

AGROMETEOROLOGÍA Y BIOMETEOROLOGÍA

CAMBIOS EN LA ESTACIÓN DE CRECIMIENTO EN CHAPINGO, MÉXICO

Barrales B., E.¹; Gómez D., J.D.²; Barrales D., J.S.²

¹ Ingeniero en Recursos Naturales Renovables.

² Profesor Investigador de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. CP 56230.

E mail: barrales@correo.chapingo.mx

Palabras clave: periodo libre de heladas, periodo húmedo.

INTRODUCCIÓN.

La agricultura es una de las actividades que el hombre debe perfeccionar constantemente, adecuándola al ambiente donde se desarrolle, pues su carácter limitativo sobre las plantas, hace que sus elementos deban ser considerados para obtener la mayor cantidad de alimentos y otros satisfactores. La Estación de Crecimiento (EC), es el tiempo del año durante el cual las condiciones de temperatura (T) y precipitación pluvial (P) son favorables para el desarrollo de las plantas (Pájaro y Ortiz, 1989), por lo tanto, debe haber ambiente favorable para el crecimiento, desarrollo y reproducción. En México en regiones arriba de 1800 msnm la T a nivel de helada es un factor limitante para la agricultura que ha sido estudiado con frecuencia (Barrales *et al.*, 2002) mientras que la P se convierte en un elemento restrictivo por niveles bajos e irregulares cuyos efectos dependen de la etapa fenológica de los cultivos en que impacten. Ante los cambios del ambiente causados por el hombre, expresados en alteración en los patrones térmicos y de lluvias es necesario precisar los cambios ambientales locales que más inciden en la agricultura, por lo que el objetivo del presente trabajo, es cuantificar en los últimos 51 años los cambios en la EC en Chapingo, México, para proponer a corto plazo las acciones que aseguren efectividad agrícola en esa zona.

MATERIALES Y MÉTODOS.

En el trabajo de Barrales (2010) se analizan diferentes variables climáticas para cuantificar los cambios en los últimos años, pero aquí solo se utilizan datos diarios de temperatura mínima, precipitación pluvial (P) y evaporación (Ev) tomados de la estación meteorológica del Departamento de Irrigación en la Universidad Autónoma Chapingo, entre 1958 y 2008. Con los datos diarios se calculó el periodo libre de heladas (PLH) de acuerdo con Ortiz (1989) basado en la distribución Z y con 20% de probabilidad de ocurrencia. Para el análisis de la P se hicieron series de datos semanales y se calculó el periodo húmedo (PH) y la estación de lluvias (ELI) de acuerdo a Pájaro y Ortiz (1989), que es la EC, utilizándose la evapotranspiración potencial (ETP) estimada como 0.8 Ev semanal. El PH tiene sus límites cuando la $P=ETP$ y la ELI cuando

$P=0.5ETP$. Para identificar cambios a nivel climático, deben utilizarse al menos datos de 25 años, pero en el presente trabajo ante la falta de más información, se hicieron los cálculos para tres periodos multianuales: Periodo total (PT) de 1958 a 2008; periodo base (PB) de 1959 a 1990 y periodo reciente (PR) de 1991 a 2008.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el PT se registra un PLH de 213 días comprendido entre el 20 de marzo y 19 de octubre, mientras que en el PB se encontró que el PLH fue de 211 días entre el 21 de marzo y el 18 de octubre, mismo que se amplió a 222 días en el PR cuyos límites son el 13 de marzo y 21 de octubre, donde se pueden producir especies de ciclo biológico largo, siempre y cuando el agua no sea una limitante. Sin embargo, el aumento de T en los últimos años provoca el aumento en Evaporación y disminución en el PH y la ELI que obliga a utilizar plantas de ciclo corto que se adapten a esas condiciones. En el PT la ELI inicia la última semana de mayo y termina la última semana de noviembre con valores de 14.3 mm y 9.3 mm respectivamente, definiendo una EC de 161 días; su PH inicia la tercera semana de junio con 24.3 mm y termina la cuarta semana de septiembre con 20 mm con una duración de 105 días con humedad suficiente. En el PB se encuentra una situación similar a PT con los valores de 13.7 mm y 9.3 mm de inicio y final de EC, y 21.87 mm y 19.37 mm como límites del PH coincidiendo en las semanas y meses (Figura 1). Durante el PR se nota un aumento en ETP y lluvias muy variables que definen varios periodos húmedos dentro de la EC (Figura 2); un primer PH es de la tercera semana de junio con 29.3 mm a la tercera semana de julio con 24.3 mm, con duración de 35 días; un segundo PH es de la cuarta semana de julio con 23.7 mm a la primera semana de septiembre con 21.2 mm definiendo una duración de 42 días y finalmente un tercer PH que inicia en la tercera semana de septiembre con 21.2 mm y termina la primera semana de octubre con 21.2 mm y 14 días de duración; en total son 13 semanas con alrededor de 91 días que representa una disminución de 14 días respecto al PB. La ELI inicia la primera semana de junio y termina la primera semana de noviembre, es decir son 133 días en 19 semanas, que viene representando una disminución de 28 días en la ELI respecto al PB. El aumento de T ha causado una ampliación en el PLH, pero por su impacto en

el uso de agua, aún en condiciones de riego se exige mayor cantidad de agua para las plantas. En agricultura de temporal, sólo se puede realizar en la EC de 133 días, es decir, 89 días menos que el PLH, utilizándose cultivos de ciclo biológico corto, con tolerancia a las deficiencias de agua y a bajas temperaturas al coincidir con heladas tempranas. Además, ante la inminente disminución del agua en el subsuelo de la región de estudio, donde ya se extrae desde 300 m de profundidad, obliga a perfeccionar tecnologías apropiadas para el uso racional de este recurso, incluyendo el componente ambiental en torno a las plantas, donde la evaporación del agua directa del suelo hacia la atmósfera deberá reducirse con cubiertas vegetales o artificiales. Desde el punto de vista genético, a medida que el ciclo biológico se reduce la capacidad de producción también disminuye, de tal manera que se tienen que incorporar arquetipos de plantas que ayuden a utilizar con eficiencia el espacio utilizando densidades de población altas que aseguren un efecto de compensación en rendimiento.

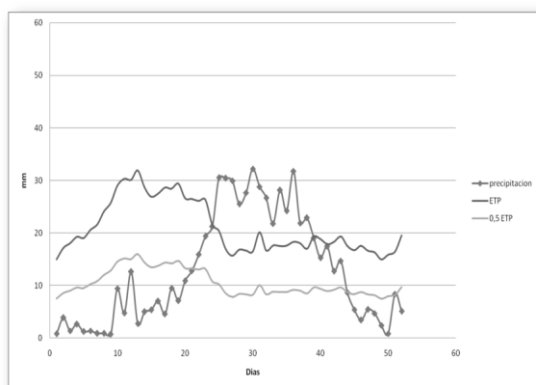


Figura 1. Estación de Crecimiento en Chapingo, México de 1958 a 1990.

El hecho de que la EC en el PB se fraccione provoca sequías temporales si es baja la cantidad de lluvia registrada en el tiempo que le precede, sin embargo, en Chapingo, México, la textura del suelo dominante es migajón arcilloso, con capacidad de campo en algunos lugares del 36%, que les permite almacenar el agua necesaria para soportar los periodos cortos la falta de lluvias.

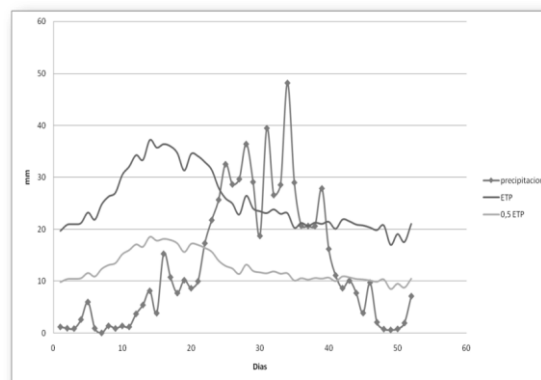


Figura 2. Estación de Crecimiento en Chapingo, México de 1959 a 2008,

CONCLUSIONES.

El Período Libre de Heladas en los últimos 18 años se ha ampliado once días respecto a un periodo de años entre 1958 y 1990.

La Estación de Crecimiento ha sufrido una reducción de 28 días debido a un aumento en la temperatura y en la evaporación que provoca una menor Estación de Lluvias y Periodo Húmedo.

En la Estación de Crecimiento en los últimos 18 años se observa la presencia de tres periodos húmedos como consecuencia de la irregularidad en la magnitud y presencia de las lluvias.

REFERENCIAS

- Barrales B., E. 2010. Análisis de la Distribución Temporal de Variables Climáticas de la Zona de Chapingo, México bajo un Enfoque de Cambio Climático. *Tesis Profesional para Ingeniero en Recursos Naturales Renovables*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 128p.
- Barrales D., J.S. 2002. Relaciones Térmicas en el Sistema Suelo-Planta-Atmósfera Durante la incidencia del Fenómeno de Enfriamiento o Heladas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol 25(3): 289-297.
- Ortiz V., M. 1989. Fechas Probables de Heladas par el Estado de Zacatecas. *Memoria de la II Reunión Nacional de Agroclimatología*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp 92-102.
- Pájaro H., D.; Ortiz S., C.A. 1989. Estimación del Período de Crecimiento por Disponibilidad de Agua y Libre de Heladas para la República Mexicana. *Memoria de la II Reunión Nacional de Agroclimatología*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Pp 145-163.

MICROAMBIENTE Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE SOJA INTERCULTIVADA EN MAÍZ: AÑO HUMEDO VS AÑO SECO

Cambareri, M.¹, Bolton, A.¹, Della Maggiora, A.¹, Echarte, L.^{1,2}

¹ Unidad Integrada Balcarce (Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP - EEA INTA Balcarce). ² CONICET

E-mail: macambareri@hotmail.com

Palabras clave: intercultivo, microclima, soja, biomasa.

INTRODUCCIÓN

En el intercultivo (IC) maíz-soja, el microclima al que está expuesto el cultivo de bajo porte (soja) puede ser altamente modificado en comparación con un cultivo puro (Cambareri, 2009). La reducción de la radiación incidente sobre el cultivo de menor porte, en distintos IC (Gardiner y Craker, 1981, Echarte y Della Maggiora, 2007, Cambareri, 2009), determina su menor producción de biomasa y su menor rendimiento. No obstante, el IC maíz-soja puede expresar ventajas respecto de cultivos puros en determinadas circunstancias (Calviño et al., 2005, Cambareri, 2009; Polizzi, 2010). El indicador RTE (Relación de Tierra Equivalente), que se calcula como la suma de los rendimientos relativos (RR) de las especies incluidas en el cultivo múltiple (Francis, 1986), se utiliza para comparar la conveniencia o no de los intercultivos respecto de los cultivos puros. La modificación del ambiente radiativo también afecta el comportamiento de otras variables meteorológicas como la temperatura del aire y del suelo, la humedad del aire y el déficit de presión de vapor. Es de esperar una respuesta diferencial de estas variables microambientales como así también de las variables productivas, ante distintas condiciones de la estación de crecimiento.

El objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar, en el IC maíz-soja: a) el comportamiento de la radiación fotosintéticamente activa incidente sobre la soja (RFAs), temperatura del aire (Ta), humedad relativa (HR) y déficit de presión de vapor (DPV) al tope del canopeo de soja; y b) la producción de biomasa y de grano de soja en dos años con condiciones hídricas contrastantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en la Unidad Integrada Balcarce Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP-EEA INTA con un IC de maíz-soja con dos arreglos espaciales y un cultivo puro de soja. El híbrido de maíz DKC51-45AR2 ciclo corto, se sembró el 18/10/07 y la soja SPS4500 GM-IV el 3/12/07 en el 1^{er} experimento (año húmedo). En el 2^{do} segundo experimento (año seco), el mismo híbrido de maíz se sembró el 22/10/08 y la misma variedad de soja, el 3/10/08. La cantidad de plantas por metro lineal fue de 7 y 24 plantas en maíz y soja, respectivamente. La distancia entre surcos fue de 0,52 m. En ambos años, el ensayo se realizó en un diseño en bloques completos aleatorizados, con

tres repeticiones, con orientación N-S. Se utilizó riego por goteo. Los arreglos espaciales en el IC consistieron en: (i) una hilera de maíz por cada dos hileras de soja (1m:2s) y (ii) dos hileras de maíz por cada tres hileras de soja (2m:3s). En cada parcela se colocaron estaciones meteorológicas de 4 canales ("METEO", Cavadevices.com) que registraron al tope del canopeo de soja la (i) RFAs, (ii) HR y (iii) Ta a intervalo horario. Se colocaron dos estaciones en cada IC (i.e. surco este y central en 2m:3s, surco este y oeste en 1m:2s) y una en el cultivo puro y se calcularon los valores medios ponderados de cada tratamiento. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y se utilizó el test de Tukey para comparar las medias (para variables microclimáticas se tomó el ciclo completo de crecimiento de la soja). Se empleó un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN HÍDRICA

En el primer año de experimentación (Octubre de 2007 a Abril de 2008), la precipitación acumulada fue de 720 mm, un 23% superior a la lluvia histórica de la serie 1971-06 (585 mm). La cantidad de riego aplicada a lo largo del ciclo fue de 157 mm. En el segundo año de experimentación (Octubre de 2008 a Abril de 2009), la precipitación acumulada fue de 311 mm, un 47% por debajo de la lluvia histórica (1971-06). La cantidad de riego aplicada a lo largo del ciclo fue de 135 mm.

Así, en función de las precipitaciones, se establecieron dos años contrastantes, año húmedo, con precipitaciones por encima de las históricas y año seco, con precipitaciones por debajo de las históricas.

MICROAMBIENTE

La **RFAs acumulada** en la estación de crecimiento de soja (ECS) fue mayor en el cultivo puro de soja que en los IC ($p=0,03$), pero no fue significativamente diferente entre años ($p=0,06$, Tabla 1). La menor RFAs acumulada determinó menor producción de biomasa de soja en los IC en los dos años.

La **Ta media** en la ECS fue significativamente mayor ($p<0,001$) en el año seco (19,9°C) que en el año húmedo (18,4 °C), pero no hubo diferencias entre sistemas ($p=0,26$) (Figura 1 y Tabla 1). La **HR media** en la ECS fue mayor en el año húmedo que en el año seco ($p=0,005$; Tabla 1), lo cual

estuvo asociado con una menor temperatura en el primero, debido a la relación inversa entre estas variables. El DPV del año húmedo tendió a ser inferior al del año seco en todos los sistemas, si bien no hubo diferencia significativa entre años ($p=0,08$; Tabla 1). La HR y el DPV de los dos arreglos de IC no fueron diferentes de los de soja pura ($p=0,61$ y $p=0,70$; respectivamente).

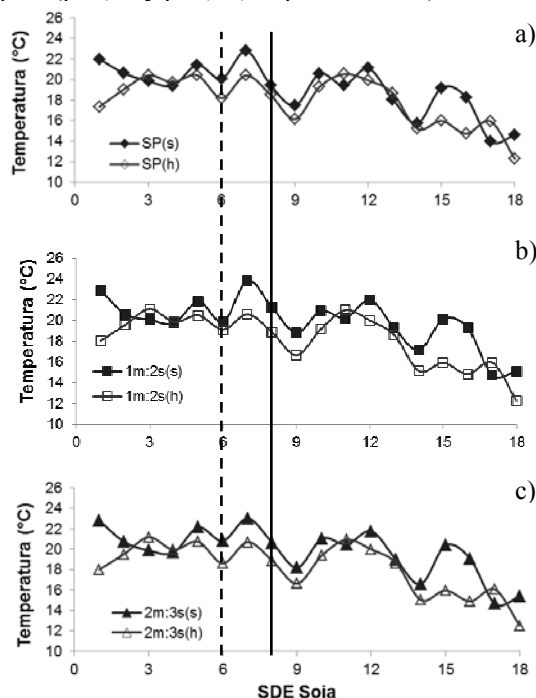


Figura 1. Evolución de la Temperatura media a lo largo del ciclo (en semanas desde emergencia de soja -SDE-) para cada tratamiento en ambos años: h (húmedo) y s (seco). a) Soja Pura; b) 1m:2s; c) 2m:3s. El comienzo de senescencia de maíz se indica con línea punteada para año seco y línea llena para año húmedo.

Tabla 2. Valores medios estacionales de variables micrometeorológicas en los tratamientos 1m:2s; 2m:3s y soja pura (SP).

TRAT	AÑO	RFAs ac (MJ m ⁻²)	Temp (°C)	HR (%)	DPV (hPa)
1m:2s	hum	778 b	18.4 b	71 a	7.5
	seco		20.2 a	65 b	8.5
2m:3s	hum	731 b	18.5 b	77 a	6.3
	seco		20.1 a	66 b	8.1
SP	hum	1217 a	18.5 b	74 a	7.4
	seco		19.5 a	66 b	7.9

Letras minúsculas iguales en la columna indican diferencias no significativas entre tratamientos o años ($\alpha=0,05$).

