



# Title: Radiación fotosintéticamente activa evaluada en la ciudad de Zacatecas

## Authors: ESCOBEDO-SÁNCHEZ, Mónica Monserrat, CONEJO-FLORES, Ricardo, DURÓN-TORRES, Sergio Miguel y GARCÍA-GONZÁLEZ, Juan Manuel

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2020-04  
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 12  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

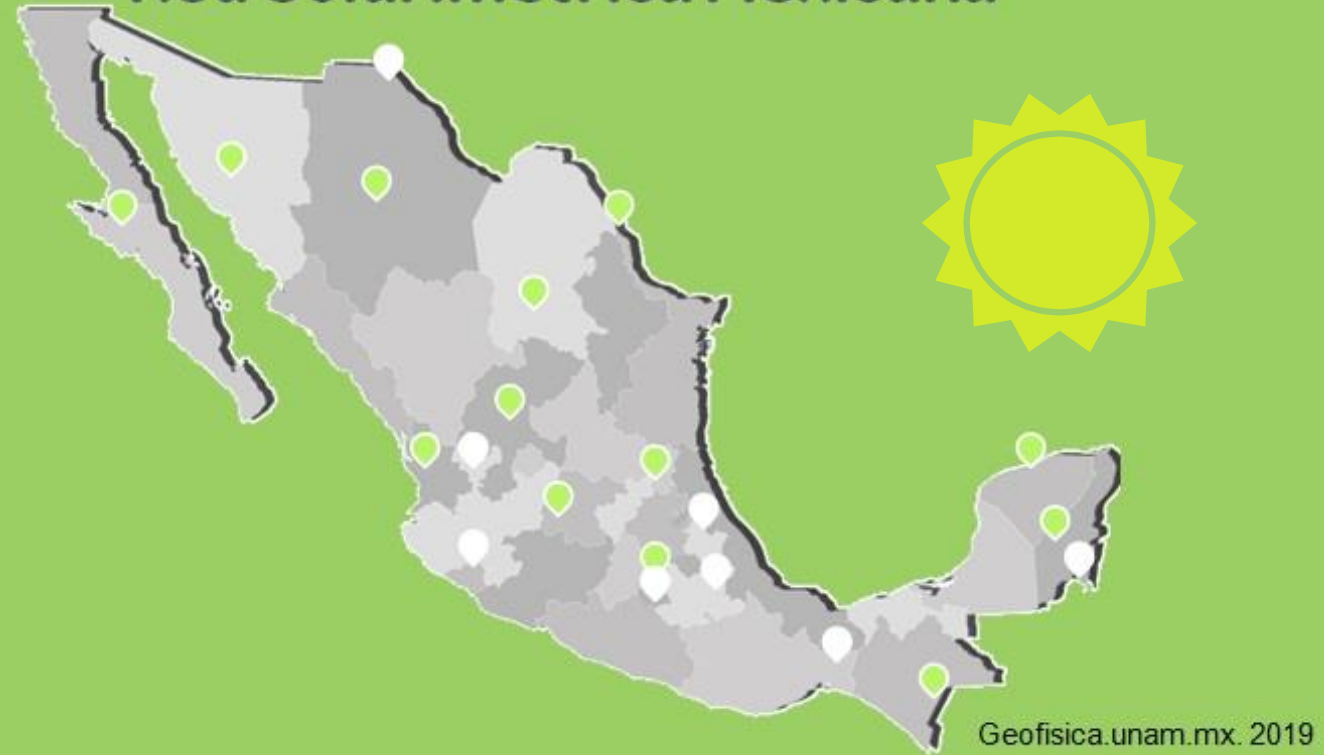
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

# Introducción:

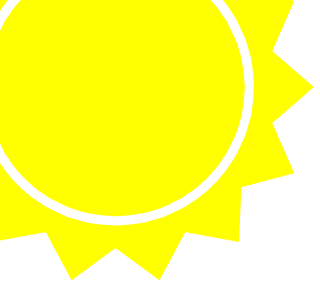
- En el 2014 la SENER y el CONACYT impulsaron el proyecto de creación del CEMIESOL a cargo del IER de la UNAM.
- Inventario Nacional de Energía Solar
- Red Solarimétrica Mexicana impulsada por el SSM del Instituto de Geofísica de la UNAM.

