

# **EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS DE SEQUÍA EN PAPA POR MEDIO DE DIFERENTES MODELOS DE RENDIMIENTO DE CULTIVO.**

Ángel R. RODRIGUEZ<sup>(1)</sup>, Antonio C. de la CASA<sup>(1)</sup>, Ricardo H. ACCIETTO<sup>(2)</sup>, Gustavo OVANDO<sup>(1)</sup>, Luciano BRESSANINI<sup>(2)</sup>.

## **RESUMEN**

Durante dos ciclos tardíos de papa (1996 y 1997), se analizan los resultados obtenidos en sendos ensayos de sequía impuesta realizados a campo en el Cinturón Verde de la ciudad de Córdoba, donde la diferencia fundamental es el sistema de riego empleado en cada ciclo de cultivo. A partir de la información producida se evalúan los diferentes tratamientos por medio de modelos de rendimiento de cultivo, con el objetivo de apreciar su capacidad de representar distintas condiciones de sequía.

## **INTRODUCCIÓN.**

La sequía durante períodos críticos del cultivo de papa afectan su crecimiento, desarrollo y rendimiento (Doorembos y Kassam, 1986). Uno de los elementos comprometidos de importancia ecofisiológica es la estructura de la canopia. Jefferies y Mackerron (1989) muestran que valores superiores a 47 mm de deficiencia de agua se correlacionan en forma negativa respecto del coeficiente de intersección lumínica.

En una experiencia realizada en el Cinturón Verde de la ciudad de Córdoba se puso en evidencia el efecto de la sequía ocasionando la disminución de la cobertura del cultivo y se determinó el umbral a partir del cual comienza a manifestarse en forma inmediata el estrés hídrico (Rodríguez et al., 1997).

El tema específico del impacto mediato de la sequía sobre el rendimiento, es expresado por la relación entre la disminución del rendimiento relativo y el déficit relativo de agua, simplificando de esta forma un gran número de procesos complejos. Asimismo, también es posible integrar mediante este esquema los resultados experimentales junto con la información que provee la modelación obtenida de distintas fuentes. El objetivo del trabajo es evaluar experimentalmente el efecto de la sequía edáfica en períodos críticos sobre la disminución del rendimiento del cultivo de papa bajo distintas modalidades de riego.

---

<sup>1</sup> Cátedra de Climatología Agrícola y <sup>2</sup> Cátedra de Agrotecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba.

## **MATERIAL Y MÉTODO.**

Son analizados los datos obtenidos entre febrero y mayo de 1996 y 1997 de dos ensayos de papa tardía en el Cinturón Verde de Córdoba (Latitud: 31° 30' 44" S; Longitud 64° 08' 62" W; 402 m.s.n.m). La principal diferencia entre los ensayos fue el sistema de riego utilizado. En el primer año se realizó por gravedad en surcos y en el segundo se lo aplicó localizado con alta frecuencia. Este último permite efectuar un control más efectivo sobre la lámina aplicada y su oportunidad de reposición. Los tratamientos fueron distribuidos en ambos casos siguiendo un diseño completamente al azar, integrando el mismo a un lote, diferente cada año, de producción comercial.

La dimensión de las parcelas fue 60 m<sup>2</sup>, abarcando 8 surcos de 10 metros de largo, sobre las cuales en cada ciclo fueron instaladas estructuras de macrotúnel para contribuir a lograr el efecto de estrés buscado. Las carpas se emplazaban ante la posibilidad de lluvias, resultando en una extensión efectiva menor de la parcela sobre el área central. La cosecha se realizó sobre los 4 metros centrales de los 4 surcos interiores, clasificando los tubérculos por tamaño y forma. Esta información fue analizada mediante un ANAVA para determinar la probabilidad de las diferencias entre tratamientos.

La información meteorológica se obtuvo de una estación automática instalada en la proximidad del ensayo, con excepción del dato de radiación solar obtenido del Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas situado en la ciudad de Córdoba a 15 Km del lugar.

La medición de la humedad de suelo fue realizada de dos formas: a) mediante determinaciones gravimétricas para luego aproximar el dato de contenido volumétrico de agua y b) por medio de sensores de matriz granular instalados en cada parcela a 20, 40 y 60 cm de profundidad. Estas observaciones permitieron elaborar la curva de retención de humedad característica del suelo, siendo utilizadas por otra parte, a los efectos de comparar su comportamiento frente al empleo de los diferentes sistemas de riego.

