

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN ARC VIEW SOLAR ANALYST 1.0 UNA EXTENSIÓN APLICADA A DATOS RADIATIVOS

Marcelino Núñez Corchero⁽¹⁾
José Antonio Sosa Cardo⁽¹⁾
Adolfo Marroquín Santoña⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro Meteorológico Territorial en Extremadura
Instituto Nacional de Meteorología

RESUMEN

Es presentada en este trabajo la problemática de las medidas de radiación exactas ante la gran variación a microescala que sufre la distribución espacial y temporal de esta variable meteorológica. Se analiza una de las posibles soluciones al problema como es un modelo de distribución de radiación. Se presentan las propiedades del modelo, las variables que utiliza, las entradas y salidas del mismo. Se comenta someramente los fundamentos de la aplicación y se hace una valoración de los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

Es bien conocido que la radiación es el motor de todos los procesos físicos y biológicos que se producen en el Planeta. Son innumerables los campos en los que son aplicables los análisis y datos radiativos, desde la agricultura en general, la reforestación, el diseño de construcciones, la gestión medioambiental, etc.

Al estudiar la distribución espacial de la radiación solar se muestra claramente que la topografía es un factor con mucho peso en esta distribución. Entre los factores topográficos que influyen más directamente en dicha distribución se hallan la elevación del terreno, la orientación y la pendiente del mismo. Estos factores citados, principalmente y algunos otros de manera menos importante, son los causantes de los fuertes gradientes locales de radiación que se producen en la superficie terrestre.

Si se piensa en la radiación como variable esencial de todos los procesos físicos, biológicos y químicos que se producen en la superficie terrestre, es lógico sentir la imperante necesidad de exactitud en las medidas de la radiación.

Los fuertes gradientes locales de radiación, producidos por los factores topográficos, determinan altas heterogeneidades en los balances energético e hídrico de cada punto de la superficie. Estas complejidades en las distribuciones espaciales de los citados balances se reflejan en una gran variedad espacial de las distintas variables de microescala, como los regímenes térmicos del aire y del suelo, la evapotranspiración, la humedad del suelo, la radiación fotosintética, etc. Estas variables de microescala son las que intervienen luego en los distintos modelos que intentan reproducir los distintos

procesos de ahí la vital importancia de la exactitud en las medidas de la distribución espacial de la radiación.

El requisito expuesto de exactitud en las medidas de radiación es posible solventarlo mediante distintas soluciones. Como primera aproximación a la solución ideal se encuentra el proceso de interpolación de observaciones, esto conllevaría errores graves, pues la interpolación no tiene en cuenta los factores locales y se ha visto que estos factores son de suma importancia para el análisis de la distribución de la variable que nos ocupa.

Una densa red de observación evitaría en gran parte este debate sobre la exactitud de la estimación o de la medida, pero dichas redes, son muy costosas y esto hace que dicha solución no sea viable.

Una aceptable solución al problema podría ser la que proporcionan los modelos que estiman las variaciones espacial y temporal, a microescala, de la radiación solar. Y uno de los mejores entornos para el desarrollo para estos modelos son los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Fundamentalmente, existen dos tipos de modelos de distribución espacial de la radiación solar, los modelos puntuales y los de áreas.

Los modelos puntuales calculan la radiación para un punto, utilizando la geometría de la superficie de orientación y la proporción de cielo visible desde el punto en cuestión. El efecto local de la topografía lo obtienen mediante relaciones empíricas específicas para el punto en cuestión, por lo que, pueden ser suficientemente exactos para un punto en concreto pero no para cualquier punto de un área más extensa.

Los modelos de áreas calculan las distintas componentes de la radiación solar para un área de trabajo. Utilizan un modelo digital del terreno (MDT) para introducir en el cálculo la orientación de la superficie y los efectos de sombras sobre la misma. En general son más exactos para un área en conjunto. A este tipo de modelo pertenece la aplicación Solar Analyst 1.0.

SOLAR ANALYST 1.0

La aplicación Solar Analyst 1.0 es un módulo de Arc View, codificado en el lenguaje de programación Avenue. Esta aplicación calcula para cada localización de un modelo digital del terreno la cúpula del hemisferio celeste que se visualiza sobre ese punto.

Esta cúpula celeste visualizada no es otra cosa que la distribución angular del cielo libre de obstáculos, y extendida para todos los puntos del grid del MDT se utiliza para calcular la radiación en cualquier punto y para crear mapas de radiación. Asimismo, la aplicación permite calcular la radiación integrada en cualquier periodo de tiempo concreto.

Las variables que utiliza esta extensión de Arc View son: la latitud, la elevación, la orientación de la superficie y las sombras del punto en cuestión; así como la variación, estacional y diaria, del ángulo solar y la atenuación atmosférica.

