

ANÁLISIS LAS COMPONENTES DEL BALANCE DE RADIACIÓN EN NEUQUÉN UTILIZANDO INFORMACIÓN SATELITAL

M. Suárez y M. Cogliati

**Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Comahue
Av. Argentina 1400 (Q8302AZN), Neuquén, Argentina
E-mail: msuarez@uncoma.edu.ar**

RESUMEN

En este trabajo se presenta el análisis de la marcha media anual las distintas componentes del balance de radiación de superficie analizados en dos localidades de la provincia de Neuquén utilizando información de los satélites del experimento ERBE (Earth Radiation Budget Experiment). Se efectúa además una comparación con datos de radiación solar global en superficie interpolados para la zona.

La concordancia encontrada entre el comportamiento de las marchas anuales de los distintos parámetros del balance de radiación en superficie interpolados por otros autores para estaciones ubicadas en la zona y los datos del experimento ERBE sugieren que la utilización de dichos datos en la zona de Neuquén con poca mediciones de radiación sería muy útil para la estudio en la región. Los valores medios anuales y la intensidad y el sentido de la variación espacial presentan concordancia.

Palabras clave: balance de radiación, flujos de radiación, variación anual, Neuquén.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta un análisis de las componentes del balance de radiación en superficie en dos localidades de la provincia de Neuquén (Argentina) utilizando información recopilada y estimada a partir de observaciones satelitales durante el programa CERES (Clouds and Earth's Radiant Energy) de la NASA (National Aeronautics and Space Administration).

La determinación del balance de radiación de la Tierra es esencial para elaborar modelos y llevar a cabo estudios en el campo de las Ciencias de la Atmósfera. En particular, expresar el balance energético a escala regional es necesario para estimar la variación local de los procesos meteorológicos, climáticos, hidrológicos y biológicos (Laine et al. 1999).

En los últimos años se ha estudiado el balance de radiación utilizando la información obtenida de satélites para su evaluación.

Brooks y Minnis (1983) examinaron los resultados de las mediciones mensuales regionales de varios satélites. Sus conclusiones infieren que cada sistema de medición de radiación en los satélites posee imprecisiones e imperfecciones de calibración y cálculo a los que deben sumarse los errores de estimación en los algoritmos de interpolación. Los autores estimaron los errores de la serie TIROS Nimbus (NOAA) entre 3 y 11 W/m², indicando una marcada disminución con respecto a satélites de series anteriores.

Kiehl y Trenberth (1997) analizan diversos estudios previos del balance de energía en la Tierra y los primeros modelos desarrollados, destacando a Dines (1917), que proveyó el primer modelo para el cálculo del balance de calor en la Atmósfera. Los autores mencionan que debido principalmente, a los resultados obtenidos al incorporar en los cálculos de los modelos la información de los distintos satélites se logró una mejora en la evaluación de los parámetros del balance energético global. Además realizaron una mejora en la estimación de flujos netos de energía radiante en diferentes longitudes de onda mediante la incorporación de información de los satélites utilizados durante el proyecto ERBE a modelos de radiación, y una estimación de los errores de los datos provistos por el satélite Nimbus 7, que alcanzaron entre 3 y 9 W/m² a diferencia de los errores de las estimaciones de los flujos de radiación mediante el uso de datos de superficie que alcanzaron 20 W/m².

Laine et al. (1999) indicaron que los métodos físicos de medición de satélites, basados en los cálculos de transferencia de radiación en cielo claro y nublado, poseen dificultades que complican las estimaciones de la radiación en superficie, ya que la cubierta nubosa afecta los procesos de transferencia de energía. Por ello estimaron la insolación en superficie comparando los datos de satélite con interpolaciones elaboradas en base a información de estaciones meteorológicas. Los autores concluyeron que los métodos basados en información satelital ofrecen estimaciones espaciales de radiación global considerablemente más exactas que las interpoladas con datos de superficie, especialmente en regiones donde la red de estaciones meteorológicas es poco densa.

Entre algunos trabajos previos que incluyen estudios similares que consideran la zona de Neuquén se pueden mencionar: Crivelli y Pedregal (1972) trazaron cartas mensuales de heliofanía relativa a partir de los datos de estadísticas de heliofanía del Servicio Meteorológico Nacional en el período 1941-1950 y teniendo en cuenta cartas del Atlas Climático de la República Argentina.

