

SOFTWARE EDUCATIVO PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL BALANCE ENERGÉTICO RADIANTE

PUCHE C. Marelia T.¹, MARTELO P. María T.²

Resumen

Se desarrollo un software para facilitar la comprensión del concepto y el procedimiento de cálculo de los componentes del balance energético radiante. El procedimiento utiliza datos mensuales y unidades internacionales, permitiendo que el estudiante identifique los datos climáticos de entrada y las fórmulas para la estimación de los balances de onda corta y de onda larga para finalmente llegar al cómputo de la radiación neta. Esto contribuye a que el estudiante interprete y comprenda los componentes del balance energético, pudiendo variar interactivamente los datos de entrada y analizar los efectos sobre la energía disponible. El procedimiento se diseñó aprovechando las facilidades del software comercial Quattro Pro 5 para Windows y forma parte de un conjunto de programas que se están utilizando en la asignatura Climatología Agroambiental del Postgrado de Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, pero podría ser incorporado a otras aplicaciones que requieran la estimación de los componentes del balance energético radiante.

Palabras clave: Balance energético, Software, Agroclimatología

Introducción:

La estimación de los componentes del balance energético para la determinación de la radiación reflejada, la radiación emitida y finalmente la radiación neta permite comprender la distribución de la energía radiante en los sistemas y tiene diversas aplicaciones en el campo agrícola, entre ellos la determinación de la carga energética en animales y de la energía disponible para la evapotranspiración. Los procedimientos para la estimación de estos componentes a menudo son largos y están dispersos o mal documentados lo que dificulta su manejo y utilización.

El presente procedimiento permite que el estudiante utilice un software comercial como es el Quattro Pro 5 para windows para facilitar la comprensión del balance energético. Todas las

¹ Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Cátedra de Climatología Agrícola; e-mail :
puchem@camelot.rect.ucv.ve

² Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, Dirección de Hidrología y Meteorología; e-mail:
mmartelo@marnr.gov.ve

fórmulas se basan en material actualizado y utilizan unidades internacionales (Allen *et al*, 1994). Este diseño permite que paso a paso el estudiante identifique los datos climáticos necesarios y se familiarice con el cálculo, pudiendo cambiar con facilidad los datos de entrada y ver el efecto que ellos tienen sobre el monto de la Radiación Neta.

Materiales y métodos:

Para la sesión práctica en el Postgrado se dispone de:

- a) Una guía con la documentación teórica y la hoja de actividades a seguir. La guía teórica desarrolla los conceptos vinculados al balance energético y los procedimientos de estimación de todas las variables involucradas (guía para los estudiantes).
- b) Una hoja de trabajo en Quattro Pro 5 para windows, donde se encuentran organizados los procedimientos de cálculo paso a paso (para los estudiantes).
- c) Una hoja de trabajo en Quattro Pro 5 para windows. Guía del profesor (modelo con las respuestas).

La hoja de cálculo se divide en tres partes:

1. Radiación neta de onda corta (Rnc). Figura 1.
2. Radiación neta de onda larga (Rnl). Figura 2.
3. Radiación neta (Rn). Figura 3.

UCV. Facultad de Agronomía			
Postgrado de Ingeniería Agrícola			
Climatología Agroambiental			
Marelia T. Puche. María T. Martelo			
Práctica 3. Balance energético radiante			
Estación:	Latitud:	Altitud:	
Parte 1. Radiación neta de onda corta (Rnc)			
Rnc = Rg - alfa*Rg			
Datos de entrada:			
Coeficiente de albedo (alfa):?		0.23	
Radiación global (Rg)			
Mes	Rg (MJ/(m ² d))	alfa * Rg (MJ/(m ² d))	Rnc (MJ/(m ² d))
Ene	15.00	3.45	11.55
Feb			
Mar			
Abr			
May			
Jun			
Jul			
Ago			
Sep			
Oct			
Nov			
Dic			

Figura 1. Sección de la hoja de trabajo para la estimación del balance energético de onda corta (Rnc).

