

**BOLETÍN BIMESTRAL DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL Y DIFUSA OBTENIDO EN
LAS ESTACIONES DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL**

MARZO-ABRIL DE 2020



Fuente: https://www.freepik.es/fotos-premium/piranometro-medir-irradiancia-granja-solar-cielo-azul-planta-celulas-solares_3652856.htm



Fuente: <https://pixabay.com/es/photos/sun-puesta-del-sol-abendstimmung-3275314/>

RESUMEN

Conocer los valores de radiación solar medidos en superficie es muy importante para áreas como aprovechamientos energéticos solares, estudios de crecimiento vegetal y todo tipo de estudios científicos relacionados con la temática.

En este boletín se publican los resultados obtenidos de las mediciones de irradiación solar horizontal global y difusa medidos en estaciones del Servicio Meteorológico Nacional. Para obtener esas mediciones se utilizan piranómetros de alta calidad y calibrados con trazabilidad al World Radiation Reference en Davos.

INTRODUCCIÓN

La energía solar representa un parámetro de vital importancia para diversas disciplinas y conseguir datos confiables medidos en superficie es realmente un desafío debido a la dificultad que genera adquirir, mantener y calibrar los sensores que los obtienen. En Argentina existen actualmente muy pocas redes de medición de radiación solar debido al alto costo y esfuerzos que ello requiere.

Se han publicado numerosos estudios que buscan estimar y evaluar el recurso solar del país el cual se utiliza para múltiples aprovechamientos, siendo de los más usuales los agrícolas para estudiar la evapotranspiración y el crecimiento vegetal, así como los energéticos mediante la generación eléctrica fotovoltaica y el calentamiento de agua sanitaria.

El Servicio Meteorológico Nacional fue una de las primeras instituciones relacionadas con la medición de la radiación solar en el país cuando en el año 1938 se instaló en el Observatorio de Buenos Aires un piranógrafo bimetálico que representó el puntapié para que posteriormente, algunos años después, se instalaran más de estos instrumentos a lo largo del país completando veinte estaciones. Luego, en el año 1964 la institución instaló seis piranómetros marca Kipp&Zonen modelo CM5. Lamentablemente, por la dificultad que conlleva el mantenimiento de una red solarimétrica, la cantidad de estaciones en las que se mide radiación solar en la actualidad es mucho menor. La tabla 1 muestra la ubicación de los sitios en los que actualmente se mide radiación solar por el SMN, sus coordenadas y los instrumentos que se encuentran en cada sitio.

Cabe destacar que las mediciones en Comodoro Rivadavia, Bariloche, Neuquén, Río Gallegos y Tucumán se realizan gracias al proyecto SAVER-NET el cual ha representado un trabajo en conjunto entre Japón, Chile y Argentina. Detalles sobre el proyecto y productos se pueden encontrar en la página del proyecto en el siguiente link. <http://savernet-satreps.org/es/>. Asimismo, se informa que el piranómetro que mide en la base antártica Marambio pertenece al Finnish Meteorological Institute y realiza las mediciones por convenio con el SMN.

Se aclara que, si bien Tucumán es un sitio que forma parte de la red SAVER-NET, actualmente no están funcionando los sensores de dicho proyecto allí y se encuentra a la espera de poder reinstalar los mismos. Por dicho motivo, el presente boletín no muestra mediciones de este sitio.

En todos los sitios, las mediciones de radiación solar global y difusa se realizan sobre el plano horizontal con piranómetros marca Kipp&Zonen y dataloggers Campbell, los cuales están configurados para tomar datos cada diez segundos y adquirir un promedio minutil.

Tabla 1. Coordenadas, tipo de sensor y datalogger al cual se conectan.

Sitio	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Sensor	Parámetro	Datalogger
La Quiaca	-22.1	-65.6	3468	CMP11	Global	CR10X
				CM11	Difusa	
Tucumán	-26.83	-65.1	451	CMP21	Global	CR1000
Pilar	-31.67	-63.88	335	CMP21	Global	CR1000
				CM11	Difusa	CR10X
Mendoza	-32.89	-68.87	837	CM11	Global	CR10X
Buenos Aires	-34.59	-58.48	30	CMP11	Global	CR1000
				CM11	Difusa	
Neuquén	-38.95	-68.14	269	CMP21	Global	CR1000
Bariloche	-41.14	-71.16	839	CMP21	Global	CR1000
Comodoro Rivadavia	-45.78	-67.46	51	CMP21	Global	CR1000
Rio Gallegos	-51.61	-69.3	15	CMP21	Global	CR1000
Ushuaia	-54.85	-68.31	11	CM11	Global	CR10X
				CM11	Difusa	
Marambio	-64.23	-56.63	0	CMP11	Global	CR1000

La figura 1 muestra un piranómetro Kipp&Zonen CMP21 que es el utilizado en algunas de las estaciones.



Figura 1. Piranómetros termoelectricos utilizados por el SMN. Fuente <https://www.kippzonen.com/>

Las medidas de radiación solar difusa se realizan con piranómetros en los que se proyecta la sombra de un aro sombreador, de tal manera que la radiación solar nunca incide de manera directa sobre el sensor durante todo el día. Este aro sombreador, que puede verse en la figura 2, es acomodado semanalmente por personal del SMN. Este parámetro solo se mide en La Quiaca, Buenos Aires, Pilar y Ushuaia.



Figura 2. Aro sombreador que proyecta sombra sobre el sensor para medida radiación difusa. Fuente <https://www.kippzonen.com/>

Los datos obtenidos en Buenos Aires, Pilar, La Quiaca y los de la VAG de Ushuaia son enviados al Centro Mundial de Datos en Rusia (wrdc.mgo.rssi.ru) en conformidad con los compromisos asumidos para participar en el proyecto GAW (Global Atmospheric Watch) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Asimismo, los datos obtenidos en Rio Gallegos son enviados a la red AERONET (<https://solrad-net.gsfc.nasa.gov/index.html>).

RESULTADOS

Las figuras 2-11 muestran la irradiación solar global y difusa diaria disponible para cada sitio para el bimestre considerado en el presente boletín. Debido a problemas técnicos operativos se presentan días sin datos ya sea porque los mismos no se encuentran disponibles o por sospechas sobre la calidad de éstos. Esta última situación se presenta con frecuencia en los datos de radiación solar difusa debido a que la proyección de sombra sobre el piranómetro no se realiza con un seguimiento solar sino con un aro que se debe acomodar manualmente.