BIOMASA Y RENDIMIENTO

La **biomasa** acumulada a R6 fue mayor en soja pura que en los demás tratamientos y alcanzó valores más altos en el año seco. El resto de los tratamientos no presentaron diferencias (Tabla 2). La eficiencia de conversión de radiación incidente en biomasa en el año húmedo fue de 1,56; 0,54 y 0,25 para soja pura, IC 1m:2s e IC 2m:3s, respectivamente, siendo en el año seco de 1,56; 0,54 y 0,25, respectivamente.

El **rendimiento en grano** fue mayor en el año húmedo en todos los sistemas ($p=0,001$), soja pura

fue el cultivo de más alto rendimiento en ambos años ($p<0,001$; Tabla 2). La RTE en el año húmedo fue de 1,12 y 1,09 para 1m:2s y 2m:3s, respectivamente, mientras que en el año seco la RTE fue de 0,96 y 0,91, respectivamente. La caída del rendimiento de soja intercultivada respecto a la pura fue en promedio de 60% en el año húmedo y de 80% en el año seco.

Tabla 2. Biomasa acumulada hasta R6 y rendimiento en grano de soja para cada sistema en ambos años.

Sistema	Biomasa (gr m ⁻²)		Rto grano (gr m ⁻²)		
	Año Húm	Año Seco	Año Húm	Año Seco	
1m:2s	371 c	300 c	142	45	94 b
2m:3s	340 c	248 c	129	46	87 b
Soja Pura	924 b	1278.2 a	325	234	279 a
			199 A	108 B	

Letras minúsculas iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos; letras mayúsculas iguales indican diferencias no significativas entre años ($\alpha=0,05$).

CONCLUSIONES

En este trabajo se encontró que las variables meteorológicas afectadas por la condición de humedad del año fueron la temperatura media, la humedad relativa y el déficit de presión de vapor. El año húmedo fue en promedio de la estación de crecimiento de soja más frío, con mayor humedad relativa y menor déficit de presión de vapor que el año seco. Este ambiente favoreció al rendimiento en grano, tanto de la soja pura como en intercultivo. La radiación fotosintéticamente activa acumulada incidente sobre soja no se diferenció entre años, pero sí fue menor en los intercultivos, determinando su menor rendimiento comparado con la soja pura.

REFERENCIAS

- Calviño, P.; Cirilo, A.G.; Caviglia, O.; Monzón, J.P. 2005. Resultados de intercultivo de maíz y soja en tres regiones maiceras argentinas. *VIII Congreso Nacional de Maíz*. Rosario, Argentina.
- Cambareri, M. 2009. Condiciones microambientales y su influencia en el crecimiento y desarrollo de la soja en intercultivo con maíz. *Tesis de Graduación, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata*. Balcarce, Argentina.
- Echarte, L.; Della Maggiora, A. 2007. Respuesta de la interseembra maíz-soja a la densidad de plantas de maíz. *Workshop Internacional: "Eco Fisiología Vegetal Aplicada al Estudio de la Determinación del Rendimiento y la Calidad de los Cultivos de Granos"*. 1er. Encuentro Red Raíces de Ecofisiología SECyT. 6-7 septiembre 2007. Mar de Plata, Argentina. 2 p.
- Francis, C.A. 1986. *Multiple Cropping Systems*. MacMillan Publishing Co., New York, NY. 383 p.
- Gardiner, T.R.; Cracker, L.E. 1981. Bean growth and light interception in a bean-maize intercrop. *Field Crops Research* 4: 313-320.
- Polizzi, M. 2010. Captación y eficiencia en el uso de la radiación en sistemas de intercultivo maíz-soja con diferente arreglo espacial. Tesis de Graduación (en revisión), Fac. de Cs. Agrarias, UNMdP Balcarce, Argentina.

PREDICCIÓN DE LA FENOLOGÍA DE *Vicia faba* L.: ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS CON EL MODELO CROPGRO- faba bean USANDO EXPERIMENTOS DE MÚLTIPLES FECHAS DE SIEMBRA

Confalone, A.¹; Boote, K.²; Lizaso, J.³; Sau, F.⁴

¹Agrometeorología, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Av. República de Italia n° 780, Azul, CP 7300, Argentina.

²Department of Agronomy, University of Florida, Gainesville, FL 3261

³Departamento de Producción Vegetal-Fitotecnia, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 España

⁴Departamento de Biología Vegetal, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 España

E-mail: aec@faa.unicen.edu.ar

Palabras clave: faba bean, fenología, modelización

INTRODUCCIÓN

Entre los modelos de leguminosas más mecanicistas se puede destacar el modelo CROPGRO. Boote *et al.* (2002) adaptaron el CROPGRO para simular el crecimiento del haba (*Vicia faba* L.), naciendo así, CROPGRO-faba bean (incluido en el paquete DSSAT V4) en el que la tasa de desarrollo se expresa como día fisiológico (DF) transcurrido por día del calendario (día) (Ec. 1) y es una función multiplicativa de la temperatura (T) y fotoperíodo (P). Cada una de estas funciones adopta valores comprendidos entre 0 y 1.

$$DF / día = f(T) \cdot f(P) \quad (1)$$

Por tratarse de un modelo nuevo, las temperaturas cardinales que afectan la fenología fueron derivadas de la literatura científica (Evans, 1959; Manschadi *et al.* 1998; Qi *et al.*, 1999; Stutzel, 1995 a,b) y en todos los casos los valores fueron obtenidas con datos de temperatura media en ensayos bajo condiciones controladas. Así, los valores obtenidos pueden no tener el mismo significado que los que se usan en modelos que trabajan con temperaturas horarias obtenidas en condiciones de campo, y por tanto pueden causar distorsiones en las predicciones de fenología.

En los modelos mecanicistas de crecimiento de cultivos, determinar los valores óptimos de los parámetros de una simulación mediante iteraciones, en los que el investigador va cambiando sucesivamente dichos valores en los archivos correspondientes, puede requerir un tiempo de computación excesivo, ya que el número de combinaciones posibles puede ser muy alto. Por eso, muchos investigadores en los últimos años han desarrollado distintos métodos para tratar de optimizar simulaciones mediante técnicas automáticas o semiautomáticas, es decir buscar valores óptimos o cercanos al óptimo de los parámetros de entrada mediante un programa de ordenador que varía el valor de los coeficientes mediante criterios preestablecidos. Uno de esos métodos es el temple simulado (simulated annealing) (Goffe *et al.*, 1994). Se trata de un algoritmo de aproximación a la solución óptima, fundamentado en la analogía con el

comportamiento de sistemas termodinámicos simples. El programa de temple simulado acoplado a las salidas del modelo CROPGRO-faba bean cuyos parámetros se pretenden optimizar ya ha sido utilizado con éxito con modelos de cultivo del DSSAT (Calmon *et al.*, 1999; Lizaso *et al.*, 2001). El objetivo de este trabajo es calibrar el submodelo de fenología del modelo CROPGRO-faba bean e indicar las posibles modificaciones necesarias para predecir correctamente el desarrollo del cultivo de haba en un amplio rango de fechas de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Finca de Prácticas de la Escuela Politécnica Superior (EPS) de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) situada en Lugo (43°04' N; 7°30' W; 480 m de altitud), durante los años 2004/2007. El cultivar de haba sembrado fue 'Alameda', de crecimiento indeterminado, a la densidad de 35 plantas/m² y con una distancia entre hileras de 0,35 m.

Los tratamientos consistieron en seis fechas de siembra que se repitieron durante tres años consecutivos desde noviembre a mayo. Durante el segundo año de ensayo, se agregaron dos fechas de siembra con el objetivo de tener una base de datos mayor para parametrización: una siembra temprana, el 1 de septiembre de 2005 y otra tardía, el 19 de junio de 2006. El cultivo se mantuvo en condiciones no limitantes en cuanto a requerimientos de agua y nutrientes, como se describe en Confalone *et al.* (2010)

Cada dos días se realizaron observaciones visuales para determinar las fases fenológicas en cada parcela de cada fecha de siembra: emergencia, floración, inicio de formación de vainas y madurez fisiológica; todos ellos estadios fenológicos importantes en CROPGRO, ya que estos eventos desencadenan cambios en el reparto de asimilados. Los datos experimentales de los dos primeros años fueron utilizados para la calibración de los parámetros, mientras el tercer año fue usado para validar el proceso de calibración. Con el objetivo de calibrar el modelo buscando los coeficientes que permitan mejorar el modelo CROPGRO-faba bean, se utilizó el modelo mismo como una herramienta para la optimización de los coeficientes que regulan las temperaturas cardinales y el fotoperíodo, los que a su vez afectan los procesos

vegetativos y reproductivos. El hecho de usar el modelo como una herramienta de optimización fue importante ya que el modelo utiliza temperaturas horarias para las sumas térmicas, método desarrollado por Parton y Logan (1981) mientras que otros métodos generalmente utilizan valores de temperatura media, afectando así el cálculo de la tasa de desarrollo.

El optimizador fue conectado con el CROPGRO, y así los dos ejecutables compartieron archivos.

Para cuantificar la mejora conseguida en el proceso de optimización de parámetros (aumento de precisión), se calcularon la suma de cuadrados del error (SSE), la raíz cuadrada del error cuadrático medio (RMSE) y un índice de ajuste (d ; Willmott, 1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron los nuevos parámetros del modelo, los que pueden ser observados en la Tabla 1, así como los valores originales del modelo, que son los que aparecen por defecto al ejecutar el mismo.

Tabla 1. Valores de los parámetros calibrados del submodelo fenológico del haba *cv.* Alameda.

CODIGO	originales	modificados
CLDL	24	24
PPSEN	-0.031	-0.053
EM-FL	23.0	11.5
FL-SH	11.0	5.8
SH-MF	46.8	34.6

CLDL: fotoperíodo crítico (horas) por encima del cual el desarrollo reproductivo no es afectado por la longitud del día; **PPSEN:** pendiente de la tasa relativa (1/horas) de desarrollo para longitudes del día inferiores a **CLDL** ó sensibilidad fotoperiódica; **EM-FL:** tiempo (días fisiológicos) desde emergencia a la primera flor, duración mínima con temperatura (T) y fotoperíodos (F) óptimos. (T y F op); **FL-SH:** tiempo (días fisiológicos) desde la primera flor a la primera vaina (T y F op); **SH-PM:** tiempo (días fisiológicos) desde la primera vaina a madurez fisiológica (T y F op)

La inclusión del efecto del fotoperíodo en el submodelo que predice la duración del subperíodo fenológico EM-FL, permite aumentar de modo sensible la precisión de las predicciones tanto en el proceso de calibración como en el de validación. Esto permite confirmar la hipótesis, ampliamente aceptada en la literatura científica, de que el alargamiento de los días acelera la tasa de progresión hacia la floración en *Vicia faba* L., la temperatura basal (T_b) calibrada y validada pasa a ser de -3.8 °C; con una temperatura óptima variando entre 22.9 °C ($Topt1$) y 30.9 °C ($Topt2$), considerando la temperatura máxima (T_x) = 45 °C. En cambio, la inclusión del fotoperíodo en el subperíodo fenológico Floración-Primera vaina, empeora la precisión de las predicciones en la validación y en consecuencia se rechaza la hipótesis de que el alargamiento de los días acelera la tasa de progresión hacia el estadio de primera

vaina en el *cv.* Alameda. Los nuevos parámetros de este subperíodo son: $T_b = 7.6$ °C; $Topt1 = 22.6$ °C; $Topt2 = 31.6$ °C; $T_x = 45$ °C). En el subperíodo SH-MF tampoco se observa un efecto del fotoperíodo y los parámetros fenológicos son: $T_b = 2.6$ °C; $Topt1 = 25.6$ °C; $Topt2 = 27.9$ °C; $T_x = 45$ °C

CONCLUSIONES

La metodología utilizada con el programa temple simulado acoplado al CROPGRO-faba bean, conjuntamente con datos de campo que proveen un amplio rango de condiciones ambientales logra ajustar los parámetros del modelo original CROPGRO-faba bean incluido en DSSAT 4.0 para permitir una buena predicción los principales eventos fenológicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con apoyo del proyecto de investigación PGIDT05RAG29104PR.

REFERENCIAS

- Boote, K.J., Mínguez, M.I., Sau, F. 2002. Adapting the CROPGRO legume model to simulate growth of faba bean. *Agronomy Journal*, 94: 743-756.
- Calmon, M.A., Batchelor, J.W., Jones, J.T., Ritchie, K.J., Boote, Hammond, L.C.. 1999. Simulating soybean root growth and soil water extraction using a functional crop model. *Trans. ASAE*, 42:1867-1877.
- Confalone, A., Lizaso, J.I., Ruíz-Nogueira, B., López-Cedrón, F.X., Sau F. 2010. Growth, PAR use efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba* L. under various temperature and photoperiod regimes. *Field Crops Res.* 1115, 140-148.
- Evans, L.T. 1959. Environmental control of flowering in *Vicia faba* L. *Ann. Bot.* 23:521-546.
- Goffe, W.L., G.D. Ferrier, Rogers, J.1994. Global optimization of statistical functions with simulated annealing. *Journal of Econometrics*, 60: 65-99
- Lizaso, J.I., W.D. Batchelor, Adams, S.S. 2001. Alternate approach to improve kernel number calculation in CERES-Maize. *Trans. ASAE*, 44:1011-1018.
- Manschadi, A.M., J. Sauerborn, H. Stutzel, W. Gobel, Saxena, M.C.. 1998. Simulation of faba bean (*Vicia faba* L.) growth and development under Mediterranean conditions: Model adaptation and evaluation. *Eur. J. Agron.* 9:273-293.
- Parton, W., Logan, J. 1981. A model for diurnal variation in soil and air temperature. *Agr Forest Meteorol.* 23: 205-216.
- Qi, A., T.R. Wheeler, J.D.H. Keatinge, R.H. Ellis, R.J. Summerfield, Craufurd, P.Q. 1999. Modelling the effects of temperature on the rates of seedling emergence and leaf appearance in legume cover crops. *Exp. Agric.* 35:327-344.
- Stutzel, H. 1995a. A simple model for simulation of growth and development in faba beans (*Vicia faba* L.): I. Model description. *Eur. J. Agron.* 4:175-185.
- Stutzel, H. 1995b. A simple model for simulation of growth and development in faba beans (*Vicia faba* L.): II. Model evaluation and application for the assessment of sowing date effects. *Eur. J. Agron.*, 4:187-195.
- Willmott, C.J. 1982. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 63: 1309-1313.

CUANTIFICACIÓN DE LA RESPUESTA FENOLÓGICA DEL HABA *cv.* ALAMEDA

Confalone, A.; Vilatte, C.; Aguas, L.; Navarro, M.

Agrometeorología- Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Av. República de Italia N.º 780, Azul, CP 7300, Buenos Aires, Argentina

E-mail: aec@faa.unicen.edu.ar

Palabras clave: Alameda, Vicia faba, desarrollo

INTRODUCCIÓN

El cultivar Alameda de haba (*Vicia faba* L.) es utilizado en el norte de España como forraje de invierno, insertado en la rotación anual "haba-maíz forrajero". Tiene hábito de crecimiento indeterminado y es un tipo intermedio entre las variedades botánicas Major y Equina. Este cultivar fue obtenido en forma conjunta entre el Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA, Junta de Andalucía) y la Universidad de Córdoba (Cubero, 1974). El estudio de sus características fenológicas permitirá la introducción de esta leguminosa de invierno en nuevas áreas de cultivo (Confalone, 2008; Confalone *et al.*, 2010).

El haba siempre ha sido citada como una especie "fenológicamente difícil" de modelizar y comprender (Summerfield y Roberts, 1985). Se trata de una planta de día largo cuantitativa según la definición de Summerfield *et al.* (1991) ya que su floración se adelanta con días largos, pero no es inhibida (carácter cualitativo) bajo días cortos, sino que sólo se retrasa.

La introducción del concepto de tasa de desarrollo por De Wit *et al.* (1970) fue un importante avance para conocer el comportamiento fenológico de las leguminosas. Mediante el mismo se define la tasa de desarrollo como la inversa del tiempo entre la ocurrencia de dos fases (d^{-1}).

El objetivo de este trabajo es determinar la temperatura base de los distintos subperíodos fenológicos del haba Alameda, así como su fotoperíodo crítico y techo considerando la interacción entre temperatura y fotoperíodo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utiliza el modelo lineal aditivo propuesta por Summerfield y Roberts (1985) que ha sido ampliamente usado en modelos de tiempo térmico de haba y otras leguminosas (Qi *et al.*, 1999) que permite cuantificar la respuesta del cultivo a la temperatura y fotoperíodo por medio de una regresión lineal múltiple:

$$d^{-1} = a + b \cdot T + c \cdot F \quad (1)$$

Donde: d: Duración en días del subperíodo fenológico; T: Temperatura media durante el subperíodo fenológico (°C); F: Fotoperíodo medio del subperíodo fenológico considerado; a, b y c: coeficientes de la ecuación

Para el desarrollo y test del modelo se utilizaron datos de experimentos realizados en España y Argentina con cinco fechas de siembra. En España, en Lugo (latitud: 43° 04' N; longitud: 7° 30' W; altitud: 480 m), durante tres años agrícolas

consecutivos 2004-2007. En Argentina el presente ciclo (2009/2010) es el primer año de ensayo en la estación Experimental de la Facultad de Agronomía-UNCPBA, BA, Argentina (latitud: 36° 45' S; longitud: 59°50' W, altitud: 132m).