## Red Solarimétrica Mexicana



### Principales objetivos:

- **Cobertura óptima**
- Presentar gráficamente diferentes **componentes de la radiación**.
- Desarrollar **productos y herramientas** que permitan el entendimiento y uso, de una forma fácil y rápida.
- Presentar **aplicaciones** para que el usuario.



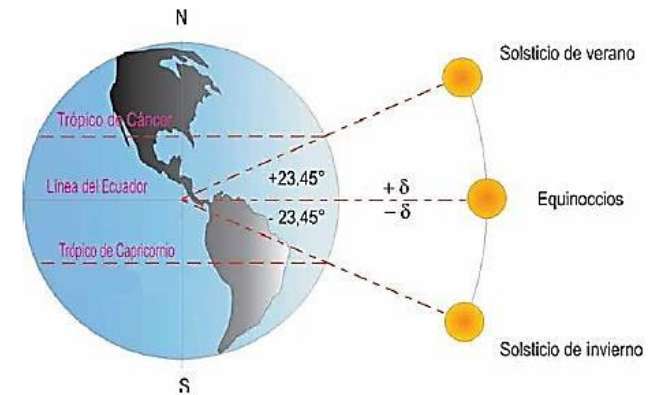
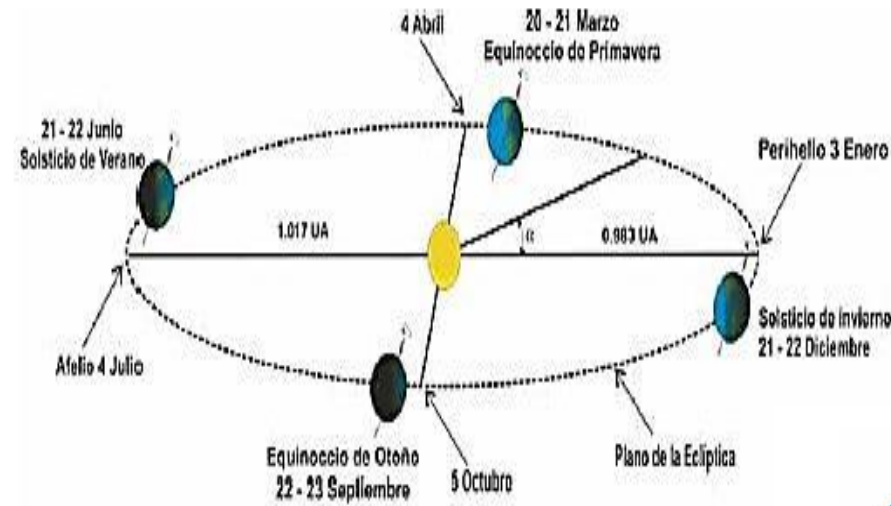
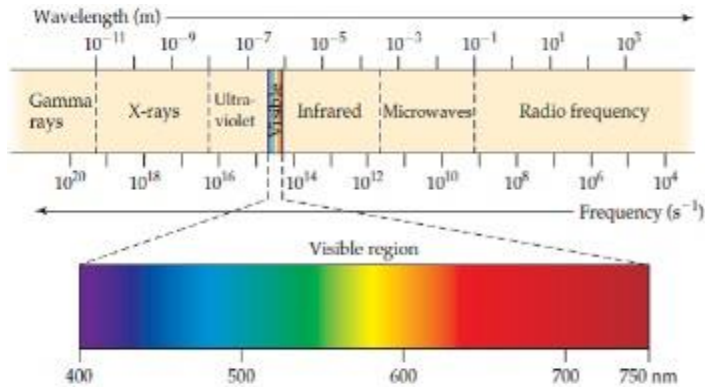
# SOL



