

PROMEDIOS SEMIHORARIOS DE VARIABLES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE DATOS PROPIOS MEDIDOS EN EL CAMPUS DE LA U.Na.M.

GUEIJMAN, Sergio; ARES, Alicia; GÓMEZ DEL RÍO, Javier; SCHVEZOV, Carlos.

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones,
Félix de Azara 174, (3300) Posadas, Misiones
FAX: (0752) 25414

RESUMEN

En el presente trabajo se resumen los valores promedios semihorarios calculados para todos los días de cada mes a partir de datos propios obtenidos de humedad relativa del ambiente, temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento, radiación solar directa y radiación solar global sobre plano horizontal, efectuadas en el Campus Universitario de la Universidad Nacional de Misiones cuyas coordenadas geográficas son: 27° 29' de latitud Sur y 55° 54' de longitud Oeste, en el periodo comprendido entre noviembre de 1994 y octubre de 1995. Además se listan los valores promedios de las desviaciones estándares o dispersión promedio de los promedios semihorarios calculados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los promedios calculados que se presentan fueron obtenidos a partir de una estación experimental automática de adquisición de datos que cuenta con un adquisidor de datos que dispone de 32 canales analógicos y 4 canales digitales a los cuales se conectaron sensores de humedad relativa del ambiente, temperatura ambiente, dirección de viento, velocidad del viento y radiación solar global sobre un plano horizontal. Además se conectó un pirheliómetro marca EPPLEY calibrado de fábrica el que se montó sobre un rastreador solar ecuatorial para la medición de la radiación solar directa. Las variables fueron medidas cada media hora durante el periodo de un año calendario. Todos los instrumentos de medición fueron previamente calibrados a excepción del anemómetro.

Procesamiento Estadístico de la información.

A partir de los datos experimentales obtenidos para cada una de las variables y para todos los días de cada mes (Gueijman et al., 1996), se calcularon los valores promedio y las desviaciones estándares en cada semihora desde las 0:30:00 hasta las 24:00:00 horas, a partir de los cuales se confeccionaron gráficos típicos representativos de la evolución horaria promedio de cada una de las variables.

A los valores promedios calculados se superpusieron los valores calculados de las variables sumando y restando la desviación estándar semihoraria, a fin de formar bandas típicas de la probabilidad de encontrar a una dada variable en una dada semihora de un mes dado. Dicho procedimiento se repitió para cada mes del periodo considerado.

La selección por mes fue arbitraria, ya que podrían haberse calculado los promedios quincenalmente o por estación del año. Sin embargo, la selección mensual es quizás mas representativa de la variación semihoraria (Nfaoui et al., 1996), permitiendo determinar en cada instante cuál es el valor promedio esperado de cada variable en un dado mes. Si se tienen en cuenta las desviaciones estándares calculadas para cada semihora del mes, o bien el valor promedio de la desviación estándar durante el mes, el valor del instante considerado puede ser estimado a partir de su valor promedio y de su desviación estándar calculando los errores relativos porcentuales de cada variable mediante cualquier método estadístico, lo que permite determinar el intervalo de error de la variable en cuestión.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Presentación de los resultados semihorarios.

A partir de los datos propios obtenidos cada media hora, se calcularon los promedios semihorarios para todos los días de un dado mes. Los valores semihorarios promedio obtenidos para cada variable en cada mes del período comprendido entre noviembre de 1994 y octubre de 1995 se muestran en las gráficas de la figura 1.

