

ANÁLISIS DE LOS PROMEDIOS MENSUALES DE IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL, HELIOFANÍA EFECTIVA Y PRECIPITACIÓN EN PARANÁ Y SAN MIGUEL EN RELACIÓN A LAS FASES DEL EVENTO EL NIÑO-OSCILACIÓN AUSTRAL

H. Grossi Gallegos* y M. I. Spreafichi**
Red Solarimétrica, Servicio Meteorológico Nacional
Avda. Mitre 3100, (1663) San Miguel, Buenos Aires, ARGENTINA
Telefax: (54-11) 4455 6762, E-mail: hgrossi@smn.gov.ar

RESUMEN: En el presente trabajo analizamos el comportamiento de los promedios mensuales de irradiación solar global, heliofanía efectiva y precipitación en relación al del Índice Multivariado El Niño-Oscilación Austral (MEI) durante los meses de octubre a abril a lo largo de los años en que se dispone de datos en las estaciones Paraná y San Miguel. Dado que no se pudo establecer un patrón de comportamiento, concluimos que debería ser tenido en cuenta un número mayor de factores para permitir encontrar alguna relación más clara entre el clima solar y las fases del fenómeno.

Palabras clave: radiación solar, El Niño, La Niña.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha dedicado bastante trabajo al rescate, análisis y evaluación de los datos de heliofanía por ser uno de los parámetros más ligados a la irradiación solar que posee registros históricos de gran extensión y distribuidos con vastedad por todo el mundo. Su interés reside no sólo en la posibilidad de estimar la irradiación global a partir de correlaciones estadísticamente establecidas (Grossi Gallegos *et al.*, 2003; Righini y Grossi Gallegos, 2003; Righini *et al.*, 2005) sino también para analizar la posible influencia del Cambio Climático Global (CCG) sobre el régimen solar (Grossi Gallegos y Atienza, 1995; Blázquez y Grossi Gallegos, 1996, Blázquez y Grossi Gallegos, 1997) con las consecuencias que ello podría traer asociadas sobre la producción agrícola (Grossi Gallegos y Magrin, 1993; Magrin *et al.*, 1997).

Resultaba entonces por demás interesante analizar la existencia de posibles tendencias en una estación como Paraná que, además de heliofanía, dispone de series de casi 30 años de datos de irradiación global, temperatura, precipitación y nubosidad, algunas de las cuales han sido asociadas a la estimación de la radiación como alternativa ante la falta de mediciones directas (Grossi Gallegos *et al.*, 2006). Además, esta estación está ubicada en la zona noreste de la Pampa Húmeda en la que se detectó una tendencia decreciente significativa al 5%, si bien un análisis posterior de la incerteza instrumental las enmascaró (Grossi Gallegos y Spreafichi, 2007a).

En un trabajo reciente (Grossi Gallegos y Spreafichi, 2007b) analizamos esta información; las tendencias halladas en las series de promedios anuales de la irradiación solar global diaria y de todos los parámetros habitualmente correlacionados con ella resultaron aleatorias, esto es, no significativas al nivel del 5%, de acuerdo con los resultados del test de Mann-Kendall utilizado. Los valores de las pendientes de las rectas trazadas por cuadrados mínimos resultaron levemente negativos para la irradiación global (-0.029 MJ/m²/año), la heliofanía efectiva (-0.007 horas/año) y la nubosidad (-0.001 octavos/año, para las lecturas de las 6 GMT, y -0.005 octavos/año 12 y 18 GMT), mientras que fueron levemente positivos los valores de las pendientes de la raíz cuadrada de la amplitud térmica (+0.0023°C^{0.5}/año) y de la precipitación (+4.9 mm/año). En esta última serie el alto valor observado en el año 2000 corresponde a un fenómeno ocurrido en el mes de abril (con un total de 473.4 mm) que provocó un desvío mayor al 200 % de la normal 1961-1990; el mismo tuvo centros registrados en Paraná (estaciones Aero e INTA) y en Gualeguaychú. Este fenómeno se repitió, con menor intensidad, en el año 2002.