En los dos sitios experimentales, las observaciones fenológicas se realizaron tres veces por semana y las fases consideradas fueron: emergencia (E), floración (F), formación de primera vaina (V) y Madurez fisiológica (M). En todos los casos, el cultivo creció en condiciones no limitantes de agua y nutrientes y se obtuvieron un total de 22 datos en cada fase fenológica.

Cuando el subperíodo fenológico es sensible al fotoperíodo, la fase ocurre cuando el largo del día es mayor a un valor particular denominado "fotoperíodo techo" (F_t), punto en el cual el tiempo a floración es máximo. Cuando el largo del día supera este F_t , la floración se ve estimulada y los días a floración disminuyen. Si el largo del día continúa aumentando se llega a un punto denominado "fotoperíodo crítico" (F_c), sobre el cual el fotoperíodo ya no es un factor restrictivo en el proceso de desarrollo, quedando regulada la fase sólo por la temperatura, de acuerdo al siguiente modelo termal que es el mismo que se utiliza cuando la fase fenológica es insensible al fotoperíodo:

$$d^{-1} = a_1 + b_1 \cdot T \quad (2)$$

Este plano termal está limitado en su sector inferior por la temperatura base (T_b), donde por definición la tasa de desarrollo es cero y por lo tanto

$T_b = -a_1/b_1$; en el sector superior es limitado por la temperatura óptima de la fase (T_o), donde la tasa de desarrollo es máxima.

En subperíodos sensibles al fotoperíodo, la tasa de progreso hacia una determinada fase se describe con el modelo fototermal:

$$d^{-1} = a_2 + b_2 \cdot T + c_2 \cdot F \quad (3)$$

para $T_b < T < T_o$ y $F_t < F < F_c$ en plantas de día largo donde a_1 , b_1 , a_2 , b_2 y c_2 son constantes específicas para cada cultivar, T es temperatura, T_b y T_o son temperatura base y óptima, respectivamente; F es fotoperíodo medio del período, F_t y F_c son fotoperíodo techo y crítico, respectivamente. En condiciones de fotoperíodos muy cortos, por debajo del fotoperíodo techo, la tasa de desarrollo del haba será mínima e igual a:

$$d^{-1} = a_3 \quad (4)$$

F_t y F_c pueden ser calculados como:

$$F_t = [(a_3 - a_2) - b_2 \cdot T] / c_2 \quad (5)$$

$$F_c = [a_1 - a_2 + T \cdot (b_1 - b_2)] / c_2 \quad (6)$$

Se utilizó el programa RoDMod (Rate of Development Model; Watkinson *et al.*, 1994) para

determinar la tasa de desarrollo y la "bondad de ajuste" de cada modelo y de combinaciones de ambos modelos, al comparar los mínimos cuadrados lo que permitió seleccionar el mejor ajuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los subperíodos fenológicos, el modelo termal (Ec.2) permite explicar gran parte de la variación observada (Tabla 1) y sólo en el subperíodo fenológico E-F el efecto del fotoperíodo fue significativo. El subperíodo que tiene mayor requerimiento térmico es F-V, con una temperatura base de 4.47 °C (Tabla 2).

Tabla 1. Subperíodos fenológicos del haba cv. Alameda (Subp) cuantificados por el modelo termal (1). Valores de los parámetros de regresión (multiplicados por 10^{-4}) \pm error estándar y coeficiente de determinación (r^2)

subp	a_1	b_1	r^2
S-E	-140.52** \pm 38.64	67.27*** \pm 3.50	0.96
E-F	-73.90** \pm 24.72	23.87*** \pm 1.95	0.90
F-V	-365.94 ^{NS} \pm 251.10	81.93*** \pm 16.88	0.93
V-M	-30.05 ^{NS} \pm 27.02	12.21** \pm 1.58	0.80

NS, *, **, ***: No significativo, significativo a una $P \leq 0.05$, 0.01 y 0.001 respectivamente

Tabla 2. Temperatura basal (Tb) estimada por el modelo termal para cada uno de los subperíodos fenológicos

subperíodo	Tb
S-E	2.09
E-F	2.83
F-V	4.47
V-M	2.50

El tiempo térmico correspondiente a cada subperíodo fenológico ($TT = 1/b$) fue de 148.6 grados-día (°Cd) para el subperíodo S-E; 418.9 °Cd para E-F; 122.1 para F-V y de 819.6 para V-M, siendo la suma para el ciclo completo de 1508.6 °Cd. El programa RoDMod determina que sólo el subperíodo E-F el ajuste mejoró agregando el efecto del fotoperíodo respecto del modelo térmico (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros \pm EE ($\times 10^{-4}$) del modelo fototermal que describen la tasa de progreso del subperíodo emergencia a floración (d^{-1}) del cv. Alameda en función de la temperatura promedio (T) y del fotoperíodo promedio (F)

$F > F_c$	$F < F_c$
$d^{-1} = a_1 + b_1 \cdot T$	$d^{-1} = a_2 + b_2 \cdot T + c_2 \cdot F$
$a_1 = -68.09 \pm 22.75^*$; $b_1 = 24.06 \pm 1.72^{***}$	
$a_2 = -541.61 \pm 65.64^*$; $b_2 = 5.72 \pm 1.367^{***}$	
$c_2 = 53.00 \pm 6.83^{***}$; $r^2 = 0.96$	
$F_c = ((-68.09 + 541.61) + (24.06 - 5.72) T) / 53.00$	

*, **, ***: significativo a una $P \leq 0.05$, 0.01 y 0.001 respectivamente

Este modelo permite obtener un valor de F_c (ec. 6) en condiciones experimentales, que alcanza valores de 16h 12min y depende de la temperatura, observándose un aumento de 35 minutos por cada grado de aumento de la temperatura.

El parámetro a_3 (ec. 4) obtenido es 0.0028033 h^{-1} y permite estimar el F_t (ec. 5), que toma valores de 6h 54 min. La obtención de un valor pequeño para el parámetro a_3 indica que este cultivar de haba presenta una respuesta facultativa o cuantitativa al fotoperíodo, es decir que la floración no es totalmente inhibida a fotoperíodos cortos; ocurre, pero se demora mucho tiempo.

CONCLUSIONES

Por medio de esta metodología simple se puede cuantificar la fenología del cultivo de haba Alameda creciendo en condiciones de campo. Sólo el subperíodo fenológico Emergencia-Floración aparece como sensible al fotoperíodo, mientras las restantes fases responden al efecto de la temperatura. Los valores de temperaturas basales variaron entre 2.09 y 4.47 °C, dependiendo del subperíodo fenológico. El fotoperíodo crítico para el subperíodo E-F fue de 16h 12 min, mientras el fotoperíodo techo toma valores de 6h 54 min.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad de Córdoba (España) el envío de semilla de haba Alameda a la FAA Azul, Argentina para iniciar el estudio agrometeorológico de este cultivar en nuestro país.

REFERENCIAS

- Confalone, A. 2008. Crecimiento y desarrollo del cultivo de haba (*Vicia faba* L.). Parametrización del submodelo de fenología del CROPGRO-fababean.. *Universidad de Santiago de Compostela*. ISBN: 978-84-9887-173-9. 250p
- Confalone, A., Lizaso, J., Ruíz, B., López, F., Sau F. 2010. Growth, PAR use efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba* L. under various temperature and photoperiod regimes. *Field Crops Res.* 115: 140-148.
- Cubero, J.I. 1974. On the evolution of *Vicia faba* L. *Theor. Appl. Genet.* 45: 47-51.
- De Wit, C.T. 1970. Dynamic concepts in biology. In: I. Setlik (Ed.). Prediction and Measurement of Photosynthetic Productivity. Proceedings. p.17-23
- Qi, A., T.R. Wheeler, J.D.H. Keatinge, R.H. Ellis, R.J. Summerfield, Craufurd, P.Q. 1999. Modelling the effects of temperature on the rates of seedling emergence and leaf appearance in legume cover crops. *Exp. Agric.* 35:327-344.
- Summerfield, R.J.; Roberts, E.H. 1985. Recent trends in internationally oriented research on grain legumes, pp.801-846. *In: Grain Legume Crops*. Summerfield, R.J.; Roberts, E.H. (eds.). Collins, London, UK.
- Summerfield, R.J.; Roberts, E.H.; Ellis, R.H.; Lawn, R.J. 1991. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. The development of simple models for fluctuating field environments. *Exp. Agric.* 27:11-31.
- Watkinson, A.R.; Lawn, R.J.; Ellis, R.H.; Qi, A.; Summerfield, R.J. 1994. RoDMod. A computer. CSIRO, Division of Tropical Crops & Pastures, St. Lucia, Queensland, Australia.

Cruz, G.¹; Urioste, J. I.²

¹Unidad de Sistemas Ambientales.

²Departamento de Producción Animal y Pasturas. Facultad de Agronomía. Av. Garzón 780. CP 12900. ontevideo, Uruguay

E mail: gcruz@fagro.edu.uy

Palabras clave: calor estival, modelos mixtos, lechería

INTRODUCCIÓN

El complejo lácteo en Uruguay involucra 6500 tambos y 751000 vacas lecheras. En los últimos años se ha registrado un aumento en la producción de leche debido a factores de manejo y al mejoramiento genético. A nivel internacional se ha detectado que el aumento en producción del ganado lechero resulta en mayor vulnerabilidad al calor, en especial cuanto mayor es la producción. Esta situación, junto a la perspectiva de aumentos en la temperatura ha generado estudios para contrarrestar el efecto negativo del calor sobre la producción y crear opciones para el futuro más cálido que se visualiza. Según Johnson et al (1961), el valor del índice que integra temperatura (T) y humedad (HR) (ITH), a partir del cual disminuye la producción de leche es de 72. En EEUU se han relacionado datos de producción de leche a nivel comercial con información meteorológica (Bohmanova, 2006). En Uruguay se ha verificado la ocurrencia de niveles de ITH superiores a 72 (Cruz y Saravia, 2008) y hasta ahora no se ha evaluado la vulnerabilidad al calor del ganado lechero uruguayo, como tampoco la adecuación de los umbrales que cita la literatura internacional. De acuerdo a esto, el presente trabajo tiene como objetivo cuantificar el efecto del ITH sobre la producción de ganado lechero en Uruguay; incluyendo la evaluación del efecto residual del calor y la determinación del umbral de ITH a partir del cual la producción de leche disminuye.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó información diaria de T y HR del aire para tres localidades de Uruguay: San José (34°21'S, 56°42'O); Florida (34°4'S, 56°14'O) y Paysandú (32°20'S, 58°02'O), proporcionada por la Dirección Nacional de Meteorología (DNM, 2008). El ITH diario se obtuvo utilizando el promedio de la T máx. y mín. y la HR de las 9 a.m. Se calculó el ITH según Valtorta y Gallardo (1996): $ITH = (1,8T + 32) - (0,55 - 0,55 HR/100) (1,8 T - 26)$ El período incluyó seis veranos consecutivos: 2001-2006 (Cruz y Urioste, 2009). Se consideró verano a los meses de diciembre, enero, febrero y marzo. Se conformaron 21 clases de ITH en una escala de 60 a 80, incluyendo en una sola clase los $ITH \leq 60$ y los $ITH \geq 80$. El Instituto Nacional para el Mejoramiento Lechero suministró la información de producción diaria de leche por vaca, medida una vez al mes, proveniente de tambos ubicados en la zona de influencia de las estaciones meteorológicas (Cruz y Urioste, 2009). Se consideraron vacas de primera lactancia, disponiéndose para cada vaca y control

lechero de: fecha, identificación del tambo y de la vaca, producción de leche, fecha de parto y de nacimiento. Se elaboraron 5 clases para etapas de lactancia en días (EL) ($1 < 61$; $61 \leq 2 < 91$; $91 \leq 3 < 121$; $121 \leq 4 < 181$; $5 \geq 181$) y 4 clases para edad al parto en años (EP) ($1 \leq 2$; $2 < 2 \leq 3$; $3 < 3 \leq 4$; $4 > 4$). Se incluyeron sólo animales que contaban con 4 controles consecutivos. Se utilizó un total de 35500 controles provenientes de 8875 vacas de 54 tambos. Se trabajó con modelos mixtos (M), considerando el efecto aleatorio de la vaca, errores con estructura AR1 y varianzas homogéneas. Se describen abajo los (M) utilizados para analizar la información.

(1) $Y_{ijklmn} = \mu + Localidad_i + EL_j + EP_k + Año_l + ITH_m + v_n + \varepsilon_{ijklmn}$
 donde: Y=medida de control lechero por vaca; μ =media general de Y; Localidad=efecto fijo del lugar; EL= efecto fijo de etapa de lactancia j; EP=efecto fijo de edad al partok; Año=efecto fijo del año; ITH=efecto fijo del ITHm; v =efecto aleatorio de la vaca n; ε =efecto residual

(2) $Y_{ijklmn} = \mu + Tambo_i + EL_j + EP_k + Año_l + ITH_m + v_n + \varepsilon_{ijklmn}$
 Tambo sustituye a Localidad del M (1)
 Las interacciones entre cada factor y el ITH se evaluaron con los M (3) y (4).

(3) $Y_{ijklmn} = \mu + Localidad_i + EL_j + EP_k + Año_l + \beta ITH + [Factor \times \beta ITH]_m + v_n + \varepsilon_{ijklmn}$
 El ITH se consideró covariable, β es la pendiente de la regresión e indica la disminución en producción por unidad de aumento de ITH. El término [Factor x β ITH] representa la interacción_m que adoptó la forma [Localidad x β ITH], [ELx β ITH], [EPx β ITH] y [Año x β ITH] en cada corrida del M. El resto es igual al M (1).

(4) $Y_{ijklmn} = \mu + Tambo_i + EL_j + EP_k + Año_l + \beta ITH + [Factor \times \beta ITH]_m + v_n + \varepsilon_{ijklmn}$
 El efecto Tambo sustituye al de Localidad del M(3)

La existencia de efecto residual del ITH se evaluó con el M (2), sustituyendo el efecto del ITH por el del día previo (ITH1) y el de dos días previos (ITH2). Siguiendo a Bohmanova (2006), la identificación del valor de ITH a partir del cual comienza a disminuir la producción de leche (umbral) se realizó según el M (5).

(5) $Y_{ijklm} = \mu + Tambo_i + EL_j + EP_k + Año_l + \beta \Delta ITH + v_m + \varepsilon_{ijklm}$
 donde: Si $ITH \leq ITH \text{ umbral}$, $\Delta ITH = 0$
 Si $ITH > ITH \text{ umbral}$, $\Delta ITH = ITH - ITH \text{ umbral}$;
 β = pendiente de la recta de regresión. El resto es

igual al M (2). Se definió como ITH umbral el obtenido con el M (5) que presentara los menores valores de AIC y BIC, probando con umbrales entre 70 y 77.

Para establecer relaciones con los resultados de los M, se analizaron las series diarias de ITH para cada verano y localidad con funciones de autocorrelación. Todo el procesamiento estadístico se realizó con el programa InfoStat (2009) v. libre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los M (1) y (2) el efecto del ITH sobre la producción de leche fue altamente significativo ($p < 0,01$). La variabilidad en la producción de leche explicada por efecto del ITH resultó mayor que la explicada por los efectos: año, EP y lugar (Tabla I). El efecto debido al tambo explicó la mayor varianza (Tabla I) y su interacción con el efecto del ITH fue altamente significativa, lo que habilitaría la identificación de situaciones de manejo que minimizan los efectos del calor. La interacción [Localidad x ITH] resultó no significativa, mostrando que el efecto del ITH sobre la producción fue independiente de la localidad considerada. La interacción entre EL e ITH resultó significativa a pesar de que en este estudio la mayoría de las vacas cursaban las últimas EL.

Tabla I. Variabilidad en producción de leche explicada por cada efecto ($\alpha=0,01$) en modelo 1 y 2 { XE "Cuadro 4.5. Varianzas y variabilidad (%) en producción de leche explicada por cada efecto en los modelos (1) y (2)" }

Modelo 1			Modelo 2		
Efecto	Varianza	%	Efecto	Varianza	%
Localidad	7357	8	Tambo	71699	54
EL	56930	63	EL	42850	32
E.P	614	1	EP	4242	3
Año	6950	8	Año	3947	3
ITH	18072	20	ITH	10588	8

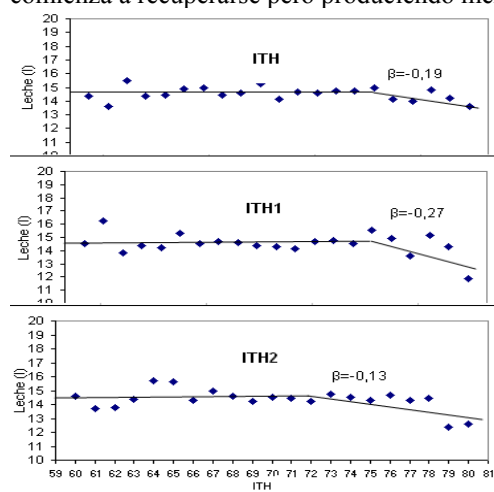
Efecto residual del calor { XE "Efecto residual del calor" }

En el M (2), el efecto del ITH de los días previos al control (ITH1 e ITH2) fue altamente significativo. El efecto residual del calor explicó mayor variabilidad en la producción que el efecto en el día del control lechero.

