son de especial interés ya que determinan la intensidad de la radiación solar.

Los resultados obtenidos han permitido elaborar el primer mapa solar de Veracruz, para así identificar las zonas mas idóneas para el desarrollo de instalaciones solares, tanto térmicas como eléctricas.

2.- Localización

Veracruz es uno de los treinta y un estados que conforman la República Mexicana. Es una franja de tierra que se extiende del noreste al sureste sobre la costa del Golfo de México, tiene una extensión territorial de 71.820 km² y una población de 7,6 millones de habitantes. (Figura 1).[vi]



Figura 1.- Localización del Estado de Veracruz, México.

Fuente:

Su localización geográfica y su cercanía a la costa al Golfo de México le otorga importantes recursos naturales, lo que sumados a la climatología y diversidad de su biosfera hace que sea un territorio de suma importancia para el país.

En el estricto sentido energético, Veracruz contribuye sustancialmente con el suministro eléctrico y de hidrocarburos a la nación, lo que determina que tenga un papel importante en el progreso económico y social del país [8].

2. Objetivo

Este estudio tiene como objetivo recopilar y analizar las variables geométricas, físicas, climáticas y meteorológicas características del Estado de Veracruz para determinar la intensidad de la radiación solar e identificar tanto la componente directa como difusa. Este estudio permitirá conocer el potencial de la Energía Solar del Estado y con ello las posibilidades de su desarrollo futuro.

3. Metodología

El Sol emite energía en forma de radiación electromagnética que se desplaza desde el núcleo solar hasta la superficie terrestre en un amplio espectro de longitudes de onda y experimenta que produce una disminución de su potencia energética a lo largo del recorrido extraterrestre [3] [4], y debido a los procesos atenuación que tienen lugar al atravesar la atmósfera terrestre (dispersión, absorción y reflexión).

La disponibilidad de la energía solar está condicionada por diversos factores, entre ellos los climáticos y meteorológicos que dan lugar al fenómeno de transmisibilidad atmosférica. Así, por su característica intermitente, su aprovechamiento está sometido a las condiciones atmosféricas que predominan en un emplazamiento dado.

En la práctica, determinar la intensidad de la radiación solar que incide en un lugar requiere de la recopilación de medidas durante largos periodos de tiempo (1-10 años). En su defecto es preciso llevar a cabo un análisis estadístico de los datos registrados en las estaciones meteorológicas, así como la aplicación de modelos físicos de irradiancias que consideren las características geométricas, geográficas, astronómicas, físicas y meteorológicas del emplazamiento que sea objeto de estudio. Esto supone un proceso de cierta complejidad [5] para lo cual se emplean herramientas informáticas que permitan el tratamiento de todos estos datos.

Para determinar la radiación solar en el estado de Veracruz, se empleó el modelo de irradiancia de Bird y Hulstrom y sus respectivas mejoras propuestas por Mächler e Iqbal, así como la aplicación del método simplificado “Coeficiente de Transmisibilidad Atmosférica” empleado para determinar el grado de atenuación de la radiación solar en México, los cuales se describen a continuación.

3.1 Modelo de Bird y Hulstrom

Para el cálculo de la irradiancia total en superficie horizontal (I_{TH}), el modelo parte de la suma de la irradiancia directa (I_{DH}), y difusa (I_{dH}). (Ecuación 1).^[vii]

$$I_{TH} = I_{DH} + I_{dH} \quad (1)$$

Este modelo es el que mejor se ajusta para el cálculo de la irradiancia total (I_{TH}), a partir de la suma de la irradiancia directa (I_{DH}) y la irradiancia difusa (I_{dH}) en superficie horizontal para toda la banda.

En este modelo, el análisis de la irradiancia directa en superficie horizontal es evaluado bajo la condición de un cielo claro, libre de nubes, a partir de la Ecuación 2.

$$I_{DH} = [0.9662 \cdot C_r \cdot (\tau_r \cdot \tau_o \cdot \tau_g \cdot \tau_w \cdot \tau_a)] \cdot \text{Cos}U \quad \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2)$$

donde:

C_r : Valor de la constante solar diaria (W/m^2).

τ_r : Transmitancia por scattering (dispersión) debido a moléculas de aire.

