

RADIACION GLOBAL ESTIMADA EN CERRILLOS (SALTA) Y PARQUE PROVINCIAL CAVIAHUE-COPAHUE (NEUQUEN)*

OLGA E. SCARPATI¹

Recibido: 16/08/99

Aceptado: 26/10/99

RESUMEN

En este trabajo se presentan las cartas de radiación global media para los meses de enero y julio correspondientes a dos regiones argentinas, de diferente ubicación latitudinal y de relieve accidentado. Las cartas temáticas se obtuvieron mediante la metodología Topoclimatología Teórica partiendo de la cartografía de mayor detalle existente. En Salta se utilizó la carta topográfica Cerrillos de escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar mientras que en Neuquén se trabajó a partir del mapa de escala 1:40.000 del Plan General de Manejo del Parque Provincial Caviahue - Copahue. La radiación global se obtuvo con un modelo que toma en consideración la orientación e inclinación de la pendiente para cada unidad de área considerada. Los valores de este elemento climático obtenidos para enero en Cerrillos oscilan entre 400 y 700 MJ/m² y en el Parque Caviahue-Copahue entre 1150 y 150 MJ/m² mientras que en julio, en Cerrillos oscilan entre 200 y 400 MJ/m² y en el Parque Provincial Caviahue-Copahue los valores se encuentran entre 50 y 300 MJ/m². Estos resultados muestran la influencia de los factores latitud y duración del día.

Palabras clave: radiación global., topoclíma, áreas montañosas.

ESTIMATION OF GLOBAL RADIATION IN CERRILLOS (SALTA) AND PARQUE PROVINCIAL CAVIAHUE-COPAHUE (NEUQUEN)

SUMMARY

Theoric Topoclimatology was applied to two different Argentine regions. Global radiation was calculated using a model which considers the azimuth angle and slope of every study area. Cerrillos, located in the north of Argentina, was studied from a cartographic chart 1:50,000 of the Geographic Institute; and the southern area: Caviahue - Copahue Provincial Park from the General Use Plan Map which scale is 1:40,000. The results vary for January, between 400 and 700 MJ/m² at Cerrillos and for the Provincial Park between 1150 and 150 MJ/m². For July, at Cerrillos they are between 200 and 400 MJ/m² and at the Caviahue - Copahue Provincial Park 50 and 300 MJ/m². They show the influence of latitude and day duration..

Key words: global radiation, topoclimate, mountaneous regions.

INTRODUCCION

El clima de una región depende, además del clima general de la zona en que está situado, de un conjunto de parámetros de distinta naturaleza, inherentes al paisaje. Clima local o Topoclimatología es la rama de la climatología general, que estudia estas relaciones.

Enders, (1979), denominó Topoclimatología Teórica a la metodología que utiliza cartas topográficas, modelos y/o métodos empíricos y verificados de interpolación de datos meteorológicos, que permiten el cálculo de datos climáticos en áreas con escasa información y/o baja densidad de estaciones meteorológicas, como son las dos regiones objeto del estudio que nos ocupa.

*Realizado en el marco de los Proyectos UBACYT.TG31 (1.998 - 2.000) y el Proyecto Topoclimatología del Parque Provincial Caviahue - Copahue y su relación con la vegetación. (UNLP).

¹CONICET (Centro de Estudios Farmacológicos y Botánicos) y UNLP (Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación). Serrano 669 (1414) Buenos Aires, Argentina. e-mail: olga@cefybo.edu.ar

El conocimiento del goce de radiación de una región es importante no sólo para establecer sus variaciones espaciales y temporales como elemento climático, sino también como parámetro importante en el cálculo de la evapotranspiración y en el consiguiente balance de agua en el suelo. Además, en el norte del país, se incrementa su importancia de manera significativa en los cultivos propios de la región como es el caso del tabaco.

Por otro lado, con la presentación de estas cartas temáticas, se parte de una aproximación detallada en lo que se refiere a las variaciones topoclimáticas que presentan ambas zonas.

La región noroeste de la República Argentina que comprende las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca, es motivo del Proyecto UBACYT.TG31 (1.998 - 2.000) cuya finalidad es obtener una cartografía básica para el conocimiento de la agroclimatología de la región. Mediante el presente estudio se podrá aconsejar la posibilidad de cultivos no tradicionales de los que se conozcan sus requerimientos de radiación en distintas etapas de su ciclo evolutivo.