Umbral de ITH { XE "Umbral de ITH" }

Según el M (5) los umbrales fueron: 75, 75 y 72 para ITH, ITH1 e ITH2 respectivamente, presentando una disminución de 0,19, 0,27 y 0,13 l/vaca/día en cada caso, sobre una producción media diaria de 14,5 l/vaca/día (Figura I), lo que equivale a reducciones en producción de leche del 1,3%; 1,9% y 0,9%. Bohmanova (2006) reporta disminuciones similares a las encontradas: 1,4% y 1%, a umbrales de 72 y 74 respectivamente, al comparar dos localidades de EEUU con la misma ecuación de ITH. Respecto a la autocorrelación del ITH y a su persistencia, al analizar las series diarias por año y localidad se obtuvo asociaciones significativas hasta en 4 días consecutivos. La evolución en la variabilidad explicada por el

ITH, ITH1 e ITH2 y la magnitud en la disminución de producción en cada caso, permiten describir la situación como un proceso dinámico que lleva varios días, lo que coincide con lo reportado por Hahn (1999). La persistencia del ITH permite asumir que los valores fueron superiores al umbral para la secuencia de tres días analizada, por lo que la situación podría describirse así: día-1: el animal se enfrenta al estrés calórico e intenta balancearse; día-2: se presenta el mayor desbalance; día-3: comienza a recuperarse pero produciendo menos.



{ XE "Figura 4.5." } { XE "Figura 4.5." } **Figura I.** Producción media de leche (l/vaca/día) corregida según el modelo (2) en función del ITH.

CONCLUSIONES

1) Se verificó efecto depresivo del calor sobre la producción de leche de vacas Holstein en Uruguay. 2) El efecto del ITH sobre la producción no fue diferente entre localidades. Se detectó interacción entre el ITH y el efecto del tambo y del año. 3) Se constató efecto residual del calor sobre la producción. 4) Se encontraron distintos umbrales de ITH en los días evaluados: 72 para los dos días previos y 75 el día del control lechero y el anterior.

REFERENCIAS

- Bohmanova, J. 2006. Studies on genetics of heat stress in US Holsteins. PhD Thesis. Georgia, USA.
- Cruz, G; Saravia, C 2008 Un índice de T y humedad para regionalizar la prod lechera en Uruguay. Agrocienia. XII:56-60
- Cruz, G; Urioste, J 2009 Variabilidad temporal y espacial del ITH en zonas de producción lechera de Uruguay. Agrocienia XIII N° 2: 37-46.
- DNM. 2008. Datos Meteorológicos.
- Infostat 2009. Programa Estadístico Grupo Infostat, FCA. UNC. Argentina. Versión libre.
- Hahn, G. L. 1999. Dynamic Responses of Cattle to Thermal Heat Loads. J. Anim. Sci. Vol. 77
- Johnson, H. D.; Kibler, H.H.; Ragsdale, A.C.; Berry, I.L.; Shanklin, M.D. 1961. Role of heat tolerance and production level of response of lactating Holstein to temperature-humidity conditions. J.Dairy Sci., 44:1191.
- Valtorta, S.; Gallardo, M. 1996. El estrés por calor en la prod. lechera. INTA Misc. N°81. 173-185. Argentina.

PROGRAMA DE BALANCE DE AGUA DEL SUELO APLICADO A CULTIVOS

Della Maggiora, A.¹, Irigoyen, A.¹, Gardiol, J.²

¹Unidad Integrada Balcarce (Facultad Cs. Agrarias, UNMdP - EEA INTA), Ruta 226 km 73,5, Balcarce, Argentina

²Departamento de Ciencias de la Atmósfera, FCEN, UBA, Buenos Aires, Argentina

E-mail: adellamaggiora@balcarce.inta.gov.ar

Palabras clave: balance de agua, cultivos

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua en el suelo es uno de los principales determinantes del rendimiento de los cultivos y por lo tanto es de gran interés disponer de métodos para su cuantificación. Existen diversos modelos de balance de agua que han sido desarrollados para este fin (Thornthwaite y Mather, 1955, Smith, 1992; Forte Lay y Aiello, 1996; Suero et al., 1997; Della Maggiora et al., 2002/03; Vasualdo y Ochiussi, 2009). Estos métodos se pueden aplicar con diferentes propósitos tales como estudiar la climatología de los componentes del balance de agua, caracterizar una determinada campaña de cultivo, programar el riego.

Los procedimientos recomendados por FAO (Smith, 1992; Allen et al., 1998) han sido ampliamente usados para la planificación y programación del uso del agua y han servido de base para el desarrollo de modelos de balance de agua adaptados a las condiciones locales. En particular, para el ambiente edafoclimático de Balcarce (Bs. As.) se han ajustado modelos de balance de agua (Suero et al. 1997; Della Maggiora et al., 2002/03) y surge la necesidad de generar una herramienta práctica para su aplicación. El objetivo de este trabajo es presentar un programa de balance de agua que considera ajustes locales y permite estimar los componentes del balance de agua para diferentes cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El programa que se presenta fue desarrollado en Microsoft Visual Basic 6.0 y se utilizó Microsoft Access para gestionar la base de datos.

Las variables de entrada son precipitación (P), riego (R), evapotranspiración de referencia (ET₀), coeficiente de cultivo (K_c) o su estimación con temperatura del aire o días desde emergencia, profundidad del suelo, límite máximo (L_{max}) y mínimo (L_{min}) de almacenaje de agua y almacenaje inicial (Alm_{ini}). La evapotranspiración real (ETR) se calcula corrigiendo la ET₀ por el coeficiente de cultivo (K_c) cuando el agua del suelo está fácilmente disponible. Si el suelo se seca por debajo de un umbral crítico (UC) de agua disponible, se considera una disminución lineal de la ETR respecto de la evapotranspiración máxima (ETM) hasta el límite mínimo. Los algoritmos empleados para el cálculo están detallados en Della Maggiora et al. (2002/03). Para los cultivos de

maíz y girasol se usan valores de UC calibrados con datos locales. Se incluye en este programa la estimación de los K_c de maíz y girasol en función de la fracción de tiempo térmico total y los de soja en función de días desde emergencia. Estas funciones fueron obtenidas con datos locales empleando como evapotranspiración de referencia el método de Penman-Monteith (Della Maggiora et al., 2003; 2004; 2006). Se incluyen también los K_c tabulados por FAO (Allen et al. 1998) para diferentes cultivos, como así también los valores de límite máximo (L_{max}), límite mínimo (L_{min}) de agua del suelo y lámina de agua evaporable (REW) para diferentes suelos (Allen et al. 1998).

El balance de agua se inicia 60 días antes de la siembra y se calcula un coeficiente de evaporación (K_e) según Allen et al. (1998) para estimar la pérdida de agua en el período sin cobertura. La duración de la estación de crecimiento de los diferentes cultivos se define en función del tiempo térmico total, diferenciando tres ciclos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el menú de entrada que ofrece el programa al ingresar.



Figura 1. Menú de entrada del programa de balance

El primer paso para su empleo consiste en **a) seleccionar un lugar** para el cual se debe contar con datos de P, T y ET₀ a paso diario, pueden ser de una campaña o una serie de datos históricos. Estos datos se pueden importar desde planilla de cálculo y visualizar en una grilla, pudiéndose modificar o incorporar datos manualmente (Figura 2). Se pueden guardar los datos de diferentes lugares y luego seleccionarlos. El lugar también se define con la profundidad, almacenaje inicial y tipo de suelo, al elegirlo muestra L_{max}, L_{min} y REW (Figura 3). El segundo paso consiste en **b) seleccionar un balance**, definiendo: cultivo, ciclo, fecha de siembra, temperatura base, umbral crítico y K_c (Figura 3).

fecha	Precipitación	transpiración	Temperatura
1/1/1971	0	3999999999	20.4
1/2/1971	0	3999999996	23.700001
1/3/1971	0	3000000002	22.799999
1/4/1971	15	4.75	17.200001
1/5/1971	0	3000000004	18.799999
1/6/1971	0	3.77	20.799999
1/7/1971	0	3000000004	21.5
1/8/1971	0	4.29	17
1/9/1971	0	3000000002	12.9
1/10/1971	0	3000000002	11.8
1/11/1971	0	3999999999	16.700001
1/12/1971	29	3.52	14.3
1/13/1971	0	4.29	16.5
1/14/1971	0	6.79	22.9
1/15/1971	0	3999999999	22.6
1/16/1971	0	3999999998	22.5

Figura 2. Grilla con los datos importados.

Para recuperar los resultados se puede entrar a la opción **c) cálculos balance hídrico** que permite seleccionar una campaña dada y devuelve una serie de variables, algunas de ellas se muestra en la Figura 5. Otra opción es seleccionar **d) Análisis histórico y por campaña** que muestra los resultados en cada uno de los años de la serie y el análisis histórico (promedio, mediana, mínimo, máximo, 1^{er} cuartil, 3^{er} cuartil; Figura 4). Se puede definir el intervalo de cálculo (diario, decádico, mensual, etc.).

Figura 3. Datos del suelo y cultivo seleccionado.

Datos campañas		Detalle Campaña			Comparar camp		
datos por grupo:		Lugares					
10		1 - Balcarce 80					
Campaña \ I	51 - 60	61 - 70	71 - 80				
1971	21.24	45.84	57.02				
1972	9.18	8	11.76				
1973	8.24	16.85	38.59				
1974	12.09	24.4	43.78				
1975	28.02	45.86	48.98				
1976	2.42	7.89	20.05				
				51 - 60	61 - 70	71 - 80	
promedio	14.95	26.85	38.82				
mínimo	0	1.28	5.48				
1° cuartil	8.33	16.05	28.60				
mediana	15.92	26.86	41.39				
3° cuartil	21.24	39.40	48.98				

Figura 4. Resultados históricos agrupados cada 10 días

Fecha	DDS	Lluvi	ETO	ETM	ETR	ALM	FAD	DEF	EXC
1/11/2007	50	0.00	4.88	1.02	0.63	9.33	0.43	0.39	0.00
1/11/2007	51	0.00	4.42	0.84	0.51	8.81	0.43	0.33	0.00
1/11/2007	52	0.00	5.35	4.65	2.81	6.00	0.42	1.84	0.00
1/12/2007	53	0.00	4.34	3.88	2.22	3.78	0.40	1.66	0.00
1/12/2007	54	0.00	5.92	5.45	2.97	0.81	0.38	2.48	0.00
1/12/2007	55	2.00	5.12	4.85	2.47	20.34	0.36	2.38	0.00
1/12/2007	56	0.00	4.89	4.63	2.89	7.45	0.44	1.75	0.00

Figura 5. Resultados de una campaña de girasol.

CONCLUSIONES

Este programa de balance resulta una herramienta práctica y sencilla para calcular los componentes del balance hídrico de diferentes cultivos. Ha sido ajustado y validado con datos de campo para los cultivos de maíz, girasol y soja en las condiciones de suelo y clima de Balcarce. Se lo recomienda especialmente para estos cultivos y para ambientes similares. El programa contempla opciones de cálculo para otros cultivos y otros ambientes sobre la base de la confiabilidad que otorgan los procedimientos recomendados por FAO.

REFERENCIAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guides for computing crop water requirements. *FAO Irrig. Drain.* N° 56. Italy, 300 p.
- Della Maggiora, A.; Gardiol, J.; Irigoyen, A.. 2002-03. Coeficiente de cultivo de maíz basado en la evapotranspiración de referencia Penman-Monteith. *XIII Congreso Brasileiro de Agrometeorología.* Santa María, Brasil. 4-7 de agosto.
- Della Maggiora, A.; Irigoyen, A.; Gardiol, J.; Cavaglia, O.; Echarte, L. 2003. Evaluación de un modelo de balance de agua en el suelo para el cultivo de maíz. *Rev. Argentina de Agrometeorología*, 2 (2): 167-176.
- Della Maggiora, A.; Gardiol, J.; Irigoyen, A.. 2004. Coeficientes de cultivo de girasol basados en la evapotranspiración de referencia Penman-Monteith. *X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología*, 13-15/10. Mar del Plata (Arg.).
- Forte Lay J.; Aiello, J. 1996. Método para diagnóstico de la reserva hídrica del suelo y sus anomalías en las provincias pampeanas. *Congremet VII*, Bs.As, Argentina..
- Smith, M. 1992. CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management. *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 26.* Rome.
- Suero, E., Irigoyen A.; Della Maggiora A. 1997. Planificación de riego. *Actas 7a Reunión Argentina y la Latinoamericana de Agrometeorología.* Bs. As, 28 al 30 de abril, 1997.
- Thorntwaite, C.W. and J.R. Mather, 1955. The water balance. *Publications in Climatology VIII*, (1) :104 p. Drexel Inst. of Tech., New Jersey. USA.
- Vasualdo, A.; Ochiussi, S. 2009. Seguimiento del estado hídrico de los cultivos mediante balance hidrológico. *Climet XIII Congremet X*, Buenos Aires, 5-9/10.

La programación fue realizada por:
Analista de Sistemas Marcos Clemente

COMPORTAMIENTO DE LOS PERÍODOS SECOS Y HÚMEDOS EN LA ZONA PRODUCTIVA ARGENTINA

Ferrero, V. L.^{1,2}; González, M.H.^{1,2}

¹ Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET/UBA)

² Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEN-UBA) 2° piso, Pabellón 2, Ciudad Universitaria, 1428, CABA, Argentina

E-mail: ferrero@cima.fcen.uba.ar

Palabras clave: balance hídrico, déficits, excesos

INTRODUCCIÓN

En la región pampeana se concentra entre el 90 y 95% de la producción nacional de cereales y oleaginosas. La economía de la región está plenamente relacionada con la actividad agrícola-ganadera, la cual depende en gran medida del clima y de su variabilidad. Por ejemplo, durante la campaña 2008-2009 la escasez de lluvias, ocasionó la menor siembra de trigo, entre otros cereales, y las pérdidas fueron muy importantes.

En el caso de la agricultura, es indispensable analizar la relación existente entre la situación hídrica del suelo y la precipitación, sobre todo en las llanuras argentinas donde la pendiente media es de 0.25 por mil, decreciendo en altura desde el oeste hacia el este. La lluvia tiene pocas posibilidades de escurrir superficialmente y por lo tanto la transferencia vertical (evaporación-infiltración) resulta más importante que el escurrimiento superficial y debido a ello la zona se inunda con facilidad.

El objetivo del presente trabajo, consiste en estudiar el comportamiento de los períodos secos y húmedos sobre una de las regiones de mayor producción agrícola de Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el cálculo de la situación hídrica (exceso/déficit) se utilizaron datos de precipitación y temperatura media mensual proveniente de 35 estaciones (Figura 1) del Servicio Meteorológico Nacional para el período 1971-2006. El cálculo de la situación hídrica es el mismo que el utilizado en el trabajo de Ferrero et al (2009) donde se aplicó un Balance Hídrico Seriado (BSH) siguiendo una metodología modificada de la de Torhnwaite y Matter (1955).

Una vez obtenida la situación hídrica para cada mes de la serie de tiempo completa se procedió a calcular los períodos secos/húmedos para cada estación meteorológica según Ferrero et al (2009) donde se definió como período seco (húmedo) a aquel en donde todos los meses que lo componen (1 o más) presentan la condición de déficit (exceso), siendo la duración del período el total de meses que cumplen con dicha condición y la intensidad la suma de déficit (exceso) acumulada durante el total de meses del período. Una vez obtenidos todos los períodos secos y húmedos de la serie de 35 años de cada estación por separado, se

calculó la duración e intensidad media de los períodos identificados.

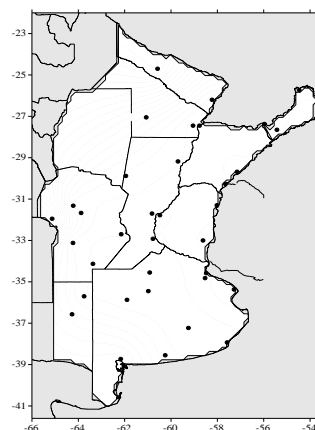


Figura 1.: Ubicación de las estaciones meteorológicas provenientes del SMN utilizadas para la realización del trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego del cálculo del número, duración e intensidad media de los períodos secos y húmedos, se procedió a realizar un análisis de los resultados obtenidos. En la Figura 2. se graficó de manera conjunta el número e intensidad media de los períodos secos, observándose un máximo de ocurrencia de estos períodos (se contabilizaron más de 100 casos) hacia el Noroeste de la provincia de Buenos Aires los cuales coinciden a su vez con un mínimo en la intensidad media, la cual es menor a los 25mm acumulados. Las intensidades medias máximas se presentan en el Noroeste de la región con valores por encima de los 190mm acumulados, mientras que hacia el Sudoeste también es apreciable una zona de alta intensidad media.