τ_o : Transmitancia debida a la absorción del ozono (O_3).

τ_g : Transmitancia debida a la absorción por la mezcla uniforme de gases (CO_2 y O_2).

τ_w : Transmitancia debida a la absorción del vapor de agua.

τ_a : Transmitancia debido a la absorción y dispersión por la presencia de aerosoles.

0.9662: Factor de corrección que se ajusta a las longitudes de onda de 0.3 a 3 μm del espectro solar.

U: Ángulo Cenital.

La irradiancia difusa, se hace igual a la suma de tres contribuciones diferentes: *irradiancia difusa debida a la existencia de moléculas de aire*, *irradiancia difusa debida a la existencia de partículas de polvo (aerosoles)* e *irradiancia difusa por reflexión múltiple entre el suelo y la atmósfera*. [vii] (Ecuación 3).

$$I_{dH} = I_{dr} + I_{da} + I_{dm} \quad (3)$$

donde:

I_{dH} : Irradiancia difusa total sobre superficie horizontal.

I_{dr} : Irradiancia difusa debida a la dispersión por moléculas de aire (difusión por Rayleigh).

I_{da} : Irradiancia difusa debida a la presencia de aerosoles.

I_{dm} : Irradiancia difusa debida a la reflexión múltiple.

La irradiancia difusa debida a la dispersión por moléculas de aire (I_{dr}) se determina a partir de la Ecuación 4.

$$I_{dr} = 0.79 \cdot C_r \cdot \tau_o \cdot \tau_g \cdot \tau_w \cdot \tau_{aa} \cdot 0.5 \cdot \frac{1 - \tau_r}{1 - m_a + m_a^{1.02}} \cdot \cos \theta \quad (4)$$

El valor de 0.5 representa la cantidad de energía que ante una dispersión por moléculas gaseosas se dirige hacia adelante, es decir, hacia la superficie terrestre; en este modelo se supone del 50%. Así mismo, en la Ecuación 4 se incluyen los valores de las transmitancias consideradas para la componente directa. Además incluye una transmitancia debida exclusivamente a la absorción de los aerosoles (τ_{aa}), la cual se determina a partir de la Ecuación 5.

$$\tau_{aa} = 1 - (1 - \omega_o)(1 - m_a + m_a^{1.06})(1 - \tau_a) \quad (5)$$

El parámetro ω_o representa al albedo debido únicamente a la dispersión de aerosoles (single scattering albedo) Bird y Hulstrom sugieren que tome el valor de 0.9.

La radiación difusa debida a la presencia de aerosoles, se calcula a partir de la Ecuación 6, la cual proviene del Modelo C de Iqbal.

$$I_{da} = 0.79 \cdot C_r \cdot \tau_o \cdot \tau_g \cdot \tau_w \cdot \tau_{aa} \cdot F_c \cdot \frac{1 - \tau_{as}}{1 - m_a + m_a^{1.02}} \cdot \cos \theta \quad (6)$$

donde

F_c representa el porcentaje de la energía que se acerca a la superficie terrestre debido a la dispersión por aerosoles. En este caso se aconseja utilizar 0.84, aunque es más recomendable estimarla a partir de la expresión aportada por el modelo de Mac. (Ecuación 7)

$$F_c = 0.93 - 0.21 \ln m_a \quad (7)$$

Y

τ_{as} representa la transmitancia debida exclusivamente a la difusión por aerosoles que se obtiene a partir de la Ecuación 8.

$$\tau_{as} = \frac{\tau_a}{\tau_{aa}} \quad (8)$$

Para la irradiancia difusa por múltiple reflexión, se emplea la Ecuación 9.

$$I_{dm} = (I_{DH} \cdot \cos \theta + I_{dr} + I_{da}) \frac{\rho_g \cdot \rho'_a}{1 - \rho_g \cdot \rho'_a} \quad (9)$$

donde:

ρ_g : Coeficiente de reflexión de la superficie en cuestión (Tabla 1).

ρ'_a : Coeficiente de reflexión múltiple del cielo (albedo de la atmósfera).