Como ya dijéramos entonces, si lo que se busca es alguna indicación de variabilidad secular en el clima solar se hace necesario en primera aproximación analizar las series temporales de los promedios anuales de irradiación solar global y de las variables meteorológicas relacionadas asociadas. Descartada la misma, es preciso reducir el intervalo de integración, analizando las series temporales de valores diarios o de promedios mensuales o estacionales de estas variables para investigar su posible correlación, por ejemplo, con el Índice Multivariado ENSO (El Niño Southern Oscillation), conocido como MEI (Multivariate ENSO Index), ya que podría resultar alguna “teleconexión” con la ocurrencia de eventos “El Niño” que produjeran mayor cantidad de nubes o precipitaciones en esta región. Será conveniente para ello comparar los resultados a que se llegue en dos estaciones lo suficientemente distantes y que presenten buena estadística solar, como es el caso de San Miguel y Paraná.

En el presente trabajo analizamos el comportamiento de los promedios mensuales de irradiación solar global, heliofanía efectiva y precipitación en relación al del MEI durante los meses de octubre a abril a lo largo de los años en que se dispone de datos en las estaciones Paraná y San Miguel ya que, en caso de existir, la influencia del fenómeno El Niño no suele tener un desfase mayor.

* Investigador del CONICET, **Profesional de Apoyo del CONICET

MATERIALES Y MÉTODOS

Consideramos para la Estación INTA Paraná los valores de irradiación solar global (1979-2006), de heliofanía (1964-2007) y de precipitación (1958-2007), junto con los valores correspondientes del Índice Multivariado ENSO (1950-2007), publicados estos últimos en <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/table.html>.

Vale quizás la pena recordar que el MEI es un intento de monitorear El Niño y la Oscilación Sur, el fenómeno más importante de acoplamiento entre el océano y la atmósfera para causar la variabilidad climática global en una escala de tiempo interanual. Este índice se basa en las seis principales variables observadas en el Pacífico tropical: presión al nivel de la superficie del mar, componentes zonal y meridional del viento superficial, temperatura superficial del mar, temperatura superficial del aire y fracción de cobertura total del cielo (<http://www.cdc.noaa.gov>). Valores negativos del MEI representan la fase fría del ENSO (La Niña) mientras que los valores positivos representan la fase caliente del fenómeno (El Niño). En algunos casos es dable observar que muchos de estos eventos se extienden más allá del año calendario.

Cabe mencionar que existen otros índices destinados a detectar episodios de El Niño/La Niña, como por ejemplo el SOI-Southern Oscillation Index (calculado a partir de las fluctuaciones mensuales o estacionales en la diferencia de la presión del aire entre Tahiti y Darwin), el ONI-Oceanic Niño Index, y los Índices Niño 1.2, 3, 3.4 y 4.

Una de las formas de analizar el comportamiento de los promedios de las variables meteorológicas es hacerlo con sus anomalías con respecto a alguna referencia: el valor medio de la variable en el período observado o el desvío estándar (esta última se denomina anomalía estandarizada). Nos pareció más útil utilizar la primera, es decir, la anomalía relativa porcentual de cada una de las variables, la que definimos como:

$$AR\% = 100 (X_m - X_M)/X_M$$

en donde X_m es el promedio mensual de la variable considerada y X_M el valor medio de la misma en todo el período.

Para los meses que van de octubre a marzo calculamos los promedios mensuales de cada una de las variables antes mencionadas, el promedio general en el semestre y su anomalía relativa, presentando juntas en el gráfico de cada período la marcha de las anomalías de la variable y del MEI.

Considerando la marcha del índice que se muestra en la Figura 1 (en donde el color rojo indica los eventos El Niño y los azules, La Niña), analizamos los conjuntos de gráficos de las tres variables consideradas en coincidencia con algunos de los valores elevados del MEI, tanto positivos como negativos.

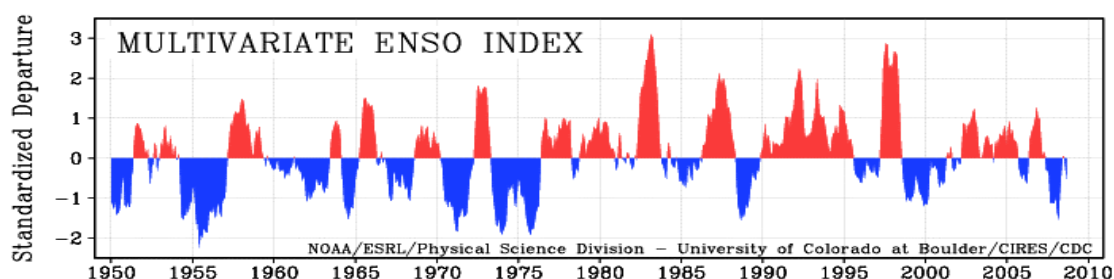


Figura 1. Variación temporal del Índice Multivariado El Niño Southern Oscillation - MEI, según <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/ts.gif>.