Cuando comparamos con la duración media, Figura 3, podemos notar que en el Noroeste de Buenos Aires se produce también un mínimo, con una duración por debajo de los 2 meses. En esta misma figura es apreciable un gradiente Este-Oeste, con duraciones mayores a los 4 meses en la franja occidental.

La Figura 4 muestra el número e intensidad media, pero en este caso para los períodos húmedos. Al igual que la Figura 2 se puede apreciar un máximo de ocurrencia en el Norte de la provincia de Buenos Aires, siendo el número de períodos húmedos mayor a los 70, aunque tampoco coinciden con un máximo en la intensidad, la cual tiene sus mayores valores en la región Noreste

(sobre las provincias de Misiones y Corrientes) para luego disminuir hacia el Centro y Oeste, donde se observan los períodos menos intensos (por debajo de los 70mm acumulados).

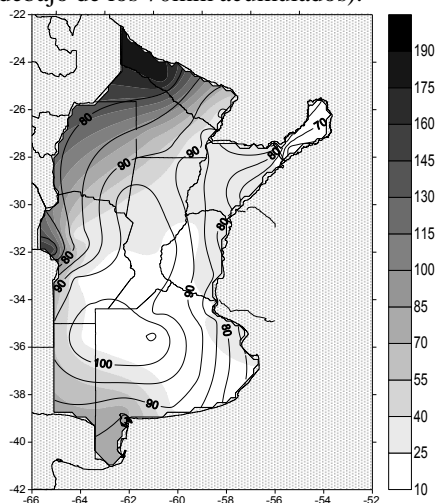


Figura 2. Número (contorno) e intensidad media (sombreado) de los períodos secos calculados en el período 1971-2006

de Buenos Aires, donde no hay períodos dominantes, sino que tanto los secos como los húmedos coinciden en cuanto a número y duración.

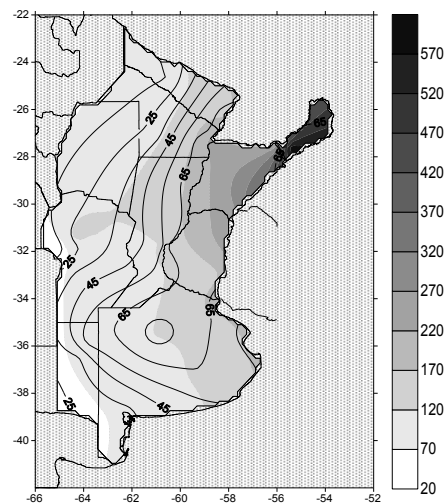


Figura 4. Número (contorno) e intensidad media (sombreado) de los períodos húmedos calculados en el período 1971-2006

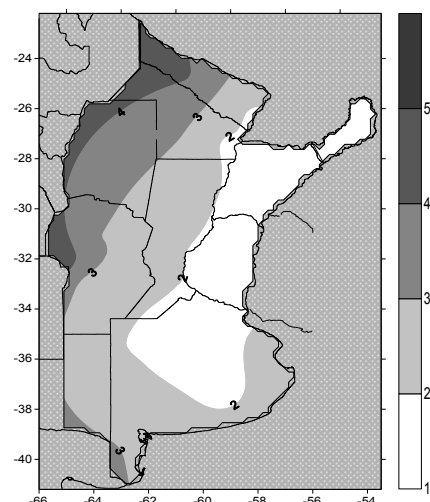


Figura 3. Duración media de los períodos secos calculados en el período 1971-2006

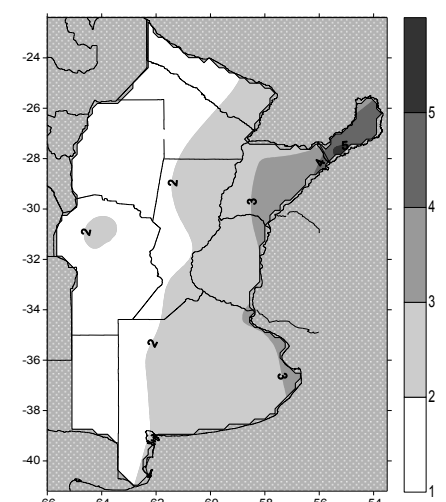


Figura 5. Duración media de los períodos húmedos calculados en el período 1971-2006

Al analizar la duración media de los períodos húmedos, Figura 5, se presenta un panorama contrario al de los períodos secos, es decir un gradiente bien marcado Oeste-Este, con los períodos más largos en el Noreste de la región (mayor a los 4 meses)

CONCLUSIONES

Como principales conclusiones podemos decir que existen en la región de estudios dos zonas bien definidas en cuanto al comportamiento de los períodos. La franja occidental, donde los períodos secos dominan en cuanto a la intensidad y duración media, y el sector más oriental, donde los períodos húmedos son más importantes. Luego se puede notar una región de transición, ubicada en el norte

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Meteorológico Nacional por los datos provistos. Este trabajo fue subsidiado por los proyectos UBACyT X444, UBACyT X160 y CONICET PIP 112-200801-00195

REFERENCIAS

- Ferrero, V.L., González, M.H., Serio, L. y Hurtado, R. 2009. Los períodos húmedos y secos de los últimos 30 años en algunas localidades argentinas. *Congremet X y Climet XIII*. Buenos Aires, Argentina.
- Thornthwaite C. & Matter J. 1955. The Water Balance. *Publications in Climatology VII*, Drexel Ins. Of Tech., New Jersey, USA, 104 pp

DETERMINACION DE HORAS DE FRIO PARA LA REGION INTERMONTANA DEL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA

Figuerola, P. I; Guerrero, E. E.

Universidad Nacional de Chilecito, 9 de Julio 22, Chilecito, CP 5360, La Rioja, Argentina

E-mail: pfiguerola@undec.edu.ar

Palabras clave: horas de frío, topografía

INTRODUCCIÓN

La cantidad de horas-frío, en promedio, que puede ocurrir en un cierto lugar es necesaria para conocer a) si los cultivos presentes están ubicados de manera correcta en función de sus requerimientos de frío, b) si es posible introducir nuevas especies o variedades cuyos requerimientos de frío son los que proporciona la región, c) iniciar la colonización racional de regiones nunca dedicadas a la agricultura, d) y para nuestra región detener plagas y enfermedades.

El Valle Antinaco-Los Colorados se encuentra entre el cordón montañoso del Famatina (6200m) y del Velasco (4300m) es un valle árido donde se asienta la ciudad de Chilecito (29.15°S, 67.50°O; 1109m). Los cultivos más extendidos son el olivo, la vid, el nogal, algunos frutales y hortalizas de invierno. La vid en la región tiene un buen desarrollo debido a los altos valores de insolación y a un buen estado sanitario.

Las Horas-Frío se miden por el número de horas con temperaturas menores o iguales en general a 7°C. La fórmula de Mota, la expresión de Sánchez Capuchino y la de Crossa-Reynaud (Castillo y Castelví Sentis, 2001) son las formas más extendidas de estimación cuando no se dispone de información horaria. Las Horas-Frío (H.F.) fueron obtenidas para el periodo 1989-2009 desde datos disponibles del S.M.N. de las estaciones de La Rioja Aero (29.23°S-66.49°O; 429m) y Chilecito Aero (29.14°S-67.26°O; 945m), verificando primero el método que mejor estima H.F. Luego se determinan Horas-Frío usando datos horarios de temperatura desde estaciones automáticas ubicadas en fincas y se analiza la influencia topoclimática de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la serie de datos de La Rioja Aero se dispone de temperatura horaria completa para los años 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005, siendo utilizados para verificar H.F. por los métodos mencionados.

La estación de Chilecito no registra datos nocturnos, por lo que se usan datos de temperatura máxima y mínima aplicando la fórmula más adecuada. Los datos de temperatura máxima y mínima fueron completados y chequeados previamente por Figuerola y Rivas (2009). Las H.F. también fueron calculadas usando datos

horarios de temperatura desde estaciones automáticas ubicadas en fincas de la zona. Previamente los datos fueron contrastados con una estación automática patrón (marca Global Water), obteniéndose una recta de contraste y aplicada a los datos. Se chequeó que la estación esté bien ubicada y represente el área. Las H.F. acumuladas durante un período de descanso invernal se denominan efectivas (H.F.E.) y constituyen un índice o parámetro para evaluar las disponibilidades de enfriamiento de los distintos lugares. Damario y Pascale (1997) consideran a los meses con temperatura media menor a 14°C la indicada como de acumulación efectiva. Usando este criterio para la zona de Chilecito los meses en los cuales la temperatura media es menor a 14°C son entre Mayo y Agosto, mientras que para la zona de La Rioja es entre Junio y Agosto (SMN 1991-2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fórmula de Sánchez-Capuchino aplica un coeficiente de 1.5 a la expresión de Crossa-Reynaud que trata de aproximar a los valores que se presentan en la zona mediterránea (Castillo y Castelví Sentis, 2001), por lo que este coeficiente no parece adecuado para nuestra zona de clima semi-monzónico con lluvias en el verano. Un nuevo coeficiente de 1.3 es propuesto:

$$H.F. = 24 \frac{(7 - T_{\min})}{(T_{\max} - T_{\min})} 1.3 \quad (1)$$

usando la temperatura máxima, T_{\max} , y mínima, T_{\min} , diaria. Las H.F.E. son calculadas para La Rioja Aero usando temperatura horaria entre el 2000-2005, y se estima H.F.E. desde las fórmulas para el mismo período. La Tabla I muestra diferentes parámetros estadísticos resultando que los menores errores se obtienen para la expresión (1) siendo más adecuada para nuestra región. La expresión de Mota aplicada a la misma serie de datos no parece ajustarse bien a los valores observados para el periodo, Figura. 1.

A partir de la nueva expresión (1) se determina H.F. acumulada anual para el período 1989-2009 para La Rioja y Chilecito; en Figura.2 ambas se comportan en forma similar. Pascale y Damario (2004) presentan en la Figura 8.5 una estimación aproximada de las H.F.E. usando temperaturas mínimas desde la estadística. Para Chilecito la temperatura mínima media anual ($T_{\min\text{-anual}}$) es 10.8°C y media de los cinco meses más fríos (mayo a septiembre) ($T_{\min\text{-fríos}}$) es 4.2°C, mientras que para La Rioja es $T_{\min\text{-anual}}=14.1^\circ\text{C}$, T_{\min}

frios=8°C (SMN-1991-2000), entonces usando la Fig. 8.5 e interpolando para Chilecito y La Rioja resulta H.F.E 875hs y 350hs respectivamente, estos valores están en el rango presentado en la Tabla II (*t*-Student al 1%).

Tabla 1. C-R: Crossa-Reynaud; S-C: Sánchez-Capuchino, c/1.3: ecuación (1). C.V: coeficiente de variación, ER%: error relativo porcentual; ECM: error cuadrático medio; EAM: error absoluto medio; EFM: error fraccional medio

horas	H.F.E	C-R	S-C	c/1.3
Promedio	357	274	400	351
σ_{HF} -diaria	4.93	4.26	5.61	5.13
C.V.	1.4	1.8	1.2	1.4
ER%		24%	12%	2%
ECM		7.76	7.06	5.37
EAM		2.18	1.97	1.70
EFM		0.27	-0.10	0.03

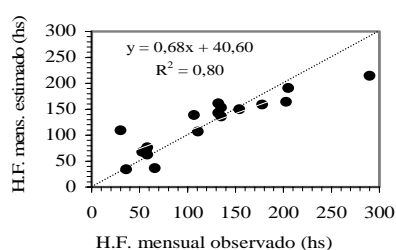


Figura 1. Relación entre H.F. mensual entre junio y agosto (2000 al 2005) obtenida desde datos horarios y la expresión de Mota, para La Rioja Aero.

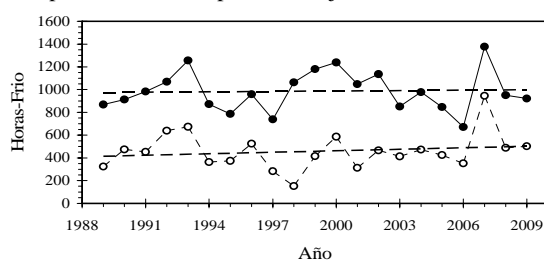


Figura 2. H.F. acumulada anual para (—) Chilecito Aero y (---) La Rioja Aero, con los años. La Recta es la tendencia

Las H.F. fueron determinadas usando datos horarios desde estaciones automáticas ubicadas en fincas cercanas a Chilecito en F1 y F2 (ver Figura. 3). No se tiene aun una serie importante de datos



Figura 3. Curvas de nivel cada 20m. Ubicación de las estaciones meteorológicas Chilecito Aero y La Rioja Aero y de las fincas F1 (29.41°S ;67.51°O; 915m), F2 (29.31°S ;67.61°O; 1230m).

pero desde la Tabla III se observa el aumento H.F. con la altura y que F1 y F2 están más expuestas a los flujos de aire frío desde las Sierras del Famatina al oeste de Chilecito. El 2007 fue un año sumamente perjudicial para la producción en el valle. El cultivo tradicional en F2 es el nogal, en F1 es vid y olivo, y en Chilecito vid y hortalizas.

Tabla 2. Período 1989-2009, H.F: horas-frío acumulada anual media y desviación estándar, σ_{HF} ; H.F.E: horas-frío efectivas media y su desviación estándar, σ_{HFE} .

horas	H.F.	σ_{HF}	H.F.E.	σ_{HFE}
Chilecito	986	179	884	171
La Rioja	459	164	395	145

Tabla 3. H.F. en Chilecito, en las fincas F1 y F2 para los años 2007 y 2009

	Chilecito	F1	F2
2007	1378	1589	-----
2009	922	1266	1415

CONCLUSIONES

Se verificó un coeficiente de corrección a la expresión de Sánchez-Capuchino de 1.3 que ajusta a la zona. Esto permitió reconstruir la serie de datos de H.F. de los últimos 20 años, resultando en promedio que La Rioja Aero tiene un 54% menos H.F. que Chilecito Aero. Se observó que para el año 2009 en la Finca ubicada a unos 300 m más alto ocurrió un 53% más H.F. que en Chilecito Aero.

REFERENCIAS

- Pascale, A.J. y Damario, E.A., 2004: *Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología*. Capítulo 8: Índices Biometeorológicos, Pág. 230-231. Editorial Facultad de Agronomía, Bs. As., 1ra Ed.
- Figuerola, P.I. y Rivas, A., 2009: Temperaturas mínimas en Chilecito. *CLIMET XIII y CONGREGMET X*, Bs. As, 8p.
- Damario, E.A. y Pascale, A.J., 1997: Disponibilidad agroclimática de "horas de frío" en la Argentina hacia el año 2050. *VII Reunión Argentina y I Latinoamericana de Agrometeorología*, Buenos Aires, p. 21.
- Elias Castillo, F. y Castelvi Sentis, F., 2001: *Agrometeorología*. Capítulo 8: Cálculo de horas de frío, pág.: 215-219. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi-Prensa, España, 517 p., 2da. Ed.

ANÁLISE DA TENDÊNCIA TEMPORAL DE NDVI/MODIS DAS ÁREAS CULTIVADAS COM ARROZ IRRIGADO NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Klering, E.V.; Gutterres Pinto, D.; Cybis Fontana, D.; Berlato, M.A.

Departamento de Planas Forrageiras e Agrometeorologia, Universidade Federal do Rio do Sul, Avenida Bento Gonçalves 7712. Porto Alegre-RS, CEP 91501-970, Brasil.

E-mail: elianaklering@yahoo.com.br

Palavras chave: *Oryza sativa*, manejo do solo.

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais vêm, em parte, cada vez mais sendo associadas às práticas de manejo e conservação do solo. As mudanças no estado da cobertura vegetal e uso da terra são importantes fatores que induzem a mudanças globais ambientais, com implicações profundas nos ecossistemas, nos fluxos biogeoquímicos e no clima (IPCC, 2007).

Uma das alternativas promissoras para o monitoramento de áreas agrícolas é a utilização de imagens de satélite. Entre os sensores orbitais disponíveis para tanto se destaca o MODIS/Terra, devido sua alta resolução temporal (1 a 2 dias) e moderada resolução espacial (250m). Dentre os produtos provenientes deste sensor, ressalta-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*), obtido a partir da razão entre a subtração e soma das refletâncias das bandas correspondentes à região do infravermelho próximo e do vermelho do espectro eletromagnético. De modo geral, este índice tem tido importante função no monitoramento da vegetação por indicar uma associação direta entre sua grandeza e as condições de biomassa no desenvolvimento das culturas (Huete et al., 2002). Considerando a importância econômica do arroz irrigado para o Rio Grande do Sul, Estado considerado estabilizador da safra brasileira por produzir cerca de 60% do total nacional (IBGE, 2010), o objetivo desse trabalho foi avaliar a tendência temporal do NDVI das áreas cultivadas com arroz irrigado, identificando assim possíveis mudanças de manejo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado sobre a região orizícola do Estado (Figura 1) e abrangeu o ciclo da cultura do arroz irrigado nas safras agrícolas de 2000/2001 até 2008/2009.