Superficie	ρ_g
Asfalto	0.15
Césped	0.3
Hormigón	0.35

Tabla 1.- Coeficiente de reflexión alrededores

El coeficiente de reflexión múltiple del cielo puede obtenerse a partir de la Ecuación 10.

$$\rho'_a = 0.0685 + (1 - F_c)(1 - \tau_{as}) \quad (10)$$

Como se puede observar, la aplicación del modelo de Bird y Hulstrom permite obtener resultados más fiables debido a que valora la influencia de distintas variables que son las principales responsables de la atenuación de la radiación solar. Debido a ello, el proceso de cálculo se vuelve complejo, lo que supone que su aplicación se vea limitada, ya sea por la falta de datos o por su metodología que es extensa.

Por tanto, aplicar el método de simplificación permitirá determinar el potencial del recurso solar de forma más simple y con el rigor que este tipo de análisis requiere.

3.2 Método de simplificación “Coeficiente de transmisibilidad atmosférica”

El método de simplificación que tiene su fundamento en el modelo de Bird y Hulstrom, trata básicamente de dos ecuaciones que calculan la radiación directa y la difusa. Ambas requieren del valor de un coeficiente de transmisibilidad atmosférica que ha sido determinado para las condiciones características de la atmósfera de México [iii]. Debido a que la atmósfera no mantiene una uniformidad constante, el método establece cinco tipos de atmósferas diferentes, que son función de la cantidad de partículas y moléculas que se encuentran suspendidas en ella, a saber: vapor de agua, moléculas de aire, gases miscibles, ozono y aerosoles.

El estado de Veracruz presenta unas condiciones características de un porcentaje significativo de humedad, dado básicamente por sus climas cálido húmedo y subhúmedo, con temperaturas promedio anuales que oscilan entre los 18°C y 26 °C y precipitaciones medias anuales que oscilan entre los 1000 y 4000 mm. [viii] Así mismo, presenta una hipsografía llana en las zonas costeras y se extiende hasta el Istmo de Tehuantepec, mientras que hacia el norte y centro del estado, la hipsografía alcanza los 1000 y hasta 2000 msnm (zona de altas montañas), con excepciones dadas por la presencia del Volcán de Orizaba cuya altitud es de 5000 msnm. [ix]. Bajo estas condiciones, es posible aplicar el método de simplificación, el cual indica que la irradiación solar directa es calculada a partir de la Ecuación 11.

$$I_{DH} = [0.9662 \cdot C \cdot \tau_{CTA}] \text{Sen}A \quad (11)$$

donde:

C: Constante solar.

A: Es la altitud solar en grados.

0.9662: Factor de corrección que se ajusta a las longitudes de onda de 0.3 a 3 μm del espectro solar.

τ_{CTA} : Es el coeficiente de transmisibilidad atmosférica.

Y para el cálculo de la irradiación difusa se emplea la Ecuación 12.

$$I_{dH} = C \cdot k_d \cdot \text{Sen}A \quad (12)$$

Donde k_d se obtiene a partir de la Ecuación 13.

$$k_d = B - B' \tau_{CTA} \quad (13)$$

En las ecuaciones 11 y 13, el valor del τ_{CTA} se obtiene a partir de la Ecuación 14.

$$\tau_{CTA} = \alpha e^{\frac{b}{\text{Sen}A}} \quad (14)$$

Donde las variables **a** y **b** provienen de un análisis estadístico de las estaciones meteorológicas que se localizan en el clima cálido húmedo y subhúmedo en México y que se recogen en la Tabla 2 y 3.

Clima		0-1000 msnm				
β		0	0.1	0.2	0.3	0.4
Cálido Húmedo	a	0.82	0.82	0.81	0.79	0.77
	b	0.09	0.25	0.39	0.52	0.63

Tabla 2.- Valores de *a* y *b*, para el clima Cálido Húmedo y altitudes no mayores a 1,000 msnm.

Clima		0-1000 msnm				
β		0	0.1	0.2	0.3	0.4
Cálido Subhúmedo	a	0.82	0.82	0.81	0.79	0.76
	b	0.09	0.24	0.39	0.51	0.62
	1000 – 2000 msnm					
	a	0.85	0.84	0.84	0.82	0.80
	b	0.08	0.22	0.34	0.45	0.56

Tabla 3.- Valores de *a* y *b*, y su localización en México para el clima Cálido Subhúmedo a diferentes altitudes.

