

INSOPRO, UN PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DE MODELOS DIGITALES DE RADIACIÓN SOLAR

Í. RAPP, J. LAGO & D. CAZALLA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGROFORESTALES
UNIVERSIDAD DE HUELVA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
ES-21819 PALOS DE LA FRONTERA (HUELVA)

RESUMEN

Se presenta el programa informático INSOPRO. Mediante dicho programa es posible calcular, entre otros, modelos digitales de la energía solar incidente por unidad de superficie de terreno, durante un intervalo de tiempo arbitrario definido por el usuario. Tras poner de manifiesto la importancia de poder calcular magnitudes como la mencionada, se exponen las principales consideraciones astronómicas, geodésicas y relativas a la naturaleza de la atmósfera que han servido para elaborar los modelos de cálculo del programa. Finalmente, se citan y justifican las opciones más destacables de que dispone el usuario al ejecutar el programa.

PC: Radiación solar, insolación, sistema de información geográfica, SIG.

SUMMARY

Computer science program INSOPRO is introduced. Thanks to this program, it is possible to calculate, among others, digital models of the incident solar energy by unit of land surface, during an interval of arbitrary time defined by the user. After showing the importance of being able to calculate magnitudes like the mentioned one, the main astronomical, geodesic and relative to the nature of the atmosphere considerations, that have served to process the calculation models of the program, are exposed. Finally, the most remarkable options, available to the user when executing the program, are mentioned and justified.

KW: Solar Radiation, Insolation, Geographical Information System, GIS.

INTRODUCCIÓN

La importancia que tiene el conocimiento de la radiación solar directa que llega a un punto de la superficie terrestre es múltiple. Baste, para hacerse una idea, con citar objetivos tan dispares como son su aprovechamiento con fines energéticos o la utilización de dicha magnitud como parámetro meteorológico, como propone GAMO (1984). Incluso ciñéndonos exclusivamente al ámbito forestal, es evidente que la radiación solar influye en los ecosistemas vegetales (tal y como recoge cualquier tratado de ecología), en el inicio y la posterior propagación de un incendio de monte (ICONA, 1982) o en varios de los procesos del ciclo hidrológico, por mencionar tan sólo algunos ejemplos.

GANDULLO (1974) analiza con detalle el problema de cuantificar la energía que, directamente procedente del sol, llega a una parcela de terreno. En dicho artículo y tras realizar diversas simplificaciones, el autor propone un indicador de dicha magnitud para la Península Ibérica, el cual tan sólo es función de la pendiente y de la orientación de la ladera. El mencionado indicador, de uso relativamente frecuente en los proyectos de ingeniería forestal, ha sido incluso utilizado con cierto éxito en diversos estudios de carácter ecológico (GANDULLO & SÁNCHEZ PALOMARES, 1994).

Sin embargo, no ha sido hasta la aparición de las modernas herramientas informáticas que se han podido solventar las dificultades de cálculo de uno de los factores ecológicos que mejor se prestan al ajuste de un modelo determinista. Sería, pues, en este contexto donde los que suscriben habrían logrado superar, creando el programa INSOPRO, los problemas que hace un cuarto de siglo parecían prácticamente irresolubles (GANDULLO, 1974).

ENTRADA Y SALIDA DE INFORMACIÓN EN INSOPRO

El programa que aquí se presenta permite obtener la siguiente información:

- Modelos digitales de la energía solar incidente, por unidad de superficie de terreno, durante un intervalo de tiempo arbitrario definido por el usuario.
- Modelos digitales de la potencia solar incidente, por unidad de superficie de terreno, para un instante arbitrario definido por el usuario.
- Modelos digitales del tiempo de exposición del terreno a la radiación solar directa, calculado entre dos instantes arbitrarios definidos por el usuario.

A fin de poder proporcionar los modelos digitales recién mencionados, el usuario deberá importar, mediante el programa INSOPRO, los siguientes archivos de la zona de interés:

- Un modelo digital de altitudes.
- Su correspondiente modelo digital de pendientes (en el caso de no disponer de aún de él, se desencadenaría su cálculo, a partir del modelo digital de altitudes, vía sistema de información geográfica).
- Su correspondiente modelo digital de orientaciones (en el caso de no disponer de aún de él, se obraría como en el apartado anterior).

Por el momento, tanto los modelos digitales que se importan como aquellos que se generan son de tipo *raster*, más concretamente, del formato que utiliza el sistema de información geográfica IDRISI. No obstante, en un futuro a buen seguro cercano, se incorporará la posibilidad de operar sobre archivos que tengan otros formatos.

FUNDAMENTOS DE LOS MODELOS DE CÁLCULO DE INSOPRO

Todo modelo matemático que pretenda reflejar una realidad es el resultado de un compromiso entre dos objetivos difícilmente conciliables, a saber, fidelidad y sencillez. Lo que se relaciona a continuación son los aspectos del fenómeno que no han podido ignorarse y que, por consiguiente, han inspirado la formulación de los diferentes modelos que subyacen en INSOPRO.

