

MODELO DE ESTIMACIÓN DE TEMPERATURA Y LÁMINA DE AGUA EN

CAPÍTULO DE GIRASOL (*Helianthus Annuus*)

de Garín, Alicia, Gardiol, Jesús M., Covi, Mauro

Departamento de Ciencias de la Atmósfera – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA)

Pab. II, Ciudad Universitaria, 1428 Ciudad de Buenos Aires –Argentina-

Palabras claves: temperatura, lámina de agua, girasol

INTRODUCCIÓN

La importancia económica del cultivo de girasol (*Helianthus Annuus* L.) radica fundamentalmente en su explotación como oleaginoso, aportando aceite altamente nutritivo para la dieta humana (Santalla, 1995). Inmediatamente después de la soja, el girasol se sitúa en el segundo puesto entre las materias primas de aceites vegetales, estando relacionado su calidad con la temperatura del grano en su etapa de formación. Dado el contexto internacional de demanda de mayor calidad en los aceites y productos de la fabricación del girasol, el mismo se ha convertido en un factor destacado de la agricultura mundial (Riccobene, 1995), y en muchos países constituye uno de los cultivos de mayor importancia económica. Argentina es el segundo productor a nivel mundial de girasol (su producción equivale al 16.65% del total mundial) y el primer exportador de su aceite (Maddonni, 1995). La producción de los cultivos, en este caso el girasol, se ha visto frecuentemente afectada por problemas sanitarios que han provocado pérdidas directas de producción, o reducción del área sembrada motivada por el temor que ocasiona la falta de seguridad de cosecha. Las diversas epidemias pueden poner en riesgo la producción agrícola regional, con su consecuente impacto social. La Esclerotinia permanece en forma latente en el suelo, en órganos de supervivencia llamados esclerotos o esclerocios. Si la temperatura es de menos de 17°C, bajo condiciones de alta humedad, se produce la germinación carpogénica, es decir la producción de apotecios y en pocas horas más, la liberación de ascosporas (el órgano de diseminación e infección) a partir de ellos. Las ascosporas serán dispersadas por el viento, pudiendo alcanzar grandes distancias. Para que las ascosporas germinen deben depositarse en una superficie de agua líquida, ya sea el disco floral del girasol, o las hojas, pecíolos o tallo. En toda la zona girasolera, se encuentran en el suelo esclerotos en cantidad tal, que no son un factor limitante para el desarrollo de la enfermedad. Esto deja a las condiciones ambientales y la sensibilidad del vegetal como únicos factores para el desarrollo de la Esclerotinia. En este trabajo, se presenta un método de estimación de la temperatura del capítulo y la secuencia del número de

horas con superficie vegetal mojada, con el objeto de su aplicación para la zonificación de regiones de alto riesgo de ocurrencia de enfermedades fungosas y en estimador potencial de la calidad del aceite. El método se basa en los balances hídrico y energético. De acuerdo a este objetivo, la información a utilizar debe ser de fácil acceso en registros meteorológicos históricos. Por esto el método, originalmente de escala micrometeorológica, es simplificado para la utilización de observaciones horarias convencionales.

METODOLOGIA Y MATERIALES

Balance Hídrico

Para el balance hídrico sobre la superficie de la vegetación se supone que la misma es impermeable. En el balance, la variación en el almacenaje de agua será igual a la diferencia entre la masa de agua que llegue a la superficie y aquella que se pierde de la misma. Los procesos que determinan una captación de agua por parte de la superficie son la precipitación y el riego interceptado y el depósito de rocío. Las pérdidas de agua de la superficie se pueden deber al escurrimiento de agua desde la superficie, cuando se supera la máxima capacidad de retención, y a la evaporación. Generalmente, puede estimarse en laboratorio la lámina de agua máxima que puede retener la superficie.

El balance hídrico puede expresarse como:

$$P - S + R - E = A - A_0 \quad (1)$$

donde P es la precipitación o riego, R es la lámina de rocío formado, S es el escurrimiento, E es la pérdida de agua por evaporación, y (A-A₀) es la variación temporal del almacenaje de agua sobre la superficie. La relación (1) puede reescribirse como:

$$P + R - E = (A - A_0)_e \quad (2)$$

donde el subíndice "e" representa el almacenaje efectivo, es decir, aquello que realmente permanece en la superficie. Cualquier adición de agua por encima del almacenaje máximo se perderá y el almacenaje efectivo será igual al máximo. Los términos se expresan en milímetros de agua [mm].

