

EVALUACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO EN PAPA CON DATOS DE TERMOMETRÍA INFRARROJA Y HUMEDAD DE SUELO

Antonio C. de la CASA¹, Gustavo G. OVANDO², Angel R. RODRIGUEZ³, Luciano BRESSANINI⁴

1. Introducción

La medición de la temperatura foliar (**Tc**) con termometría infrarroja (**TIR**) es una práctica que ha sido aplicada para evaluar el estrés hídrico en distintos cultivos y condiciones ambientales. (JACKSON *et al.* (1981), IDSO y CLAWSON (1986) y SILVA *et al.* (1995)).

Existen distintas formas de expresar la condición de estrés hídrico a través de la **TIR**. HATTENDORF *et al.* (1988) compararon en un cultivo de alfalfa dos expresiones: la diferencia de temperatura entre la canopia y el aire (**Tc-Ta**) (IDSO *et al.*, 1977), y el índice de estrés hídrico del cultivo (**CWSI**) (IDSO *et al.*, 1981). El **CWSI** considerara la influencia del déficit de saturación (**DPV**) sobre la tasa de evaporación y el enfriamiento implícito (SILVA *et al.*, 1995).

Estudios recientes han puesto de manifiesto el incremento del contenido de humedad del aire y una disminución del **DPV** en la Provincia de Córdoba (de la CASA *et al.*, 2002). Debido a la disminución del **DPV** es factible que la evapotranspiración del cultivo resulte menos sensible a variaciones en (**Tc-Ta**), con respecto a regiones relativamente más cálidas y con mayor **DPV** (WALKER y HATFIELD, 1983).

Se plantea como objetivo analizar la relación entre los índices de estrés (**Tc-Ta**) y **CWSI** con la humedad del suelo en un lote de papa del Cinturón Verde de la ciudad de Córdoba, considerando en particular la influencia de la humedad del aire sobre **Tc-Ta**.

2. Material y Método

El ensayo se realizó en un lote de producción comercial de papa ubicado en Córdoba (31°30'44"S, 64°08'42"W, 402 m s.n.m.). En 7 oportunidades durante el mes de abril de 2001, se observaron la temperatura de canopia (**Tc**(°C)), realizando 5 repeticiones en distintas posiciones por estación, la temperatura (**Ta**(°C)) y humedad del aire (**ea**(hPa)) en abrigo, y la humedad de suelo (**HS**(cbar)) en 15 estaciones ubicadas en una grilla espaciada a 60 m con sensores de matriz granular, tipo resistencia eléctrica, a 20 cm de profundidad. A partir de **Ta** se obtuvo la tensión de saturación (**Ea** (hPa)), que permitió calcular el déficit de saturación (**DPV** (hPa)). Las observaciones se realizaron en horas próximas al momento de mayor **DPV** del día. El cultivo presentó en este período cobertura completa entre las etapas de estolonización y comienzo de tuberización.

Con **Tc** y **Ta** se elaboraron los indicadores de estrés: **Tc-Ta** (IDSO *et al.*, 1977) y **CWSI** (IDSO *et al.*, 1981). El índice **CWSI**, elaborado con la finalidad de ponderar la influencia del **DPV** sobre **Tc-Ta**, se calcula como:

$$CWSI = \frac{(Tc - Ta)_{obs} - (Tc - Ta)_{reg}}{(Tc - Ta)_{max} - (Tc - Ta)_{reg}} ;$$

Donde (**Tc-Ta**)_{reg} es la expresión de regresión lineal con respecto a **DPV**, para un cultivo bien abastecido de humedad. En este caso se utilizó la expresión presentada por IDSO (1982) para papa:

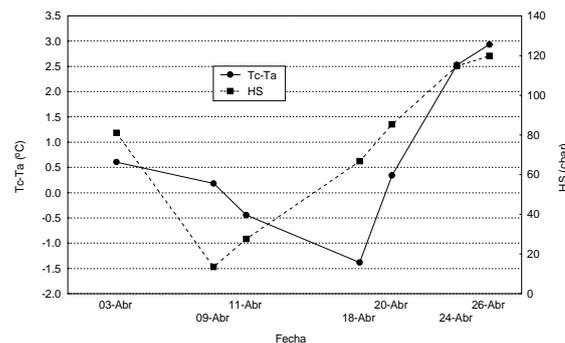
$$(Tc - Ta)_{reg} = 1,17 - 0,183 \cdot DPV.$$

Por otra parte, (**Tc-Ta**)_{max}, se estableció en 4°C de acuerdo con la máxima diferencia observada.