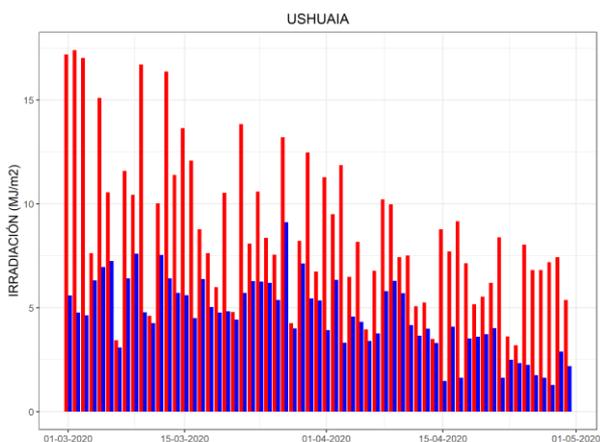


Figura 2. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para Ushuaia durante el bimestre considerado

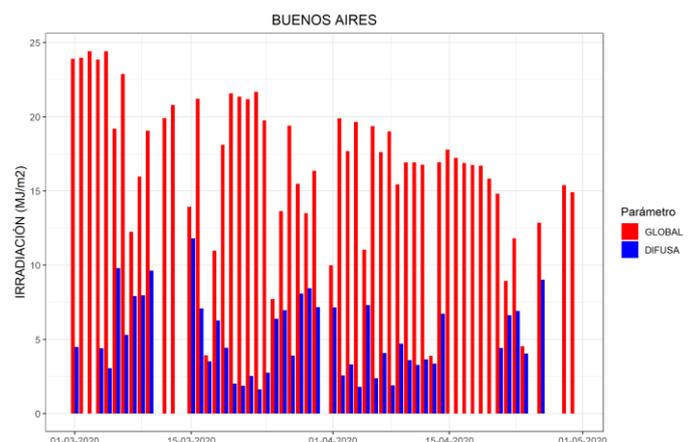


Figura 3. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para Buenos Aires durante el bimestre considerado

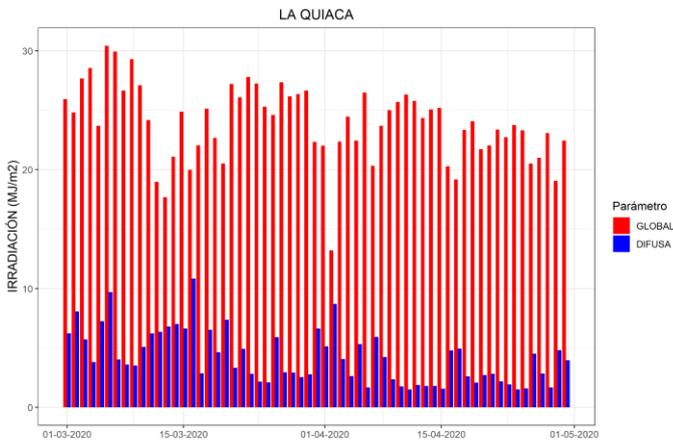


Figura 4. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para La Quiaca durante el bimestre considerado

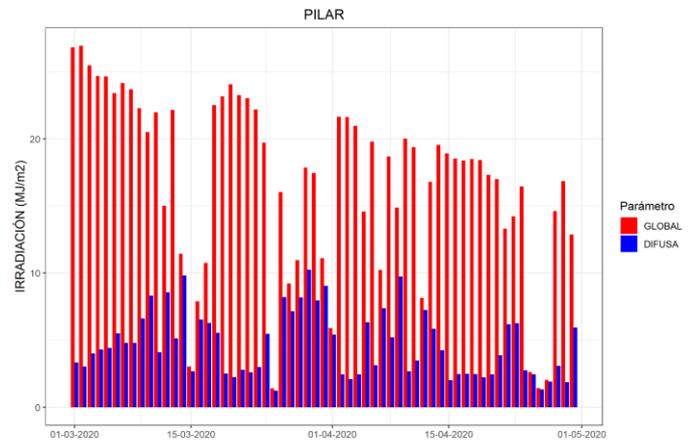


Figura 5. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para Pilar durante el bimestre considerado

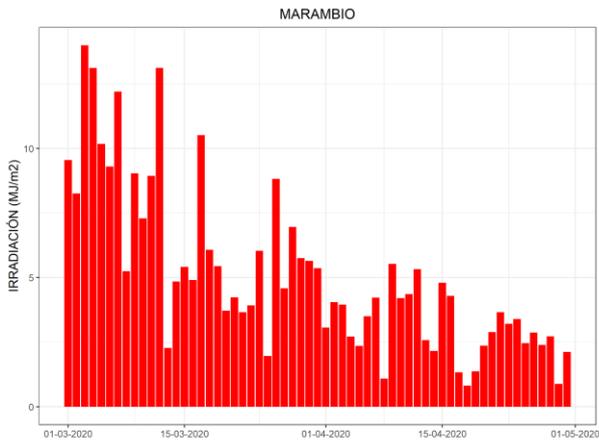


Figura 6. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para Marambio durante el bimestre considerado

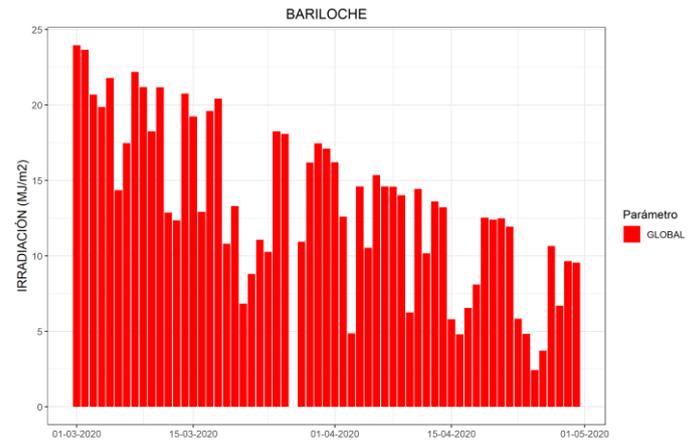


Figura 7. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para Bariloche durante el bimestre considerado

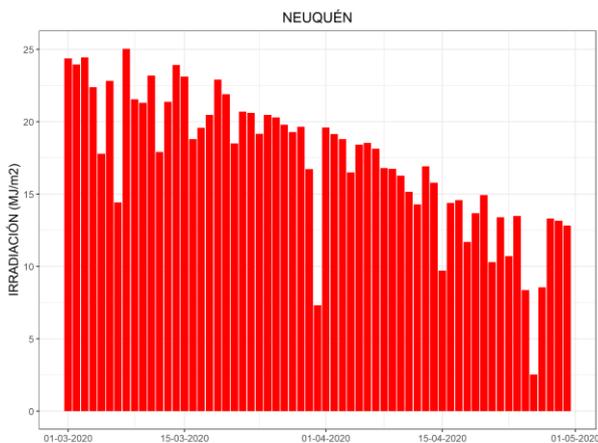


Figura 8. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para Neuquén durante el bimestre considerado