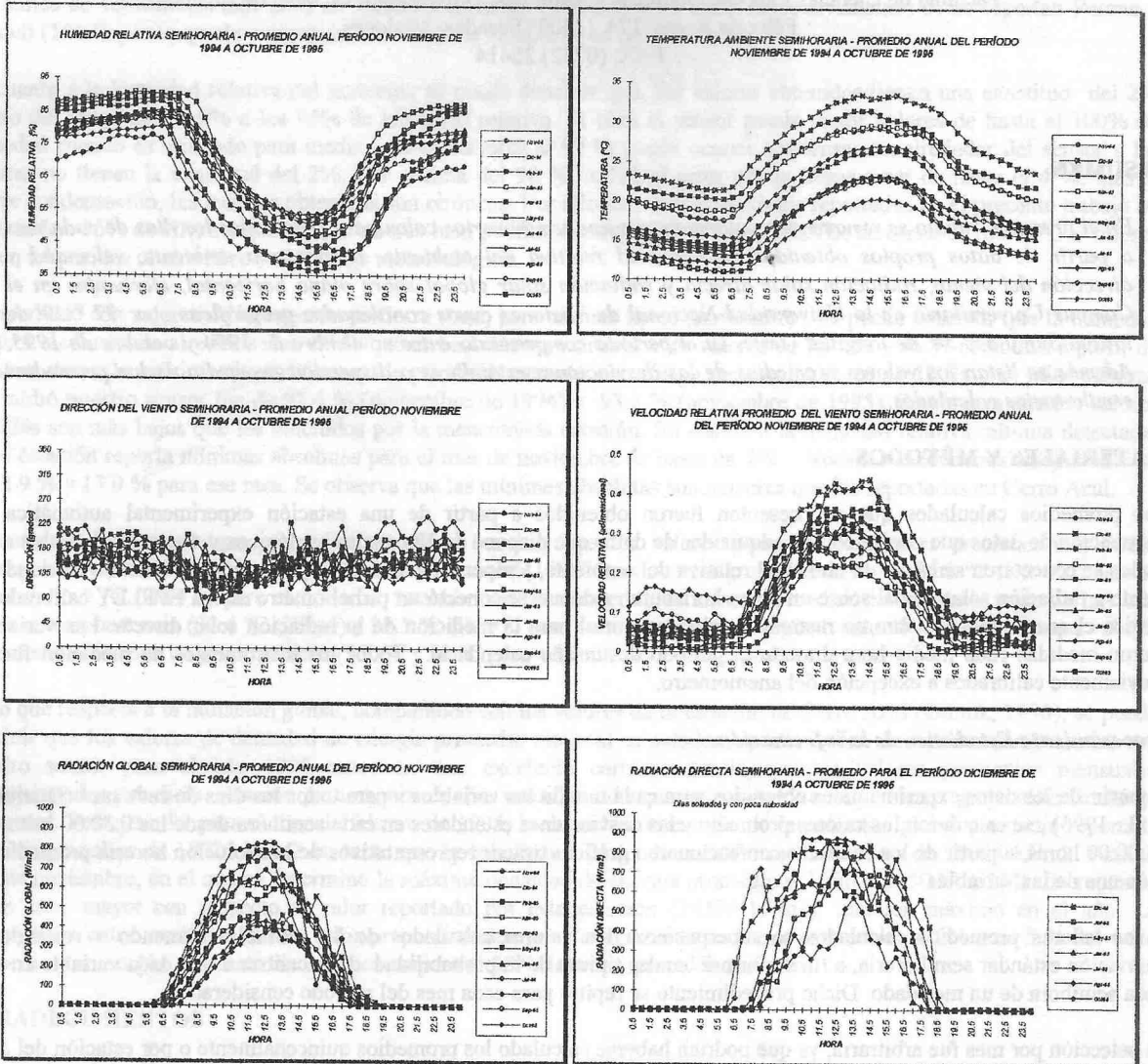


Figura 1. Valores promedio semihorarios calculados a partir de los datos propios para el período Noviembre de 1994 a Octubre de 1995.

Las variables que fueron medidas cada treinta minutos tanto en horas diurnas como nocturnas y los valores calculados corresponden a los valores promedios de cada media hora tanto diurna como nocturna para todos los días de cada mes.

Discusión de los resultados.

En la figura 1 puede observarse que los promedios semihorarios de la humedad relativa son máximos el mes de mayo en las horas nocturnas, mientras que julio, agosto y setiembre muestran los mínimos más elevados entre las 14:30 y las 15:30 hora local.

Los valores mínimos de humedad relativa semihoraria corresponden a los meses de octubre, noviembre y diciembre, entre las 15:00 y las 16:00 horas, y los valores mínimos son más altos en las horas nocturnas que diurnas. Noviembre fue un mes particularmente seco, mostrando las mínimas nocturnas más bajas.

De la figura 1 y en cuanto a la temperatura ambiente, se observa que los máximos anuales corresponden al mes de diciembre - enero (enero no fue registrado) entre las 14:00 y las 16:00 horas hora local, mientras que los promedios mínimos horarios correspondieron a las horas nocturnas de mayo entre las 5:30 y las 6:30 horas. Las temperaturas mínimas diurnas mas bajas se producen en agosto alcanzando valores más altos entre las 14:30 y 15:00 horas.