Ondas  
electromagnéticas

Fotones

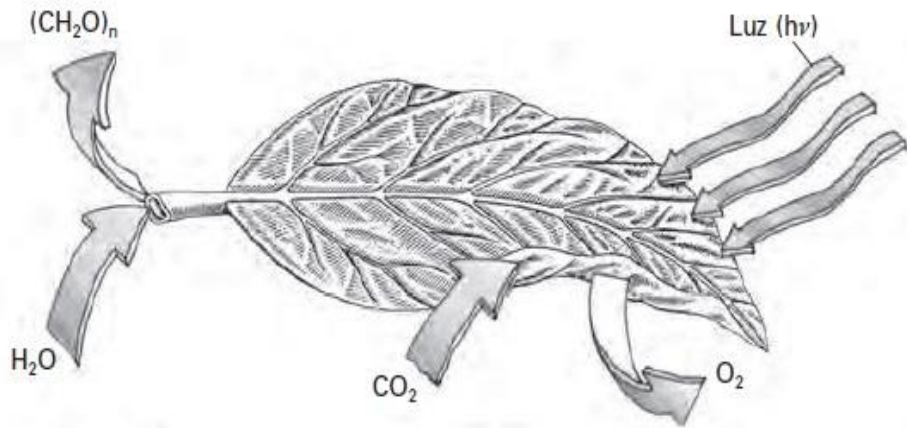
$$\text{Energía de fotón} = E = h\nu$$



Esta cantidad de energía esta en función de factores como:

- Estación del año ( Sistema Sol-Tierra)
- Ubicación geográfica
- Atmosfera
- Contaminación





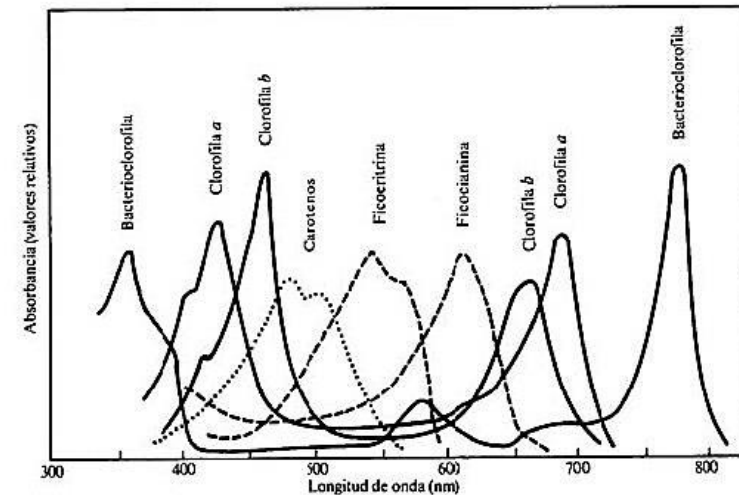
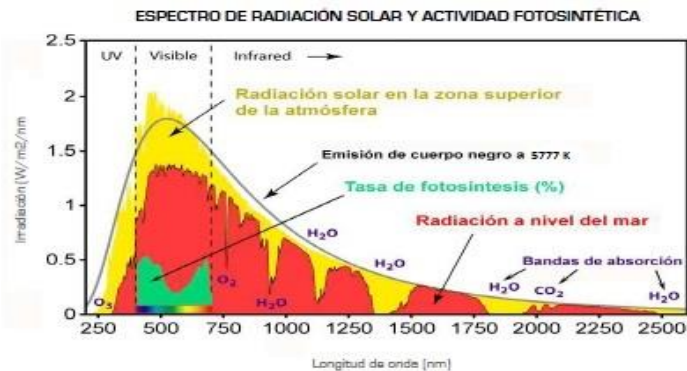
# PAR



Imagen tomada de: Fundamentos de la fisiología vegetal.

- Radiación necesaria para la Fotosíntesis.
- Fracción de la radiación global (35 % - 50 %).
- 400 nm - 750 nm
- Absorbe, almacena y transforma, por los organismos fotosintéticos.
- PPF ( $\mu\text{mol}\cdot\text{fotones}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) o G ( $\text{Wm}^{-2}$ ).
- Influye en el desarrollo de las plantas y la calidad de los frutos.

## Espectro de absorción de los Pigmentos Fotosintéticos



# Instrumentos para medir la radiación solar

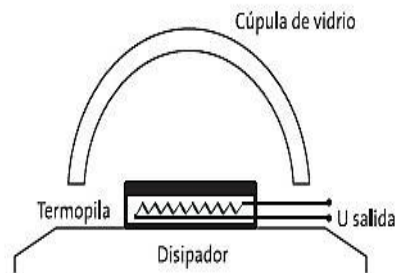
## Sensores quantum

### Piranómetros

Instrumentos utilizados para medir la radiación global sobre una superficie plana.