Palese (1992) realizó una interpolación lineal de radiación solar global a partir de cartas solarimétricas para distintas estaciones en Argentina.

Asimismo, estos resultados fueron utilizados para la obtención de los distintos parámetros en Argentina, principalmente en zonas con poca disponibilidad de datos de superficie.

Grossi Gallegos y Righini (2002a) analizaron la alternativa de estimación de la irradiación solar a partir de información meteorológica existente utilizando heliofanía. Presentaron los primeros resultados acerca de la distribución espacio-temporal de este parámetro en Argentina, utilizando métodos de interpolación geoestadística y teniendo en cuenta su variación con la altura como primer paso para mejorar las cartas de irradiación solar existentes.

Grossi Gallegos y Righini (2002b) proponen utilizar la estimación satelital disponible para mejorar el conocimiento de la distribución del recurso solar en zonas uniformes y aisladas de Latinoamérica. Se ejemplifica para la región del Gran Chaco luego de validar la información contra mediciones de superficie.

Ceballos et al (2005) estimaron la distribución de irradiancia media diaria sobre América del Sur utilizando el modelo GL1.2 del CPTEC/INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticas/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), utilizando imágenes del satélite GOES. Los autores analizaron una secuencia entre octubre 1997 a marzo 2005 para Argentina en la región entre 20° S y 45° S. La comparación con datos de algunas estaciones solarimétricas de la región exhibe buen grado de ajuste (del orden de 7% para promedios de péntadas), con incremento de este error medio a partir de la introducción del GOES 12. Postulan además que la resolución espacial permite buena definición en la distribución geográfica de radiación. La resolución temporal permite además, el uso de análisis de componentes principales para evidenciar comportamientos regionales típicos. En el área analizada fueron encontrados al menos 10 regímenes de irradiación. El autor puntualiza además que los modelos físicos tienen la ventaja de depender de leyes físicas más o menos simplificadas, aplicadas a estructuras atmosféricas definidas por un conjunto básico de parámetros provenientes de la climatología de la región.

Raichijk et al (2005) utilizaron un método de estimación de los promedios mensuales de la irradiación solar global diaria a partir de promedios mensuales de amplitud térmica diaria. Concluyeron que su utilización constituye una alternativa razonable.

El objetivo del presente trabajo es analizar la marcha anual de cada una de las componentes del balance de radiación de superficie en dos localidades de Neuquén y comparar los resultados con datos de radiación solar global en superficie obtenidos por otros autores para la zona, para efectuar una evaluación de la concordancia entre ambas fuentes de datos.

DATOS Y METODOLOGÍA

La información utilizada en el presente trabajo fue obtenida y procesada durante el programa CERES (The Clouds and the Earth's Radiant Energy System) de la NASA (National Aeronautics and Space Administration), y el experimento ERBE (Earth Radiation Budget Experiment), que incluye datos de distintos satélites (ERBS, NOAA) y se encuentra disponible en su página web <http://eosweb.larc.nasa.gov>.

Los datos utilizados incluyen el subconjunto de valores medios mensuales de flujos de radiación de onda corta y onda larga para el período 1993 - 2002, medidos en superficie en las condiciones de cielo presentes en el momento de la medición, ya sea cubierto o despejado, en 38.5° S, 69° W y en 38.5° S, 68° W por los satélites utilizados en el experimento ERBE.

Variables	Siglas	Unidad	Rango (µm)	Período
Radiación onda corta entrante	OCe	W/m ²	0.38 – 0.69	1933 - 2002
Radiación onda larga entrante	OLe	W/m ²	0.7 - 14	1933 - 2002
Radiación onda corta saliente	OCs	W/m ²	0.45 – 0.6	1933 - 2002
Radiación onda larga saliente	OCe	W/m ²	0.7 – 14	1933 - 2002

Tabla 1: variables analizadas, siglas, unidad de medida y período de los datos.

Se efectuó el análisis las marchas medias mensuales de los flujos de radiación entrante y radiación saliente, tanto de onda larga como de onda corta (ver Tabla 1), y se estudió el comportamiento del balance neto de radiación solar en los puntos seleccionados por considerarse representativos del área de interés.