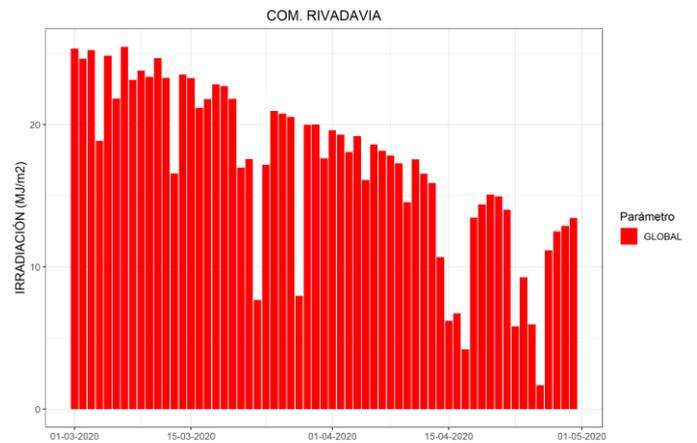


Figura 9. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para Com. Rivadavia durante el bimestre considerado

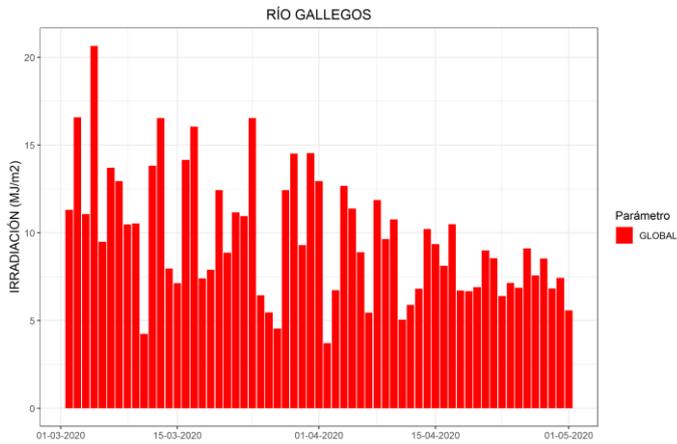


Figura 10. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para Río Gallegos durante el bimestre considerado

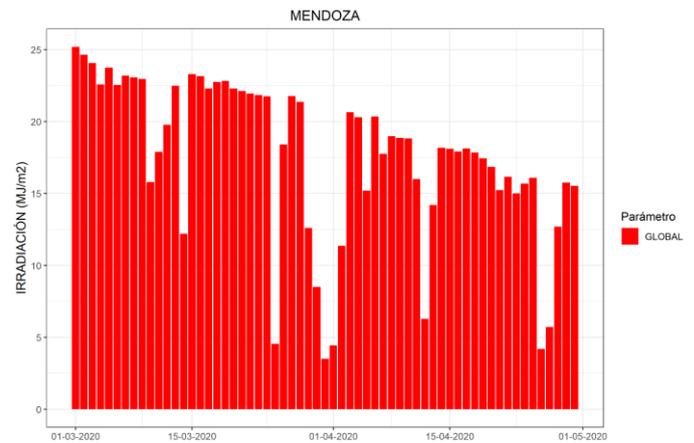


Figura 11. Irradiación solar global y difusa diaria disponible para Mendoza durante el bimestre considerado

A fin de analizar el comportamiento a lo largo del año de la radiación solar global, las figuras 12-21 muestran la irradiación solar global diaria junto con el promedio mensual para cada sitio durante el transcurso de los últimos 12 meses. En estas figuras se puede observar un comportamiento estacional en donde los valores aumentan hacia el verano austral (diciembre) y disminuyen hacia el invierno austral (junio). Se puede ver como sitios como Ushuaia, Marambio e incluso Río Gallegos presentan promedios mensuales de irradiación diaria siempre por debajo de 5 MJ/m^2 durante los meses de invierno. Como contraparte, debido a su latitud y su altura sobre el nivel del mar, los valores en La Quiaca son altos incluso durante el invierno. Debe tenerse en cuenta que la cantidad de radiación solar que alcanza la superficie depende de muchos parámetros como nubosidad, aerosoles atmosféricos, latitud y altura sobre el nivel del mar entre otros. Es interesante notar que durante los meses de invierno, y por su ubicación latitudinal, la radiación solar en Marambio es muy baja, pero en verano se pueden observar valores similares a los que se presentan en La Quiaca en la misma estación del año. En las figuras los puntos rojos corresponden al promedio mensual mientras que los cuadrados negros la irradiación global diaria.

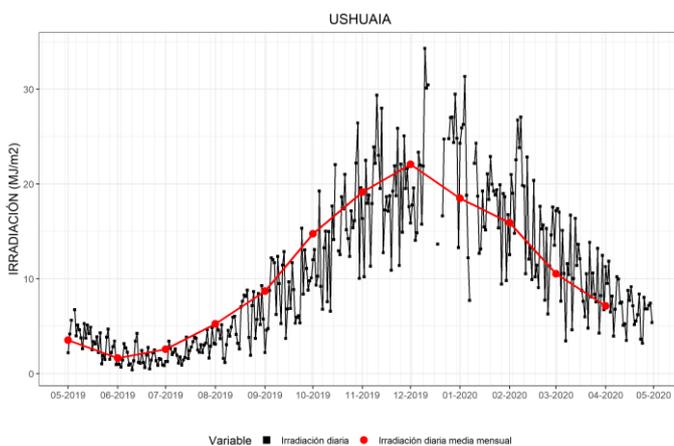


Figura 12. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en Ushuaia.

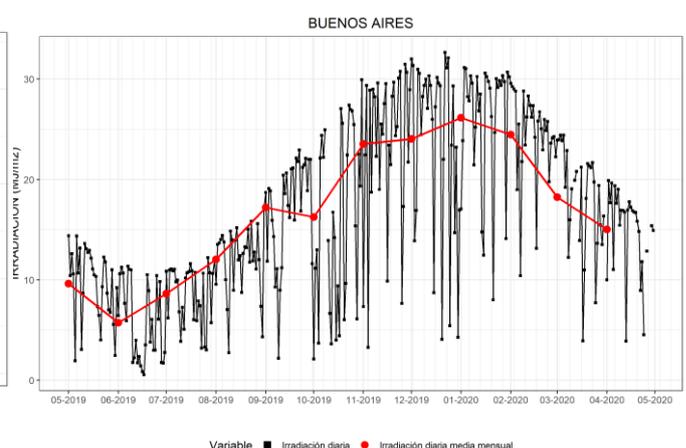


Figura 13. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en Buenos Aires.

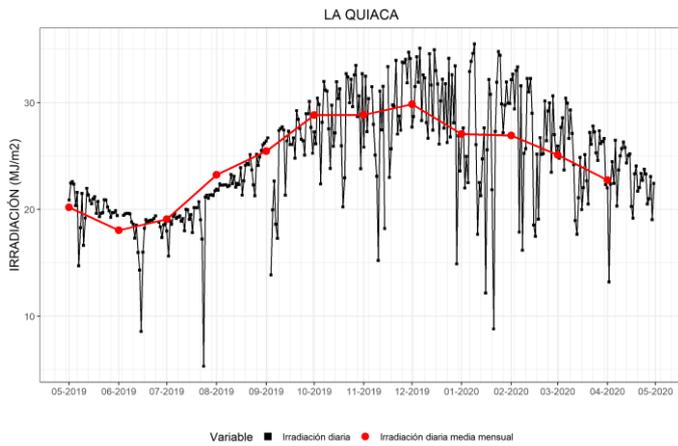


Figura 14. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en La Quiaca.