En la Figura 2 mostramos el comportamiento de los promedios mensuales de la irradiación solar global, la heliofanía efectiva y la precipitación correspondientes a los meses de octubre a marzo en la estación Paraná, provincia de Entre Ríos (31.83°S; 60.52°W), para dos de los períodos en los que el MEI presenta anomalías relativas elevadas de valor positivo, indicando la ocurrencia del fenómeno de El Niño (años 1982-1983 y 1997-1998), mientras que en la Figura 3 mostramos lo contrario, esto es, de La Niña (años 1988-1989 y 1999-2000). En las Figuras 4 y 5 se repite el esquema, pero para la estación San Miguel, provincia de Buenos Aires (34.55S; 58.73W).

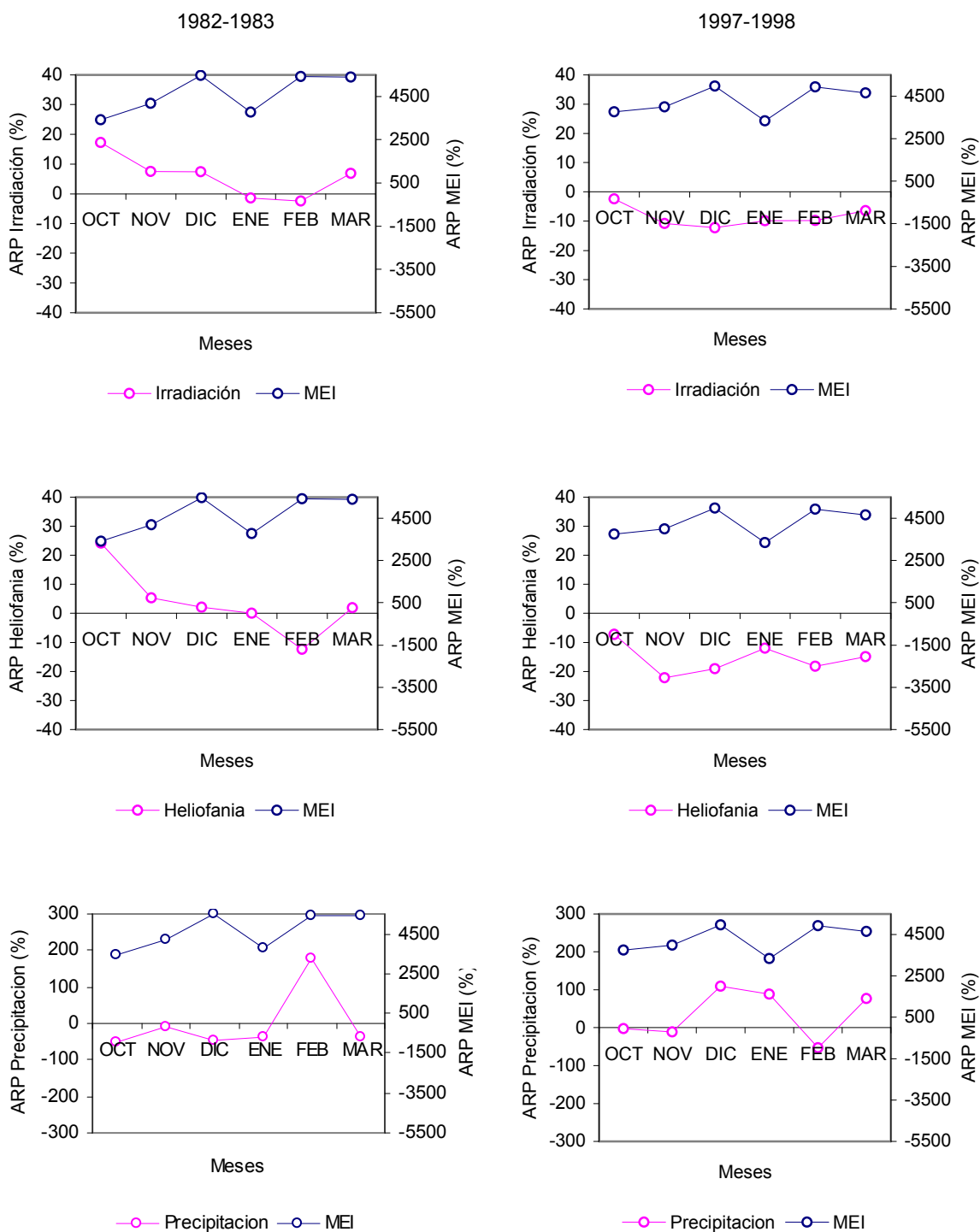


Figura 2. Comportamiento de los promedios mensuales de la irradiación solar global, la heliofanía efectiva y la precipitación correspondientes a los meses de octubre a marzo en la estación Paraná, provincia de Entre Ríos para dos diferentes periodos del fenómeno de El Niño.

Frente a elevados porcentajes de aumento en la anomalía relativa del MEI observados durante el período del Niño 1982-1983 sólo se registra un moderado ascenso en los valores de las anomalías relativas medias de la irradiación global y de la heliofanía en octubre y noviembre y algo menor en marzo, acompañadas por sus correspondientes descensos en la precipitación. También es dable observar una anomalía positiva en la precipitación en febrero acompañada por leve variación en la irradiación y en la heliofanía.

Por otra parte, en el período del Niño 1997-1998 el elevado valor de la anomalía relativa del MEI es acompañado por una disminución permanente de las correspondientes a la irradiación y a la heliofanía, observando sólo un importante aumento en

la precipitación en los meses de diciembre, enero y marzo (de donde puede inferirse un incremento general de la nubosidad en este período como causa del descenso de las variables solares).

En los fenómenos La Niña seleccionados, caracterizados por disminuciones importantes en las anomalías relativas del MEI, podemos observar en el período 1988-1989 leves aumentos en las anomalías de la irradiación y de la heliofania (con disminución en marzo), acompañadas por una disminución de las precipitaciones (con un valor extremo cercano al 100% en enero), disminución no tan definida ni acentuada en La Niña 1999-2000, período en el que la irradiación y la heliofania presentan anomalías en general negativas.