El balance de radiación en superficie se calculó a partir de la siguiente relación (Kiehl y Trenberth, 1997):

$$RSN\ TOT_NET = R_E - R_S = OCe + OLe - OCs - OLS \quad (1)$$

Donde RSN TOT_NET es la Radiación Total Neta en Superficie, R_E es la radiación entrante, R_S es la radiación saliente, OCe es la radiación de onda corta entrante, OLe es la radiación de onda larga entrante, OCs es la radiación de onda corta saliente y OLS es la radiación de onda larga saliente.

Se utilizaron además los datos analizados por Palese (1992), que presenta tablas de datos de radiación solar global en Argentina, obtenidas a partir de interpolación lineal de la información espacial de las cartas de radiación solar global sobre plano horizontal del Programa CESAD (Modelo Climático Energético de la zona templada húmeda (1979)) IAS/FABA (Instituto de Arquitectura Solar/Facultad de Arquitectura y Bellas Artes) de La Plata para el período 1941 – 1950. En el trabajo se presentan las marchas anuales de radiación solar global para la región y las diferencias entre distintas localidades: Cipolletti, J. J. Gómez, Gral. Godoy, Choele Choel, Las Lajas y Cutral Có.

El albedo en superficie se calculó como:

$$\text{Albedo en superficie} = OCs / OCe \quad (2)$$

Donde OCs es la radiación de onda corta saliente y OCe es la radiación de onda corta entrante (Barkstrom, 1984)

RESULTADOS

Se analizó la marcha anual de cada una de las componentes obtenidas a partir de los datos provistos a través de internet. En la Figura 1 se presentan marchas medias mensuales de los parámetros del balance de radiación (1) en 38.5° S, 69° W y en 38.5° S, 68° W en el período 1993-2002 (satélites del experimento ERBE).

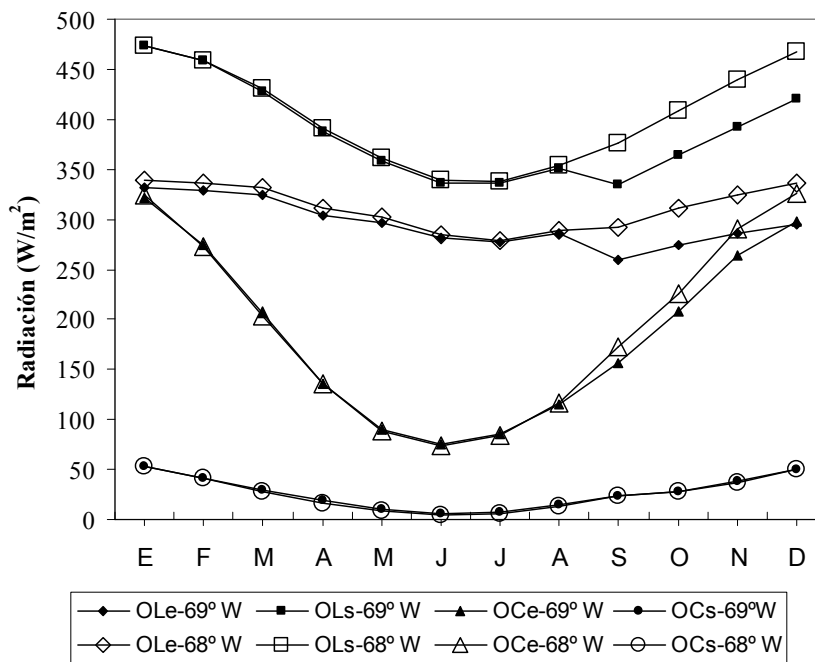


Figura 1: Valores medios mensuales de flujos de radiación medidos en superficie en condiciones de cielo claro y cubierto, en 38.5° S, 68.° W y en 38.5° S, 69° W en el período 1993-2002 (W/m²). (OLe: flujo de onda larga entrante; OLS: flujo de onda larga saliente; OCe: flujo de onda corta entrante; OCs: flujo de onda corta saliente)

La radiación de onda corta entrante (OCe) en superficie (insolación) está compuesta por la radiación solar directa y la difusa. La radiación difusa es resultado de una serie de procesos sobre la radiación directa: absorción selectiva y difusión molecular provocada por los gases y el vapor de agua; y por difusión y absorción debida a aerosoles o turbidez. (Palese, 1992; Whiteman et al. 1989).