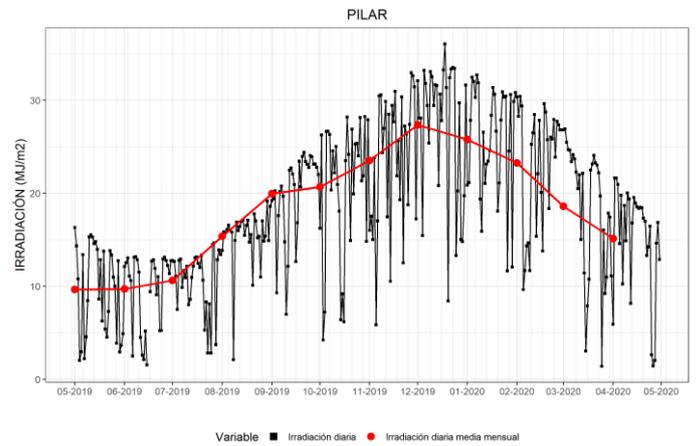


Figura 15. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en Pilar.

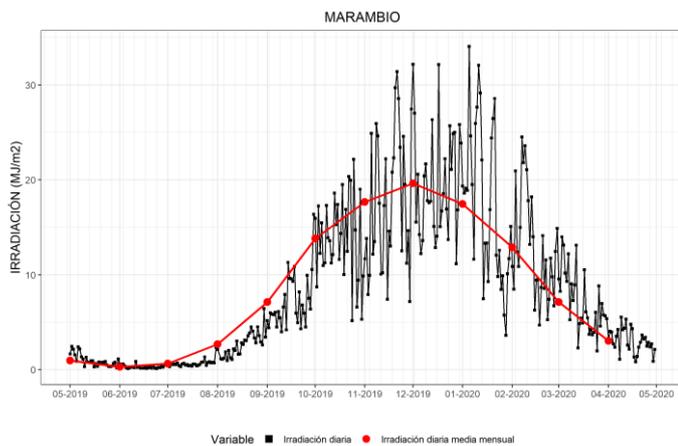


Figura 16. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en Marambio.

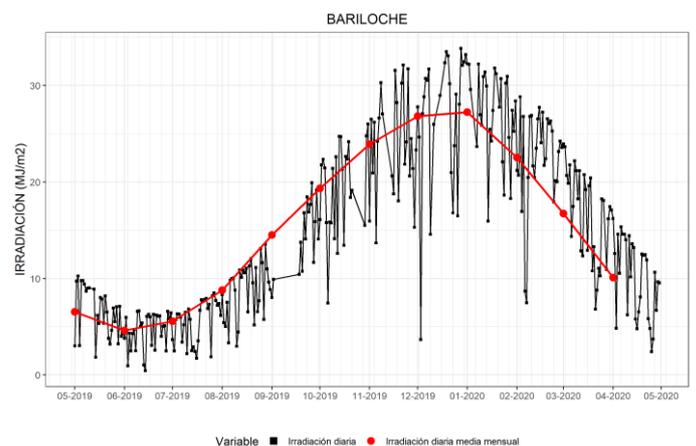


Figura 17. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en Bariloche.

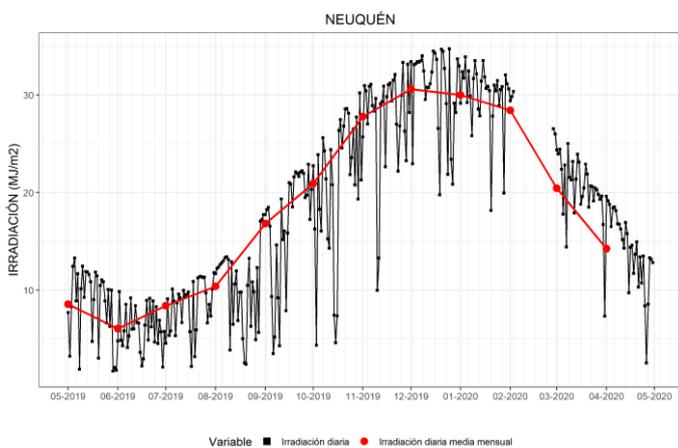


Figura 18. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en Neuquén.

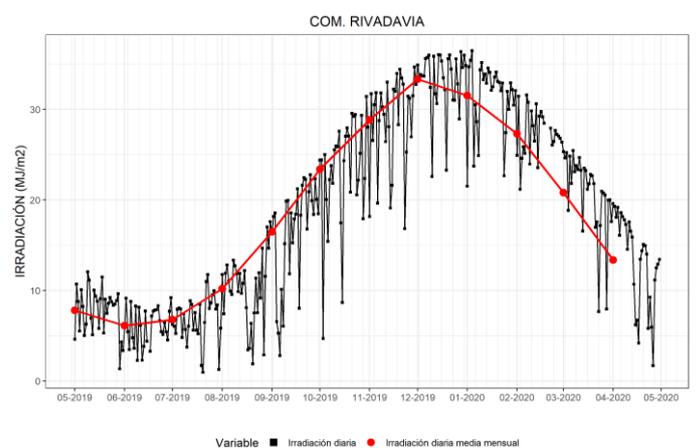


Figura 19. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en Com. Rivadavia.

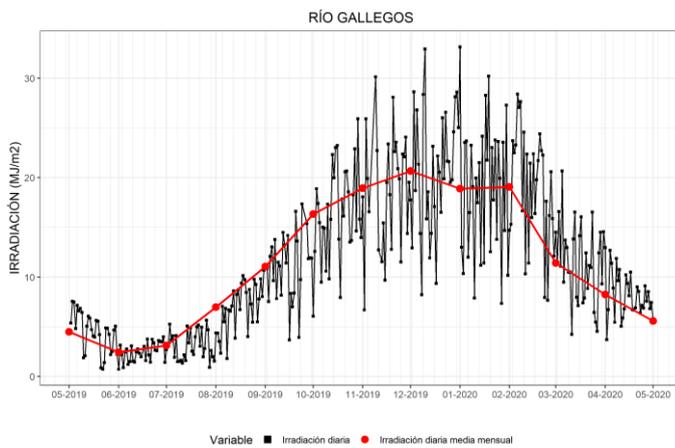


Figura 20. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en Río Gallegos.