Parte 2. Radiación neta de onda larga (Rnl)
 $Rnl = (- 0.56 + 0.14 \sqrt{ed}) \sigma T^4 (0.1 + 0.9 (n/N))$

Datos de entrada:
 Constante de Stefan-Boltzman=] 4.9E-09 [MJ/(m² °K d)]
 Temperatura media, presión de vapor (ed) ; insolación medida y fotoperíodo

Mes	2.1 Obtención de T media (°K)				2.2 Obtención de la presión de vapor, ed (kPa)					2.3 Insolación	2.4 Fotoperíodo	2.5 Radiación neta de onda larga
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tmedia (°C)	Tmedia (°K)	HRmax (%)	HRmin (%)	e°(Tmin) (kPa)	e°(Tmax) (kPa)	ed (kPa)	copiar de pract 1 (horas)	copiar de pract 1 (horas)	Rnl (MJ/(m ² d))
Ene	15.00	30.00	22.50	295.50	90.00	80.00	1.71	4.24	2.47	10.00	11.50	-11.22
Feb												
Mar												
Abr												
May												
Jun												
Jul												
Ago												
Sep												
Oct												
Nov												
Dic												

Figura 2. Sección de la hoja de trabajo para la estimación del balance energético de onda larga (Rnl).

Parte 3. Cálculo de la Radiación neta (Rn)
 $Rn = Rnc + Rnl$

Datos de entrada:
 Radiación neta de onda corta (Copiar de parte 1)
 Radiación neta de onda larga (copiar de Parte 2)

Mes	Rnc (MJ/(m ² d))	Rnl (MJ/(m ² d))	Rn (MJ/(m ² d))
Ene	11.55	-11.22	0.33
Feb			
Mar			
Abr			
May			
Jun			
Jul			
Ago			
Sep			
Oct			
Nov			
Dic			

Figura 3. Sección de la hoja de trabajo para la estimación de la Radiación neta (Rn).

Cada una de estas partes se presenta en forma tabular con las fórmulas correspondientes y en ellas se identifica los datos de entrada y las celdas en las cuales el estudiante tiene que completar la información. Adicionalmente el estudiante realiza gráficos de los valores estimados y discute la magnitud y signo de los componentes del balance energético y su distribución a lo largo del año.

Resultados y Discusión

El software se ha utilizado en la asignatura Climatología Agroambiental del Postgrado de Ingeniería de la Facultad de Agronomía de la UCV, y forma parte de un conjunto de programas diseñados para facilitar la enseñanza de metodologías para el procesamiento y la aplicación de información climática.

Hasta el presente dicho software ha sido utilizado en tres cursos, observándose que la metodología empleada ha facilitado a los estudiantes la comprensión y el manejo de los conceptos de balance energético radiante y sus componentes. Adicionalmente les ha permitido corregir errores conceptuales.

El uso del software, al permitir la generación de escenarios diferentes por el simple cambio de alguna de las variables, introduce un gran dinamismo en el estudio del balance energético, y genera un intercambio alumno-profesor muy enriquecedor.

Es conveniente resaltar que con una breve introducción sobre el uso del software y de las instrucciones más comunes, aún los estudiantes sin experiencia previa en el uso del computador pudieron realizar la actividad sin dificultad.

Conclusiones y recomendaciones

El software ha demostrado ser una herramienta útil para la enseñanza de los conceptos vinculados al balance energético, así como para solventar los problemas de cálculo y de unidades que involucra su estimación.

La metodología empleada (uso del software más guía teórica) permite realizar una discusión dinámica del tópico, explorar el efecto que tiene el cambio de las variables de entrada en el balance energético radiante y corregir errores conceptuales de los estudiantes.

Además de su uso como herramienta de apoyo docente, la metodología y software presentados en este trabajo tienen amplias posibilidades de utilización en otras aplicaciones que requieran de la estimación de los componentes del balance energético radiante.

Bibliografía:

Allen R. G. ; Smith M. ; Perrier A y Pereira L. S. 1994. An update for the definition of reference evapotranspiration. **ICID Bulletin**. Vol 43. N°2.

Rosenberg N. J.; Blad B. L.; Verma S. B. 1983. **Microclimate the biological environment**. John Wiley and Sons. New York. Chapter 1. The radiation Balance.