En lo que se refiere al Parque Provincial Caviahue - Copahue el conocimiento de su topoclimatología en lo que hace a temperatura media mensual del aire, radiación global media mensual y el posterior cálculo del balance de agua en el suelo, permitirá establecer la relación de los factores abióticos con sus recursos naturales.

En el territorio argentino se cuenta con los valores de radiación global medio diario calculados, para cada mes del año, por Grossi Gallegos *et al.* (1987) que lo hicieron para el continente sudamericano, por lo que es de interés comparar para dos regiones con diferente latitud como, objeto de este trabajo, los valores aportados por un estudio topoclimático, a fin de establecer sus diferencias.

MATERIALES Y METODOS

En la provincia de Salta el estudio se centró en la carta topográfica Cerrillos del Instituto Geográfico Militar en escala 1:50.000 que abarca el área entre 24° 50'LS - 25° 00'LS y 65° 30'LV - 65° 15'LV. Esta zona pertenece a los Departamentos Cerrillos y Capital y presenta distintas alturas, variando desde 2.006 m en el Cerro El Ceibalito o 1.956 m en el Cerro Redondo a menos de 1.150 m en el valle de Lerma en las proximidades del Río Arias.

El Parque Provincial Copahue-Caviahue, ubicado en el noroeste de la Provincia de Neuquén (37° 47' - 37° 55' S, 70° 55' - 71° 10' W), tiene una superficie de 28.300 ha. Fue creado en 1962 con el fin de preservar el valor de las termas y sus propiedades terapéuticas, recursos turísticos y protección de los bosques de *Araucaria araucana* (Pehuén). Se encuentra en la cordillera andino norpatagónica y su límite occidental corresponde a la divisoria de aguas que constituye la línea fronteriza con Chile. Presenta alturas medias por encima de los 1.600 m y su punto más elevado es el volcán Copahue con casi 3.000 m. Diversas manifestaciones termales se hallan en el sector occidental del Parque, ocupando hoyas de distinta extensión producto del desgaste glaciario sobre sustratos alterados por acción de las emanaciones volcánicas, siendo sus aguas mesotermales (20°C - 40°C) sulfurosas de renombre.

La Fig.1 muestra la ubicación de las dos áreas objeto de este trabajo.



Figura 1: Localización de las áreas de estudio. Las áreas más oscuras señalan la ubicación de la cartografía básica. En sombreado se destaca la región noroeste motivo del estudio agroclimático.

La carta topográfica Cerrillos se subdividió en unidades de malla cuadrada según coordenadas Gauss-Krüger definiéndose, por la escala del material básico, áreas de 400 m de lado o sea una superficie de 0,16 km². Esto significó 3.008 unidades de malla cuadrada o lo que es lo mismo 481,28 km².

El mapa de escala 1:40.000 del Plan General de Manejo del Parque Provincial Caviahue - Copahue de la provincia de Neuquén (1988), se subdividió de igual forma, pero en unidades de 320 m de lado o sea 0,10 km², resultando 2.992 cuadrículas lo que equivale a 306,38 km². Para cada región en estudio se calculó el ángulo de azimut, la altura máxima y la altura mínima, obteniéndose con éstas dos últimas la altura media y la inclinación de la pendiente de todas las unidades del área. Con estos datos básicos se aplicó el método de Duffie y Beckman (1980), que permite obtener la cantidad de radiación en superficie inclinada, ya que toma en consideración la orientación y la inclinación de la pendiente de cada una de las unidades de área de estudio y, por consiguiente, el cálculo se realiza según las características de cada una de ellas. El cálculo de la radiación en superficie horizontal, para cada mes del año, es un paso intermedio en el método mencionado.

Los valores básicos de radiación global utilizados provienen de promedios calculados a partir de los datos de la Red Solarimétrica para las estaciones Cerrillos (24° 54'S, 65° 29'W, 1.250m) y Alto Valle (39° 01'S, 67° 40'W, 242m). Estas fueron las únicas estaciones solarimétricas cercanas o en las áreas en estudio y se tomaron en consideración la totalidad de datos existentes.