El flujo entrante de radiación de onda corta presenta un comportamiento estacional con un máximo estival (303.2 W/m² en 38.5° S, 68° W; 290.1 W/m² en 38.5° S, 69° W) y un mínimo invernal (91.7 W/m² en 38.5° S, 68° W; 91.3 W/m² en

38.5° S, 69° W). La amplitud de variación del flujo entrante es de 211.5 W/m² en 38.5° S, 68° W y de 198.8 W/m² en 38.5° S, 69° W (ver Figura 1).

La variación anual se explicaría por tres causas principales (Whiteman et al. 1989; Kiehl y Trenberth, 1997; Crivelli y Pedregal, 1972): por la variación anual de la declinación solar, que generaría estaciones climáticas diferenciadas y produciría un disminución de la duración del día en invierno en las latitudes medias (ver Figura 2); por la influencia del Anticiclón del Pacífico que provocaría un período nuboso en los meses de invierno (ver Figura 3); y por el efecto de la Cordillera de los Andes, que produciría un aumento de la nubosidad (por el efecto orográfico) en las localidades ubicadas hacia el oeste del área de estudio, fenómeno que puede observarse en la diferencia de magnitud de flujo de radiación de onda corta entrante (OCe) entre los puntos seleccionados en sus medios mensuales (ver Figura 1) y medios anuales (ver Figura 4). Esta variación meridional que se presenta en los meses de verano es consistente con los datos y análisis presentados por Cevallos (2005) que conecta los modos principales predominantes con sistemas de tiempo verificables a través de los tipos de nubosidad generados y de su variación temporal característica, sugiriendo regionalizaciones del comportamiento de la radiación solar, para fines de estudio detallado de series temporales y estudios de climatología dinámica

Dichos efectos producirían una disminución de la intensidad del flujo entrante de radiación solar en los meses de invierno y un ciclo anual de variaciones de la radiación de onda corta entrante (OCe).

Se efectuó la comparación entre la información estandarizada de los satélites del experimento ERBE y la radiación solar global interpolada por Palese (1992) en similar ubicación. (ver Figura 2).

La Figura 2 presenta los promedios mensuales estandarizados con respecto a su valor medio y desviación estándar, de radiación solar global en Cutral Có en el período 1941-1950 (Palese, 1992) y el flujo de radiación de onda corta entrante (OCe) estandarizada en 38.5° S, 69° W en el período 1993-2001 (satélites ERBE) –cuadro superior-; y los promedios mensuales estandarizados de radiación solar global en Cipolletti en el período 1941-1950 (Palese, 1992) y el flujo de radiación de onda corta entrante (OCe) estandarizada en 38.5° S, 68° W en el período 1993-2001 (satélites ERBE) –cuadro inferior-. En ambos cuadros se observa que las series presentan un comportamiento similar, que no difiere significativamente al 95%, y que sigue una marcha anual con variación estacional. Los datos de los satélites ERBE provistos por el programa CERES son comparables a los datos obtenidos en superficie en ambos puntos seleccionados.