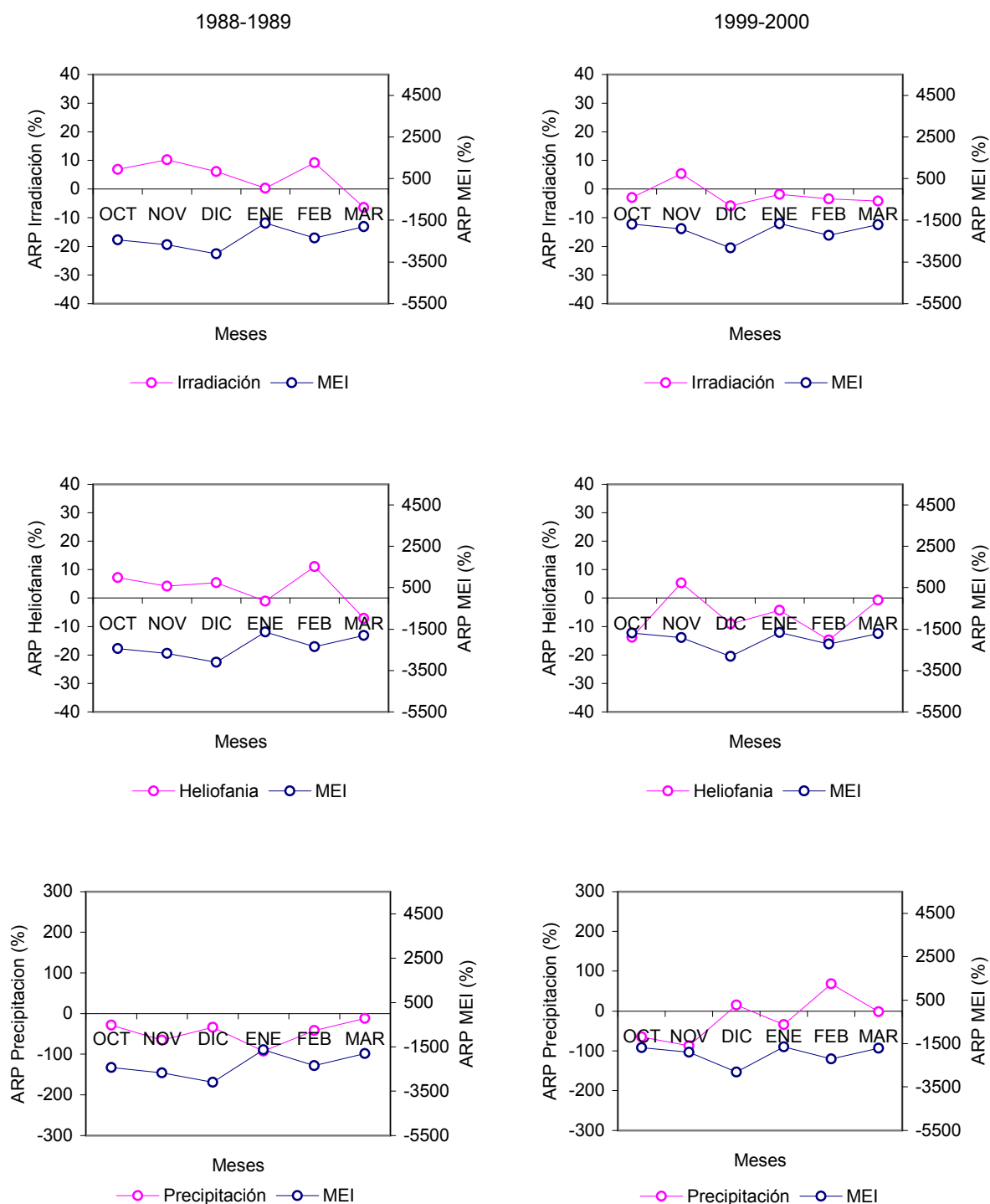


Figura 3. Comportamiento de los promedios mensuales de la irradiación solar global, la heliofania efectiva y la precipitación correspondientes a los meses de octubre a marzo en la estación Paraná, provincia de Entre Ríos para dos diferentes periodos del fenómeno de La Niña.