Esta aplicación se alimenta con las siguientes entradas de datos: Un modelo digital del terreno (MDT), a partir del cual calcula las pendientes y las orientaciones de cada punto, la transmisividad atmosférica (τ) y la proporción que representa la radiación difusa respecto a la global. Con estas entradas, y para cada punto que se esté analizando, produce las siguientes salidas: radiación difusa, radiación directa, radiación global, duración de la radiación directa, mapas de cielo libre de obstáculos. Permitiendo además especificar distintas orientaciones de la superficie receptora.

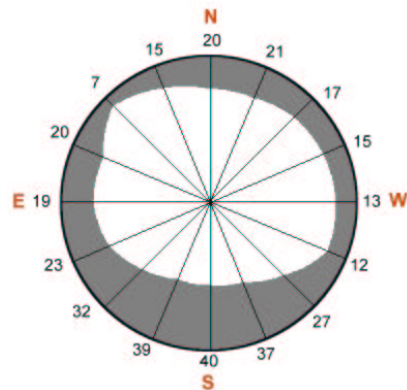


Figura 1. Ejemplo de la cúpula celeste visualizada calculada para un punto de grid

La cúpula celeste visualizada, figura 1, es la distribución angular de cielo libre de obstáculos. Esta se calcula para cada grid del MDT, y sería similar a la vista proporcionada por una fotografía hecha hacia arriba con un objetivo tipo ojo de pez. El algoritmo de cálculo de dicha cúpula celeste visualizada es debido a Rich y sus colaboradores (Rich, 1989) (Rich et al. 1994).

El algoritmo de cálculo podría sintetizarse en los siguientes pasos:

1. Se trazan las líneas de los ángulos de horizonte para todas las direcciones, figura 2.
2. Se calculan estos ángulos de horizonte
3. Se integran los ángulos de horizonte para cada una de las direcciones
4. Se convierten estos ángulos a coordenadas esféricas
5. Se obtiene el resultado final, ver figura 1, representando para cada localización concreta y para cada dirección, con zonas oscuras la porción de cielo no visible y con un número el ángulo de horizonte.

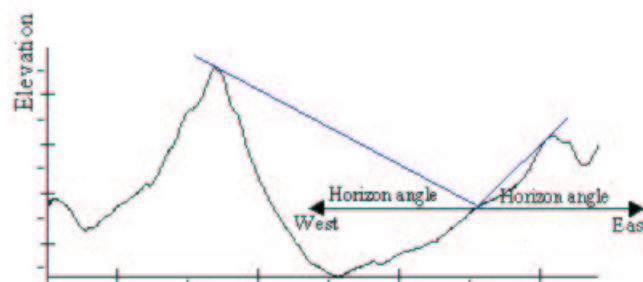


Figura 2. Cálculo de ángulos de horizonte.

FUNCIONAMIENTO DE LA APLICACIÓN

Cálculo de mapas de Sol

La cantidad de radiación directa recibida desde cada ángulo sólido, se representa en un gráfico como el de la figura 3.a para crear un mapa de sol. Este consiste en una representación *raster* que especifica las trayectorias y posiciones aparentes del sol, y como varían estas a lo largo del día y del año. Estos mapas de sol se utilizan para el cálculo de la radiación directa.

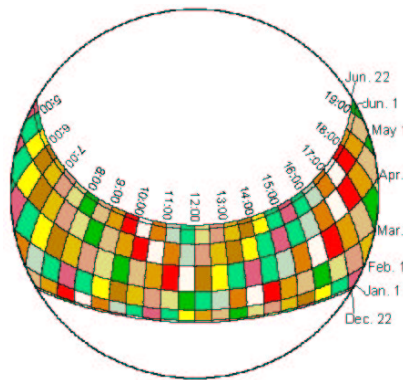


Figura 3.a. Ejemplo de mapa de sol.

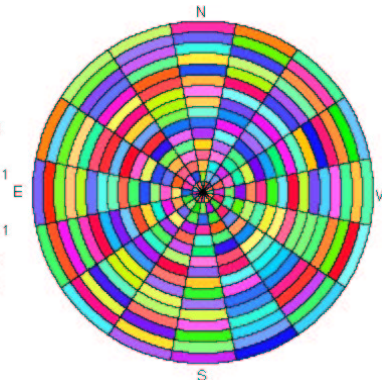


Figura 3.b. Ejemplo de mapa de cielo.

Cálculo de mapas de cielo

Puesto que la radiación difusa se puede originar desde cualquier dirección, los mapas de cielo se construyen dividiendo el cielo en sectores definidos por divisiones en los ángulos cenit y azimut, y representando los valores obtenidos de radiación difusa para cada sector, como se representa en la figura 3.b.

Cálculo de la radiación directa

Para realizar el cálculo de la radiación directa se superponen para cada punto el mapa de sol y la cúpula celeste visualizada, tal y como se muestra en la figura 4.