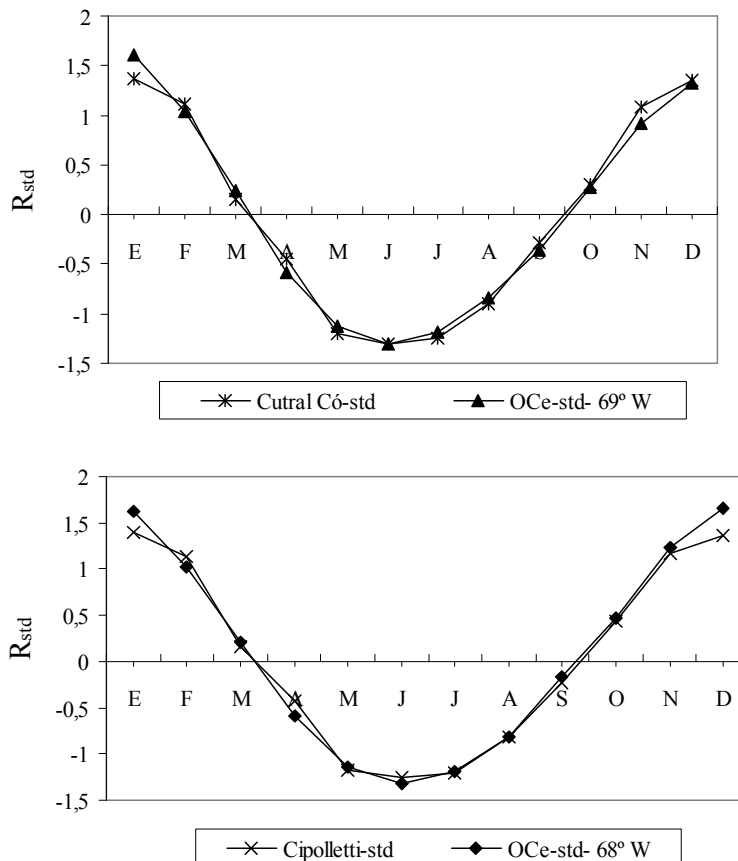


Figura 2: Radiación solar global media mensual estandarizada en Cutral Có en el período 1941-1950 (Cutral Có-std) y flujo de radiación de onda corta entrante estandarizada en el período 1993-2002 en 38.5° S, 69° W (OCe-std- 69° W) -cuadro superior-. Radiación solar global media mensual estandarizada en Cipolletti en el período 1941-1950 (Cipolletti-std) y flujo de radiación de onda corta entrante estandarizada en el período 1993-2002 en 38.5° S, 68° W (OCe-std- 68° W) -cuadro inferior-.

La Figura 3 muestra la marcha anual de la fracción nubosa media (porción de cielo cubierto por nubes, en décimos) en 38.5° S, 68° W y 38.5° S, 69° W en el período 1993–2001 (satélites del experimento ERBE). En ambos puntos se observa el aumento de la nubosidad en los meses de Mayo a Julio, presentando un máximo promedio de 0.65, y una disminución en los meses de Agosto a Abril, con un promedio de 0.5, y que presenta concordancia con el régimen de precipitaciones que se da en la zona.

Prohaska (1976) presenta datos de nubosidad media en Cipolletti en el período 1941-1956 y explica que la variable presenta un comportamiento estacional marcado, con máximo en invierno y mínimo en verano.

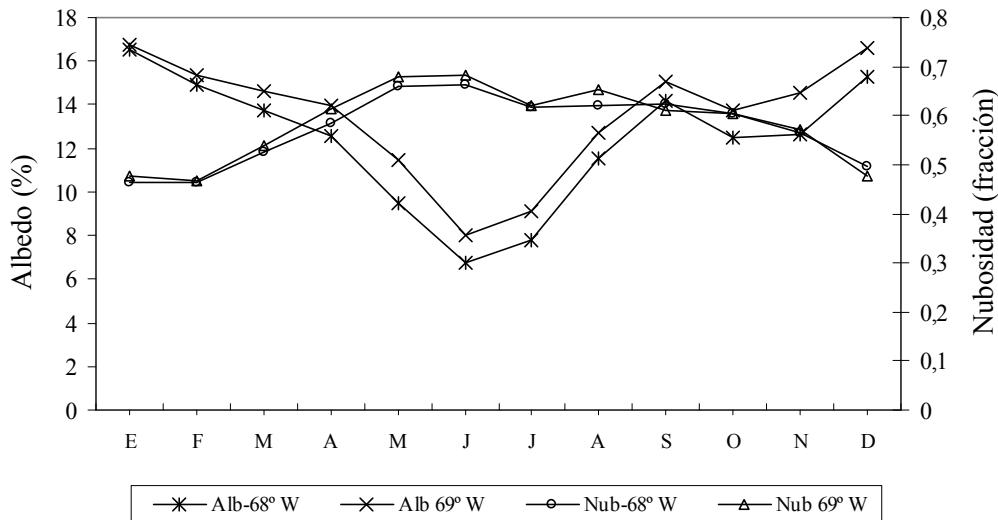


Figura 3: Fracción nubosa media mensual en 38.5° S, 68° W (Nub-68° W) y en 38.5° S, 69° W (Nub-69° W) en el período 1993–2001 y porcentaje de Albedo medio mensual en 38.5° S, 68° W (Alb-68° W) y en 38.5° S, 69° W (Alb-69° W) en el período 1993–2001.