A partir del almacenaje hídrico inicial en la superficie, su variación temporal impondrá o no el mantenimiento de la superficie vegetal mojada.

La ganancia de agua instantánea en una superficie vegetal debida a la precipitación puede ser obtenida en forma directa de los registros meteorológicos horarios, tomando siempre en cuenta la retención máxima posible.

El depósito efectivo por formación de rocío depende de numerosos factores de escala micrometeorológica que pueden englobarse en un balance energético que considere temperaturas superficiales iguales o menores al punto de rocío. También en este caso es necesario tomar en cuenta la retención máxima posible. Formada la lámina de agua, el cálculo de la evaporación debe contemplar, al igual que la formación de rocío, numerosos procesos de microescala que pueden sintetizarse en un balance energético, considerando temperaturas superficiales superiores al punto de rocío.

Balance Energético

Para el balance energético se supone que los intercambios de energía se producen en una superficie de espesor infinitesimal, debido a lo cual se desprecia el posible almacenaje de energía. De esta forma el balance energético puede escribirse como (Oke, 1978):

$$R_n + H + LE = 0 \quad (3)$$

Donde R_n es la radiación neta, H es el flujo de calor sensible y (LE) es el flujo de calor latente. Los términos se expresan en $[W/m^2]$.

La parametrización de cada componente del balance energético, por medio de la analogía entre los procesos de difusión de propiedades y los circuitos eléctricos, permite determinar la temperatura de la superficie vegetal e indirectamente, los flujos de calor sensible y calor latente.

El flujo de calor sensible se expresa, de acuerdo a la analogía eléctrica, por:

$$H = -C \cdot \frac{(T_s - T_a)}{r_H} \quad (4)$$

donde C es la capacidad calorífica del aire y r_H es la resistencia aerodinámica a la difusión del calor sensible. Esta resistencia depende tanto del empuje como de la fricción, además de la forma y tamaño de la superficie.

El flujo de calor latente puede escribirse como:

$$L_s E = -\frac{C}{\Gamma} \cdot \frac{[e_s(T_s) - e]}{r_E} \quad (5)$$

siendo e_s la presión de saturación del vapor de agua, Γ la constante psicrométrica y r_E la resistencia aerodinámica a la difusión del vapor de agua. Esta resistencia depende de la forma y dimensión de la superficie, así como del empuje y la fricción (Montieth, 1975).

Para todos estos procesos se supone que de haber una lámina de agua sobre la superficie, se encuentra en equilibrio energético con la misma y no altera sus propiedades ópticas.

Asimismo, no se considera la posible transpiración del capítulo

El balance de energía conforma una ecuación no lineal con la temperatura superficial como incógnita. La solución por el método de error y tanteo permite obtener la temperatura superficial, y así estimar el flujo de calor latente.

Datos utilizados y características del cultivo simulado.

El método descripto se aplica a un cultivo de girasol ideal, de 2 metros de altura y un capítulo de 20 cm. de diámetro. Para simplificar el sólo se simula la superficie del capítulo. Este presenta un ángulo de 45° con la horizontal y durante el día se encuentra siempre orientado azimutalmente hacia el sol. Las características ópticas incluyen un albedo de capítulo de 0,1 y se supusieron tres combinaciones de absorptividad y emisividad en onda larga SIM1: 1 y 0,9; SIM2: 0,9 y 0,9; SIM3: 0,8 y 0,8, respectivamente. Nótese que en la primera de ellas se hace caso omiso de la Ley de Kirchoff. Las observaciones meteorológicas corresponden a la Estación Balcarce del INTA (latitud 37° 45' S, longitud 58° 18' O). La retención de agua máxima del capítulo se estima en 0,47 mm. (Lamarque, 1983).