La velocidad relativa promedio semihoraria es prácticamente constante en las horas nocturnas y alcanza los máximos valores entre las 11:00 y las 15:30 dependiendo del mes. El mes con promedios de velocidades más altas corresponde a julio que muestra las mayores velocidades nocturnas, aunque en las horas diurnas, diciembre fue más ventoso entre las 14:00 y las 14:30 horas. Es interesante observar que mientras las horas de la tarde tienen mayores velocidades de viento la mayoría de los meses, en particular los meses de marzo, mayo y octubre muestran mayores velocidades promedio en las horas matinales y cercanas al mediodía.

En la gráfica de dirección del viento semihoraria de la figura 1 se puede observar que en noviembre es predominantemente la dirección sudoeste en horas nocturnas, mientras que la dirección sudeste predomina ese mes en las horas diurnas. Febrero muestra la mayor variabilidad en las direcciones promedio semihorarias, soplando ya del este a las 9:00 de la mañana, ya del sudoeste en horas de la tarde. Sin embargo, los promedios de todo el año se agrupan en la dirección sur (180°) con una ligera tendencia hacia el este en particular en las horas diurnas.

En la gráfica de radiación solar global se observa la típica función de tipo error, habiendo bastante variabilidad en los promedios a lo largo del día, en particular en meses con bastante nubosidad. Noviembre, diciembre y febrero muestran la mayor radiación solar global sobre superficie horizontal, entre las 12:00 y las 13:00 horas locales, mientras que junio, julio y agosto muestran los menores valores cercanos al mediodía. La cantidad de las horas con luz puede determinarse del mismo gráfico, siendo, como cabe esperar, mayores en verano que en invierno. Los días comienzan entre las 5:30 y las 6:00 y finalizan entre las 19:00 y las 19:30 en verano, mientras que en invierno comienzan entre las 7:00 y las 7:30 horas y finalizan entre las 17:30 y las 18:00 horas locales. Es conveniente tener en cuenta que dado que el piranómetro utilizado es fotovoltaico, el error cometido en las mediciones instantáneas de la radiación global es variable y dependiente de la frecuencia.

En cuanto a la radiación directa horaria promedio la distribución alcanza los máximos valores al mediodía solar. Los promedios tienen bastante variabilidad y la curva se deforma cuanto mayor es la cantidad de días nublados. Los valores fueron calculados únicamente para días soleados y con baja nubosidad, descartándose los valores obtenidos en días lluviosos y nublados. Frecuentes desajustes en la orientación del pirheliómetro debidos a cortes en el suministro de energía eléctrica hacen que se consignen aquí sólo los valores de algunos meses. Los datos no registrados fueron suprimidos de las estadísticas.

En la Tabla 1 se listan los desvíos estándares promedios calculados a partir de las desviaciones estándares semihorarias para cada una de las variables en cada mes considerado. Los promedios fueron calculados tomando en consideración todas las semihoras del mes, tanto diurnas como nocturnas.

TABLA 1.
DESVIACIÓN ESTÁNDAR PROMEDIO DE LAS MEDICIONES PROPIAS SEMIHORARIAS
PERÍODO NOVIEMBRE DE 1994 a OCTUBRE DE 1995
Campus Universitario U.Na.M. - POSADAS, MISIONES
Latitud: 27° 29' Sur ; Longitud: 55° 54' Oeste ; Altitud 130 m.s.n.m

| DESVIACIONES ESTÁNDARES PROMEDIO | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| MES | VIENTO PROMEDIO SEMIHORARIO | | HUMEDAD RELATIVA SEMIHORARIA | TEMPERATURA AMBIENTE SEMIHORARIA | RADIACIÓN GLOBAL SEMIHORARIA | RADIACIÓN DIRECTA SEMIHORARIA |
| | Dirección (grados) | Velocidad relativa | Promedio (%) | Promedio (°C) | Promedio (W/m ²) | Promedio (W/m ²) |
| Nov-94 | 84.03 | 0.12 | 13.32 | 3.33 | 98.18 | 72.22 |
| Dic-94 | 84.39 | 0.18 | 12.64 | 3.31 | 97.77 | 138.20 |
| Feb-95 | 83.33 | 0.12 | 12.37 | 3.43 | 108.15 | - |
| Mar-95 | 76.41 | 0.09 | 9.07 | 2.89 | 96.35 | - |
| Abr-95 | 89.80 | 0.12 | 9.60 | 5.16 | 71.96 | 113.70 |
| May-95 | 77.57 | 0.08 | 8.70 | 4.55 | 55.71 | 115.38 |
| Jun-95 | 79.52 | 0.15 | 11.34 | 4.85 | 47.03 | 83.12 |
| Jul-95 | 83.59 | 0.19 | 15.31 | 5.85 | 56.99 | 118.94 |
| Ago-95 | 66.57 | 0.14 | 15.66 | 6.18 | 64.84 | 130.40 |
| Sep-95 | 77.25 | 0.14 | 18.97 | 4.27 | 92.54 | - |
| Oct-95 | 73.82 | 0.14 | 16.21 | 4.06 | 96.33 | 58.66 |