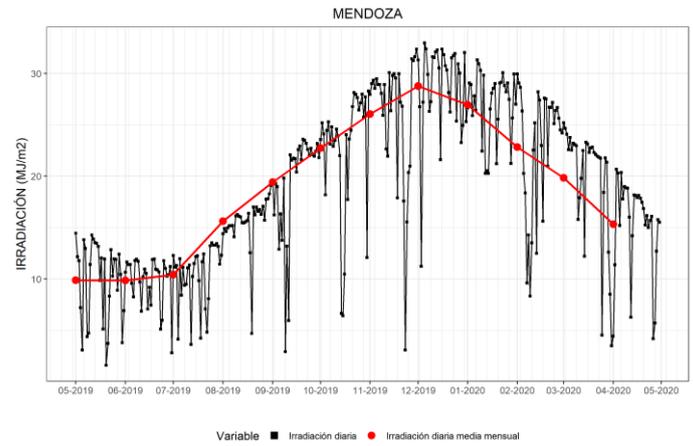


Figura 21. Irradiación solar global diaria y promedios mensuales de los últimos 12 meses en Mendoza.

Es interesante contrastar las mediciones obtenidas para el período del presente boletín contra las mediciones históricas con las que cuenta cada sitio a fin de detectar anomalías o posibles eventos que se relacionen con algún fenómeno. A tal fin, las figuras 22-31 muestran los promedios mensuales de irradiación diaria medidos en lo que va del año junto con la media, máxima y mínima mensual histórica de cada sitio. En la tabla 2 se informan los años de datos utilizados para cálculo de los promedios mensuales históricos.

Tabla 2. Años de medición utilizados para calcular los promedios mensuales históricos.

Sitio	AÑOS
La Quiaca	1997-1999; 2005-2007; 2018-2019
Tucumán	2017-2018
Pilar	1995-1999; 2013-2019
Mendoza	2015-2019
Buenos Aires	2012-2019
Neuquén	2014-2019
Bariloche	2013-2019
Comodoro Rivadavia	2014-2019
Río Gallegos	2014-2019
Ushuaia	2010-2019
Marambio	2013-2019