### Pirheliómetro

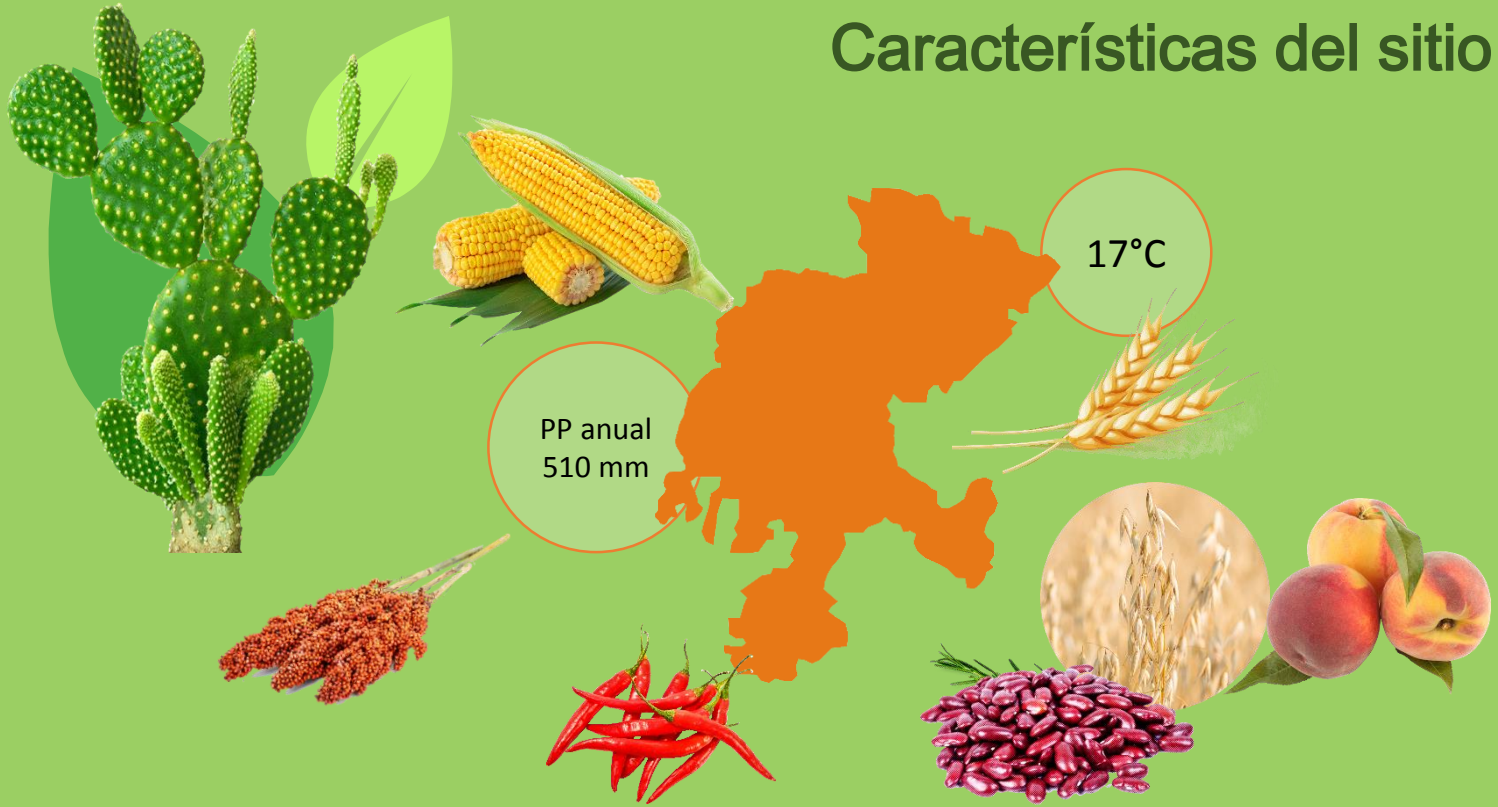
Instrumento diseñado para medir la radiación solar directa.



- Para medir directamente PAR.
- Disponibilidad comercial.
- Errores espectrales, errores coseno y degradación.
- Fotodiodo de silicio de alta calidad.
- Filtro óptico de vidrio (400 nm - 700 nm).