CONCLUSIONES

En Tabla 1 pueden observarse las desviaciones estándares promedio de cada una de las variables y para cada mes considerado. Se puede concluir que en el transcurso de un día típico promedio de un mes, los valores esperados están entre los valores promedio y un cierto intervalo de incerteza que depende de la hora del día que se considere.

Las desviaciones estándares en la dirección de los vientos están entre los 67 y los 90 grados dependiendo del mes por lo que la dirección del viento estimada para un mes dado, si se consideran los valores promedios como típicos anuales, estará en algún valor dentro de la banda determinada por la correspondiente indeterminación o incerteza en el instante u hora considerada.

Las desviaciones estándares promedio de los valores de velocidad del viento, son elevadas y muestran la gran dispersión de los valores promedios semihorarios, ya que entre velocidades relativas de entre 20% y 50% en promedio, las desviaciones estándares están entre 0.3 y 0.4 para los meses de mayor velocidad relativa. Dicha variable es fundamentalmente aleatoria aunque sus promedios semihorarios presentan una funcionalidad del tipo gauss.

La dispersión de los valores semihorarios de humedad relativa está entre el 9 % y el 19 % dependiendo del mes, mientras que los de temperatura semihoraria están entre los 3 y los 6 °C y la dispersión en los valores de radiación global sobre superficie horizontal están cercanos a los 100 W/m² mientras que la dispersión en los valores de radiación directa superan para algún mes los 300 W/m² en parte debido a la baja estadística registrada y a la frecuente nubosidad variable.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al ex-Rector de la U.Na.M, Dr. Ricardo Biazzi por el apoyo brindado a todas las iniciativas emprendidas. La valiosa colaboración del Prof. Marcelo Marinelli se aprecia en todo su valor.

REFERENCIAS

- Branger J. (1977) *Introduction a l'Analyse Numérique*. Herman Editeurs.
- Fasulo A., Barral J., Adaro A., Lema A. (1994) *Variables climáticas de la región centro sur de Córdoba. Estado de Avance*. En Resúmenes. 17° Reunión de trabajo de ASADES. p. 141. Rosario, Argentina.
- Gueijman S., Ares A., Gómez del Río J., Schvezov C. (1996) *Mediciones Meteorológicas efectuadas en el Campus de la U.Na.M*. Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Actas Tomo IV, Ciencias Tecnológicas, pp 223-226. Resistencia, Argentina.
- Gonzalo E. et al. (1993) *Proyectos Bioclimáticos para el centro de energías renovables. Tacna-Perú*. En 16va. Reunión de trabajo de ASADES pp. 222 - 223. La Plata, Argentina.
- Gordon J. M. et al. (1988) *Times Series Analyses of daily horizontal Solar radiation*. Solar Energy 41, pp. 215-224.
- Nfaoui H. et al. (1996) *Stochastic Simulation of hourly average wind speed sequences in Tangiers (Morocco)* Solar Energy 56, pp 301-314.

| Variable | Unidad | Valor Promedio | Desviación Estándar | Coefficiente de Variación |
|-------------------------------------|------------------|----------------|---------------------|---------------------------|
| Temperatura (T _a) | °C | 21.5 | 1.2 | 0.056 |
| Humedad Relativa (RH) | % | 65 | 3.5 | 0.054 |
| Radiación Global (G _h) | W/m ² | 100 | 10 | 0.100 |
| Radiación Directa (G _d) | W/m ² | 150 | 15 | 0.100 |
| Velocidad del Viento (V) | m/s | 2.5 | 0.3 | 0.120 |
| Dir. del Viento (θ) | grados | 75 | 10 | 0.133 |
| Temperatura (T _s) | °C | 25 | 1.5 | 0.060 |
| Humedad Relativa (RH) | % | 60 | 3.0 | 0.050 |
| Radiación Global (G _h) | W/m ² | 120 | 12 | 0.100 |
| Radiación Directa (G _d) | W/m ² | 180 | 18 | 0.100 |
| Velocidad del Viento (V) | m/s | 3.0 | 0.4 | 0.133 |
| Dir. del Viento (θ) | grados | 80 | 12 | 0.150 |