La Figura 4 presenta el promedio anual de radiación solar global para seis estaciones seleccionadas por Palese (1992) correspondientes al área de estudio. Se observa una variación meridional entre las estaciones ubicadas al oeste y las estaciones localizadas hacia el este, que mostraría la influencia de otros factores sobre la radiación en la zona, como el efecto de Cordillera de los Andes y los porcentajes de nubosidad asociados a la misma en las localidades ubicadas hacia el oeste.

Se observa además que la diferencia en el promedio anual de radiación solar global entre Cipolletti y Cutral Có, es 4 W/m² observándose un comportamiento similar al comparar los promedios anuales de la radiación de onda corta entrante (OCe) (satélites ERBE) entre 38.5° S; 68° W y 38.5° S; 69° W, cuya diferencia es 5.2 W/m².

Este resultado indicaría que los datos de satélite provistos por el programa CERES presentan concordancia con los datos de superficie obtenidos por Palese (1992).

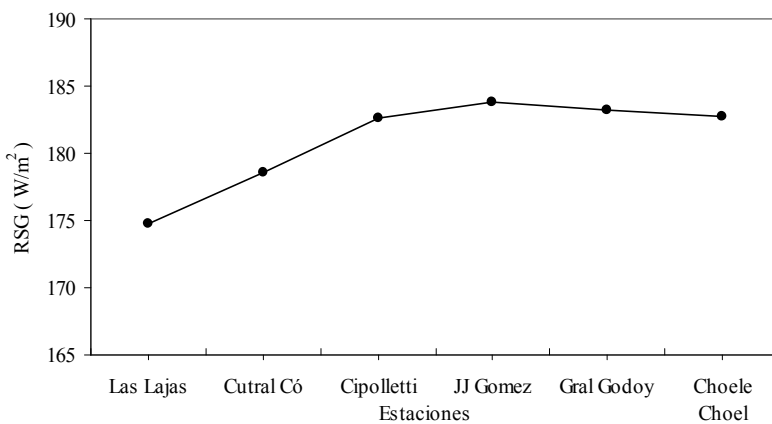


Figura 4: Radiación solar global (directa más difusa) media anual obtenida con datos de superficie en las estaciones seleccionadas por Palese (1992): Las Lajas, Cutral Có, Cipolletti, J. J. Gómez, Gral. Godoy y Choele Choe en el período 1941-1950 (W/m²).

La radiación de onda larga entrante (OLe) es resultado del proceso de re-emisión de radiación desde la Atmósfera hacia la Tierra. La transferencia del flujo de radiación de onda larga depende de la cantidad de cobertura nubosa, de la altura de las nubes, de la temperatura de la base y el tope de las nubes, de la eficiencia con que las nubes absorben la radiación y de la temperatura de los gases absorbentes y la eficacia de absorción en cada longitud de onda. (Kiehl y Trenberth, 1997). El flujo de radiación de onda larga entrante (OLe) es fuertemente dependiente de la presencia de nubes. Gran parte de la radiación emitida por las nubes se produce en la base de las nubes bajas y por ello es dificultoso su cálculo a partir de observaciones de satélite. Debido a la alta dependencia de este parámetro de la altura de la base de las nubes y de la cantidad de nubes bajas, el mismo es considerado como altamente incierto y sin duda explica gran parte de la variación en el balance global (Kiehl y Trenberth, 1997).

El flujo de radiación de onda larga entrante (OLe) presenta una variación estacional de menor magnitud que las variables previamente analizadas (ver Figura 1). El valor promedio mínimo se observa en los meses de invierno para el caso de los 38.5° S, 68° W (283.7 W/m²), y en los meses primaverales y estivales (de septiembre a diciembre) en el caso de los 38.5° S, 69° W (281.8 W/m²). El valor promedio máximo corresponde a los meses de verano (enero a marzo) en ambos puntos estudiados. El comportamiento anual del flujo de radiación de onda larga entrante presenta diferencias espaciales que merecen un estudio posterior para completar su análisis.

La intensidad de este flujo de radiación (OLe) es mayor a la del flujo de radiación onda corta entrante (OCe), con un promedio de 310.0 W/m², y por tanto estaría representando gran parte de la porción energética que ingresa al sistema Tierra-Atmósfera en el área de estudio.

La radiación de onda corta saliente (OCs) es el resultado de procesos de reflexión por parte de la superficie terrestre y de dispersión por parte de las nubes, los gases atmosféricos y los aerosoles. Su magnitud depende de: la época del año, la latitud, el porcentaje de cobertura nubosa, la naturaleza de la superficie y la cantidad de aerosoles presentes en la Atmósfera. Algunos de estos efectos son muy difíciles de evaluar. (Kiehl y Trenberth, 1997).