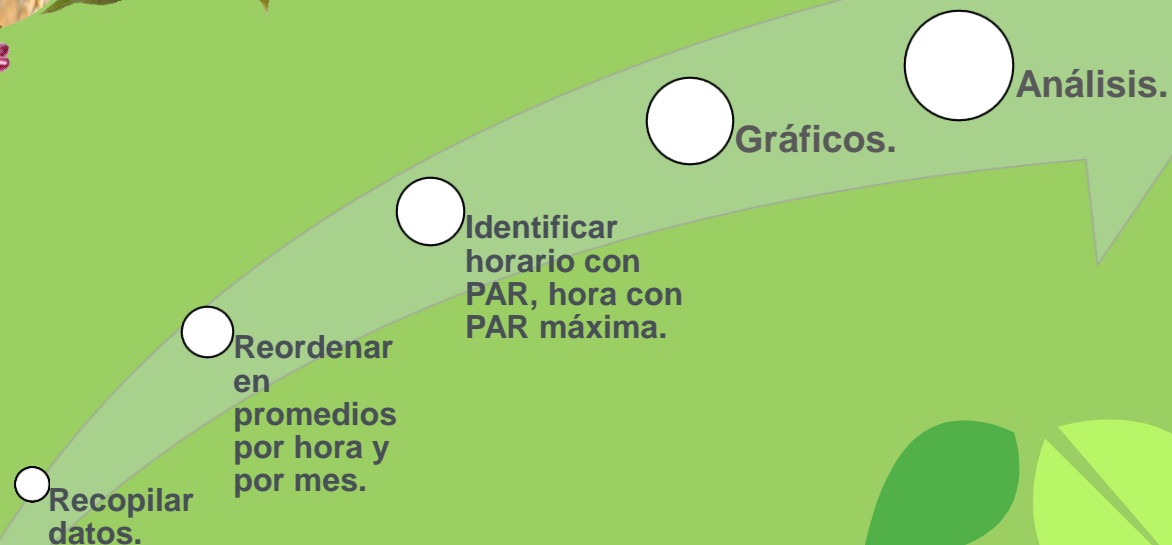


# Características del sitio



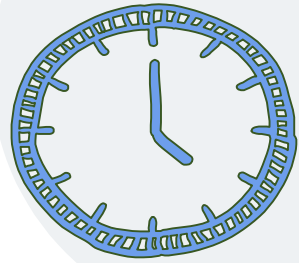
## Estación Solarimétrica Zacatecas

- Sensor cuántico de PAR "PQS 1 PAR Quantum Sensor".
- Edificio E6 Campus UAZ Siglo XXI.
- Latitud (N) 22.7725 N Longitud (W) - 102.6436 y una altitud de 2317 msnm.