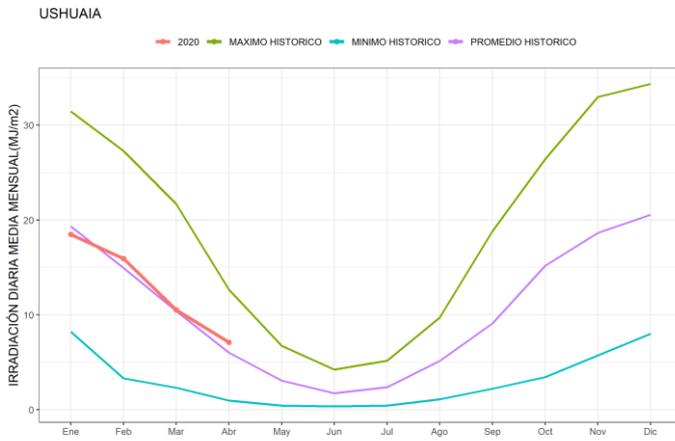


Figura 22. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de Ushuaia

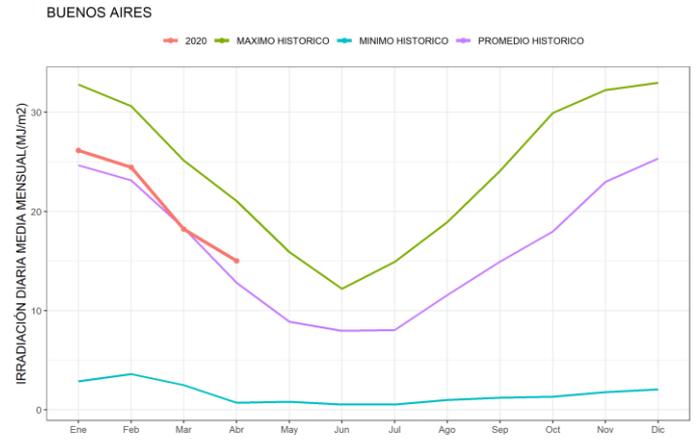


Figura 23. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de Buenos Aires

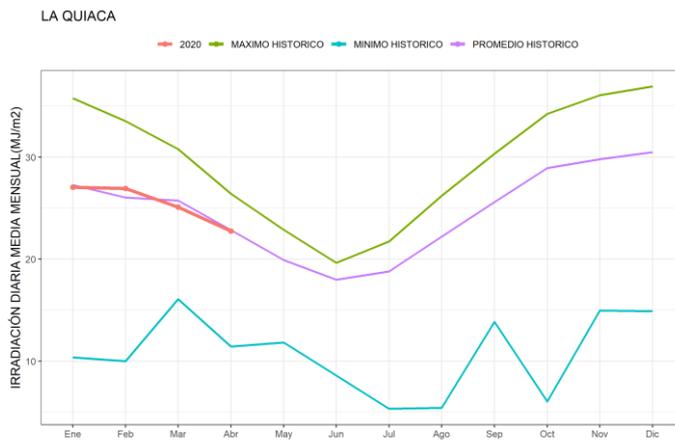


Figura 24. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de La Quiaca

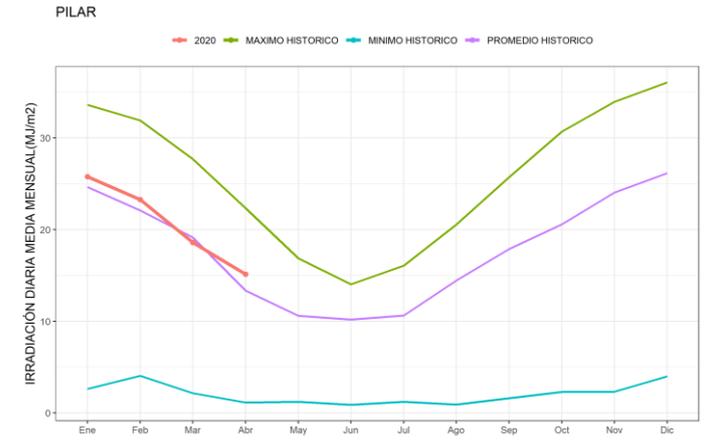


Figura 25. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de Pilar

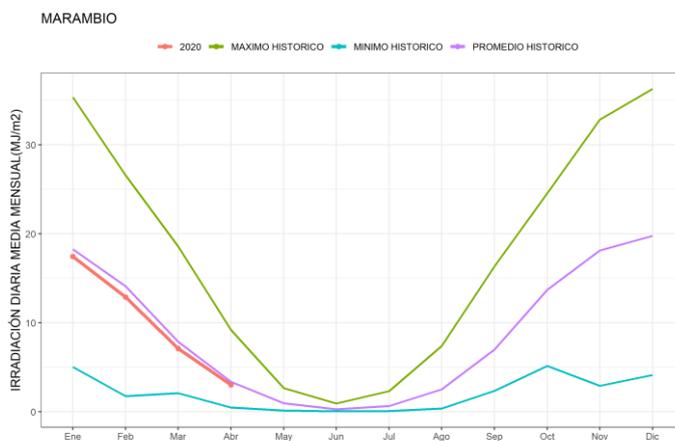


Figura 26. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de Marambio

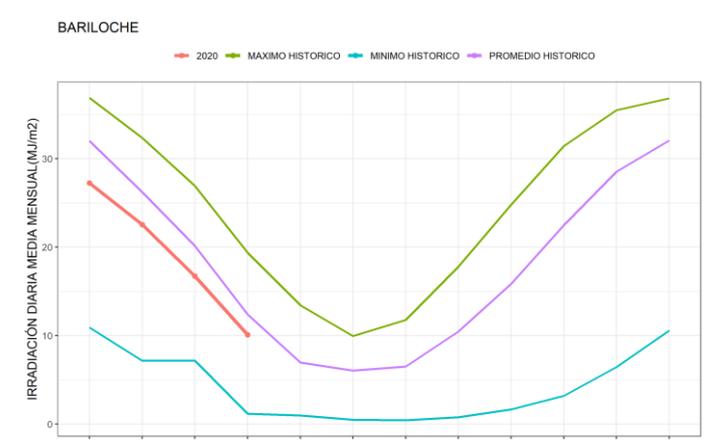


Figura 27. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de Bariloche

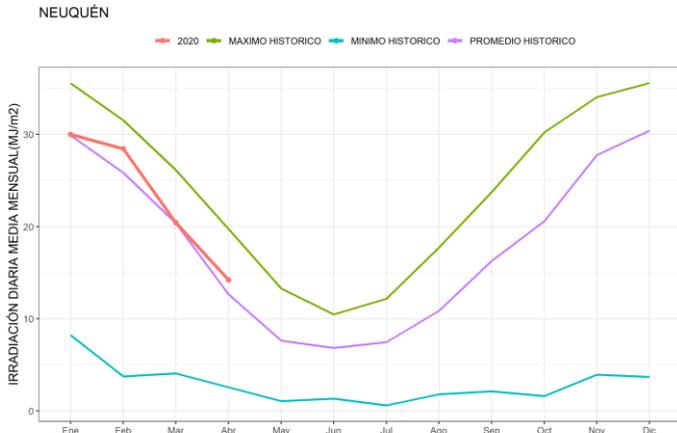


Figura 28. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de Neuquén

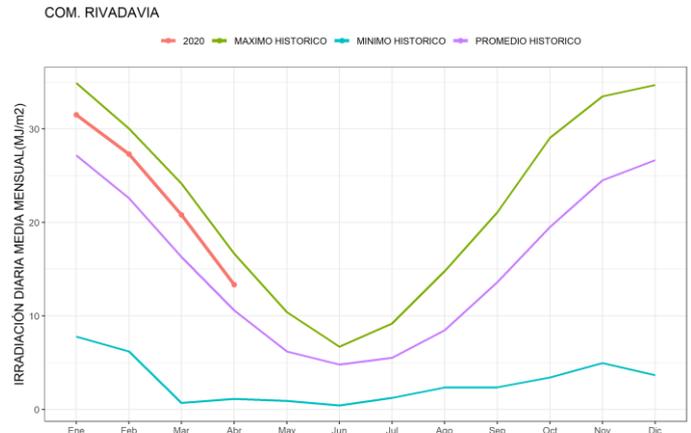


Figura 29. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de Com. Rivadavia

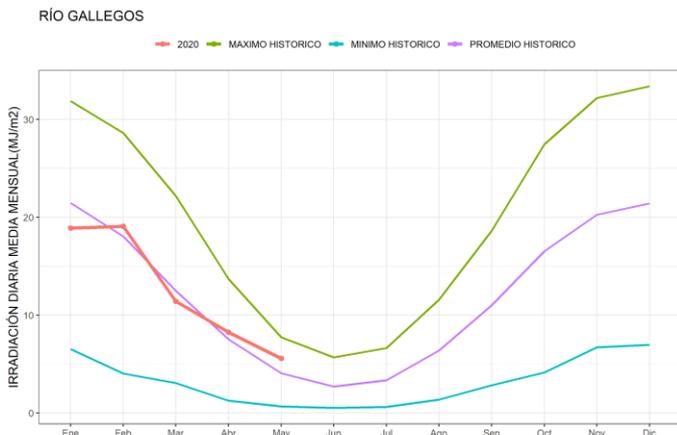


Figura 30. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de Río Gallegos

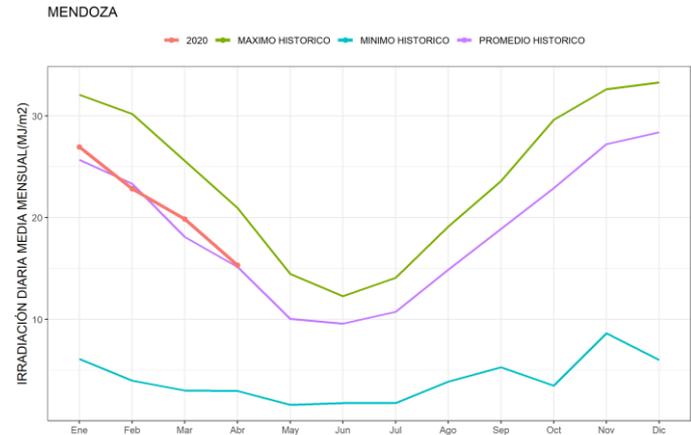


Figura 31. Promedios mensuales de irradiación solar global diaria junto con los valores históricos disponibles de Mendoza

Otro parámetro meteorológico que típicamente es medido en las estaciones del SMN es la heliofanía o cantidad de horas de sol. La medición se realiza utilizando una esfera sólida de vidrio pulido que se encarga de hacer converger la radiación solar directa sobre una faja de papel y generando que la misma se quemara a medida que transcurre el día. Muchos trabajos en la literatura han establecido la estrecha relación entre este parámetro y la irradiación solar. Este parámetro es obtenido en las estaciones donde también se mide radiación solar a excepción de Bariloche. En las figuras 32-40 se muestran los valores disponibles de la irradiación solar global diaria y los de heliofanía para el bimestre considerado en el presente boletín. Se puede observar que ambas variables encuentran una muy buena correlación.

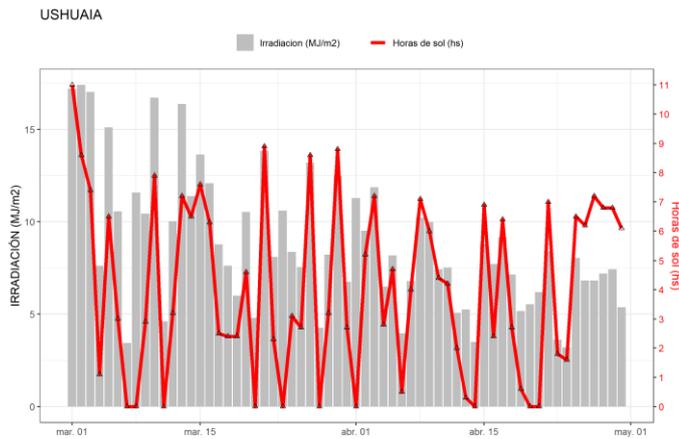


Figura 32. Irradiación solar global diaria y horas de sol obtenidas en Ushuaia.