Utilizaram-se imagens provenientes do produto MODIS MOD13Q1, coleção V005, que contém composições de imagens de 16 dias de NDVI, com resolução espacial de 250m. As imagens MODIS foram utilizadas para a determinação das áreas cultivadas com arroz irrigado e para extração do dado espectral de NDVI. Para a construção das máscaras foi utilizada uma metodologia que assume que as áreas de cultivo de arroz apresentam alta variabilidade do NDVI ao longo do ciclo,

maior do que os demais tipos de cobertura. Tal metodologia, apesar de simples, fornece resultados bastante adequados, como foi comprovado por Klering (2007).

Com os valores de NDVI foram traçados gráficos evidenciando a variação temporal dos mesmos em nível mensal e para o valor integrado considerando de todo o período de cultivo (outubro a março).

A existência de tendência temporal foi verificada usando o teste F para o coeficiente de inclinação da reta de regressão linear ajustada.

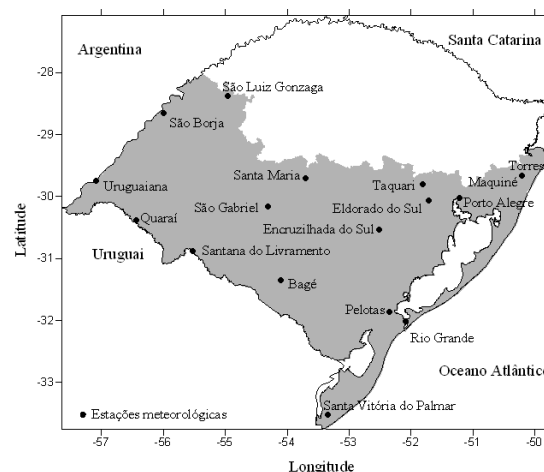


Figura 1. Região orizícola do estado do Rio Grande do Sul.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se analisou a variação temporal do NDVI, em nível mensal, somente os meses de outubro (Figura 2a) e dezembro (Figura 2b) apresentaram tendência significativa de aumento de NDVI, a 10% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Esse resultado pode ser atribuído às novas técnicas de manejo da cultura introduzidas no Rio Grande do Sul pelo Instituto Rio Grandense do Arroz Irrigado (IRGA) nos últimos dez anos, como por exemplo, a antecipação da época de semeadura e o aumento da adubação nitrogenada, fazendo com que um maior volume de biomassa seja percebido no início do ciclo de cultivo.

Já quando se analisou a tendência temporal do NDVI considerando todo o período de cultivo (Figura 2c), que segundo o calendário médio da cultura no Estado vai de outubro a março, observou-se que existe tendência significativa de aumento de NDVI, a 10% de probabilidade pelo teste F. Esses resultados podem ser explicados

pelas técnicas de manejo já citadas e também pela adoção de novas cultivares com maior potencial produtivo. Isto, aliado a condições climáticas adequadas possivelmente tenham propiciado um maior desenvolvimento da biomassa da cultura (maior NDVI) e conseqüentemente um maior

rendimento de grãos. Esta hipótese é coerente com o aumento continuado do rendimento médio de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, que na safra de 2000/2001 foi de 5,4 ton ha⁻¹ aumentando gradativamente e chegando a 7,3 ton ha⁻¹ na safra 2008/2009 (IBGE, 2010).

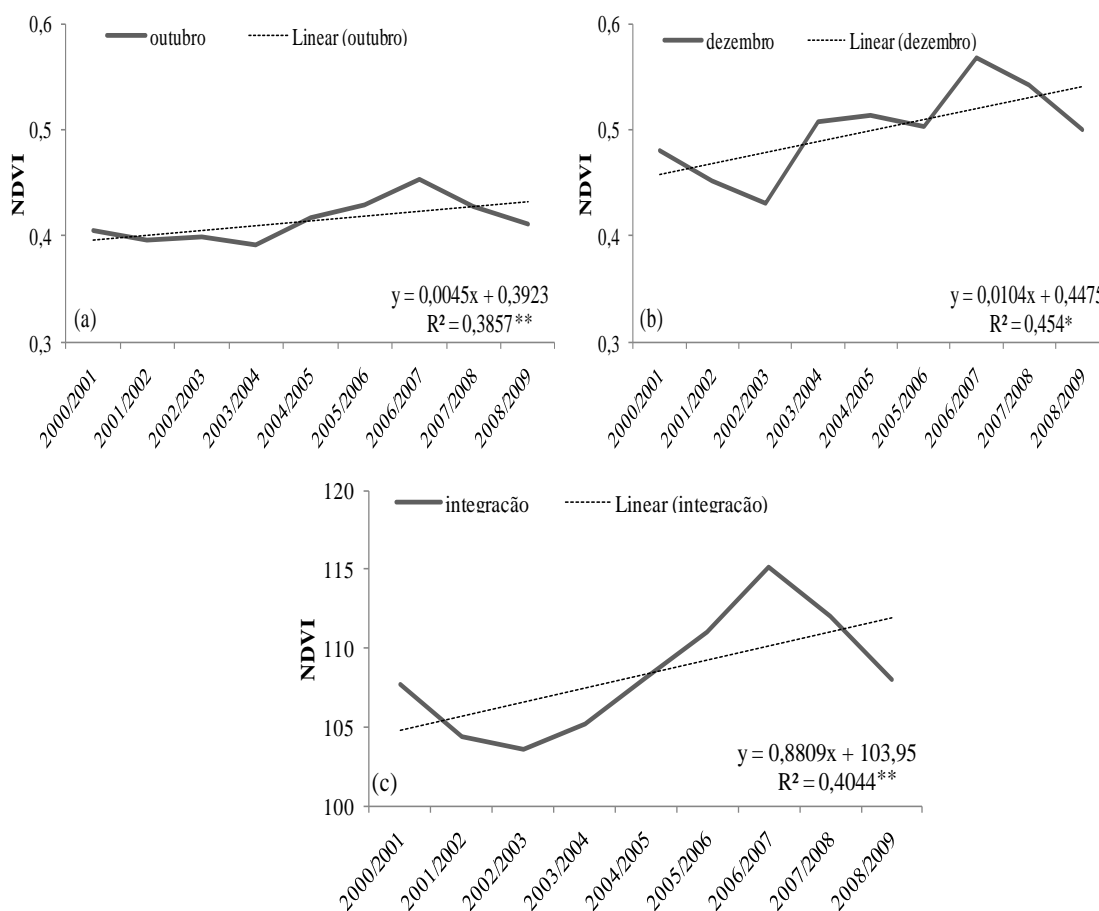


Figura 2. Variação temporal do NDVI do mês de outubro (a), do mês de dezembro (b) e considerando todo o período de cultivo (outubro a março), na região orizícola do Rio Grande do Sul para as safras agrícolas de 2000/2001 até 2008/2009.

CONCLUSÕES

Embora as análises feitas neste trabalho sejam preliminares, pode-se concluir que a tendência temporal de NDVI, das áreas cultivadas com arroz irrigado no Rio Grande do Sul, pode ser usada como um indicativo de possíveis mudanças de manejo do solo nessa região.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E.P.; Gao, X.; Ferreira, L. G. 2002. Overview of the

radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, v.83, p.195-213.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>. Acesso em: 25 jun. 2010.

IPCC Climate Change 2007. Summary for policymakers. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Klering, E.V. 2007. Avaliação do uso de imagens MODIS na modelagem agrometeorológica-espectral de rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 117p.

EL NIÑO Y LA SIGATOKA NEGRA EN CULTIVOS DE BANANO EN URABÁ (COLOMBIA)

Martínez, E.¹; Buriticá, P.¹; Ochoa, A.¹; Mira, J. J.²

¹Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Calle 59A No 63-20. Medellín, Colombia.

²Centro de Investigación del Banano – Cenibanano. Calle 3 Sur No. 41- 65. Medellín, Colombia.

E-mail: ecmartin@unal.edu.co

Palabras clave: *Mycosphaerella fijiensis*, ENSO, Clima, Agricultura,

Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos.

INTRODUCCIÓN

Una buena cantidad de estudios de campo y de laboratorio han señalado la importancia de algunas variables meteorológicas en la ocurrencia de la Sigatoka Negra en plantaciones de banano (Porrás y Pérez, 1997; Jiménez et al. 1995; Jacome y Schuh, 1992; Stover, 1983; Calpouzos et al. 1962). El fenómeno El Niño – Oscilación del Sur (ENSO) influencia de fuertemente la hidroclimatología colombiana; esta influencia se ha utilizado exitosamente para alimentar modelos de pronóstico para la generación de energía y para la prevención de epidemias de malaria y otras enfermedades (Poveda et al., 2003; Poveda et al., 2001; Bouma et al., 1997).

En este trabajo hacemos un diagnóstico de la influencia del fenómeno ENSO sobre la aparición y la intensidad de la Sigatoka Negra en cultivos de banano en Urabá, una de las regiones productoras de banano más importantes de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental de Augura, localizado en el municipio de Carepa, en la región de Urabá, una finca piloto con 36 ha de superficie en la que se toman registros semanales de Sigatoka Negra. El diagnóstico de la enfermedad se realizó por dos métodos: a) el método de preaviso biológico (Fouré y Ganry, 2008) y b) el de severidad basado según la modificación de Gauhl a la escala de Stover (Gauhl, 1990, Stover, 1971, Stover y Dickson, 1970). El estudio se hizo sobre el período entre la semana 31 (agosto) de 2007 y la 19 (mayo) de 2010.

Se estudian en total 23 parcelas, en 11 de ellas se hace el monitoreo de la Sigatoka Negra por el método del preaviso biológico y en las 12 restantes por el método de severidad. Durante período de análisis se presentaron las tres fases del fenómeno ENSO: fase fría (o La Niña) de septiembre de 2007 a mayo de 2008, fase neutra (o Normal) de junio de 2008 a mayo de 2009, y fase cálida (o El Niño) de junio de 2009 a mayo de 2010. El diagnóstico de las fases del ENSO se hizo según el Índice Oceánico de El Niño (ONI) publicado por el *Climate Prediction Center* (CPC) de la *National*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La serie de tiempo del Estado de Evolución de la enfermedad (EE), que es la variable con la que se monitorea la Sigatoka Negra cuando se utiliza el método de preaviso biológico, se muestra en la Figura 1. Como se observa, durante La Niña 2007-2008 el EE fue bajo, durante El Niño 2009-2010 fue más alto, y en la fase neutra 2008-2009 presentó valores intermedios. La serie de tiempo del Índice de Severidad (SI) aparece en la Figura 2; en este caso no es tan evidente una influencia del ENSO.

Para el cálculo del EE se utiliza la tasa de emisión foliar (dEF/dt , siendo EF el Estado Fenológico, es decir el número de hojas de la planta). En la gráfica de la Figura 3 se puede observar cómo durante El Niño 2009-2010 la tasa de emisión foliar fue relativamente baja y durante La Niña 2007-2008 fue mayor. Durante el Niño decrecen las lluvias y la humedad del aire en la región, y según las evidencias de laboratorio la tasa de desarrollo del hongo debe decrecer. Sin embargo, durante El Niño 2009-2010, la tasa de emisión foliar de la plantas también disminuyó, con lo cual las hojas que se utilizan para el diagnóstico de la Sigatoka Negra debieron tardar más tiempo en reemplazarse por hojas más jóvenes, favoreciendo consecuentemente el incremento en los índices que cuantifican el estado de la enfermedad. Durante La Niña 2007-2008 se presentó mayor tasa de emisión foliar en el campo experimental (Figura 3), seguramente como consecuencia del aumento en la cantidad de lluvia en la región; esta mayor emisión foliar se vio reflejada en la disminución del Estado de Evolución de la Sigatoka Negra en el cultivo.

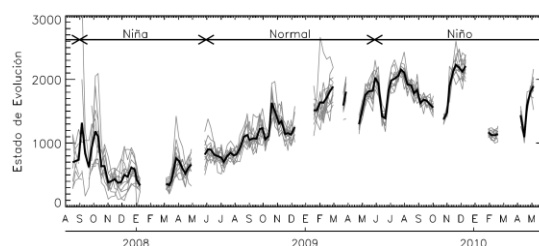


Figura 1. Estado de evolución de la enfermedad durante el período de estudio. Cada parcela en gris y el promedio de las parcelas en negro.

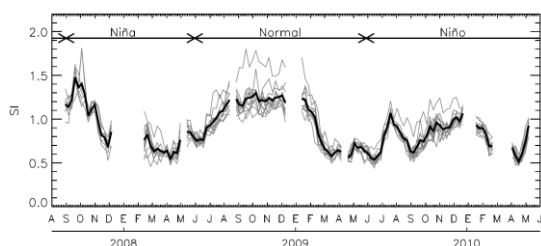


Figura 2. Índice de Severidad (SI) durante el período de estudio. Cada parcela en gris y el promedio de todas ellas en negro.

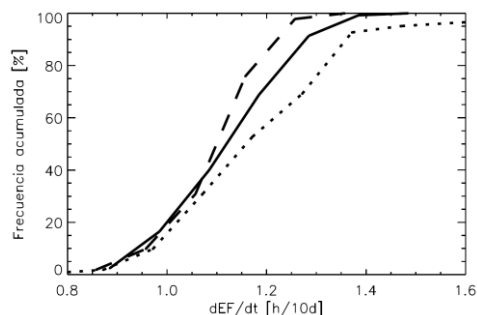


Figura 3. Funciones de distribución de probabilidad de la tasa de emisión foliar (dEF/dt). La línea a trazos representa condiciones La Niña, la punteada El Niño y la continua el período Normal.

CONCLUSIONES

Durante el período de estudio la enfermedad tuvo el mayor impacto en la plantación durante El Niño 2009-2010, el menor impacto durante La Niña 2007-2008, y un impacto intermedio y creciente durante la fase normal 2008-2009.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín por el apoyo económico para la realización de esta investigación. Además a Vicente Rey, fitopatólogo del Centro de Investigación del Banano (Cenibanano) por su asesoría técnica.

REFERENCIAS

Bouma, M., G. Poveda, W. Rojas, M.L. Quiñones, J. Cox y J. Patz. 1997. Predicting high-risk years for malaria in Colombia using parameters of El Niño-Southern Oscillation. *Trop. Med. Int. Health*, 2, 1122-1127.

- Calpouzos, I., T. Theis, C. Colberg, C.M. Rivera y A. Santiago. 1962. Relationships between climatic factors and incidence of the Sigatoka leaf-spot of bananas. *Plant Dis. Rep.*, 46, 758-761.
- Fouré, E., J. Ganry. 2008. A biological forecasting system to control Black Leaf Streak disease of bananas and plantains. *Fruits*, 63, 311-317.
- Gauhl, F. 1990. Epidemiología y ecología de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano (*Musa sp*) en Costa Rica, UPEB. Panamá, Panamá. 126 p.
- Jacome, L.H y W. Schuh. 1992. Effects of Leaf Wetness Duration and Temperature on Development of Black Sigatoka Disease on Banana Infected by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Phytopathology*, 82(5), 515-520.
- Jiménez F., A.C. Tapia, N. Gribuis y J.V. Escalant. 1995. Relation entre la durée de pluie et le développement de la cercosporiose noire sur le bananier plantain. Proposition d'un système d'avertissement biométéorologique. *Fruits*, 50(2), 87-99.
- Poveda, G., O.J. Mesa y P.R. Waylen. 2003. Non-Linear Forecasting of River Flows in Colombia Based Upon ENSO, and its Associated Economic Value for Hydropower Generation. pp. 351-372. En: Diaz, H.F. y B. Morehouse (ed.). *Climate and Water: Transboundary Challenges in the Americas*, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holanda.
- Poveda, G., W. Rojas, I.D. Vélez, M. Quiñones, R.I. Mantilla, D. Ruiz, J. Zuluaga y G. Rua. 2001. Coupling between Annual and ENSO timescales in the malaria-climate association in Colombia. *Environ. Health Persp.*, 109, 489-493.
- Porras, A. y L. Pérez. 1997. The role of temperature in the growth of the germ tubes of ascospores of *Mycosphaerella* spp., responsible for leaf spot diseases of banana. *Infomusa*, 6(2), 27-32.
- Stover, R.H. 1971. A proposed international scale for estimating intensity of banana leaf spot (*Mycosphaerella musicola* Leach). *Trop. Agriculture (Trinidad)* 48(3), 185-196.
- Stover, R.H. 1983. The effect of temperature on ascospore germ tube growth of *Mycosphaerella musicola* and *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. *Fruits*, 38(9), 625-628.
- Stover, R.H., J.D. Dickson. 1970. Leaf spot of banana caused by *Mycosphaerella musicola*: methods of measuring spotting prevalence and severity. *Trop. Agric. (Trinidad)* 47: 289-302.