Dado que en ambas regiones sólo se cuenta con valores observados en un solo punto, Cerrillos (Salta) en el área noroeste, y Alto valle (Neuquén) en el área sur, se adoptan los valores de radiación solar por extensión a toda la región respectiva.

RESULTADOS Y DISCUSION

La radiación global fue el único elemento de la radiación que se pudo estimar con mayor seguridad, por la naturaleza de la información existente. La radiación solar en áreas montañosas como las analizadas muestra grandes diferencias motivadas por las características topográficas, edáficas y de cubierta vegetal tan variable en estos ambientes. La radiación directa del Sol sobre superficie horizontal de la Tierra no pudo estimarse, por no existir observaciones en toda el área que abarca el estudio. El albedo o reflexión de onda corta, en registro continuo o aislado, que puede tener una importante componente direccional y que permitiría el cálculo o estimación del balance de radiación, tampoco ha sido observado. Su estimación

Cuadro N° 1. Distribución de la orientación de la pendiente.

Orientación	Frecuencia (%)	
	en Cerrillos	en Caviahue - Copahue
N	6,3	5,98
NE	6,75	14,99
E	6,78	10,35
SE	0,55	4,71
S	11,63	8,04
SW	4,26	2,67
W	5,42	2,40
NW	7,60	6,11
Plano	50,70	44,75

sobre la base de las características de la cobertura de la superficie y de la información bibliográfica disponible, que puede resultar más segura en grandes extensiones de llanura, resulta difícil e insegura de aplicar en relieves montañosos accidentados.

En el Cuadro N° 1 se muestra la distribución de las orientaciones de las pendientes en ambas zonas en estudio. En Cerrillos las unidades que reciben mayor incidencia solar o sea las orientadas al Norte, Noreste y Noroeste alcanzan al 21%, mientras que las del grupo Sud, Sureste y Sudoeste eson del 16% y la superficie plana llega casi al 51%. En Caviahue - Copahue las unidades con azimut Norte, Noreste y Noroeste llegan al 27,08%, las orientadas al Sud, Sureste y Sudoeste el 15,42 % y la superficie plana representa el 44,75%. Estos porcentajes no consideran las superficies de agua.

El Cuadro N° 2 permite observar la distribu-

Cuadro N° 2. Distribución de la inclinación de la pendiente.

Pendiente media	Frecuencia (%)	
	en Cerrillos	en Caviahue - Copahue
Sin o casi sin pendiente	50,70	44,75
Suavemente ondulada	8,66	21,06
Ondulada	11,18	11,00
Moderadamente escarpada	24,21	12,29
Escarpada	5,25	10,90

ción de la inclinación de la pendiente de acuerdo a la clasificación de USA, Soil Survey Manual (1951) y constatar que en Cerrillos el 29,46% de la superficie tiene más de 9° de inclinación de la pendiente y el Parque Caviahue-Copahue 23,19%. Esto indica que ambas extensiones son relativamente llanas, lo que apoya el criterio de una aptitud de uso bastante buena.

Las Figs. 2 y 3 muestran, respectivamente, la inclinación y la orientación de la pendiente de cada unidad de área de estudio para Cerrillos, mientras que las Figs. 4 y 5 lo hacen para el Parque Provincial Caviahue-Copahue.

Si bien se calcularon los valores de radiación global media mensual para todos los meses del año, se presentan sólo las correspondientes a enero