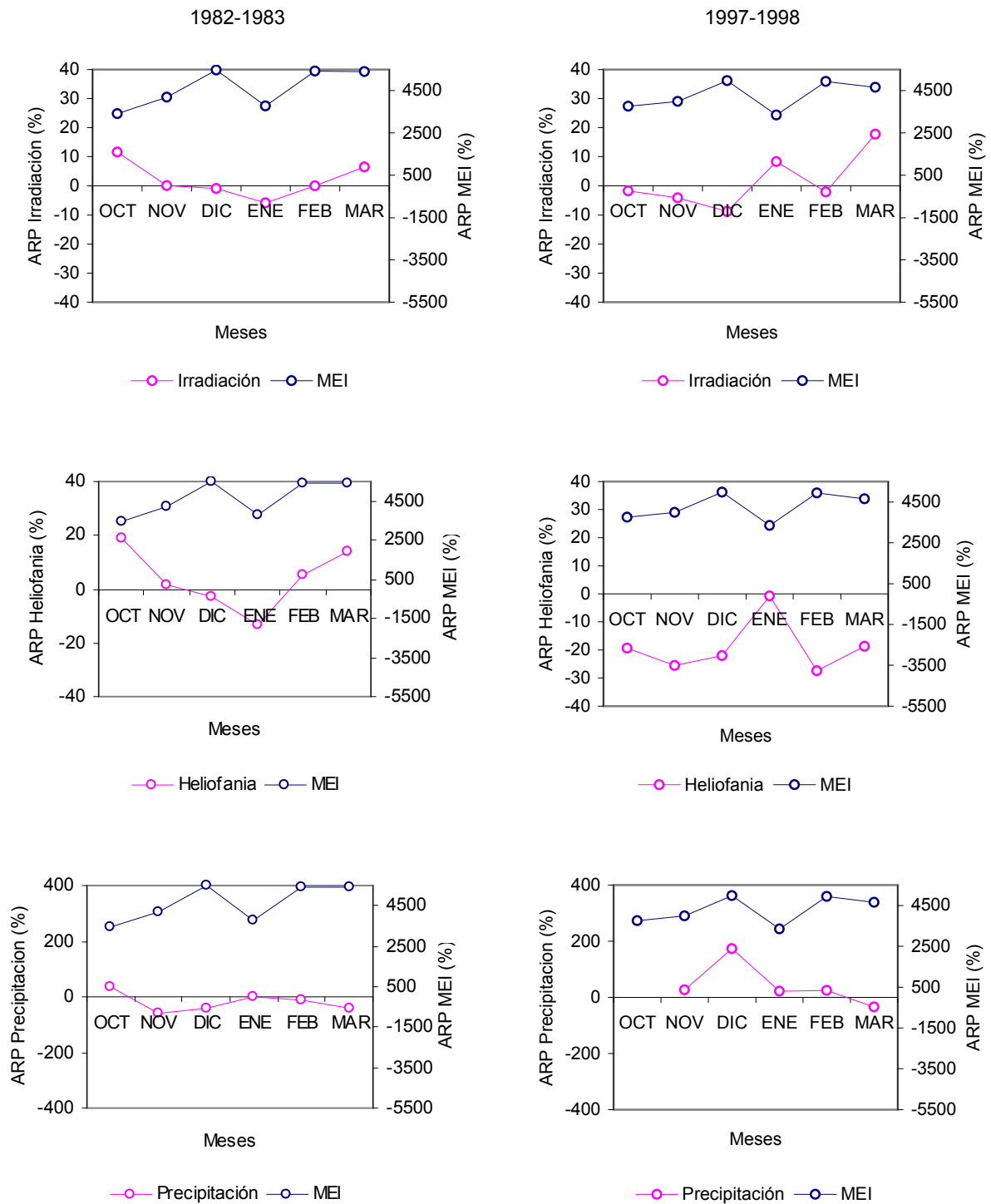


Figura 4. Comportamiento de los promedios mensuales de la irradiación solar global, la heliofania efectiva y la precipitación correspondientes a los meses de octubre a marzo en la estación San Miguel, provincia de Buenos Aires para dos diferentes periodos del fenómeno de El Niño.

Durante la fase caliente 1982-1983 se observa en San Miguel que las anomalías en la irradiación global y la heliofania tienen un comportamiento similar que en Paraná, mientras que la anomalía en la precipitación no presenta el aumento observado en febrero, que debe obedecer a un fenómeno de alcance local. Durante el período 1997-1998 el comportamiento de la heliofania y la precipitación son similares a los observados en Paraná, no así la irradiación que muestra anomalías positivas, al contrario de lo observado en todo el período en Paraná.