CARACTERIZACIÓN DE HÍBRIDOS DE TOMATE SEGUN REQUERIMIENTOS CLIMATICOS Y RENDIMIENTO INICIAL

Martínez, S.; Pincirolí, M.; Garbí, M.; Andreau, R.; Morelli, G.

Climatología y Fenología Agrícolas, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Bs. As. Argentina.

E-mail: clima@agro.unlp.edu.ar

Palabras clave: acumulación calórica, cultivo protegido, *Lycopersicon*, producción, temperatura.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una hortaliza de origen subtropical con una elevada exigencia en temperatura ambiente (Tesi, 1983), la que influye en todos los procesos biológicos de la planta, requiriéndose una cierta acumulación de calor para completar cada subperíodo. Este valor es constante e independiente de la localidad y época de cultivo (Lozada y Angelozzi, 1997) y es uno de los índices biometeorológicos más utilizados para relacionar la temperatura del aire con el desarrollo vegetal (Prela y De Arruda Ribeiro, 2002). En la zona hortícola de La Plata (Buenos Aires, Argentina), el tomate larga vida es un cultivo de importancia económica, concentrando el 62,5 % del total producido en la provincia, realizado en su totalidad bajo cobertura plástica (CHFBA, 2005). Este producto se caracteriza por una constante aparición de nuevos cultivares que tienen, normalmente, una vida corta en el mercado y son desplazados con rapidez por nuevas obtenciones.

Este dinamismo hace necesario evaluar los nuevos materiales genéticos para aprovechar al máximo su potencial productivo en las condiciones de cultivo, siendo el objetivo de este trabajo caracterizar el comportamiento de nuevos híbridos de tomate larga vida, en cuanto a sus requerimientos climáticos y producción inicial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los años 2008 y 2009 se condujeron 2 ensayos en un invernadero tipo parabólico ubicado en la Estación Experimental "Julio Hirshchorn" de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, ubicada en La Plata, Buenos Aires (34° 58'S, 57° 54'W). Los tomates híbridos larga vida: Badro, Elpida, Griffy y Superman fueron transplantados en 2 fechas: 8/01/2008 y 11/01/2009. En ambos ensayos, los cultivos fueron conducidos en forma similar, utilizando plantines producidos en bandejas de germinación de 200 celdas y transplantados cuando poseían 4 hojas verdaderas, con una densidad de 2 plantas.m², sobre lomos de 60 cm de ancho cubiertos con una lámina de polietileno negro, realizando la conducción en forma vertical, a un tallo con hilo y con riego por goteo. Para los períodos de ensayo, fueron recopilados datos diarios de temperaturas medias, máximas, mínimas y humedad relativa media en el interior de la cobertura (1,5 m de

altura) con una estación meteorológica automática Davis. Para comparar el ambiente de crecimiento entre ciclos de cultivo, los registros meteorológicos de los meses de enero, febrero y marzo de 2008 fueron contrastados con los de 2009 por la Prueba de t. Para estudiar el comportamiento de cada híbrido en cada año, se planteó un diseño experimental en bloques completos al azar con 3 repeticiones. En ambos ensayos se cuantificó la cantidad de días para completar el subperíodo de transplante a primera cosecha y su requerimiento climático mediante la acumulación calórica calculada por el Método Residual de Brown tomando como temperatura base 10 °C. La duración del periodo se analizó por la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y los datos de acumulación calórica se sometieron a análisis de la varianza, utilizando como fuentes de variación los híbridos y los ciclos de cultivo. Los híbridos fueron también caracterizados por la producción alcanzada por los 2 primeros racimos, cosechados cuando los frutos alcanzaron el estado de madurez "pintón", caracterizado por presentar en superficie un porcentaje de rojo mayor a 10 % y menor o igual a 30 % (Murray y Yommi, 1995). La producción se clasificó en categorías comerciales: 1°) frutos mayores a 200 g, 2°) frutos entre 150 y 200 g, 3°) frutos entre 100 y 150 g y descarte, compuesto por frutos menores a 100 g, rajados, deformados o enfermos. Los rendimientos por categoría y totales para híbridos y ciclos de cultivo fueron evaluados por el análisis de la varianza, comparando las diferencias entre medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables meteorológicas registradas dentro del invernadero no presentaron diferencias entre años (Tabla 1). Los valores térmicos se encontraron entre los óptimos requeridos por la especie, que presenta para la fructificación un umbral mínimo de 10 a 13 °C y un máximo de 30 a 35 °C (Foti y La Malfa, 1979); mientras que la humedad relativa superó el 70 %, valor mínimo citado por Chamarro (1995) para una correcta adherencia del grano de polen al estigma.

Todos los híbridos presentaron una duración del periodo de transplante a 1° cosecha equivalente (Tabla 2), sin presentar diferencias en sus requerimientos térmicos (Tabla 3). Los híbridos estudiados podrían considerarse más precoces que FA-144, Parador y Diva, estudiados por Martínez et al. (1998) que presentaban para el mismo

subperíodo una duración de 75 a 80 días y una acumulación calórica de 1082 a 1162 °C. Grimaldi *et al.* (2006) encontraron que Badro y Superman presentaban una acumulación calórica de 832 y 727 °C, respectivamente; comportándose este último como más precoz. Esta discrepancia en el comportamiento de los materiales podría deberse a la mayor temperatura registrada durante 2006, dado que determinados procesos del desarrollo, como por ejemplo la floración, dependen de la temperatura existente en el momento de la ocurrencia (De Koning, 1990). Los rendimientos totales y en frutos comerciales fueron equivalentes en todos los híbridos y años (Tabla 4) con valores equivalentes a los observados en Badro y Superman por Grimaldi *et al.* (2006). Elpida presentó una reducción significativa en frutos de descarte (Tabla 5).

Tabla 1. Valores meteorológicos medios en el interior de la cobertura plástica.

	<i>T media</i> [°C]	<i>T máx.</i> [°C]	<i>T mín.</i> [°C]	<i>H.R. [%]</i>
2008	23,6	24,3	22,9	80,0
2009	23,3	23,7	23,0	76,3

Tabla 2. Cantidad de días entre trasplante y 1° cosecha, según híbrido y año de cultivo.

	<i>Badro</i>	<i>Elpida</i>	<i>Griffy</i>	<i>Superman</i>
2008	69	75	75	69
2009	65	68	65	65
<i>Promedio según híbrido</i>	67	71	70	67

Tabla 3. Acumulación calórica [°C] entre trasplante y 1° cosecha, según híbrido y años de cultivo.

	<i>Badro</i>	<i>Elpida</i>	<i>Griffy</i>	<i>Superman</i>
2008	967,3	1035,2	1035,2	967,3
2009	981,4	1021,2	981,4	981,4
<i>Promedio según híbrido</i>	974,4	1028,2	1008,3	974,4

Tabla 4. Rendimiento en frutos comerciales [kg.planta⁻¹] según híbridos y años de cultivo.

	Año 2008			Año 2009		
	<i>Categorías comerciales</i>			<i>Categorías comerciales</i>		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°
<i>Badro</i>	1,08	0,14	0,04	0,74	0,13	0,03
<i>Elpida</i>	1,09	0,15	0,06	0,83	0,24	0,03
<i>Griffy</i>	1,00	0,15	0,05	0,58	0,25	0,02
<i>Superman</i>	1,25	0,13	0,11	0,93	0,20	0,06

Tabla 5. Rendimiento en frutos de descarte [kg.planta⁻¹] según híbridos y años de cultivo.

	Año 2008	Año 2009	<i>Promedio según híbrido</i>
<i>Badro</i>	0,20	0,51	0,36 a
<i>Elpida</i>	0,03	0,07	0,05 b
<i>Griffy</i>	0,24	0,26	0,25 a
<i>Superman</i>	0,33	0,16	0,24 a

Letras diferentes en la columna indican diferencias estadísticamente significativas (Prueba de rango múltiple de Duncan; $p \leq 0,05$).

CONCLUSIÓN

Los híbridos presentaron un comportamiento estable, con respuestas productivas equivalentes

REFERENCIAS

- Chamarro, J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. In: *El cultivo del tomate*. Nuéz, F. Editorial Mundi-Prensa, España (793p).
- CHFBA, 2005. Censo Hortiflorícola de la Provincia de Buenos Aires.
- De Koning, A.N.M. 1990. Long term temperature integration of tomato. Growth and development under alternating temperature regimes. *Scientia Horticulturae*, 45 (117 – 127).
- Foty, S.; La Malfa, G. 1979. Basi fisiologiche e condizione ambientali nell proceso de fructificazione de *Lycopersicon esculentum* Mill. *Rivista Hortoflorofruticoltura Italiana*, 63 (170-185).
- Grimaldi, M.C.; Garbi, M.; Somoza, J.; Martínez, S. 2006. Acumulación térmica y el rendimiento en híbridos de tomate larga vida. *Anales, XI Reunión Argentina de Agrometeorología*, (161-162).
- Lozada, B.; Angelocci, L. R. 1997. Determinação da temperatura-base e de graus días na estimativa da duração dos subperíodos de desenvolvimento do milho. *Anales, X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, Brasil, (9-11).
- Martínez, S.; Garbi, M.; Etchevers, P.; Grimaldi, M. C. 1998. Estimación de la acumulación calórica de cultivares de tomate larga vida para zonas de clima templado. *Agrícola Vergel*, diciembre, (686 – 689).
- Murray, R.; Yommi, A. 1995. Aspectos a considerar para un correcto manejo de postcosecha de tomates. *Anales V Jornadas sobre cultivos protegidos*, La Plata. (25).
- Prela, A.; De Arruda Ribeiro, A.M. 2002. Determinação de graus días acumulados e sua aplicação no planejamento do cultivo de feijão – bagem (*Phaseolus vulgaris* L.) para Londrina-PR. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, 10 (83-86).
- Tesi, R. 1983. Influencia dei bassi regimi termici nelle colture di pomodoro e zucchini. *Colture protette*, 6 (7-22).

CRESCIMENTO FOLIAR DA ALFACE CONDUZIDA EM CULTIVO ORGÂNICO

Monteiro, L. A.¹; Schöffel, E. R.²; Mendez, M. E. Gonzalez²

¹ Mestrando do PPG em “Física do Ambiente Agrícola” – ESALQ/USP, Bolsista CAPES, Piracicaba, R. Pádua dias, nº 11

² Prof. Dr. Dep. Fitotecnia – FAEM/UFPEl

E-mail: leomonteiro@usp.br

Palavras chave: alface, crescimento, cultivo orgânico.

INTRODUÇÃO

A Tabela 1 apresenta a evolução da TAL durante o período de cultivo. Nota-se que, do mesmo modo que a TCA, foram obtidos os maiores valores aos 27 dias após o transplante.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortalíça de maior consumo pelos brasileiros e por isso vem ganhando espaço nos diversos locais de produção, já que tem um ciclo relativamente curto. Conforme FILGUEIRAS (2003), a alface tem uma resposta de crescimento mais favorável quando as temperaturas estão entre 15°C e 24°C, intervalo considerado ótimo para a produção. Sendo assim, a utilização de ambiente protegido maximiza a produção dessa hortalíça, além de criar um microclima favorável ao cultivo. Aliado ao ambiente protegido, a utilização da adubação orgânica, confere melhorias nas características físicas, químicas e biológicas do solo, melhorando a retenção de umidade, a agregação, a porosidade e atividade microbiana no solo.

Há diversos métodos para avaliação do crescimento de plantas. Conforme BENINCASA (1988), a análise de crescimento ainda é o meio mais acessível e bastante preciso para avaliar o crescimento e inferir a contribuição de diversos processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e quantificar os índices de crescimento de três cultivares de alface em ambiente protegido, no período de primavera-verão, na região sul do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em estufa plástica do tipo “arco pampeano” disposta no sentido leste-oeste, no campo experimental do Departamento de Fitotecnia (DFt) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM), durante o período de agosto a outubro de 2007.

Utilizou-se vermicomposto bovino como forma de repor os nutrientes exigidos pelo solo. A semeadura da alface foi realizada em bandejas de 128 células, preenchidas com substrato a base de cinza de casca de arroz (25%) e vermicomposto bovino (75%). O transplante foi feito quando as mudas atingiram o número de três a quatro folhas definitivas.

O delineamento experimental utilizado foi

inteiramente casualizado, constituído de três cultivares: “americana” (Grandes Lagos), “crespa” (Hortência) e “mimosa roxa” (Salad Bowl) com cinco repetições. Cada canteiro, com uma área útil de 4,5 m², (1 x 4,5 m) representou uma parcela. O espaçamento foi de 0,25 m entre covas e 0,25 m entre linhas, sendo utilizadas três linhas por canteiro. As parcelas foram cobertas com filme plástico preto “mulch” (0,05 mm de espessura). O sistema de irrigação empregado foi do tipo localizado (gotejamento), acompanhando as linhas de cultivo. Na região central da estufa, para medição e aquisição das variáveis meteorológicas foi instalado um sistema de aquisição de dados, tipo microllogger, Modelo CR21 XL – Campbell. Foram feitas cinco coletas, das quais foi medida massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea e área foliar.

Os índices de crescimento avaliados foram: Taxa de crescimento absoluto (TCA), Taxa de assimilação líquida (TAL) e Área foliar específica (AFE), os quais foram estimados pelas seguintes equações:

$$TCA = \frac{\Delta ms}{\Delta t}; TAL = \frac{\Delta ms}{\Delta af \times \Delta t}; AFE = \frac{\Delta af}{\Delta ms} \quad (1)$$

onde Δms é a variação da massa seca entre duas amostras consecutivas; Δaf é a variação da área foliar dessas amostras e Δt é o intervalo de tempo considerado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento da temperatura média do ar a 1 m do solo durante o período de cultivo se mostrou próxima de 20°C a qual, é a temperatura ideal para a produção de alface. A Figura 1 apresenta a TCA das cultivares, mostrando a velocidade de acúmulo de fitomassa. A maior taxa de crescimento foi aos 27 dias após o transplante, onde se verificou o acúmulo médio de 2,77 g.semana⁻¹, 5,46 g.semana⁻¹ e 5,49 g.semana⁻¹ para as cultivares “roxa”, “americana” e “crespa”, respectivamente.

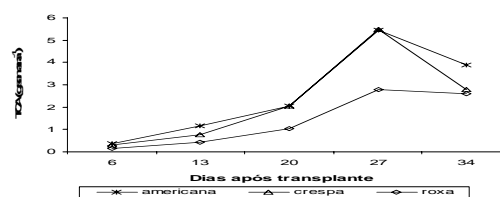


Figura 1. Evolução da TCA das cultivares de alface em cultivo orgânico em ambiente protegido. Pelotas, 2007

Tabela 1. Evolução da TAL das cultivares de alface durante o período de cultivo. Pelotas, 2007.

Taxa de Assimilação Líquida ($\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{semana}^{-1}$)			
DAT	roxa	americana	crespa
6	0.22	0.29	0.26
13	0.27	0.39	0.44
20	0.34	0.44	0.56
27	0.58	0.65	0.89
34	0.43	0.60	0.39

Aos 27 DAT a cultivar “crespa” obteve valor de TAL 37 e 53% maior às cultivares “americana” e “roxa”, respectivamente. Provavelmente isso ocorreu devido à morfologia das folhas daquela cultivar.

Mesmo no período de maior TAL (16 DAT) obtido por HAMADA (1993) o máximo valor foi de $0,460 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{semana}^{-1}$, ou seja, 35% menor que a média dos valores obtidos nas três cultivares analisadas nesse experimento. Do mesmo modo obteve aproximadamente $0,315 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{semana}^{-1}$ aos 27 DAT, resultado o qual se apresenta 56% menor que a média das cultivares “crespa”, “americana” e “roxa” no período de maior incremento na taxa de acúmulo de fitomassa.

Com relação à área foliar específica (AFE) esse parâmetro teve comportamento decrescente até os 27 DAT, já que nesse período o aparelho fotossintetizante das plantas já estava completamente formado, necessitando, portanto, de menor área foliar para o acúmulo de 1 grama de matéria seca, conforme se visualiza na Figura 2.

A Área Foliar Específica (AFE) e área foliar foram superiores aos resultados obtidos por Goto et al. (2002), considerando-se o mesmo tempo após a semeadura. Provavelmente isso ocorreu, além do fator genético, pelo fator ambiente (condições meteorológicas locais e sistema orgânico de produção). De modo geral, o comportamento apresentado pela alface quanto a AFE foi decrescente (Figura 2), demonstrando que, com passar do tempo, a cultura necessitou menor área foliar para acumular um grama de matéria seca.