La radiación de onda corta saliente (OCs) presenta una menor variación estacional que las variables previamente analizadas (ver Figura 1). Los valores máximos corresponden a la estación estival, con un promedio de 50.2 W/m², y los valores mínimos a los meses de invierno, con un promedio de 9.8 W/m². La presencia de un mínimo invernal podría asociarse a la acción conjunta del efecto estacional y del aumento de la cobertura nubosa (ver Figura 1 y 3). La intensidad media mensual del flujo de onda corta entrante (OCe) es menor que la de las demás componentes del Balance de Radiación (ver Figura 1).

La fracción de flujo de radiación de onda corta saliente (OCs) puede ser analizada a partir del análisis del albedo. El porcentaje de albedo en superficie fue calculado según la ecuación (2) y se presenta en la Figura 3, que muestra también el comportamiento mensual de la fracción nubosa. Se puede apreciar que además de la variación estacional de ambas variables, existe un máximo relativo del albedo en superficie en el mes de Septiembre, que merece un estudio posterior, pero que a priori parecería asociarse en parte con el aumento estacional de la cantidad de aerosoles en la Atmósfera.

La radiación de onda larga saliente (OLs) es resultado de la emisión por parte de la superficie terrestre de energía de onda larga y la emisión de la atmósfera (en especial de la cubierta nubosa) hacia el espacio (Ahrens.1991), que es función de la capacidad de absorción del vapor de agua, del oxígeno, el ozono y la cubierta nubosa (Kiehl y Trenberth, 1997).

La radiación de onda larga saliente (OLs) presenta una intensidad media mensual mayor que el resto de las variables, una variación estacional (mínimo invernal) y una variación espacial con disminución en los meses estivales hacia el oeste (ver Figura 1). Este efecto merece un estudio posterior.

CONCLUSIONES

A partir de los primeros resultados obtenidos en este trabajo se puede mencionar que el comportamiento de las marchas anuales de los distintos parámetros del balance de radiación en superficie presenta concordancia con datos de trabajos anteriores.

La variación anual de radiación de onda corta entrante en los puntos analizados presentaría la influencia de la variación anual de la declinación solar, y la nubosidad, afectada por la migración del Anticiclón del Pacífico y por el efecto orográfico de la Cordillera de los Andes, que producirían cambios en la nubosidad afectando de manera diferencial a las localidades ubicadas hacia el oeste del área de estudio, esto podría observarse además, en la diferencia de magnitud de flujo de entre los puntos seleccionados en sus medios mensuales y medios anuales. Esta variación meridional que se presenta en los meses de verano es consistente con los datos y análisis presentados por Ceballos (2005) que relaciona los modos principales predominantes con sistemas de tiempo verificables a través de los tipos de nubosidad generados y de su variación temporal característica, sugiriendo regionalizaciones del comportamiento de la radiación solar.

El flujo de radiación de onda larga entrante presenta una variación estacional de menor magnitud. El mínimo se observa en los meses de invierno para el caso de los 38.5° S, 68° W, y en los meses primaverales y estivales (de septiembre a diciembre) en el caso de los 38.5° S, 69° W, presentando un máximo en verano (enero a marzo) en ambos puntos estudiados. El comportamiento anual del flujo de radiación de onda larga entrante, presenta diferencias espaciales que merecen un estudio posterior para completar su análisis. La intensidad de este flujo de radiación es mayor a la del flujo de

radiación onda corta entrante y estaría representando gran parte de la porción energética que ingresa al sistema Tierra-Atmósfera en el área de estudio.

La radiación de onda corta saliente presenta una menor variación estacional que las variables previamente analizadas. La presencia de un mínimo invernal podría asociarse a la acción conjunta del efecto estacional y del aumento de la cobertura nubosa. El flujo de radiación de onda corta saliente puede ser analizado a partir del análisis del albedo. Se puede apreciar que además de la variación estacional de ambas variables, existe un máximo relativo del albedo en superficie en el mes de Septiembre, que a priori parecería asociarse en parte con el aumento estacional de la cantidad de aerosoles en la Atmósfera.