- A pesar de que su excentricidad es reducida, el hecho de que la trayectoria de la Tierra alrededor del sol sea una elipse tiene una consecuencia importante: la diferencia de potencia incidente por unidad de superficie terrestre entre el afelio y el perihelio es de aproximadamente un 7 % (BIALKO, 1985, p. 169). Por otra parte, también sucede que la Tierra permanece más tiempo lejos del sol que cerca de él, tal y como se desprende de la segunda ley de Kepler. Por consiguiente, el cálculo de la posición de la Tierra en su órbita, para determinados instantes, se hace necesario. Lo cual, todo hay que decirlo, sólo se logra mediante métodos numéricos.
- A su paso por la troposfera, la radiación solar directa se atenúa conforme a la ley de Lambert-Bouguer. Concretamente, si nos referimos a días despejados, se puede afirmar que, de forma aproximada, la radiación se reduce a la mitad por cada 17 kilómetros de troposfera recorridos (calculado a partir de BARBERO *et al.*, 1998). Este efecto se ha recogido suponiendo, por un lado, que la tropopausa es aproximadamente esférica y, por otro, teniendo en cuenta el efecto de la altitud, esto es, que el espesor de troposfera atravesado por los rayos solares es menor cuanto mayor sea la cota.
- La radiación que incide por unidad de superficie de terreno depende del ángulo que forman la normal al mismo con los rayos de sol. Hablando en términos más precisos, será directamente proporcional al coseno que forman ambas direcciones (GANDULLO, 1974). Este problema se ha solucionado con el planteamiento de un producto escalar, a saber, el de los vectores unitarios representativos de ambas direcciones, previa expresión de sus componentes en un mismo sistema de referencia ortonormado.
- Lo que determina la visibilidad del sol desde un punto y, en consecuencia, la recepción o no de radiación solar directa, es la topografía del entorno más o menos cercano al punto. Esta espinosa cuestión se ha resuelto determinando, para cada celdilla del modelo digital de altitudes, la divisoria de su cuenca visual en el sistema de coordenadas horizontal de la

esfera celeste. Previamente, se han debido transformar las coordenadas UTM y la altitud de cada celdilla en coordenadas geocéntricas. Con ello se ha superado la tentación, en exceso simplificador, de omitir la curvatura de la Tierra.

OPCIONES DE CÁLCULO PARA EL USUARIO DE INSOPRO

Además de la necesaria elección de un intervalo de tiempo, caso del cálculo de la energía incidente, o de un instante concreto, caso de la potencia, así como de la zona objeto de estudio, el usuario puede especificar los valores de los siguientes parámetros:

- La potencia que se recibe, por unidad de superficie orientada perpendicularmente a los rayos incidentes, al nivel de la tropopausa, así como el coeficiente de atenuación de la radiación en la troposfera. Dichos valores son diferentes para cada intervalo de longitud de onda electromagnética, de ahí que resulte muy indicado poder establecerlos discrecionalmente. Además, el coeficiente de atenuación es el único parámetro del modelo diseñado que se comporta más o menos aleatoriamente.
- El espesor de la troposfera, que disminuye conforme nos movemos del ecuador a los polos, sin que pueda definirse con gran precisión.
- El número de huso, en el sistema UTM que subyace en los modelos digitales de partida, que representa a la zona de interés.
- El semieje mayor y el achatamiento del elipsoide de revolución que ha servido de base para definir el sistema UTM en cuestión, así como el factor de variación de escala utilizado en sus representaciones cartográficas.

BIBLIOGRAFÍA

- BARBERO, F. J., F. J. BATLLES, G. LÓPEZ, M. PÉREZ, F. S. RODRÍGUEZ & M. A. RUBIO (1998). *Radiación solar y aspectos climatológicos de Almería : 1990-1996*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería. Almería.
- BIALKO, (1985). *Nuestro planeta, la Tierra*. Mir. Moscú.
- GAMO, A. (1984). “Irradiación extraterrestre sobre superficie horizontal, G_0 ”. En CENTRO DE ESTUDIOS METEOROLÓGICOS. *Radiación solar en España : Años 1981 y 1982*. Publicación Serie D (Estadísticas), n.º 44. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid. Pp. 13-21.
- GANDULLO, J. M. (1974). “Ensayo de evaluación cuantitativa de la insolación en función de la orientación y de la pendiente del terreno”. *Anales INIA : Serie Recursos Naturales*, n.º 1: 95-107.
- GANDULLO, J. M., & O. SÁNCHEZ PALOMARES (1994). *Estaciones ecológicas de los pinares españoles*. Colección Técnica. ICONA. Madrid.
- ICONA (1982). *Manual de predicción de incendios forestales*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.