El consumo de agua fue obtenido suponiendo ausencia de escurrimiento y percolación, adicionando la precipitación con el riego aplicado y teniendo en cuenta la variación del almacenaje entre el comienzo y final del ciclo.

Se aplicaron dos modelos de simulación del cultivo de papa: el modelo YIELD (Burt et al.; 1981) y el modelo SUBSTOR (Griffin et al.; 1993) a los efectos de comparar el comportamiento estimado con las observaciones experimentales.

Los parámetros sometidos a evaluación se refieren a la productividad final (biomasa del tubérculo en peso fresco y peso seco) y en particular, por tratarse de sistemas de producción bajo riego, al contenido volumétrico de agua del suelo y su variación temporal.

## RESULTADOS.

En la Tabla 1 se resume la información observada de las dos campañas. Se destaca la diferente condición térmica durante los respectivos ciclos otoñales, reflejada en una diferencia mayor a 100 mm entre el valor de ET máxima de cada ciclo. Estas observaciones convalidan los resultados obtenidos en un trabajo previo sobre la marcada variabilidad climática que afrontan los cultivos tardíos (otoñales) de papa a los efectos de la planificación y control del riego, tanto en la lámina aplicada como en su frecuencia (de la Casa, et al.,1997).

El empleo de las coberturas plásticas tuvo un éxito relativo porque sólo en la campaña 1996 se pudo reducir oportunamente el reabastecimiento pluviométrico, logrando establecer la diferencia de 36 mm que señala la Tabla 1.

Tabla 1: Registros climáticos y de cultivo observados y estimados con los modelos YIELD y SUBSTOR durante los ciclos de papa de 1996 y 1997.

		Ciclo								
		1996				1997				
		Sequía		Testigo	S/T	Sequía		Testigo	S/T	
OBSERVADO	PP (mm)	152		187.8		147		147		
	Ri (mm)	0		40		107		169		
	Tmed (°C)		17.3				20.2			
	Etmax (mm)		260				370			
	Densidad (pl/m <sup>2</sup> )		6				4			
	Duración ciclo (días)		90				90			
	ETr (mm)	163		226	0.72	239		313	0.76	
	Rto (Kg ha <sup>-1</sup> )	9890		14510	0.68	8094		15064	0.54	
ESTIMADO	SUBSTOR	ETr (mm)	95		143	0.66	128		180	0.71
		Rto (Kg ha <sup>-1</sup> )	7000		15600	0.45	5800		10900	0.53
	YIELD	ETr (mm)	179		247	0.72	144		222	0.65
		Rto (Kg ha <sup>-1</sup> )	10004		14325	0.70	4342		6532	0.66

El año 1997 las precipitaciones ocurrieron en etapas tempranas del ciclo, previas al momento programado para comenzar el tratamiento. Posteriormente el manejo del agua se realizó con el riego localizado, pudiendo establecer una diferencia de 62 mm. Sin embargo, la condición del testigo no

se pudo mantener libre de estrés hídrico en razón de la elevada tasa de extracción y la demora en la reposición. Habiendo instalado la cinta de riego sobre la posición central del surco, se estableció una condición de humedad que por su distanciamiento no resultó totalmente disponible para el cultivo.

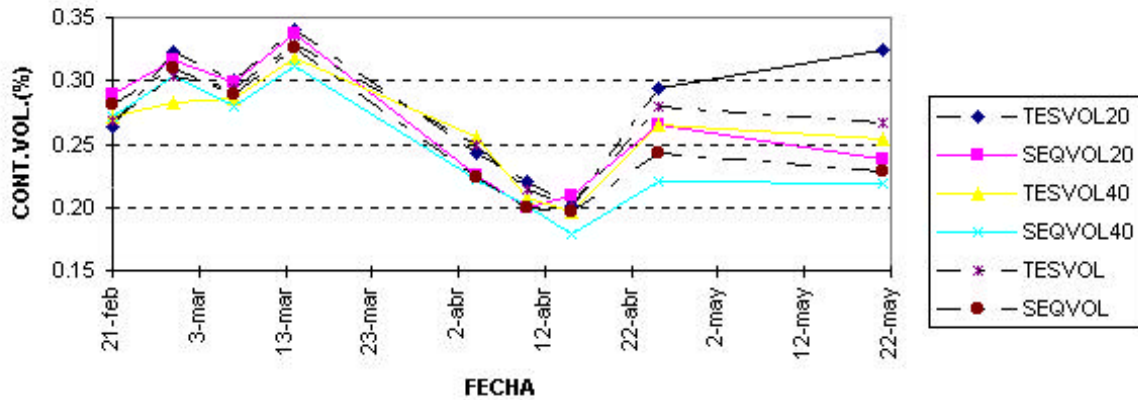


Figura 1: Variación del contenido volumétrico de agua a 20cm, 40cm y del promedio del perfil para cada tratamiento.