Para desarrollar la Ecuación 13 se requiere de dos variables, las cuales al igual que las anteriores provienen de un análisis estadístico, y se muestran en la Tabla 4.

Clima		Altitud	0 - 1,000 msnm		1,000 - 2,000 msnm	
		β	0.00	0.10 - 0.40	0.00	0.10 - 0.40
Cálidos	Húmedo	B	0.26	0.57	0.27	0.57
	Subhúmedo	B'	0.28	0.69	0.28	0.67

Tabla 4.- Valores de los parámetros B y B' para el clima cálido a diferentes altitudes.

4. Radiación solar en el Estado de Veracruz

A partir del método de simplificación se obtuvieron los valores de radiación para el estado de Veracruz.

4.1 Zona del clima cálido húmedo.

El clima cálido húmedo se extiende por el territorio veracruzano localizado por debajo de los 1000 msnm. Así en condiciones de máxima claridad, es decir una atmósfera extremadamente limpia ($\beta=0.0$), la radiación total promedio anual calculada es de 971 W/m², siendo en un 93% radiación directa y en un 6% radiación difusa.

La radiación promedio anual total para una atmósfera media ($\beta=0.2$) es de 902 W/m². De ella, el 71% es directa y el resto es difusa.

Para condiciones relativas a una atmósfera muy turbia ($\beta=0.4$), la radiación total promedio anual es de 851 W/m². El 55% de esta radiación es directa y el resto es difusa.

Según la CONABIO [x], en la zona del clima cálido húmedo el valor medio de las horas de sol anuales oscila entre 2,000 y 2,200 horas. Así considerando una atmósfera media y 2,000 horas de sol la irradiación global diaria promedio anual, es de 4.9 kWh/m²día, de los cuales 3.5 kWh/m²día le corresponderían a la irradiación directa y 1.4 kWh/m²día a la irradiación difusa.

En caso de haber nubosidad, la irradiancia global se reduciría hasta los 4.6 kWh/m²día, de los cuales 2.5 kWh/m²día es directa y 2.1 kWh/m²día es difusa.

4.2 Zona del clima cálido subhúmedo.

El clima cálido subhúmedo se distribuye por dos regiones que fueron clasificadas por el nivel de altitud. La primera se ubica a altitudes por debajo de los 1000 msnm y la segunda por encima de este valor.

a) Zonas hasta 1000 msnm.

Donde la altitud no supera los 1,000 msnm, la radiación total promedio anual es de 952 W/m² para una atmósfera extremadamente limpia, y en ella el 93% es directa y el resto es difusa. Para una atmósfera media ($\beta=0.2$) la radiación total promedio anual es de 883 W/m² donde el 71% corresponde a la radiación directa y el 29% a la difusa. Para condiciones relativas a una atmósfera muy turbia ($\beta=0.4$) la radiación total fue de 833 W/m² siendo el 54% directa y el 45% restante difusa.

De acuerdo a la CONABIO [x], en este clima las horas promedio anuales de sol se estiman en 2,00. Así, considerando una atmósfera media y 2,000 horas de sol, la irradiación global diaria promedio anual para zonas con altitudes por debajo de los 1,000

msnm es de 4.8 kWh/m²día correspondiéndole 3.4 kWh/m²día a la directa y 1.4 kWh/m²día a la difusa.

b) Zonas hasta 2000 msnm.

Para altitudes superiores a los 1,000 msnm, la radiación total promedio anual alcanza los 1,007 W/m² para una atmósfera extremadamente limpia, siendo el 93% radiación directa y el resto radiación difusa. Para una atmósfera media ($\beta=0.2$) la radiación total promedio anual es de 927 W/m², en este caso, el 75% es directa y el resto difusa. Para condiciones relativas a una atmósfera muy turbia ($\beta=0.4$) la radiación total fue de 872 W/m² un 60% directa y el 40% restante difusa.

Por otro lado, para altitudes por encima de los 1,000 msnm, la irradiación global diaria promedio anual para una atmósfera media es de 5.8 kWh/m²día, siendo 4.3 kWh/m²día la directa y 1.5 kWh/m²día la difusa. Este resultado indica que a mayor altitud, la componente solar directa también es mayor.