Se dispone, a partir de una experiencia de campo realizada, de datos de temperatura de capítulo para el período del 7/2/96 16:00 hs. al 11/3/96 14:00 hs. Tanto éstos datos como los de follaje mojado se utilizaron para contrastar los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Simulación de temperatura del capítulo

La Fig. 1 ejemplifica las marchas diarias de la temperatura superficial medida y simuladas. Se observa que las temperaturas diurnas son fuertemente sobrestimadas por las tres

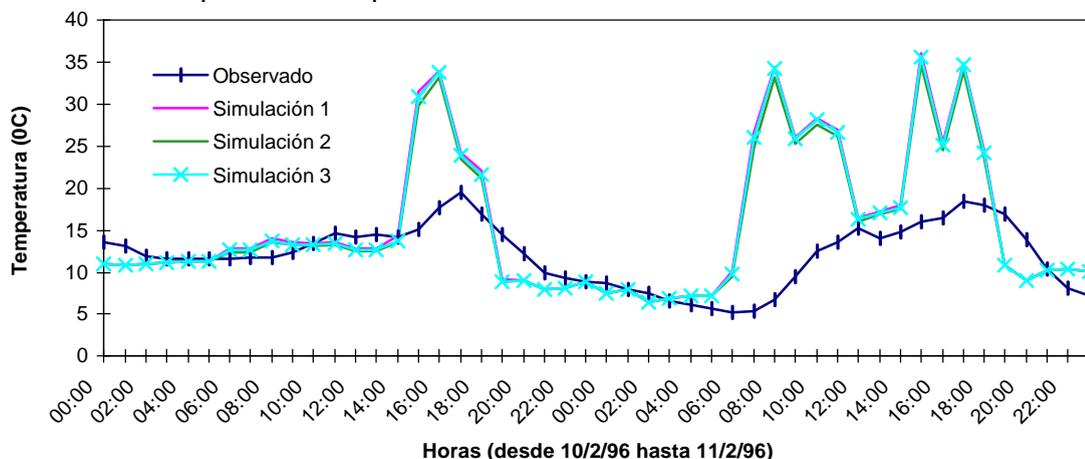


Figura 1: Marcha horaria de la temperatura superficial medida y simulada.

simulaciones, mientras que los apartamientos nocturnos son inferiores. Las simulaciones de la marcha horaria de la temperatura generan abruptos enfriamientos al atardecer y calentamientos en las primeras horas de la mañana, reflejándose en un desfase con la marcha real. La comparación entre las tres simulaciones muestra una escasa incidencia de la absorptividad y de la emisividad sobre la temperatura nocturna, y una aproximación ligeramente mejor de la SIMULACIÓN 3 a las temperaturas diurnas.

La Fig.2 muestra la comparación entre la temperatura nocturna de capítulo observadas y las simuladas. Se observa una ligera subestimación, con 78, 72 y 74 % de la varianza real explicada respectivamente por las simulaciones 1, 2 y 3.

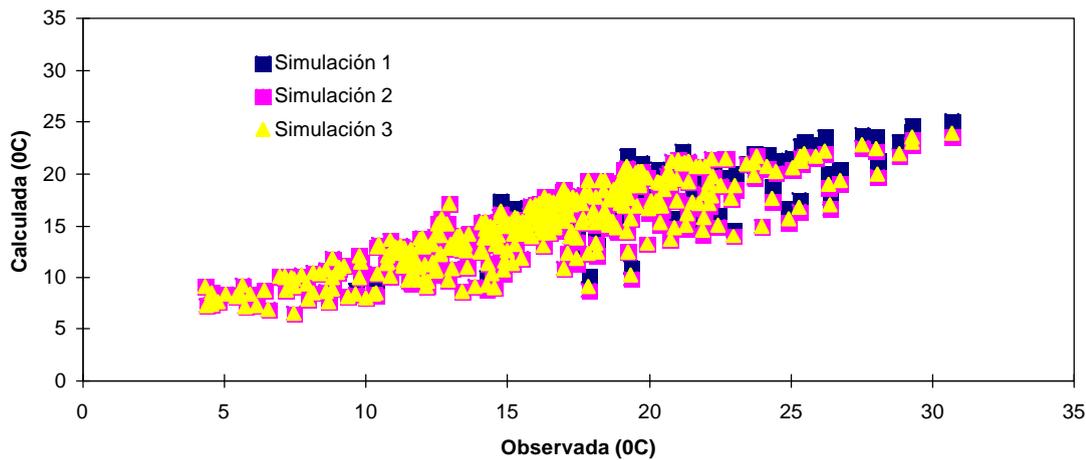


Figura 2: Comparación entre la temperatura del capítulo observadas y simuladas

Simulación de lámina de agua sobre el capítulo

La Tabla 1 muestra las frecuencias horarias observadas y simuladas de superficie mojada y seca, y los aciertos de las simulaciones. El modelo sobreestima el número de horas en que la superficie del capítulo estaría mojada, sin embargo el nivel de acierto es bueno y similar para las tres simulaciones.