Esta contingencia, corregida posteriormente con el cambio de posición de la cinta sobre la parte superior del camellón, se pone de manifiesto en la Figura 1 que expresa la variación temporal del contenido volumétrico de agua en ambos tratamientos. Sólo a partir del 22 de Abril y hasta el final del ciclo se advierte que el contenido de agua en el suelo del testigo alcanza la condición de humedad necesaria.

El seguimiento del contenido de agua del suelo permitió obtener las respectivas curvas características de humedad, resultando en funciones logarítmicas muy semejantes cada año, según se advierte en la Figura 2. Estos resultados permiten sostener que el factor de reposición de agua a partir de los dos sistemas de riego utilizados no altera el comportamiento hídrico del suelo y que las curvas de humedad obtenidas pueden considerarse confiables para su uso posterior en el área.

El análisis efectuado para evaluar el comportamiento predictivo de la variación del contenido de agua del suelo que efectúa el modelo de cultivo SUBSTOR se presenta en la Tabla 2.

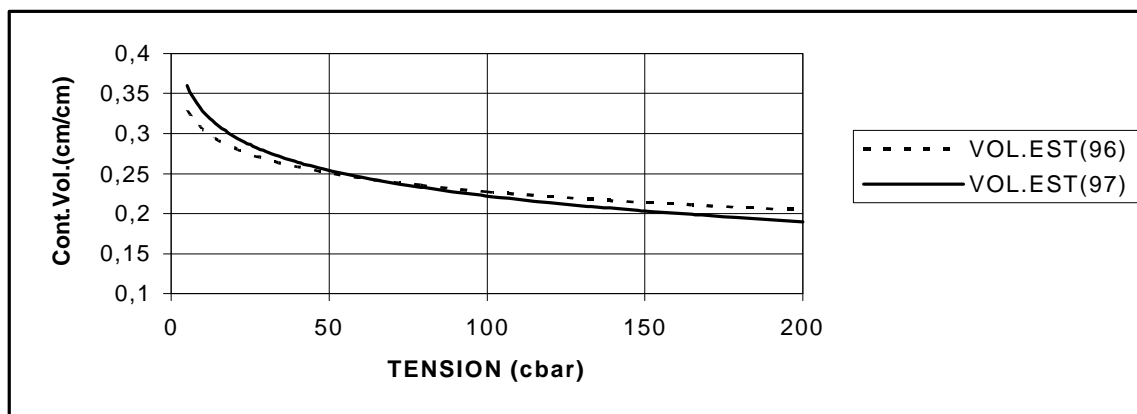


Figura 2: Funciones de ajuste para la relación entre la tensión de succión (obtenida por lecturas del instrumento Watermarck) y el contenido volumétrico de agua correspondiente a cada experiencia.

La tabla muestra para cada año la correlación entre los valores observados y las estimaciones de la dinámica de agua elaboradas por la simulación a 20 y 40 cm.

Tabla 2: Valores observados promedio del contenido volumétrico de agua (VO) de cada ciclo, tratamiento y profundidad y sus respectivas estimaciones a partir de la función de ajuste obtenida con lecturas del Watermarck (VW) y con el modelo SUBSTOR (VS).