## Metodología

# RESULTADOS



6:00 - 19:00 h



**179.47  $\text{Wm}^{-2}$**

PAR promedio

**471.98  $\text{W m}^{-2}$**

Radiación global

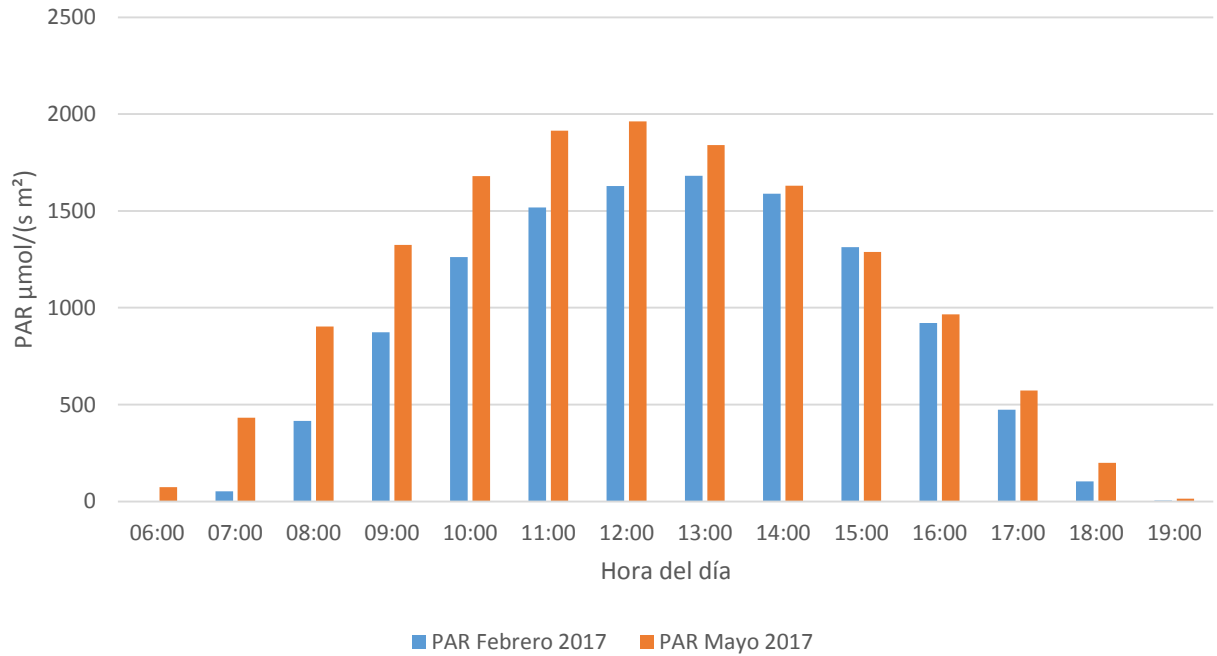
**39 %**

Porcentaje PAR



# Febrero 2017

Hora	PAR $\mu\text{mol}/(\text{s m}^2)$
06:00	0.072
07:00	52.81
08:00	416.12
09:00	872.89
10:00	1261.21
11:00	1518.59
12:00	1628.07
13:00	<b>1681.64</b>
14:00	1589.82
15:00	1313.83
16:00	921.66
17:00	474.11
18:00	102.66
19:00	4.36



# Mayo 2017

Hora	PAR $\mu\text{mol}/(\text{s m}^2)$
06:00	73.43
07:00	431.63
08:00	903.88
09:00	1325.31
10:00	1680.25
11:00	1914.72
12:00	<b>1962.40</b>
13:00	1840.32
14:00	1630.38
15:00	1289.10
16:00	965.87
17:00	573.23
18:00	198.43
19:00	14.79



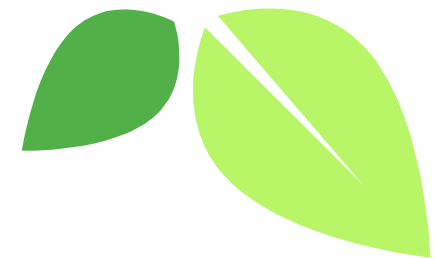


## Noviembre 2016

Hora	PAR $\mu\text{mol}/(\text{s m}^2)$
06:00	0.57
07:00	78.47
08:00	403.59
09:00	750.33
10:00	1027.34
11:00	1181.68
12:00	<b>1272.69</b>
13:00	1202.55
14:00	1035.52
15:00	806.08
16:00	432.14
17:00	136.52
18:00	2.72
19:00	0.08

## Noviembre 2017

Hora	PAR $\mu\text{mol}/(\text{s m}^2)$
06:00	0.65
07:00	114.18
08:00	515.32
09:00	932.74
10:00	1255.69
11:00	1472.74
12:00	<b>1565.52</b>
13:00	1511.44
14:00	1322.12
15:00	1011.66
16:00	597.99
17:00	186.07
18:00	3.81
19:00	0.00