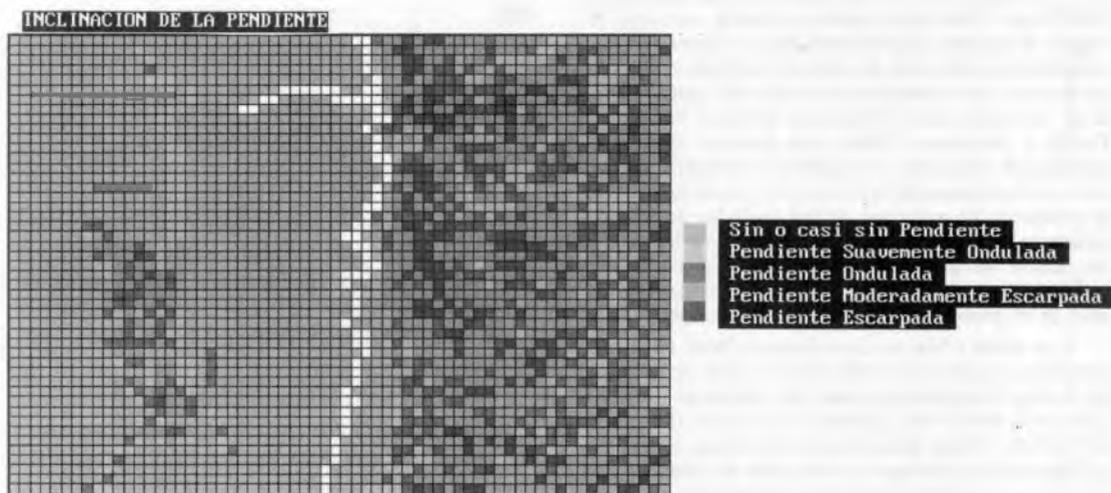


Figura 2. Inclinación de la pendiente para la carta Cerrillos.

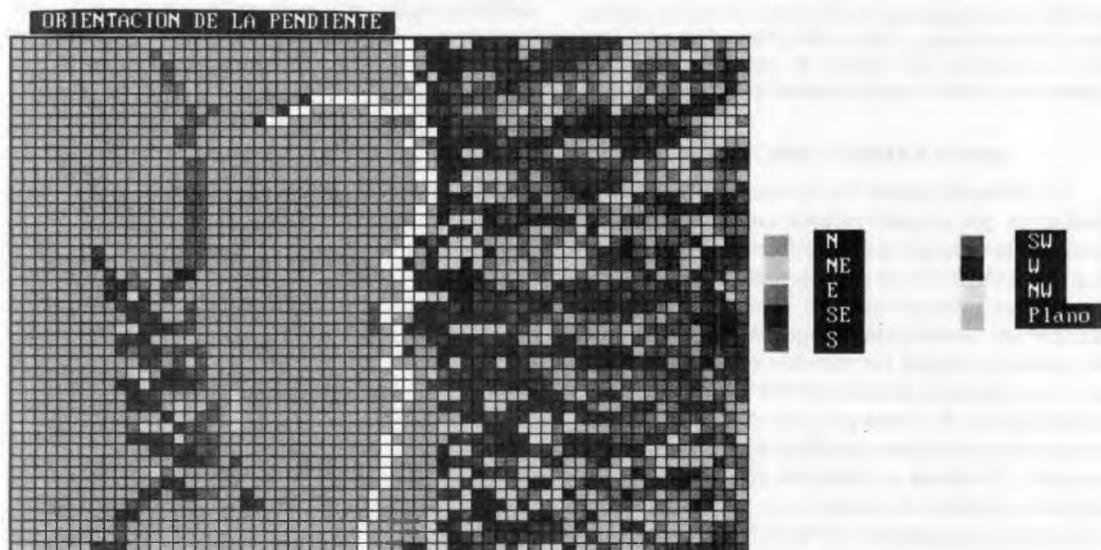


Figura 3. Orientación de la pendiente para la carta Cerrillos.

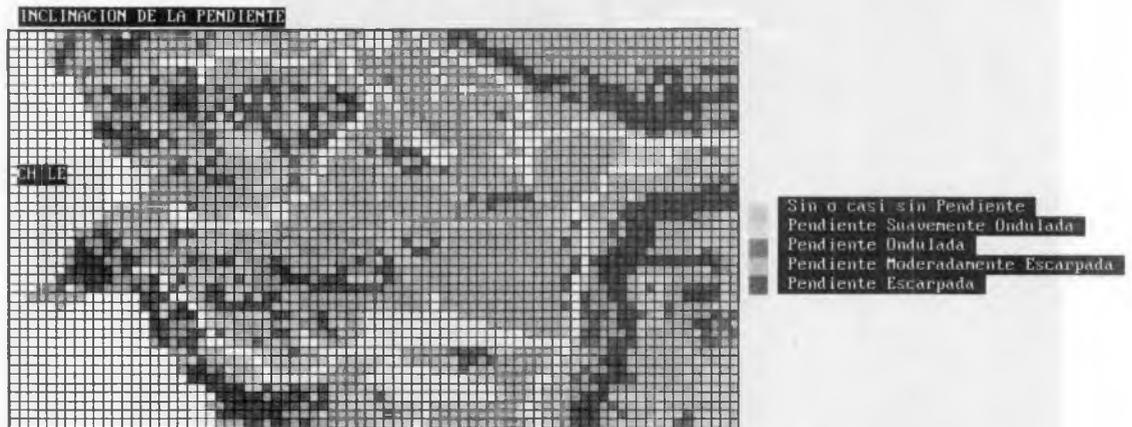


Figura 4. Inclinación de la pendiente para el Parque Provincial Caviahue - Copahue.