Ciclo 1996		Testigo 20 cm			Sequía 20 cm			Testigo 40 cm			Sequía 40 cm		
FECHA	DPS	VO	VW	VS	VO	VW	VS	VO	VW	VS	VO	VW	VS
28/03/96	27	0.31	0.30	0.28	0.30	0.29	0.28	0.28	0.28	0.30	0.27	0.28	0.30
11/04/96	41	0.28	0.27	0.26	0.26	0.26	0.26	0.27	0.26	0.30	0.26	0.24	0.30
15/04/96	45	0.25	0.27	0.25	0.23	0.26	0.25	0.25	0.25	0.30	0.23	0.24	0.30
25/04/96	55	0.24	0.26	0.33	0.20	0.22	0.21	0.23	0.24	0.30	0.19	0.22	0.29
30/04/96	60	0.26	0.25	0.28	0.21	0.21	0.20	0.27	0.24	0.30	0.22	0.21	0.28
2/05/96	62	0.26	0.25	0.26	0.20	0.21	0.20	0.23	0.23	0.30	0.21	0.21	0.27
9/05/96	69	0.31	0.28	0.31	0.19	0.21	0.19	0.26	0.25	0.29	0.19	0.21	0.26
15/05/96	75	0.27	0.26	0.25	0.20	0.21	0.19	0.26	0.24	0.29	0.20	0.21	0.26
28/05/96	88	0.25	0.23	0.21	0.20	0.21	0.18	0.25	0.22	0.27	0.21	0.21	0.25
R:			0.80	0.32		0.97	0.93		0.59	-0.06		0.92	0.72
R <sup>2</sup> :			0.64	0.10		0.93	0.86		0.35	0.00		0.84	0.52
Ciclo 1997		Testigo 20 cm			Sequía 20 cm			Testigo 40 cm			Sequía 40 cm		
FECHA	DPS	VO	VW	VS	VO	VW	VS	VO	VW	VS	VO	VW	VS
21/02/97	1	0.26		0.30	0.29		0.30	0.27		0.30	0.27		0.30
28/02/97	8	0.32	0.29	0.30	0.32	0.29	0.30	0.28		0.31	0.30	0.28	0.31
7/03/97	15	0.30	0.28	0.30	0.30	0.28	0.30	0.29		0.30	0.28	0.26	0.30
14/03/97	22	0.34	0.33	0.29	0.34	0.32	0.29	0.32		0.30	0.31	0.29	0.30
4/04/97	43	0.24	0.24	0.30	0.23	0.24	0.25	0.25	0.23	0.30	0.22	0.28	0.30
10/04/97	49	0.22	0.23	0.30	0.20	0.22	0.23	0.21	0.21	0.30	0.20	0.25	0.30
15/04/97	54	0.20	0.21	0.31	0.21	0.21	0.23	0.20	0.20	0.30	0.18	0.23	0.29
25/04/97	64	0.29	0.30	0.31	0.27	0.22	0.31	0.26	0.26	0.30	0.22	0.24	0.28
21/05/97	90	0.28	0.27	0.25	0.24	0.22	0.24	0.25	0.24	0.28	0.22	0.23	0.29
R:			0.97	-0.21		0.91	0.84		0.93	0.35		0.80	0.82
R <sup>2</sup> :			0.94	0.04		0.83	0.71		0.87	0.11		0.64	0.66

Los valores observados corresponden al promedio de las parcelas para cada profundidad y tratamiento. Se incluye también un valor estimado a partir de la función de ajuste mencionada

anteriormente. En este caso la relación mantiene un aceptable comportamiento predictivo y un elevado porcentaje de la variación queda determinada. El modelo presenta resultados que se ajustan a la realidad sólo en el caso de los tratamientos de sequía, mientras que para los testigos la correlación no resulta significativa. Lo destacable es que este patrón se conserva en los dos ciclos monitoreados.

Con el objeto de efectuar la comparación de los resultados productivos y del consumo de agua, y sujeto a las diferencias que existieron en diversos aspectos del manejo del ensayo, las evaluaciones de ambas campañas se presentan separadas en sendos esquemas gráficos. En particular, se busca representar la relación que se establece entre el déficit de evapotranspiración relativo y el déficit de rendimiento relativo, a partir de las observaciones y sus correspondientes simulaciones efectuadas por los modelos YIELD y SUBSTOR.

Los gráficos de la Figura 3 señalan que las estimaciones del impacto del estrés hídrico producidas por los modelos aplicados son muy semejantes en ambos ciclos, conservando la misma tasa de disminución del rendimiento por cada incremento del déficit hídrico simulado.