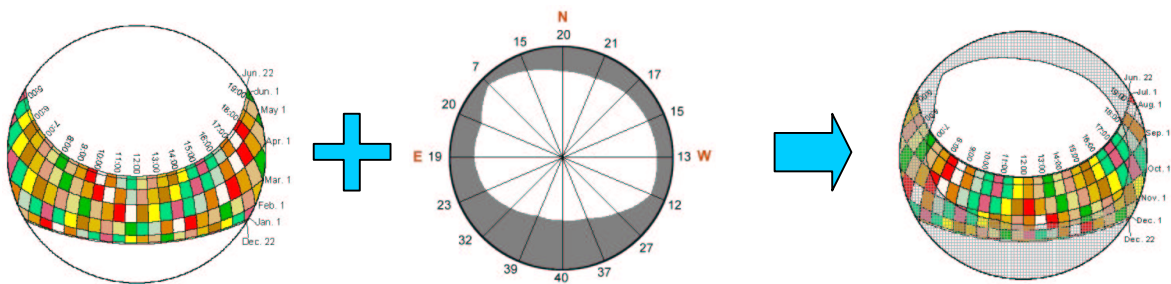


Figura 4. Esquema del cálculo de la radiación directa

Éste cálculo se realiza basándose en la fracción de cielo visible para cualquier sector, la posición del sol, la atenuación atmosférica y la orientación de la superficie receptora, para cada punto. Para ello, la aplicación Solar Analyst, incorpora un sencillo modelo de transmisión que se inicia con el valor de la constante solar, la transmisividad atmosférica y el espesor de la capa de aire.

Cálculo de la radiación difusa

Para realizar el cálculo de la radiación difusa, análogo al anterior, se superponen para cada punto el mapa de cielo y la cúpula celeste visualizada, tal y como se muestra en la figura 5.

Para este cálculo de la radiación difusa, se utilizan dos modelos, el modelo de radiación difusa uniforme, aplicable a los días con cielos despejados y el modelo de radiación difusa de cielo cubierto estándar. Entre los factores que intervienen en dichos modelos podemos destacar: la radiación global, la fracción de radiación difusa respecto a la global, el intervalo de tiempo sobre el que se realiza la integración, la proporción de cielo visible, la proporción de cielo visible del sector en cuestión, la proporción de difusa originada en un sector de cielo dado y debida al resto de sectores, y, el ángulo de incidencia entre el sector de cielo en cuestión y la superficie de interceptación.

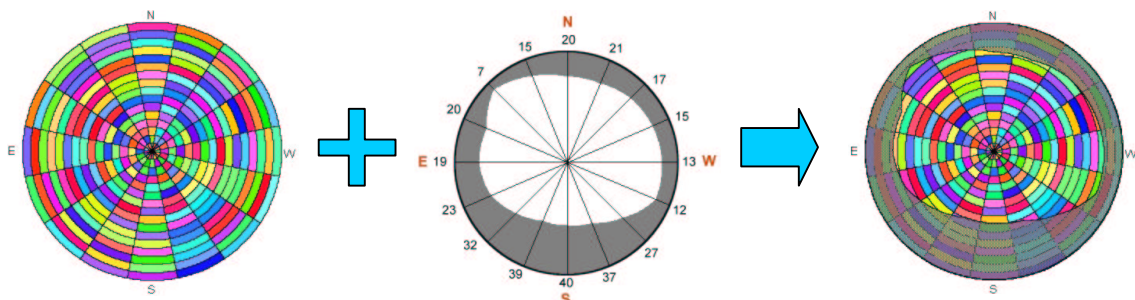


Figura 5. Esquema del cálculo de la radiación difusa

Cálculo de radiación global

La radiación global es calculada como la suma de la radiación directa más la difusa para todos los sectores de cielo (Gates, 1980).

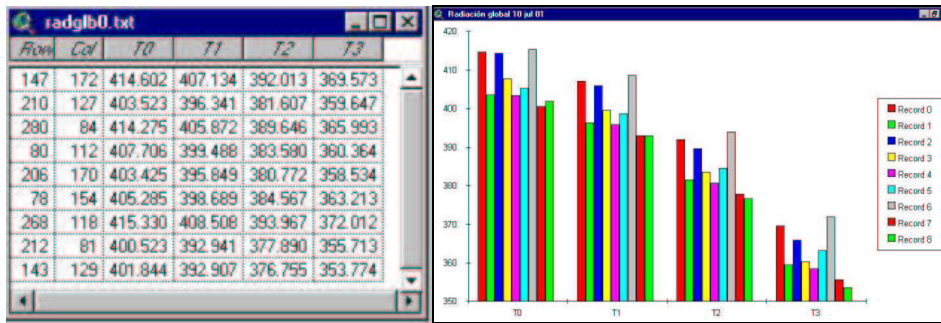
RESULTADOS

Parámetros utilizados

A continuación se muestran algunos de los primeros resultados obtenidos tras el análisis de la herramienta que se está presentando. En la obtención de estos primeros resultados se han utilizado los siguientes parámetros: El modelo de radiación difusa de cielo uniforme (correspondiente a días despejados), proporción de difusa (0.3), modelo de radiación directa (STM), valor de transmisividad (0.5) e intervalo temporal (0.5 horas).