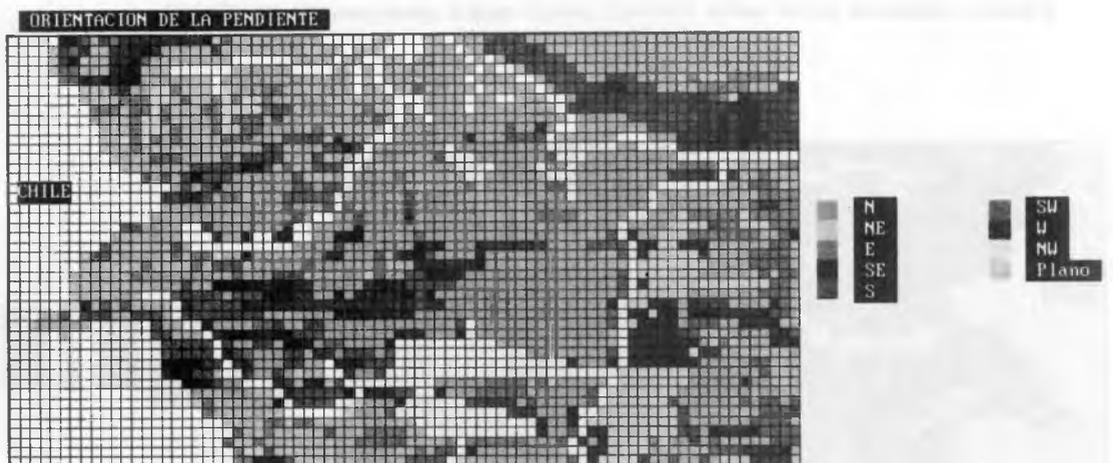


Figura 5. Orientación de la pendiente para el Parque Provincial Caviahue - Copahue.

y julio. En las Figs. 6 y 7 se puede observar la radiación global media de enero para cada unidad de área de estudio para ambas regiones y en las Figs. 8 y 9 se muestra la radiación global media de julio.

En verano la radiación global en Cerrillos alcanza valores entre 400 y 700 MJ/m² y en el Parque Caviahue-Copahue oscila entre 1150 y 150 MJ/m². En julio, por el contrario, en Cerrillos varía entre 200 y 400 MJ/m² y en el Parque Provincial Caviahue-Copahue los valores se en-

cuentran entre 50 y 300 MJ/m². La diferencia de los valores de enero estaría explicada por el aumento, a mayor latitud, de las horas de insolación y la relativamente baja densidad de nubes que provocan altos valores de radiación diaria. En julio, el menor goce de radiación en el sud se debe a la corta duración del día.

En trabajos sobre el tema para Neuquén (41° 00') (Scarpati y Faggi, 1993), la radiación global de enero varía entre 400 y 1.000 MJ/m² y la de julio de 100 a 300 MJ/m², mientras que en latitudes aún