Con estos datos, y considerando una atmósfera media se elaboraron los mapas de radiación de las componentes directa (Figura 3), difusa (Figura 4) y total (Figura 5).

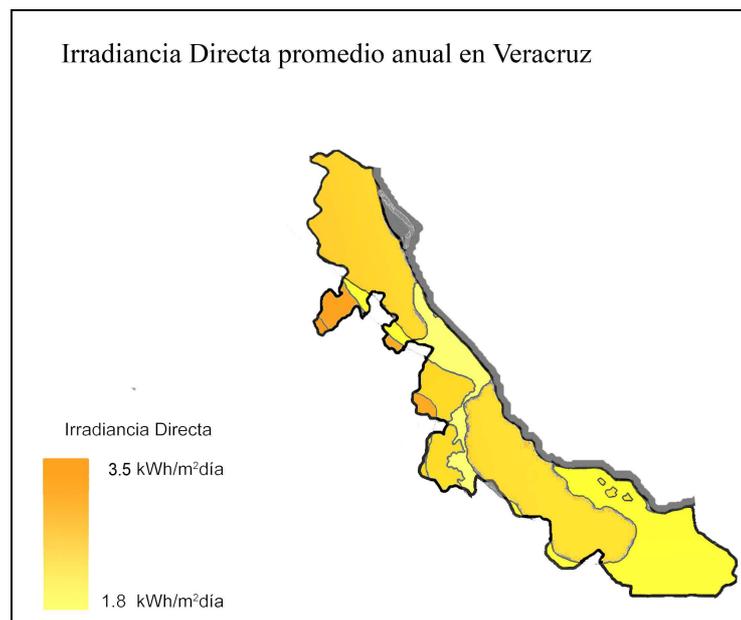


Figura 2.- Mapa de irradiación directa en Veracruz

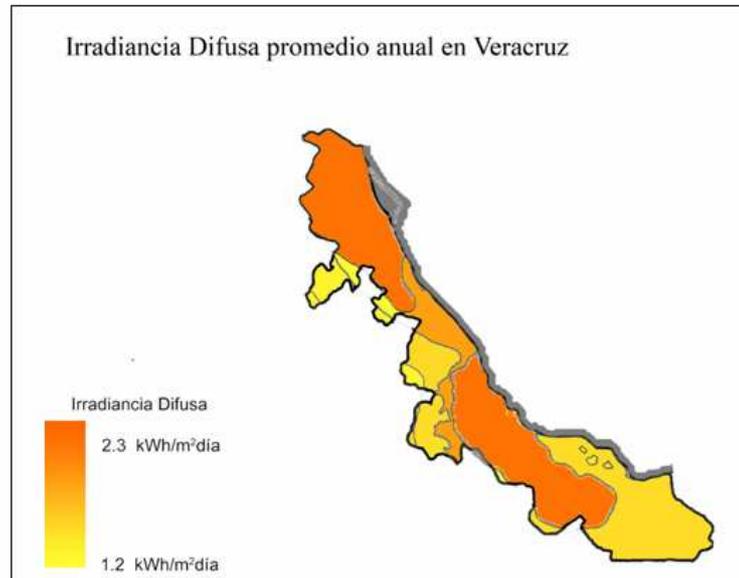


Figura 3.- Mapa de irradiación difusa en Veracruz

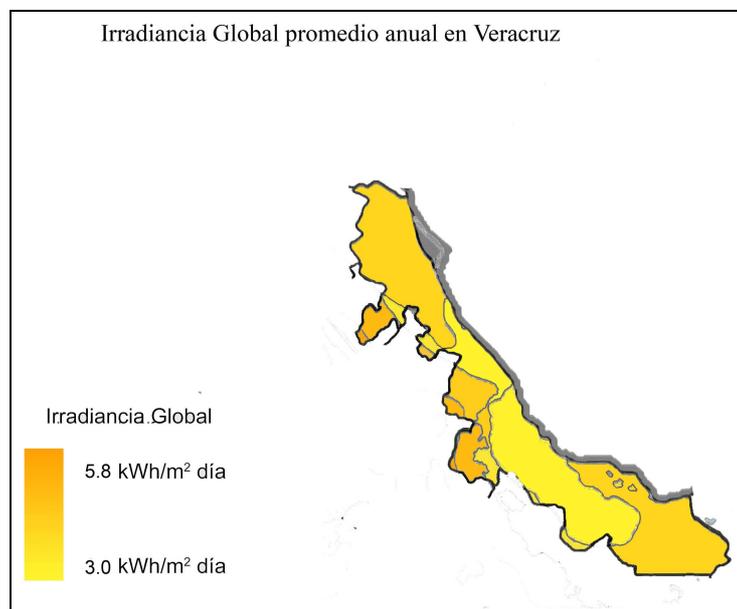


Figura 4.- Mapa de irradiación global en Veracruz

Como se puede apreciar, la elaboración de los mapas permite tener una visión más cercana al potencial disponible del Estado y de acuerdo a los resultados, prácticamente en todo el territorio se alcanza un registro de radiación importante lo que facilitará el desarrollo de sistemas térmicos de baja temperatura y fotovoltaicos.

En lo relativo a los sistemas fotovoltaicos estos cobran interés para sistemas aislados, ya que para los conectados a red, aunque el nivel de radiación lo permite, la producción eléctrica se vería afectada por los días en que la atmósfera presente un grado de turbidez significativo, lo que penalizaría la producción. Así, los sistemas aislados tienen mayores posibilidades de desarrollo.

5.- Conclusiones

Del trabajo realizado en este documento, se concluye que el Estado de Veracruz cuenta con un potencial importante para el desarrollo de sistemas solares, ya que los niveles de radiación global oscilan entre 3 kWh/m²día en gran parte de su territorio y hasta 5.8 kWh/m²día en las zonas de mayor altitud cercanas a los límites con el Estado de Puebla y Querétaro.

La radiación solar directa que incide en el Estado, permite señalar que los sistemas solares de concentración no son restables en esta zona debido al bajo nivel de radiación directa, por el contrario, sistemas solares fotovoltaicos aislados son convenientemente aplicables ya sea para electrificación de zonas rurales, o servicios de autoabastecimiento residencial.