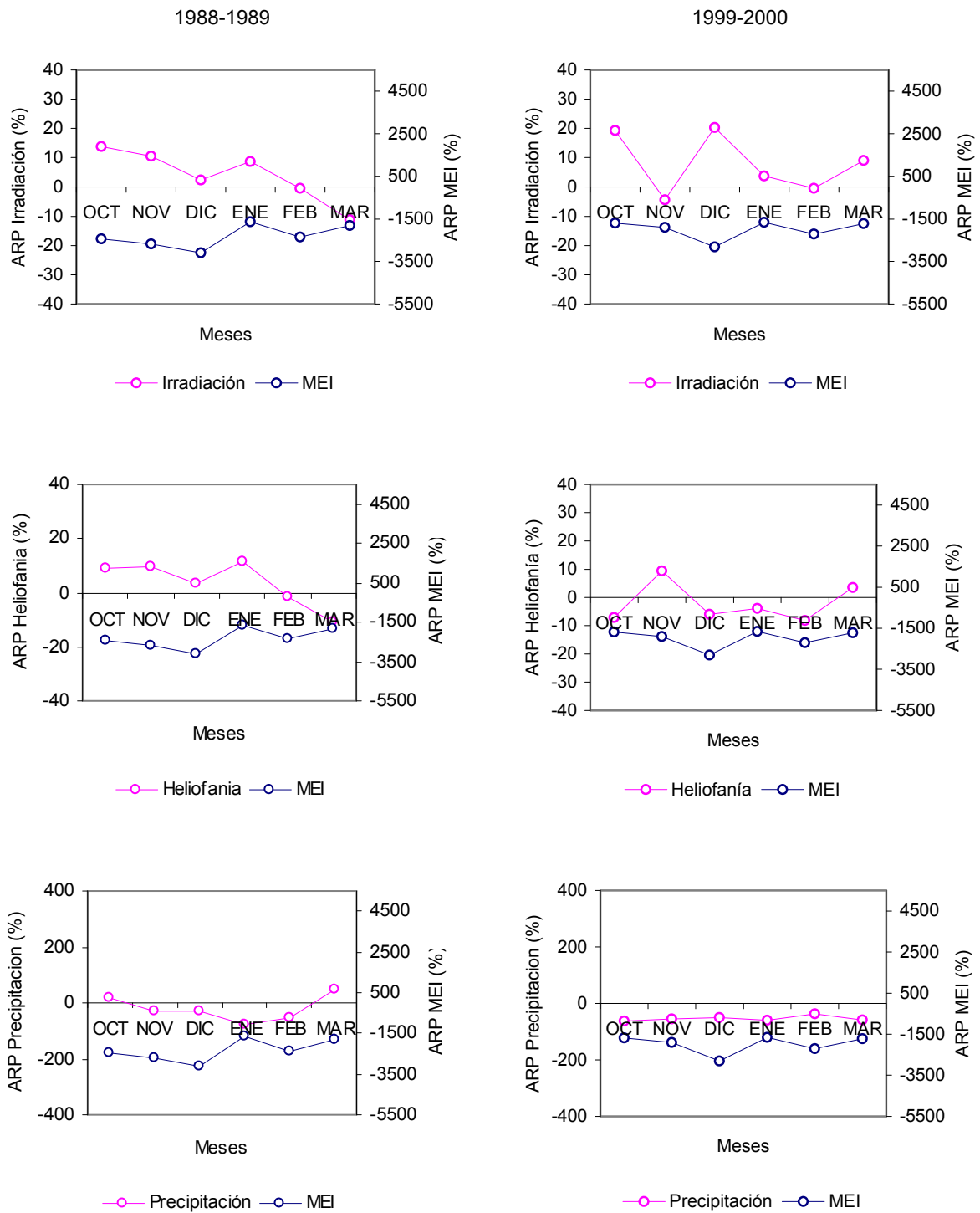


Figura 5. Comportamiento de los promedios mensuales de la irradiación solar global, la heliofanía efectiva y la precipitación correspondientes a los meses de octubre a marzo en la estación San Miguel, provincia de Buenos Aires para dos diferentes períodos del fenómeno de La Niña.

Durante la fase fría 1988-1989, las anomalías de San Miguel se comportan de manera similar a Paraná, pero en 1999-2000 nuevamente la irradiación se comporta de manera bien diferenciada y con valores marcadamente positivos.

CONCLUSIONES

Cabe mencionar que Ropelewsky y Halpert (1987) mostraron que en el área agrícola argentina, durante los episodios calientes (El Niño) del ENSO, se registran precipitaciones por encima de lo normal desde noviembre del año en que inicia el mismo hasta febrero del año siguiente, lo que no parece condecirse estrictamente con los resultados de este trabajo. Por el

contrario, en los episodios fríos (La Niña), afirmaron ocurren lluvias por debajo de lo normal desde julio a diciembre del año en el que el mismo se inicia, lo cual se verifica en Paraná para La Niña 1988-1989 y aproximadamente en San Miguel para la misma fase del ENSO 1999-2000.