3. Resultados y Discusión

La Figura 1 presenta la variación de los valores promedios de **HS** y **Tc-Ta** de las 15 estaciones, para las 7 fechas de muestreo.

Las lecturas del 9 de abril se efectuaron con posterioridad a una lluvia de 62 mm, por lo que **HS** presentó un valor promedio de 13,5 cbar (los valores de tensión se expresaron de manera positiva), y resultó el mínimo de todo el período. El valor de (**Tc-Ta**), acusó una reducción respecto al del 3 de abril, pero la diferencia, aproximadamente nula, no indica que se esté produciendo un enfriamiento evaporativo intenso. Mientras que la reposición de agua produce el incremento inmediato de la humedad del suelo, **Tc**



no manifiesta con la misma rapidez el efecto refrigerante de una intensa evapotranspiración.

Figura 1: Evolución de los valores medios de **HS** y del índice de estrés **Tc-Ta** en el lote de papa.

El 11 de abril, **Tc-Ta** presentó un valor medio de -0,44°C. De acuerdo con esto, después de la reposición de agua el cultivo necesitó un tiempo para volver a transpirar a tasas consideradas normales. JACKSON *et al.* (1981) indicaron que el trigo retomó su ritmo transpiratorio luego de 5-6 días, en tanto SILVA *et al.* (1995) señalaron que al algodón le tomó uno o dos días después del riego para alcanzar un mínimo relativo del indicador de estrés. En virtud de este comportamiento de retraso y dada su proximidad a la fecha de muestreo posterior, las mediciones del 9 de abril fueron excluidas del análisis.

En la Figura 2 se observa la influencia de **DPV** sobre **Tc-Ta** para las 6 fechas restantes. Con valores de **DPV** inferiores a 10 hPa, es decir cuando el cultivo no transpira normalmente, no se manifiesta

¹ Prof. Adj. Climatología Agrícola – Fac. de Cs Agropecuarias – UNC. E mail:delacasa@agro.uncor.edu

² JTTP Climatología Agrícola – Fac. de Cs Agropecuarias – UNC.

³ Prof. Tit. Climatología Agrícola – Fac. de Cs Agropecuarias – UNC.

⁴ JTTP Agrotecnia – Fac. de Cs Agropecuarias – UNC.

una relación funcional entre **Tc-Ta** y **DPV**, la que se destaca, en cambio, cuando **DPV** supera dicho valor.

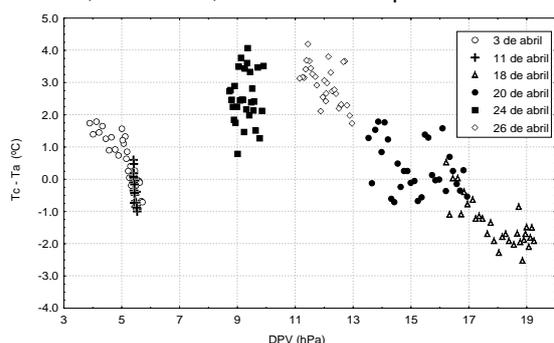


Figura 2: Relación entre **Tc-Ta** y **DPV** para distintas fechas de muestreo durante el ensayo.

Cuando se extraen del análisis los datos cuyos **DPV** son menores a 10 hPa, se obtiene la matriz de correlación que muestra la Tabla 1.

Tabla 1: Coeficientes de correlación entre distintos indicadores de estrés hídrico. (Todos los coeficientes son significativos ($p < 0,001$))

| | Tc-Ta | HS | CWSI |
|-------|-------|-------|-------|
| Tc-Ta | 1 | 0,773 | 0,999 |
| HS | 0,773 | 1 | 0,768 |
| CWSI | 0,999 | 0,768 | 1 |

Dado que los coeficientes de correlación entre los indicadores de estrés obtenidos por medio de la **TIR** y **HS** son semejantes, el empleo de estos índices resulta indiferente.

La situación de **DPV** reducido es una contingencia de alta probabilidad de ocurrencia durante el ciclo de producción de papa semitardía en el área de producción del cinturón verde de Córdoba, lo que se ha acentuado los últimos años (de la CASA *et al.*, 2002). Cabe acotar que el índice **CWSI**, no encuentra durante el ciclo de producción de papa de otoño en Córdoba el rango amplio de **DPV** que justificó su desarrollo. A los efectos de proponer una información útil para establecer el momento de aplicar el riego, la Figura 3 muestra la relación de **HS** y los indicadores de estrés hídrico.