Los sistemas solares fotovoltaicos con conexión a red pueden ser ocasionalmente factibles, aunque para ello, las zonas de mayor mejor proyección son las situadas hacia el interior del Estado, donde se alcanzan en promedio los 4 kWh/m²día.

La radiación difusa tiene mayor presencia en la zona costera y sur del Estado, debido al grado de humedad presente en esa zona. Sin embargo, esto no indica que la aplicación de instalaciones solares de baja temperatura, no sean factibles, ya que el nivel de radiación total (global) permite que estos sean viables en cualquier punto de la Entidad.

6.- Bibliografía

[ⁱ] Martínez, A. I. Tesis de Licenciatura. *Sistemas Fotovoltaicos conectados a red. Planta Fotovoltaica 20 MW Portusa*. Departamento de Energía. Oviedo, Asturias, España 2007.

[ⁱⁱ] *Cumulative Oil Consumption by the Human Race as a Percentage of Total Consumption Through year end 2004*. Statal Review of Word Energy, 2005.

[ⁱⁱⁱ] Villicaña O., Tesis doctoral: Método de evaluación de la radiación solar por transmisibilidad atmosférica, aplicación al potencial energético solar de México. Departamento de Energía, Universidad de Oviedo. España 2012.

[^{iv}] Villicaña, O. E. Trabajo de Investigación: *Estudio de la Energía Solar en México*. Departamento de Energía, Universidad de Oviedo. España 2009.

[^v] PROCALSOL, *Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México 2007-2012*. SENER, México 2007-2012.

[^{vi}] INEGI, *Información geográfica y socioeconómica de México*, <http://cuentame.inegi.org.mx>

[^{vii}] Pinazo O., *Manual de climatización, Tomo II*. Servicio de Publicaciones, Universidad Politécnica de Valencia, España 1995.

[^{viii}] *Climatología de México*. SMN-INEGI, <http://smn.cna.gob.mx>.

[^{ix}] *Mapa hipsográfico y batimétrico de México*. Instituto de Geografía, UNAM- INEGI. Mexico 1989.

[^x] CONABIO, *Portal de Geoinformación*. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. Acceso a la información en Agosto de 2012.