Según Skansi *et al.* (2000), basándose en el estudio de las series de precipitaciones en 3 localidades del noreste de la provincia de Buenos Aires (Junín, Pergamino y Bueno Aires) en relación a las anomalías de temperatura de las zonas Niño 1.2, 3, 4 y 3.4, concluyeron que el ENSO produce efectos significativos sobre el régimen de lluvias en esta región, lo que podría utilizarse ventajosamente para fines de pronóstico climático. Comentan en su trabajo que los pronósticos basados en el tipo de episodio de ENSO (El Niño, La Niña o Neutro) sólo proveen información en los casos en el evento alcance un grado significativo. Sin embargo, destacan que el ENSO no permite explicar la evolución de las lluvias durante el total de la campaña agrícola, ni aún en los episodios más intensos. Concluyen su trabajo afirmando que el régimen de lluvias del área durante la mayor parte del año no depende del ENSO, por lo que recomiendan ampliar la gama de factores que se tienen en cuenta en la elaboración de los pronósticos climáticos.

Cabe destacar algunas de las conclusiones del trabajo de tesis de Marino (2007) que deseamos parafrasear: “Los análisis revelan que la frecuencia de precipitaciones intensas se ha incrementado, consistente con mayor proporción de tormentas, desde 1970 en el centro y noreste de nuestro país. Se observan cambios en la variabilidad de la intensidad de las precipitaciones coincidentemente con el aumento de la variabilidad de las tormentas a partir de la década del '70. El aumento de la intensidad de precipitación se hace más marcado a partir de 1989”.