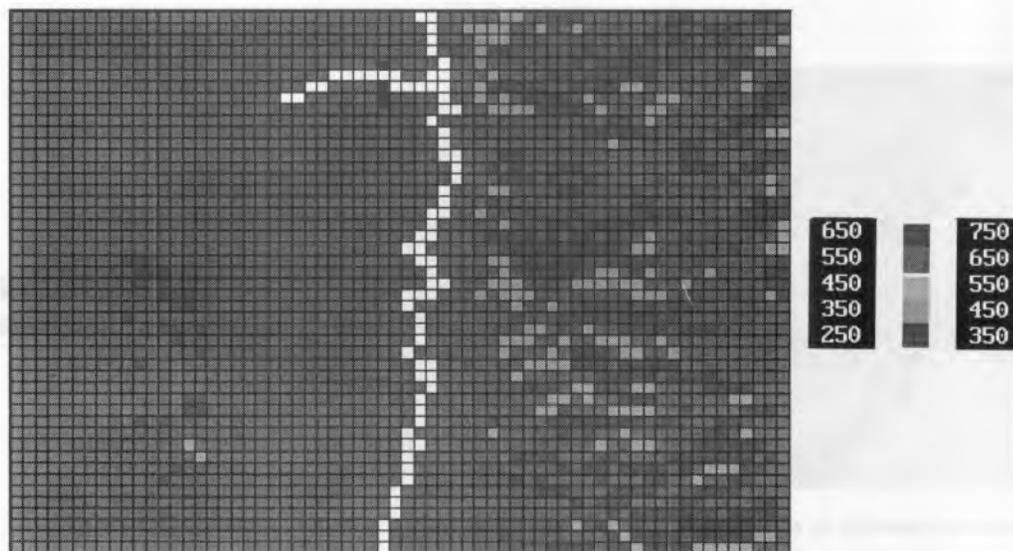


Figura 6. Radiación global media (MJ/m²) para el mes de enero para la carta Cerrillos.



Figura 7. Radiación global media (MJ/m²) para el mes de enero para el Parque Provincial Cavihue - Copahue.

más altas en Chubut, para el Parque Nacional Los Alerces (42° 20' - 43° 00') (Scarpati *et al.*, 1999), los valores en enero se encontraron entre 240 y 1.200 MJ/m² y en julio entre 50 y 250 MJ/m².

Las Figs. 10 y 11 muestran en detalle, para la región del abarcado en el estudio el territorio argentino, el trazado de las isólicas de goce de radiación diaria recibida sobre plano horizontal,

para los meses de enero y julio, extractado de Grossi Gallegos *et al.* (1987). Estos autores señalan una mayor complejidad en el trazado de las curvas de radiación global en la estación estival, característica general en todo el mundo, mientras que en invierno se observa el fenómeno opuesto. En las mencionada figuras se puede observar, para la región noroeste en enero, valores diarios de 24

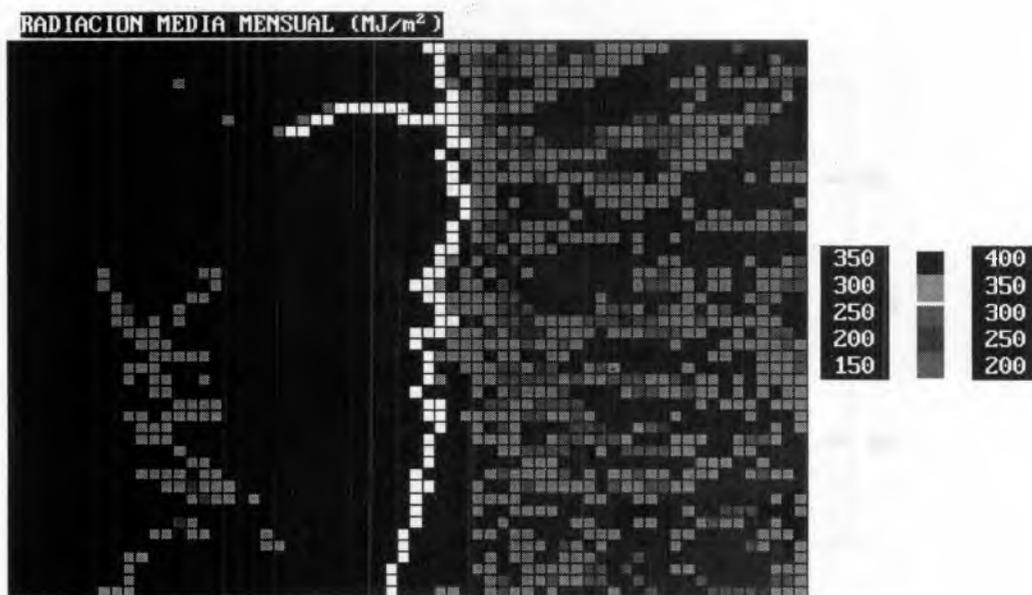


Figura 8. Radiación global media para el mes de julio para la carta Cerrillos.



Figura 9. Radiación global media para el mes de julio para el Parque Provincial Caviahué - Copahue.