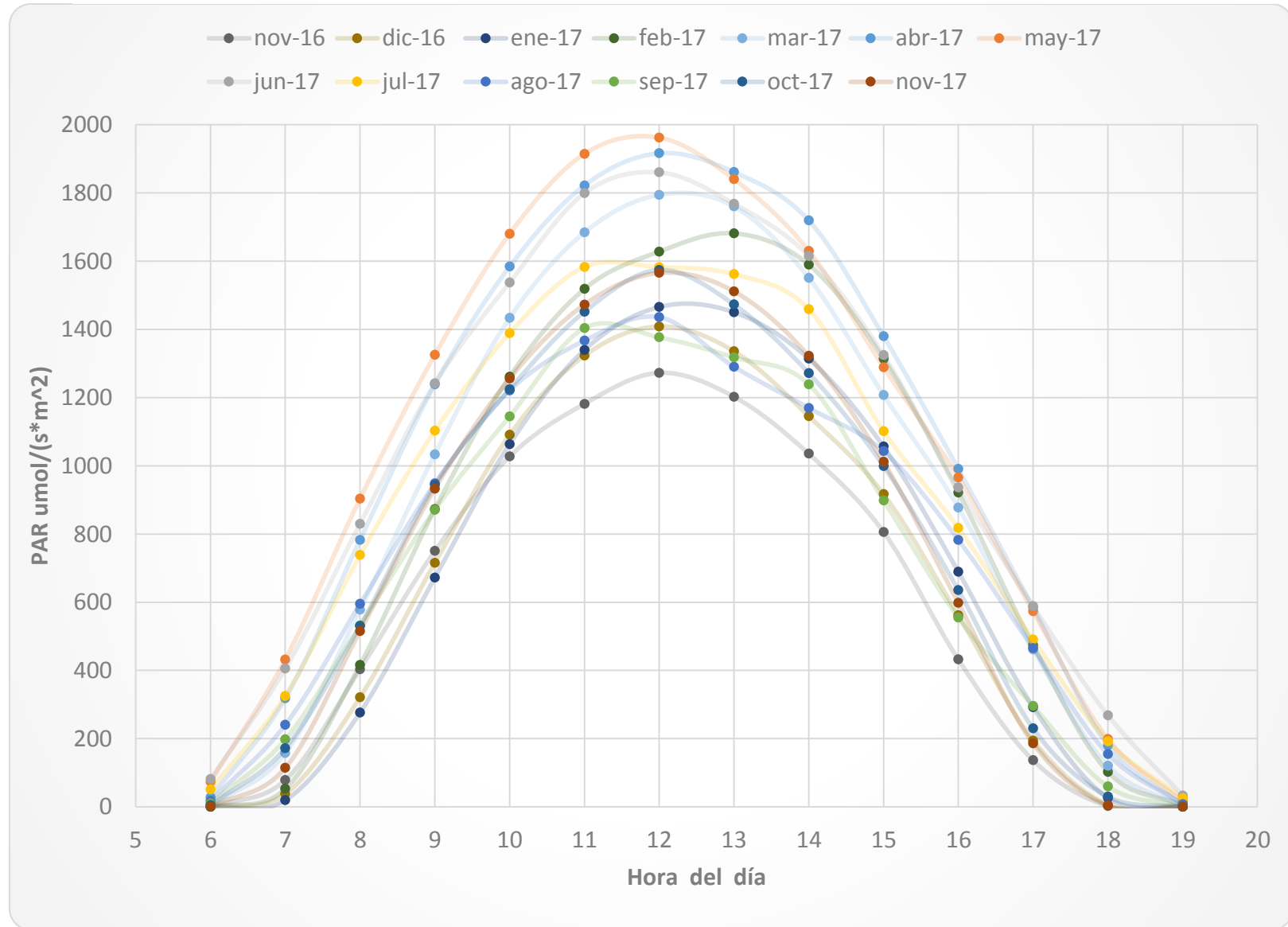
# Promedio total PAR mensual

noviembre 2016 a noviembre 2017 de las 6:00 | las 19:00 h

# Promedios horarios mensuales

noviembre-2016 a noviembre-2017

Mes	PAR umol/(s m <sup>2</sup> )	PAR Wm <sup>-2</sup>
nov-16	595.02	130.31
dic-16	647.00	141.69
ene-17	690.37	151.19
feb-17	845.56	185.18
mar-17	904.66	198.12
abr-17	1029.38	225.43
may-17	1057.41	231.57
jun-17	1020.68	223.53
jul-17	887.18	194.29
ago-17	767.02	167.98
sep-17	707.27	154.89
oct-17	752.93	164.89
nov-17	749.28	164.09



# Conclusiones

PAR mensual promedio 590 - 1020  $\mu\text{mol}\cdot\text{fotones}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$   
por lo tanto se considera una región para cultivos con  
requerimientos altos de PAR

39 %

Porcentaje PAR

Importancia de la medición periódica de PAR:

- ✓ Definir su comportamiento.
- ✓ Inferir valores PAR a futuro.
- ✓ Orientar hacia un cultivo específico que se vea beneficiado por la energía recibida en la región

¿Cuáles otras plantas se ven beneficiadas con la PAR que se tiene en Zacatecas?

¿Cómo afectaría de manera económica y productiva la creación de estrategias para la agricultura usando las bases de datos PAR?

¿Qué factores meteorológicos deben correlacionarse con la radiación PAR?