Ejemplos de salidas

La aplicación que estamos analizando presenta distintos tipos de salida, puntual o para un área determinada, para las distintas variables, directa, difusa, y global. Trabajando con puntos la salida está compuesta con una tabla que representan valores para cada punto e intervalo horario de integración, ver figura 6.a, y un histograma de la evolución de las variables en cada punto y periodo, ver figura 6.b.



Figuras 6.a y 6.b. Tabla e histograma de datos de radiación global para el día 10 julio 2001, datos semi horarios de las 12 y 13 horas TMG.

La salida para un área de puntos está compuesta con un grid de salida para cada variable y un histograma de frecuencias de los valores contenidos en dicho grid. En la figura 7.a se representa el grid de radiación global para Extremadura para el día 10 de julio de 2001, y en la figura 7.b, el histograma correspondiente.

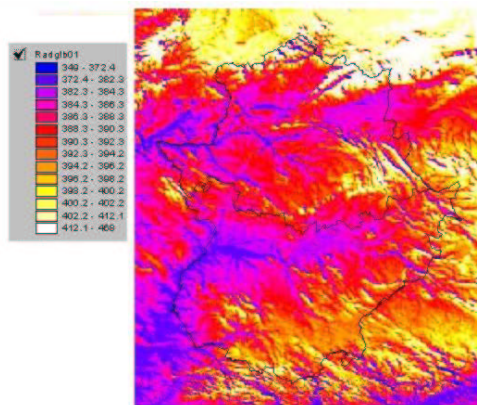


Figura 7.a. Grid de radiación global correspondiente al día 10 de julio de 2001.

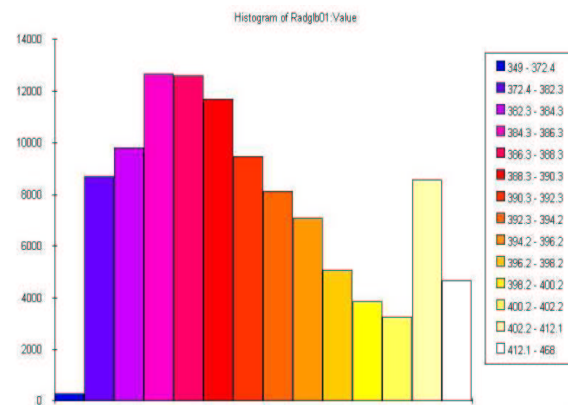


Figura 7.b. Histograma de frecuencias correspondiente al grid de salida.

Valoración preliminar de resultados

Se ha realizado una primera valoración de resultados comparando los resultados observados en los Observatorios de Badajoz/Talavera la Real y de Cáceres con datos estimados por la aplicación. Se han analizado datos medios diarios correspondientes a 747 días de los años 1999, 2000 y 2001.

En dicha comparación se han utilizado los parámetros especificados en el apartado anterior, y no se ha tenido en cuenta en los datos observados el tipo de día (despejado o cubierto) que realmente ocurrió. A pesar de esta limitación, se ha supuesto que en los modelos de radiación difusa y en los valores de transmisividad que el cielo estaba despejado o poco nublado, se ha obtenido un índice de correlación de ($R^2=0.7$).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Teniendo en cuenta lo anterior es posible concluir que los resultados preliminares obtenidos hasta ahora con la aplicación Solar Analyst 1.0 son aceptables, sobre todo

aceptando que éstos deberán mejorar cuando se seleccionen los datos observados según el tipo de día (despejado o cubierto) introducido en los modelos.

Otras posibles mejoras y trabajos que se esperan realizar son mejorar de la calibración: con datos observados de radiación difusa y global de distintos observatorios, con medidas de transmisividad o estimaciones realizadas con modelos externos, y con observaciones de insolación.

Asimismo se desea extender esta línea de trabajo a superficies receptoras inclinadas y a nuevos modelos de transferencia radiativa.

REFERENCIAS

Gates, D. M. (1980). *Biophysical Ecology*. Springer-Verlag, New York

Rich P.M. (1989). *A manual for analysis of hemispherical canopy photography*. Los Alamos National Laboratory Report, LA-11733-M

Rich P.M., R. Dubayah, W.A. Hetrick, and S.C. Saving.(1994). Using Viewshed models to calculate intercepted solar radiation: applications in ecology. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers*, pp 524-529.