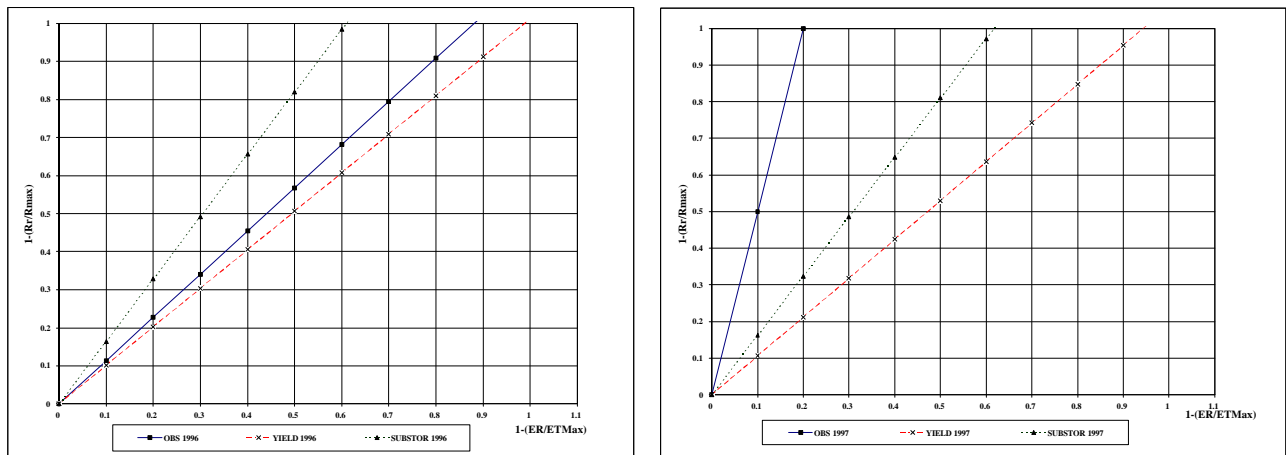


Figura 3: Relación entre el déficit de evapotranspiración relativa y el déficit de rendimiento relativo de las observaciones y estimaciones de cada ciclo (1996 y 1997).

El modelo YIELD cuantifica una tasa de reducción inferior que la del modelo SUBSTOR, asignando un menor peso al efecto de estrés hídrico. De todas formas, sólo en el primer año las relaciones se aproximan a los resultados observados. Por el contrario, el tratamiento de sequía del año 1997 resultó potenciado en apariencia, ocasionando una tasa de reducción mucho más pronunciada que la simulada por los modelos. Este comportamiento, sin embargo, se puede explicar en razón de una defectuosa determinación de la condición de estrés, por cuanto el agua agregada por el sistema de riego en una primera etapa fue localizada de manera incorrecta y no pudo ser aprovechada en su totalidad por el cultivo. De esto se infiere que a los efectos de la utilización

rutinaria de los modelos de cultivo es necesario que el sistema disponga de elementos para verificar las condiciones y manejo del cultivo que permitan rectificar sus estimaciones.

### **CONCLUSIONES.**

El efecto del estrés hídrico que estiman los modelos no presenta la sensibilidad suficiente para expresar las diferentes condiciones de sequía observadas en los ensayos.

### **BIBLIOGRAFIA.**

- Burt, J.E., J.T. Hayes, P.A. O'Rourke, W.H. Terjung and P.E. Todhunter; 1981. A Parametric Crop Water Use Model. *Water Resource Research*, Vol.17(4): 1095-1108.
- de la Casa, A.C.; A.R. Rodríguez, y G. Ovando; 1997. Factibilidad del cultivo de papa de secano en la región central de la provincia de Córdoba. *Actas de la VII Reunión Argentina de Agrometeorología*. AADA y Fac. de Agronomía de Bs.As.
- Doorembos, J. y A.H. Kassam. 1986. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje N°33.
- Griffin, T.S; B.S. Johnson y J.T. Ritchie; 1993. A simulation model for potato growth and development: Substor-potato Version 2.0. IBSNAT Research Report Series 02. Dept. of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Univ. of Hawaii, Honolulu, HI.
- Jefferies, R.A. y D.K.L. Mackerron; 1989. Radiation interception and growth of irrigated and droughted potato (*Solanum tuberosum*). *Field Crops Research*, 22:101-112.
- Priestley, C.H.B. y R.J.Taylor; 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Mon. Weather Rev.* 100:81-92.
- Rodríguez, A. R.; A. C. de la Casa; R. H. Accietto; G. Ovando, y L Bressanini; 1997. La oportunidad del riego determinada por sensores de matriz granular (smg) en relación a los cambios de la condición de cobertura del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*, cv Spunta) afectado por sequía. *Actas de la VII Reunión Argentina de Agrometeorología*. AADA y Fac. de Agronomía de Bs.As.
- Seiler, R.A. y M.G. Vinocur; 1995. Evaluación de un modelo de rendimiento como herramienta para la planificación y el manejo del cultivo. *Agriscientia*, Vol XII:53-60 (Número especial).