MJ/m² lo que a equivale proximadamente a 720 MJ/m² en el mes, y para el sur 26 MJ/m² y 780 MJ/m², respectivamente. Para el mes de julio las estimaciones son de 14 MJ/m² y los mensuales de 420 MJ/m² en el noroeste y 7 MJ/m² y 210 MJ/m² para el territorio de Neuquén.

En las Figs. 6, 7, 8 y 9 se observan las variacio-

nes que experimentan estos valores cuando se trata de superficie inclinada y con ángulo azimutal.

Los valores de Grossi Gallegos *et al.* (1987) en la región noroeste para enero (720 MJ/m²) son cercanos al máximo rango calculado en este trabajo (400 y 700 MJ/m²), ello se explica por el hecho de que una importante zona (16%) del área en estudio tiene orientación con componente sur y

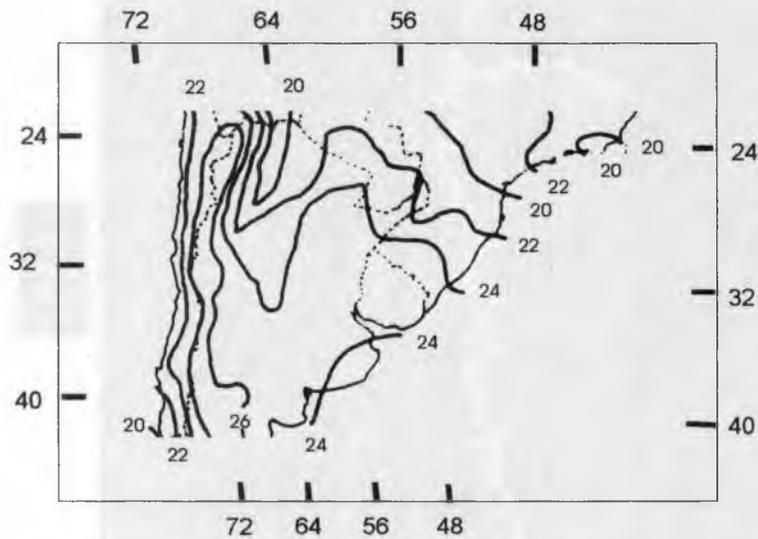


Figura 10. Distribución del promedio para enero de la radiación solar global diaria (MJ/m^2) recibida sobre plano horizontal. Extractado de Grossi Gallegos *et al.* (1987).

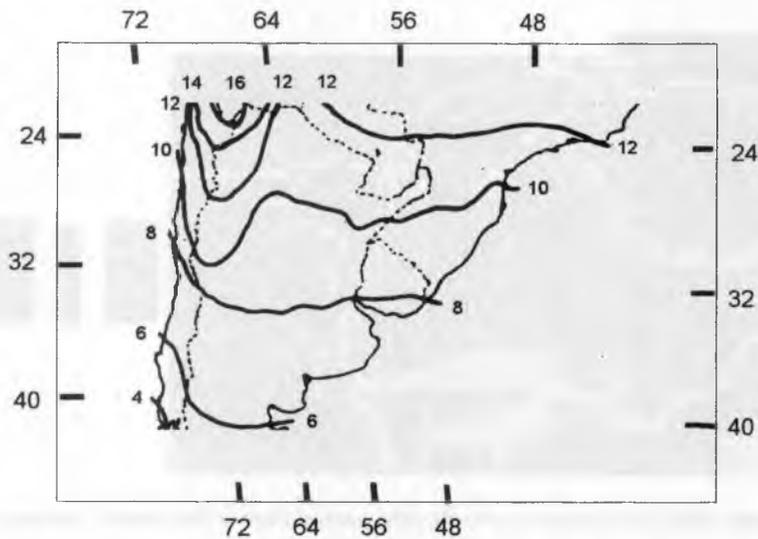


Figura 11. Distribución del promedio para julio de la radiación solar global diaria (MJ/m^2) recibida sobre plano horizontal. Extractado de Grossi Gallegos *et al.* (1987).

casi el 30% tiene bastante inclinación de pendiente. En la región neuquina, los valores aportados por Grossi Gallegos *et al.* (1987) ($780 \text{ MJ}/\text{m}^2$) son menores a los encontrados en este estudio (1150 y $150 \text{ MJ}/\text{m}^2$), dado que, además de ser generales para superficie horizontal, el 27% del área tiene

ángulo azimutal con orientación norte y la inclinación de la pendiente más abrupta está presente en menor porcentaje (23%), por lo que recibe mayor insolación.