# Referencias

- Abal, G. y Durañona, V. (2013). Manual técnico de Energía Solar Térmica Vol I: Fundamentos. Publicación electrónica Facultad de Ingeniería, UDELAR, Uruguay, Disponible en: [http://www.energiasolar.gub.uy/documentos/capacitacion/manual\\_tecnico\\_solar\\_termica.pdf](http://www.energiasolar.gub.uy/documentos/capacitacion/manual_tecnico_solar_termica.pdf)
- Alados-Arboledas L., Olmo F.J., Alados I., Perez M. (2000) Parametric models to estimate photosynthetically active radiation in Spain. *Agricultural and Forest Meteorology*, 101; 187-201.
- Bidwell, R. (1993) *Fisiología Vegetal*. A. G. T. Editor S. A. México, D. F.
- Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, B. y Sánchez R. (1987). *Fisiología Vegetal* 4ª Ed. Ediciones Pirámide, S. A. Madrid, España.
- De Las Rivas, J. (2000). La luz y el aparato fotosintético. En: *Fundamentos de la fisiología vegetal*. Azcón-Bieto, J. y Talón M. (Coords.) 2ª Ed. Edicions Universitat de Barcelona. Barcelona, España.
- Durán E., Ángel Y. y Suárez J. (2015) Dinámica de la radiación fotosintéticamente activa en arreglos agroforestales con hevea brasiliensis en el norte de la Amazona colombiana. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica* 18 (2), 365-372.
- Becker, P. and D. S. Weingarten. (1991). A comparison of several models for separating direct and diffuse components of solar irradiation. *Agricultural and Forest Meteorology*, 53; 347-353.
- Benavides, H., Simbaqueva O. y Zapata H. (2017). *Atlas de radiación solar U.V. y Ozono de Colombia*. IDEAM. Bogotá, Colombia.
- Bonhomme, R. (1993). The solar irradiation: Characterization and distribution in the canopy. In: Varlet-Grancher, C. et al (eds). *Crop structure and light microclimate; characterization and applications*. INRA (Francia), pp. 17-28.
- Brown, T. L., LeMay, H. E. y Bursten, B. E., (2004), *Química, la Ciencia Central*, 9 ed. Pearson Educación, México.
- Caballinas, R. (2017). El recurso solar en: Octavio G., Pilatowsky I. (Coords.) *Aplicaciones térmicas de la energía solar*, 1ª Edición, I.E.R. de la U.N.A.M., México, D.F.

- Duffie, John A., William A. Beckman, (2013). Solar Engineering of the Thermal Processes, John Wiley & Sons, 4° Edición.
- Geofisica.unam.mx. 2019 obtenido de:
- [http://www.geofisica.unam.mx/solarimetrico/red\\_solarimetrica.html](http://www.geofisica.unam.mx/solarimetrico/red_solarimetrica.html)
- Grossi, H. (2005) Distribución Espacial de la Radiación Fotosintéticamente Activa en Argentina. Meteorológica. 29. 27-36.
- INEGI 2018 obtenido de:<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/zac/territorio/clima.aspx?tema=me&e=32>
- Licor.com (2018) Obtenido de licor.com: <https://es.licor.com/env/products/light/quantum.html>
- ciencia.nasa.gov (2019) obtenido de: [https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2010/05feb\\_sdo](https://ciencia.nasa.gov/science-at-nasa/2010/05feb_sdo)
- Resnick R., Halliday D. y Krane K. S, (1997) Física, v 2 4a edición, CECSA, México
- Righini R., Grossi Gallegos H. (2005) Análisis de la correlación entre la radiación fotosintéticamente activa y la radiación solar global en San Miguel, provincia de Buenos Aires. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol.9
- Rojas, E. (2015). La radiación PAR y su efecto en los índices de crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo del tomate. (Tesis de Maestría en Ciencias en Agroplasticultuta) Centro de Investigación Aplicada CIQA Coahuila México.
- Sager J. and J.C. McFarlane, (1997). Radiation en: Langhans, R. W. and Tibbitts, T. W. (Coords.) Plant Growth Chamber Handbook, 1° Edición, Iowa State University, Iowa, E.U.A.
- Simao Peng, Quingyun Du, Aiwon Lin, Bo Hu, Ke Xiao, Yuliang Xi, (2015) Observation and estimation of photosynthetically active radiation in Lhasa (Tibetan Plateau). Advances in space research, 55; 1604-16012.
- Tomoko Akitsu, Kenlo Nishida Nasahara, Yasuo Hirose, Osamu Ijima, (2015) Quantum sensors for accurate and stable long-term photosynthetically active radiation observations. Agricultural and Forest Meteorology 237-238; 171-183
- Torres, A. P., Lopez, R. G., (s.f.) Medición de Luz Diaria Integrada en Invernaderos. Purdue Extension.
- Zhian Sun, Lian Hong, Liu Jingmiao, ShiGuoping, (2017) Estimation of photosynthetically active radiation using solar radiation in the UV-visible spectre band. Solar Energy, 153; 611-622.





**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)