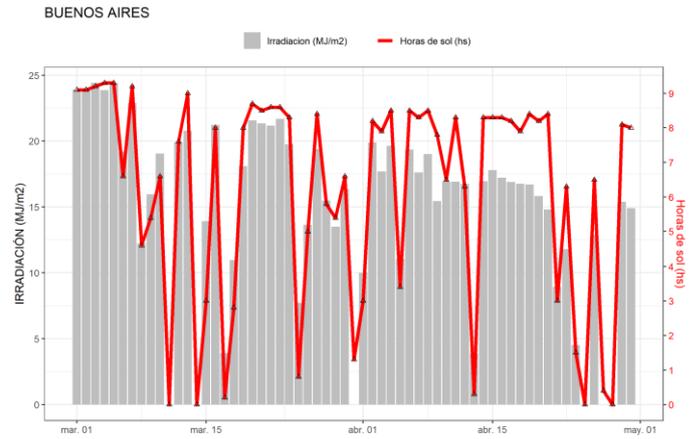


Figura 33. Irradiación solar global diaria y horas de sol obtenidas en Buenos Aires.

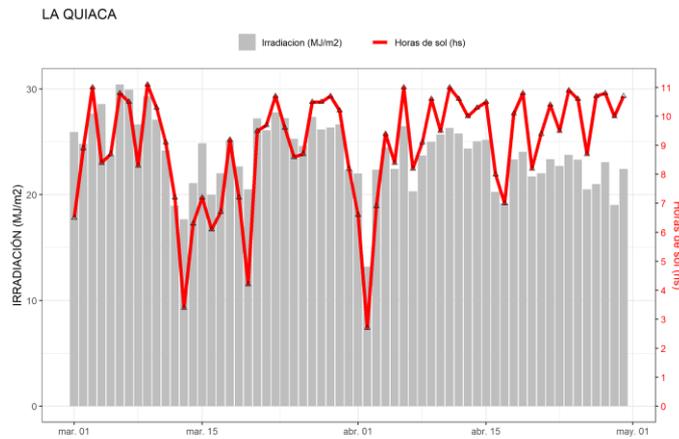


Figura 34. Irradiación solar global diaria y horas de sol obtenidas en La Quiaca.

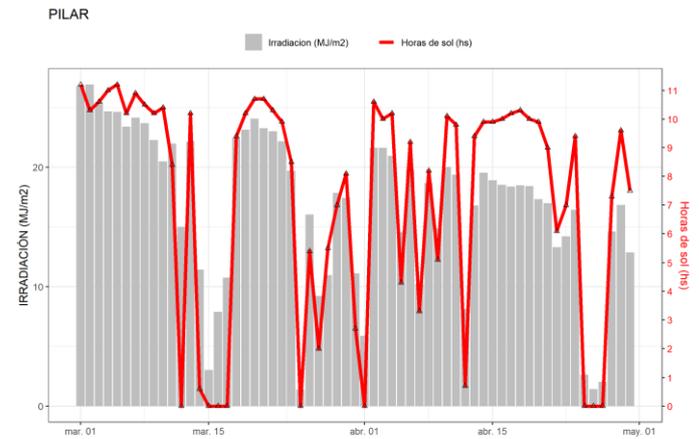


Figura 35. Irradiación solar global diaria y horas de sol obtenidas en Pilar.

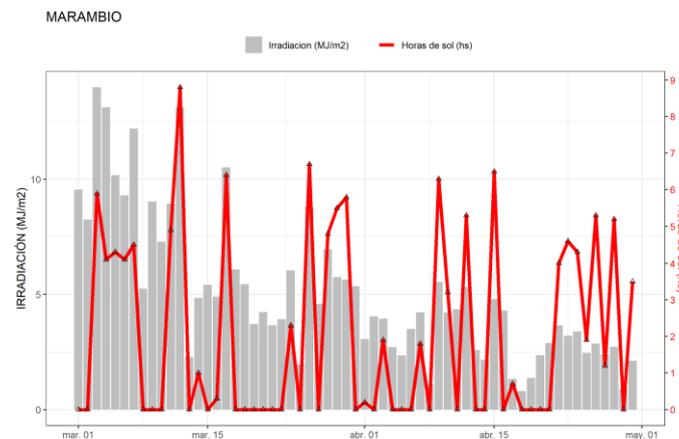


Figura 36. Irradiación solar global diaria y horas de sol obtenidas en Marambio.

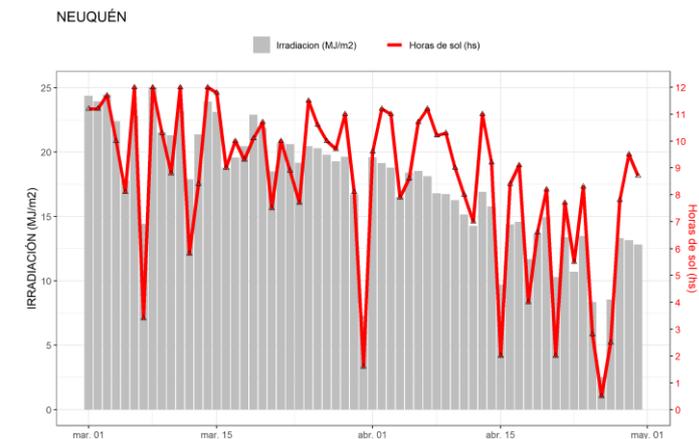


Figura 37. Irradiación solar global diaria y horas de sol obtenidas en Neuquén.

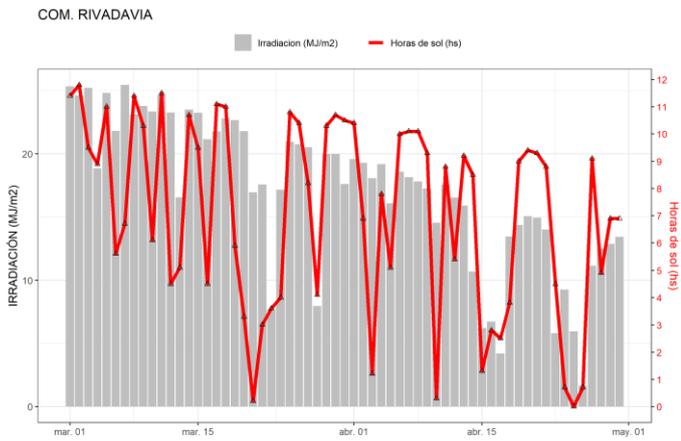


Figura 38. Irradiación solar global diaria y horas de sol obtenidas en Com. Rivadavia.