La Tabla 2 presenta la distribución de frecuencia de la longitud de las secuencias de horas consecutivas de superficie mojada. Se observa que el número total de secuencias simuladas es en los tres casos superior, sin embargo el incremento se da en las secuencias más cortas. Las simulaciones 2 y 3, que más sobreestiman las secuencias, representan mejor a las de mayores longitudes y que son, justamente, las que podrían implicar riesgo de ataque de esclerotinia. La aplicación del test de Kolmogorov-Smirnov mostró que la distribución de la SIMULACION 1 difiere significativamente de la observada ($\alpha = 0,01$), mientras que las simulaciones 2 y 3 podrían ser consideradas de la misma población.

	OBSERVADA	SIMULACION 1	SIMULACION 2	SIMULACION 3
Superficie mojada	37%	42%	44%	43%
Superficie seca	63%	58%	56%	57%
Acierto simulación		76%	75%	75%

Tabla 1: Frecuencias horarias observadas y simuladas de superficie mojada, seca y aciertos de las simulaciones

LONGITUD DE LA SECUENCIA (Hs.)	OBSERVACION	SIMULACION 1	SIMULACION 2	SIMULACION 3
[1,8)	433	668	565	595
[8,15)	766	831	885	894
[15,22)	217	286	378	359
[22,29)	28	32	32	33
[29,36)	16	3	4	2
[36,43)	23	12	20	20
[43,50)	5	4	7	7
[50,57)	2	0	0	0
[57,64)	4	3	4	3
[64,71)	2	2	2	2
[71,78)	0	0	0	0
[78,85)	0	0	0	0
[85,92)	3	0	2	1
[92,99)	0	0	0	0
[99,106)	0	0	0	0
[106,113)	1	0	0	0
TOTAL	1.500	1.841	1.899	1.916

Tabla 2: Distribución de frecuencia de las secuencias de horas consecutivas de superficie mojada según la longitud de secuencia (horas)

La simulación de temperaturas superficiales estaría fuertemente influida por la falta de información horaria de velocidad del viento, ya que los flujos turbulentos asociados a la transferencia energética pueden ser subestimados o sobrestimados por valores medios diurnos o nocturnos. La incorporación de información de nubosidad permitiría simular más adecuadamente el balance radiativo nocturno. Por otra parte, la suposición de que el capítulo es una superficie impermeable no permite parametrizar el importante efecto de enfriamiento de la transpiración. Así, la aplicación del modelo como posible estimador para la calidad de aceite se encuentra supeditada a correcciones del modelado.

La simulación de lámina de agua presenta las mismas limitaciones metodológicas que la de temperatura superficial. Sin embargo, podría aplicarse a la zonificación de riesgo de esclerotinia, ya que las secuencias de capítulo mojado de mayor longitud (mayores a 39 horas.) son bien simuladas.

Bibliografía

- de Garín, A. B. et al. Un Método de Evaluación de Follaje Mojado. Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos, Compendio de Trabajos Presentados, Tomo II. 1995.
- Lamarque, C. Condiciones Necesarias para la Contaminación del Girasol por las Ascosporas de Sclerotinia Sclerotiorum. Aplicación a la previsión de epidemias locales.
- Maddoni, G. A. et. al. Determinación del número potencial de granos en el cultivo de girasol.

Su modificación con la fecha y la densidad de siembra. Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos, Compendio de Trabajos Presentados, Tomo 11. 1995.

-Montieth, J. L. Principles of Environmental Physics. Arnold Ed., London. 1975.

-Oke, T. K. Boundary Layer Climates. Methuen Ed, London and New York. 1978.

-Riccobene, I. C. et. al. Influencia de la radiación durante el llenado de los frutos de girasol II. Características de frutos ubicados en diferentes posiciones del capítulo. Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos, Compendio de Trabajos Presentados, Tomo II. 1995

-Santalla, E. M. et. al. Influencia de la radiación durante el llenado de los granos de girasol III. Variaciones de la composición acídica dentro del capítulo. Primer Congreso Nacional de Soja y Segunda Reunión Nacional de Oleaginosos, Compendio de Trabajos Presentados, Tomo II. 1995.