En el mes de julio, los valores de Grossi Gallegos *et al.* (1987) en la región noroeste ($420 \text{ MJ}/\text{m}^2$)

experimentan la misma variación, con respecto a los aportado por el estudio topoclimatológico (200 y 400 MJ/m²) que los de enero. Para el Parque Provincial Caviahue-Copahue los valores obtenidos en este trabajo (50 y 300 MJ/m²) son también diferentes a los de los mencionados autores por el hecho de que éstos últimos son para superficie horizontal por lo que aportan un valor medio (210 MJ/m²).

CONCLUSIONES

En Cerrillos Salta y en Parque Provincial Caviahue - Copahue en Neuquén la unidad de área considerada para la obtención de la orientación e inclinación de la pendiente fue de 0,16 km² y 0,10 km², respectivamente. Ambas regiones presentan casi la mitad de su superficie plana y el resto es relieve accidentado.

El área norteña presenta menor porcentaje de unidades de estudio con azimut de mayor iluminación (norte, noreste y noroeste) que el Parque Provincial Caviahue - Copahue.

Los valores de radiación global media para enero en Cerrillos varían entre 400 y 700 MJ/m² y en el Parque Provincial Caviahue - Copahue entre 1.150 y 150 MJ/m². Esta diferencia estaría explicada por el aumento de las horas de insolación y la relativamente baja densidad de nubes que provo-

can altos valores de radiación diaria. En julio, los valores son mayores para Cerrillos dado que varían entre 200 y 400 MJ/m² y en el Parque Provincial Caviahue - Copahue éstos se encuentran entre 50 y 300 MJ/m².

La comparación entre ambas regiones argentinas permite establecer un gradiente norte - sur para calcular valores zonales o regionales para cada uno de los meses del año y comprobar así las estimaciones aportadas a través de cartas de radiación global sobre superficie horizontal de Grossi Gallegos *et al.* (1987).

Con cartas topoclimáticas similares a las utilizadas para Cerrillos se podrá estimar puntualmente el goce de radiación por comparación y extrapolación a partir de las cartas mensuales de los mencionados autores.

En el caso especial del Parque Provincial Caviahue - Copahue la comparación con las isolíneas de este elemento climático, radiación global, en superficie horizontal y su distribución se está utilizando para un trabajo siguiente en relación con los recursos naturales de la zona.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del Sr. Alberto D. Capriolo por el apoyo computacional.

BIBLIOGRAFÍA

- ARGENTINA.** Instituto Geográfico Militar. Carta Topográfica de la República Argentina. Cerrillos. Hoja 25-6617-3.
- ARGENTINA.** 1988. Mapa del Plan General de Manejo del Parque Provincial Caviahue - Copahue. Informe técnico. Centro de documentación Científica y Técnica. Provincia de Neuquén.
- ARGENTINA.** 1980, 1981, 1982, 1983, 1984 y 1985. Red Solarimétrica. Fuerza Aérea Argentina. Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. Departamento de Energía No Convencional. División de Energía Solar.
- DUFFIE, J.A. and W.A. BECKMAN.** 1980. Solar engineering of thermal processes. New York. 300 pp.
- ENDERS, G.** 1979. Nationalpark Berchtesgaden. Theoretisdre Topoklimatologie. Berchtesgaden. *Forschungsberichte:* 1-92.
- GROSSI GALLEGOS, H.; G. ATIENZA y M. GARCIA.** 1987. Cartas de radiación solar global diaria para la región meridional de América del Sur. *Actas II Congreso Interamericano de Meteorología y V Congreso Argentino de Meteorología.*

- SCARPATI, O.E. y A.M. FAGGI, 1993. Topoclimatología teórica de dos predios del noroeste patagónico. *Atmósfera* 17 : 1-9.
- SCARPATI, O. E.; y A. D. CAPRIOLO y A.M FAGGI. 1999. Cartas de radiación y comunidades vegetales en el Parque Nacional Los Alerces. Presentado en Primeras Jornadas de Diversidad y Ambiente. Universidad de Flores.
- USA, SOILS SURVEY STAFF. 1951. Soils Survey Manual, Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering. Agricultural Research Administration. United States Department of Agriculture.