La radiación de onda larga saliente presenta una mayor intensidad media mensual con variación estacional (mínimo invernal) y una variación espacial con disminución en los meses estivales hacia el oeste.

El comportamiento espacio-temporal de las series de datos provenientes de observaciones en superficie y de la información provista por los satélites del experimento ERBE presentan una alta concordancia en los dos puntos analizados.

La variación anual de cada una de las componentes analizadas del Balance de Radiación presenta una variación estacional con mínimo invernal, esperable debido a la importancia que presentan el efecto de la latitud y la época del año en las mismas. Además, se ha advertido que la fracción de cobertura nubosa y datos de aerosoles constituyen herramientas importantes en el análisis de las contribuciones de los distintos parámetros.

La concordancia encontrada entre los datos de superficie interpolados por otros autores para estaciones ubicadas en la zona y los datos del experimento ERBE sugieren que la utilización de dichos datos en la zona de Neuquén donde la densidad de estaciones de superficie con mediciones de radiación en superficie es extremadamente pobre, es satisfactoria.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahrens, C. Donald. (1991). *Meteorology Today. An introduction to weather, climate, and the environment*, 4° Edition, pp 61-71, West Publishing Company, U.S.A.
- Brooks D. y Minnis P. (1983). Simulation of the Earth's Monthly Average Regional Radiation Balance derived from Satellite Measurements. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 23, 392-403.
- Ceballos J.C; Bottino M.J; Righini R. (2005). Radiación solar en Argentina estimada por satélite: algunas características espaciales y temporales. IX Congremet, Buenos Aires, Argentina. Outubro 2005. Anais em CD-ROM.
- Crivelli E. y Pedregal M. (1972.) Cartas de Radiación solar global de l República Argentina. *Meteorológica*, Vol. 3, Nros 1, 2, 3, 80-97.
- Dines W. H. (1917). The heat balance of the atmosphere. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* 43, 151-158.
- Grossi Gallegos H. y Righini R. (2002 a). Acerca de la distribución de la heliofanía en Argentina. *ASADES. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 6. Nro 2. 11.37 –11.41.
- Grossi Gallegos H. y Righini R. (2002 b). Alternativa para una evaluación preliminar del recurso solar en zonas aisladas de Latinoamérica. *ASADES. Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol.10, 9–14.
- Kiehl J y Trenberth K (1997). Earth's Annual Global Mean Energy Budget_ *Bulletin of American Meteorological Society* 78 (197-208)
- Laine V., Venäläinen A., Heikinheimo M. y Hyvärinen H. (1999). Estimación de la radiación solar global en superficie con datos de NOAA AVHRR en altas latitudes_ *Journal of Applied Meteorology* 38, 1706-1719.
- Palese C. (1992). Tabla de datos de radiación solar global sobre plano horizontal de la República Argentina. Cuadernos de de la Facultad de Ingeniería, serie CEVEQU, Año II, Cuaderno Nro. 23, UNCo.
- Prohaska F. (1976). The Climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. *Climates of Central and South America*. World. Chapter 2, pp 13-69. Schwerdtferger W. *World Survey of Climatology*, Vol 12, Elsevier Scientific Publishing Company, New York
- Raichijk C.; Grossi Gallegos H.; Righini R. (2005). Evaluación de un método alternativo para la estimación de valores medios mensuales de irradiación global en Argentina. *ASADES. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 9.
- Whiteman D.; Allwine J.; Fritschen L.; Orgill M.; Simpson, J.(1988). Deep Valley Radiation and Surface Energy Budget Microclimates Part I: Radiation, *Journal of Applied Meteorology*, Vol 28, 414-426.

ABSTRACT

This paper shows an analysis of the mean annual surface radiation budget time series in two places near Neuquén (Argentina) by means of satellite imagery data. The information includes ERBE (Earth radiation Budget Experiment) spacecrafts. The paper presents a comparison between surface mean global solar radiation and satellite data.

The behavior of mean annual surface radiation budget obtained during ERBE experiment and those interpolated from surface meteorological stations are similar.

The analysis showed a good concordance between mean annual behavior of radiation budget and the intensity and sense of spatial variation. Satellite information would be useful in solar radiation analysis in Neuquén, where the density of surface meteorological station network is extremely poor.

Keywords: radiation balance, radiation fluxes, anual variation, Neuquén.