Es conveniente remarcar que las series de datos de radiación global (e, inclusive, las de heliofanía) con que se cuenta tienen una corta extensión, mientras que las ocurrencias del fenómeno El Niño han podido ser reconstruidas hasta 4 siglos y medio (Quinn y Neal, 1987). Debería ser tenido en cuenta un número mayor de factores para permitir encontrar alguna relación más clara entre el clima solar y las fases del fenómeno.

Agradecimientos. Queremos manifestar nuestro agradecimiento al Lic. Raúl Righini, del GERSolar de la Universidad Nacional de Luján (UNLu) por su valiosa ayuda en el tratamiento previo de los datos y al señor José Ares, del SMN, por su disposición para la entrega de la información de heliofanía y precipitación.

REFERENCIAS

- Blázquez M. L. y Grossi Gallegos H. (1997) Resultados del estudio del comportamiento estadístico de la radiación solar y otras variables meteorológicas asociadas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 1 (1), 185-188.
- Grossi Gallegos H. y Magrin G. (1993) Evaluación de la influencia de la calidad de los datos de radiación solar global en los pronósticos de cosecha. En *Actas del 7mo. Congreso Latinoamericano de Energía Solar - 16a. Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*, La Plata, Buenos Aires, Argentina, tomo I, pp. 243-250.
- Grossi Gallegos H. y Blázquez M. L. (1996) Estudio de variables meteorológicas en la Estación San Miguel, provincia de Buenos Aires. Informe de avance. En *Actas de la XIX Reunión de Trabajo de la ASADES*, tomo I, pp. 04.1-04.4, Mar del Plata, Argentina.
- Grossi Gallegos H. y Spreafichi M. I. (2004) Análisis de los datos de heliofanía en el sur de Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 6 (2), 11.19-11.24 versión CD-ROM.
- Grossi Gallegos H. y Spreafichi M. I. (2006) Análisis de las series de datos de heliofanía en estaciones de Argentina ubicadas al norte de los 38°S. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 10, pp. 11.21-11.26 versión CD-ROM.
- Grossi Gallegos H., Righini R., Raichijk C. (2006) Analysis of alternatives for the assessment of the solar resource in Argentina. En *Proceedings of the World Renewable Energy Congress IX (WREC IX)*, Versión CD-ROM. Elsevier Ltd. and Florence University.
- Grossi Gallegos H. y Spreafichi, M. I. (2007a) Análisis de las series de los promedios anuales de heliofanía efectiva en Argentina. Enviado para su publicación en la revista *Meteorológica*, mayo de 2007.
- Grossi Gallegos H. y Spreafichi M. I. (2007b) Análisis de las series de datos anuales en la estación Paraná-INTA. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 11, pp. 11.31-11.36 versión CD-ROM.
- Magrin G.O., Travasso M.I., Diaz R., Rodriguez R. (1997) Vulnerability of the agricultural systems of Argentina to climate change. *Climate Research* 9: 31-36.
- Marino M. B. (2007) Variabilidad de la precipitación en Argentina en diferentes escalas temporales, relacionada con actividad convectiva observada. Documentación de la metodología para el tratamiento de la información. Verificación del desempeño de un modelo regional de pronóstico de precipitación. Tesis doctoral, UBA, FCEyN, 238 p.
- Quinn W. and Neal V. (1987) El Niño Occurrences Over the Past Four and a Half Centuries. *J. Geophys. Res.* 92, C13, 14,449-14,461.
- Righini R., Grossi Gallegos H. and Raichijk C. (2005) Approach to drawing new global solar irradiation contour maps for Argentina. *Renewable Energy*, 30, 8, 1241-1255.
- Ropelewski C. and Halpert M. (1987) Global and Regional Scale Precipitation Pattern Associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606-1626.
- Skansi M., Pérez S., Cáceres S., Hordij J. y Sierra E. (2000) Previsión de las precipitaciones del bimestre noviembre-diciembre en el norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina, en función de las anomalías de temperatura en el Área Niño 3.4. En *Anales de la VIII Reunión Argentina de Agrometeorología*, Versión CD-ROM, Mendoza, Argentina.

ABSTRACT: In the present work we analyzed the behaviour of the monthly averages of global solar irradiation, sunshine hours and precipitation in relation to the Multivariate ENSO Index (MEI) during the months of October to April throughout the years in which it is had data in the stations Parana and San Miguel. Since a behaviour pattern cannot be established, our conclusion was that would have to be considered a greater number of factors to allow finding some clearer relation between the solar climate and the phases of the phenomenon.

Key words: solar radiation, El Niño, La Niña.