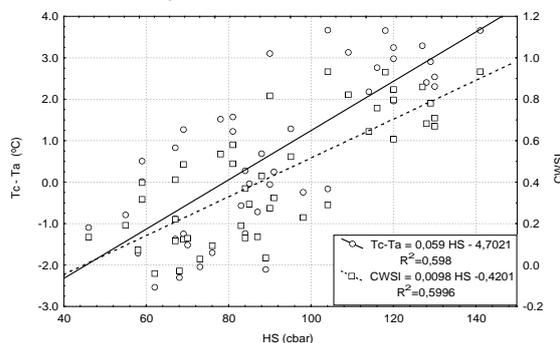


Figura 3: Relación de los indicadores de estrés hídrico obtenidos con **TIR** y **HS**.

Los valores de **HS** mayores a 70-80 cbar estarían asociados con una reducción del área foliar que provoca la disminución del rendimiento del cultivo de papa (de la Casa, *et al.*, 2001), dicho límite se alcanza cuando valores de **Tc-Ta** comienzan a presentar signo positivo y los de **CWSI** resultan

superiores a 0,2-0,3. En base a estos umbrales se podría establecer el momento de regar con un criterio fisiológico. De usar el **CWSI**, el umbral no resulta muy diferente del obtenido por GARROT Jr. *et al.* (1994) en trigo (0,37) y es algo inferior al propuesto por FERNANDES y TURCO (2001) en soja (0,5).

4. Conclusiones

A los efectos de evaluar el estrés hídrico en papa, y bajo las condiciones climáticas que se presentan en Córdoba durante el otoño, la evidencia recogida permite señalar que los indicadores obtenidos a partir de la **TIR** ofrecen resultados confiables de diagnóstico cuando la humedad del suelo se ve reducida por debajo del umbral que impone restricciones sobre el crecimiento foliar y la productividad del cultivo.

5. Referencias Bibliográficas

- de la CASA, A.; A. RODRÍGUEZ; R. ACCIETTO; G. OVANDO y L. BRESSANINI. Efecto del estrés hídrico en papa (*Solanum tuberosum* L.) sobre el índice de área foliar. **Revista Argentina de Agrometeorología**, v. 1, n.2, p.43-47, 2001.
- de la CASA, A.C., G.G. OVANDO y A.R. RODRÍGUEZ. Evolución de la humedad del aire en la Provincia de Córdoba, Argentina, en el período 1941-1990 y su influencia sobre la evapotranspiración de referencia. **Revista de Investigaciones Agropecuarias** (INTA), v. 31, n. 2, p. 57-72, 2002
- FERNANDES, E.J. y J.E.P. TURCO. Utilizacão do CWSI na determinacão de estresse hídrico em cultura de soja. **Revista Brasileira de Agrometeorología**, v.9, n. 2, p. 347-355, 2001.
- GARROT Jr., D.J., OTTMAN, M.J., FANGMEIER, y HUSMAN S. H. Quantifying wheat water stress with the crop water stress index to schedule irrigations. **Agronomy Journal**. Madison, v.86, p. 195-199, 1994.
- HATTENDORF, M.J., R.E. CARLSON, R.A. HALIN y D.R. BUXTON. Crop water stress index and yield of water-deficit-stressed alfalfa. **Agronomy Journal**, v. 80, p. 871-875, 1988.
- IDSO S.B., R.D. JACKSON y R.J. REGINATO. Remote-sensing of crop yields. **Science**, v. 1, p. 19-25, 1977
- IDSO, S.B., JACKSON R.D., P.J. PINTER Jr., REGINATO, R.J. y J.L. HATFIELD. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. **Agricultural Meteorology**, v.24, p. 45-55, 1981.
- IDSO, S.B. Non-water-stressed baselines: A key to measuring and interpreting plant water stress. **Agricultural Meteorology**, v. 27, p. 59-70, 1982.
- IDSO, S.B. y K.L. CLAWSON. Foliage temperature: effects of environmental factors with implications for plant water stress assesment and the CO2/Climate connection. **Water Resources Research**, v. 22, n. 12, p. 1133-1138, 1986.
- JACKSON, R.D., S.B. IDSO, R.J. REGINATO. Canopy temperature as a crop water stress indicator. **Water Resources Research**, v.17, p.1133-1138, 1981.
- SILVA, B.B. da, T.V. RAMANA RAO, P.V. de AZEVEDO y C. BRITO de SOUZA. Moisture stress quantification in a cotton crop with infrared thermometry. **Revista Brasileira de Agrometeorología**, v.3, p. 45-51, 1995.
- WALKER, G.K. y J.L. HATFIELD. Stress measurement using foliage temperatures. **Agronomy Journal**, v.75, p. 623-628, 1983.