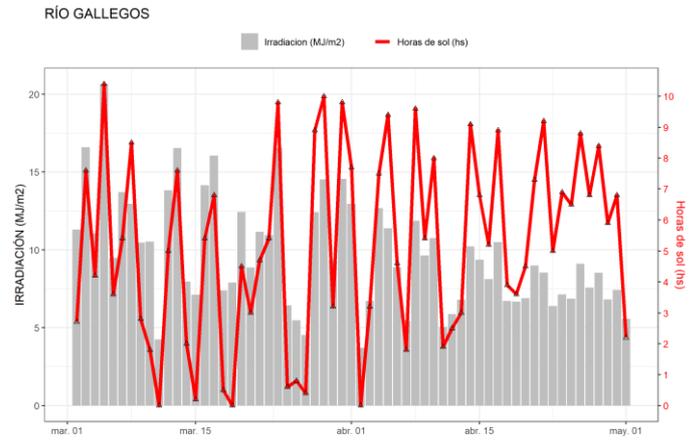


Figura 39. Irradiación solar global diaria y horas de sol obtenidas en Río Gallegos.

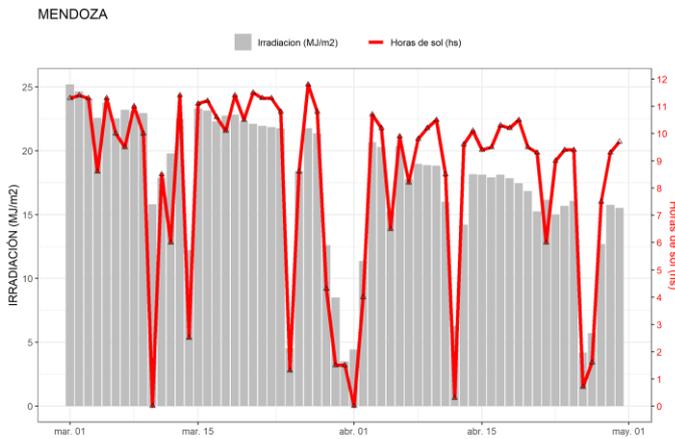


Figura 40. Irradiación solar global diaria y horas de sol obtenidas en Mendoza.

La figura 41 muestra el comportamiento del promedio mensual de irradiación solar diaria de los últimos 12 meses para todos los sitios disponibles. Se puede observar un claro comportamiento latitudinal y estacional. Se puede ver que, en general y para casi todos los meses, se presentan valores más altos a medida que la latitud del sitio se acerca al Ecuador. En verano algunos sitios presentan valores similares o incluso mayores a los medidos en La Quiaca y esto encuentra explicación en que típicamente se presentan condiciones de nubosidad abundante durante los meses fríos en este sitio.

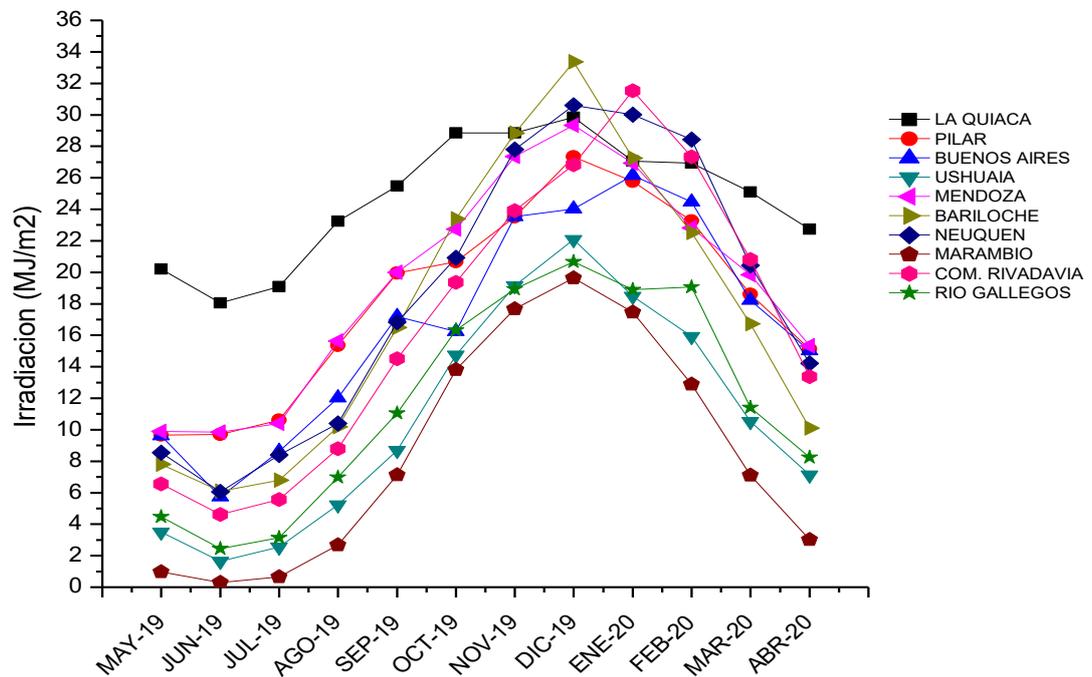


Figura 41. Promedio mensual de irradiación solar global diaria para los últimos 12 meses.

Contacto:

Lic. Fernando Nollas.
Observatorio Meteorológico Mendoza
Tel. +54-261-156511217
Mendoza – Argentina
fnollas@smn.gov.ar

REFERENCIAS

- Aristegui R., Righini R. (2012). Discusión sobre el proceso de selección de sitios apropiados para la ubicación de estaciones de una futura red solarimétrica nacional. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 16. (ISSN 0329-5184) 11.39-11.46
- Carbajal Benítez G. Barlasina M. E. Copes G, Cupeiro M, Sánchez R y Demasi M. "Registros y algunos aspectos de la radiación solar estacional en la Ciudad de Buenos Aires". International Center of Earth Science (ICES), ISBN 978-987-1323-24-1 y ISBN 978-987-1323-27-2.
- Grossi Gallegos, H. (1998a), Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. I. Análisis de la información. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 4, 119-123.
- Grossi Gallegos, H. (1998b), Distribución de la radiación solar global en la República Argentina. II. Cartas de radiación. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 5, 33-42.

Grossi Gallegos (2004) Notas sobre radiación solar, Luján, Buenos Aires, 225 páginas (ISBN 9879285-19-0).

Grossi Gallegos, H. y Righini, R. (2007) "Atlas de energía solar de la República Argentina. Publicado por la Universidad Nacional de Luján y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires, Argentina, 74 páginas + 1 CD-ROM, (ISBN 978-987-9285-36-7).

Raichijk C. (2013). Cartas de radiación solar directa normal para la pampa húmeda argentina. Acta de la XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 1, pp. 11.47-11.53. ISBN 978-987-29873-0-5.

BOLETÍN ELABORADO POR LIC. FERNANDO NOLLAS.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

DIRECCIÓN CENTRAL DE MONITOREO DEL CLIMA