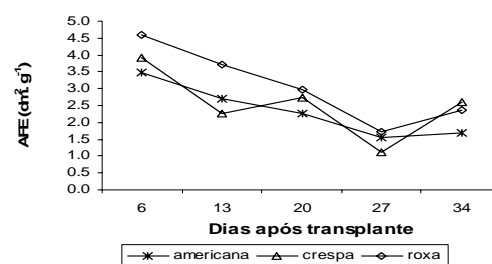


Figura 2. Comportamento da AFE das cultivares de alface em cultivo orgânico em ambiente protegido. Pelotas, 2007

CONCLUSÕES

Durante grande parte do período de incremento de fitomassa, as cultivares “crespa” e “americana” apresentaram valores equivalentes na taxa de crescimento absoluto. A cultivar “roxa” apresentou a metade da taxa de crescimento absoluto em relação às cultivares “crespa” e “americana”.

A cultivar “roxa” é menos eficiente no acúmulo de fitomassa em relação à área foliar (taxa de assimilação líquida) considerando que essa cultivar acumulou em média 22% e 25% menos fitomassa durante o período de cultivo às cultivares “americana” e “crespa”, respectivamente.

AGRADECIMENTOS: À UFPEL, pela oportunidade de realizar o trabalho e a CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

REFERÊNCIAS

- Benincasa, M.M.P. 1988. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal, FUNEP, 42p.
- Filgueira, F.A.R. 2003. Cultura e comercialização de hortaliças. Manual de Olericultura. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres. v.2., 2 Ed. 357p.
- Goto, R.; Echer, M.M.; Guimarães, V.F.; Carneiro Júnior, A.G.; Branco, R.B.F.; Rodrigues, J.D. 2002. Crescimento e produção de três cultivares de alface sob ambiente protegido e campo. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 2, ., Suplemento 2.
- Hamada, E. 1993. Desenvolvimento e produtividade da Alface (*Lactuca sativa* L.) submetida a diferentes lâminas de água, através da irrigação por gotejamento. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DE AMENDOIM SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO

Morais, H.¹; de Souza, F.S.^{1,2}; Nagashima, G.T.¹; Marur, C.J.¹; Silva, L.C.^{1,3}; de Farias Sampaio, P.^{1,2}

¹Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, CP 481, 86047-902, Londrina, Paraná, Brasil

²Centro Universitário Filadélfia – UNIFIL, Londrina, Paraná, Brasil

³Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina, Paraná, Brasil

E-mail: heverly@iapar.br

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L., trocas gasosas, crescimento, IAC Tatu ST, IAPAR 25 Tição, IAC Caiapó.

INTRODUÇÃO

O amendoim produzido no Sul e Sudeste do Brasil é frequentemente assolado por deficiência hídrica no solo. Mesmo sendo considerada uma planta tolerante à seca, sob intensa deficiência hídrica, o amendoim manifesta alterações fisiológicas, de crescimento e produção. Nogueira *et al.* (1998) verificaram que o estresse hídrico no amendoim aumenta a resistência difusiva ao vapor d'água pelo fechamento dos estômatos, reduzindo a taxa transpiratória e consequentemente o suprimento de CO₂ para a fotossíntese. Correia & Nogueira (2004) constataram que a falta de água reduziu os parâmetros de crescimento sem, contudo, paralisá-los. Araújo & Ferreira (1997) observaram alterações na área foliar, peso seco da parte aérea e da raiz em função do déficit hídrico. Vorasoot *et al.* (2003) verificaram decréscimos significativos na produção e nas características agrônômicas dessa cultura em plantas submetidas ao estresse hídrico.

As respostas das plantas à falta de água são complexas, a nível morfológico, fisiológico e molecular, dependendo do genótipo, estágio de desenvolvimento da planta, e duração, severidade e natureza do estresse. Dentre estas respostas, destaca-se a adaptação para evitar a desidratação, através de mecanismos anatofisiológicos que evitam a perda de água de seus tecidos. Entender como são ativados e como ocorrem estes mecanismos adaptativos fisiológicos das principais cultivares, é importante para a seleção de cultivares mais adaptadas e para a identificação dos estágios de desenvolvimento mais sensíveis à falta de água. Isso também auxilia no manejo solo-água-planta.

O objetivo desse trabalho foi avaliar as características fisiológicas e produtivas de três cultivares de amendoim submetidas ao déficit hídrico em dois períodos do seu ciclo de desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em casa de vegetação, no Instituto Agrônomo do Paraná, em Londrina, Paraná, Brasil (23°23'S; 51°11'W; 610m)

Foram avaliadas três cultivares de amendoim: Iapar 25 Tição, IAC Caiapó, IAC Tatu ST. As plantas foram submetidas a quatro regimes

hídricos: irrigação contínua com plantas sem estresse hídrico; suspensão da irrigação por 18 dias durante o período vegetativo de seu ciclo; suspensão da irrigação por 13 dias durante o período reprodutivo de seu ciclo; e suspensão de irrigação por 18 e 13 dias nos períodos vegetativo e reprodutivo, respectivamente. Esse período sem irrigação foi determinado com base na duração média dos veranicos (dias sem chuva) ocorridos no Norte do Paraná que causam prejuízos à agricultura (Costa *et al.*, 2009; Caramori & Oliveira, 1991). As plantas irrigadas receberam 1 (um) litro de água a cada três dias. O delineamento estatístico utilizado foi de blocos ao acaso com nove repetições. A taxa de assimilação líquida de CO₂(A), taxa transpiratória (E), condutância estomática (gs) e eficiência do uso de água (EUA) foram medidas com um aparelho portátil IRGA (Infra Red Gas Analyser). O Conteúdo Relativo de Água (CRA) foi realizado com base nos pesos de massa fresca (MF), massa túrgida (MT) e massa seca (MS), segundo o método descrito por Weatherley (1950). A fluorescência da clorofila foi determinada com um fluorômetro modulado, de acordo com o método descrito por Maxwell & Johnson (2000). Foi medida a transpiração das plantas por meio de pesagem dos vasos. Colocou-se uma cobertura de lona plástica sobre os vasos para minimizar perdas de água por evaporação. Realizou-se a pesagem em quatro repetições de todos os tratamentos.

A produção da biomassa foi avaliada através do peso da massa da parte aérea e raiz de todas as plantas. Para a produção foram colhidas todas as plantas e avaliados o número da vagens e pesos da massa seca de grãos

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quatro dias após a suspensão da irrigação no período vegetativo de desenvolvimento, já foi verificada redução na taxa transpiratória e condutância estomática das plantas sem irrigação. A taxa de assimilação de CO₂ não foi afetada nesse período, indicando eficiência da planta em produzir carboidratos na condição de início de estresse hídrico. Segundo Taiz & Zeiger (2004) o estresse acometido nas plantas influencia a taxa transpiratória, devido à diminuição da condutância estomática, mas muitas vezes não afeta a taxa fotossintética, pois o grau de fechamento estomático é baixo. A Eficiência do uso de água (EUA) para o amendoim apresentou valores

elevados, mesmo nos tratamentos sem irrigação.

Com relação ao conteúdo relativo de água (CRA), as plantas em que a irrigação foi suspensa tiveram o conteúdo relativo de água reduzido, principalmente quando o estresse foi mais severo (18 dias sem água). Dentre as cultivares, a IAC Caiapó apresentou um alto conteúdo relativo de água mesmo em condições de estresse. Após serem reidratadas as plantas estressadas apresentaram conteúdo relativo de água elevado. Isso indica que o estresse a que as plantas foram submetidas não foi suficiente para causar danos ao nível celular, propiciando assim a recuperação no CRA após a hidratação das plantas.

Durante todo o período avaliado, em todas as cultivares e nos quatro regimes hídricos, a fluorescência permaneceu com valores elevados (>0,8). Esses valores indicam que o estresse hídrico a que as plantas foram submetidas não afetou o Fotossistema II.

Quanto à transpiração das plantas por meio da pesagem dos vasos, observa-se durante o período vegetativo de desenvolvimento, que nas avaliações iniciais após cessar a irrigação houve aumento da transpiração. Isso indica que as plantas ainda estavam sob um adequado suprimento hídrico, chegando ao máximo da transpiração após 8 dias sem água. No 12º e 15º dia sem água a transpiração diminuiu, indicando que as plantas estavam hidricamente estressadas. A cultivar IAC Caiapó apresentou durante o período avaliado uma transpiração maior que as demais cultivares. O estresse hídrico no período reprodutivo provocou alta transpiração das plantas, chegando a 1000g de água em 7 dias após interromper a irrigação. Isso ocorreu devido às altas temperaturas verificadas no interior da casa de vegetação. No 13º dia sem irrigação, as plantas transpiraram menos, pois já estavam muito desidratadas e o estresse hídrico estabelecido.

Com relação ao número de vagem, não houve diferença entre as cultivares e os tratamentos hídricos. Quanto à produção de grãos, a cultivar IAC Tatu ST foi a que mais suportou o estresse hídrico, visto que não houve diferença estatística entre as plantas estressadas (em todos os períodos de desenvolvimento) e as plantas controle. Entretanto, foi a cultivar que teve a menor produção de grãos. Para as demais cultivares, o estresse hídrico provocou redução de matéria seca de grãos. No que tange aos tratamentos hídricos na produção de grãos, quando o estresse foi imposto no período vegetativo de desenvolvimento, a cultivar IAC Tatu ST foi a mais tolerante, nas demais não houve diferença. Os resultados mostraram que o período reprodutivo é o mais sensível ao estresse hídrico, pois os componentes reprodutivos são drenos prioritários da planta e a água é o veículo para o transporte de assimilados que vão constituir a produção. Com relação à massa seca da parte aérea que não houve diferença

entre as cultivares e os tratamentos hídricos. Provavelmente isso ocorreu porque o estresse imposto durante o período vegetativo, não limitou o acúmulo de fitomassa da parte aérea. A massa seca de raiz foi estatisticamente semelhante em todos os períodos, com exceção da cultivar Iapar 25 Tição que apresentou redução significativa quando submetida ao estresse no período reprodutivo. Isso provavelmente ocorreu porque esta cultivar é a que apresenta maior acúmulo de massa e consequentemente necessita de mais água para translocação de fotoassimilados

CONCLUSÕES

O amendoim mostrou-se uma planta com elevado grau de tolerância ao estresse hídrico no período vegetativo. O estresse hídrico no período reprodutivo foi mais limitante para a produção de grãos. A cultivar IAC Tatu ST apresentou menor potencial produtivo e foi a que apresentou maior tolerância ao estresse hídrico. As cultivares com maior potencial produtivo foram mais afetadas devido à necessidade de água como veículo para a translocação de fotoassimilados. Os resultados obtidos neste trabalho sugerem que nas condições de ocorrência de veranicos que prevalecem no estado do Paraná o amendoim representa uma cultura de baixo risco climático

REFERÊNCIAS

- Araújo, W.F.; Ferreira, L.G.R. 1997. Efeito do déficit hídrico durante diferentes estádios do amendoim. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.5, p.481-484.
- Caramori, P H, Oliveira, D. 1991. Frequência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no Estado do Paraná. Boletim Técnico. Londrina: IAPAR.
- Correia, K.G.; Nogueira, R.J.M.C. 2004. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. Revista de Biologia e Ciência da Terra, v.4, n.2.
- Costa, A.B.F.; Moraes, H.; Caramori, P.H.; Ricce, W.S.; Ataíde, L.T.; Yada, I.F. , 2009. Análise climatológica de dias consecutivos sem chuva no Estado do Paraná. Anais. In: III Simpósio Internacional de Climatologia, Canela. CD.
- Maxwell, K.; Johnson, G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. Journal of Experimental Botany, v.51, p.659-668.
- Nogueira, R.J.M.C.; Santos, C.R.; Neto, E.B.; Santos, V.F. 1998. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, p.1963-1969.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2004. Fisiologia Vegetal. Trad. Santarém, E.R. et al., 3 ed., Porto Alegre, RS: Artmed, 719p.
- Vorassoot, N.; Songsri, P.; Akkasaeng, C.; Jogloy, S.; Patanothais, A. 2003. Effect of water stress on yield and agronomic characters of peanut. Journal of Science Technology, v.25, p. 283-288.
- Weatherley, P.E. 1950. Studies in the water relations of the colton plants.I. The field measurement of water deficit in leaves. New Phytologist, v.49, p.81-97.

EVALUACIÓN BIOCLIMÁTICA DE CERDOS EN LA FASE DEL EMBARAZO, EN LOS DISTINTOS SISTEMAS DE LA CREACIÓN

Nazareno, A.C.; Silva, I.J.O.; Nunes, M.L.A.; Castro, A.C.; Miranda, K.O.S.

Departamento de Engenharia Biossistema, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" ESALQ/USP, Av.: Pádua Dias, 11 CP 9 CEP 13418-900, Piracicaba – SP, Brasil.

E-mail: aericacn@yahoo.com.br

Palavras chave: suíno, ambiência, confinamento

INTRODUÇÃO

O bem estar dos animais, ligado com as questões ambientais e a segurança dos alimentos, são os maiores desafios da agropecuária mundial. O confinamento foi o meio para reduzir o trabalho e a perda energética dos animais, ganhar espaço, e melhorar o controle ambiental, porém agravando o bem-estar animal (Pandolfi et al., 2008). O sistema de criação de suínos ao ar livre apresenta um baixo investimento inicial, menor produção de gases "odor", melhora o comportamento animal e bem-estar (Baxter et al., 2009), além de complementar a dieta dos animais através do uso da pastagem (Rodríguez-Estévez, et al., 2008).

Nesse contexto o objetivo geral desta pesquisa consiste em avaliar dois sistemas de criação para suínos na fase de gestação, visando caracterizar o ambiente térmico e as variáveis que influenciam o sistema de produção, com base nos indicadores de bem-estar como resposta ao ambiente de criação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido durante o mês de agosto de 2009, em uma granja comercial de produção de suínos (Granja Mami) localizada no município de Monte Mor-SP, situada a 22°33' S de latitude e 47°11' W de longitude e altitude média de 560 m. Foram avaliados dois sistemas de criação considerados os tratamentos: ar livre (AL) e confinado (CONF). A instalação referente ao confinamento das matrizes gestantes é caracterizada, tipologicamente, por 60 x 15 x 2,3 m, beiral de 0,5 m com orientação leste-oeste. A cobertura é de telhas de Fibro-cimento sem forro de revestimento com peitoril de 1,10 m. O sistema de criação confinado foi realizado numa baia coletiva, que apresenta a seguinte dimensão: 6 x 6 m e muretas de contenção de 1,10 m de altura, com piso concretado, contendo seis animais na baia. O sistema de criação ao ar livre foi feito no piquete, contendo a seguinte dimensão: 15 x 30 m, dispondo de 75 m² por animal, formado por gramínea *Cynodon plectostachyum*, cercado com cercas elétricas, foi feito um sombreamento artificial com ripado de bambu no piquete. O estudo foi realizado com animais de linhagens comerciais.

A avaliação térmica ambiental foi realizada por meio do registro dos dados meteorológicos nos dois sistemas de criação. Utilizou-se termohigrômetro da marca Incoterm® para o registro dos dados de temperatura de bulbo seco (Tbs, °C), temperatura

de bulbo úmido (Tbu, °C), porém para a temperatura de globo negro (Tg, °C) foi utilizado um termômetro de globo negro. Realizaram-se os registros das variáveis meteorológicas em intervalos de 1 h, com medidas às 7:45 à 16:45 h, durante 8 dias. A velocidade do vento foi registrada com auxílio de um anemômetro da marca thermo anemometer. Os equipamentos foram instalados a uma altura de 1,30 m do piso. Por meio das variáveis meteorológicas registradas nos ambientes estudados, determinou-se o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) proposta por Buffington et al. (1981), a entalpia (h; kJ kg ar seco⁻¹) proposta por Albright (1990) e o índice de carga térmica radiante (CTR) proposta por Esmay (1982). Para avaliação dos parâmetros fisiológicos registraram-se os dados de temperatura de pele °C (paleta, pernil, nuca e lombo) e da frequência respiratória dos suínos (mov min⁻¹). A determinação desses parâmetros foi realizada em intervalos de 4 h, às 9, 13 e 16 h, durante três avaliações diárias nos seis animais de cada tratamento, os suínos foram identificados com violeta genciana em diferentes partes do corpo. A verificação da frequência respiratória (mov min⁻¹) se deu a partir da contagem do número de movimentos abdominais realizados pelo suíno, pelo tempo de 1 min. Para medição da temperatura de pele (paleta, pernil traseiro e nuca) (°C) utilizou-se termômetro infravermelho marca icell. Para análise, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com parcelas subdividas no tempo, sendo o tratamento principal aplicado na parcela "sistema de criação (SC 3, SC 6, CONF) e o ambiente externo (EXT)" e o tratamento secundário "semanas" nas sub-parcelas, sendo utilizado 6 repetições, com as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o SAS (2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se, na Tabela 1, que os sistemas de criação apresentaram diferença significativa para Tbs, quando comparados entre si, verificando-se maior temperatura no CONF, indicando valores da ordem de 24,34 e 22,75 °C, constatando-se que CONF esteve acima da condição média recomendada, a qual varia entre 18 e 23°C (Pandolfi et al., 2008). Na UR, o maior valor médio foi em CONF e o menor em AL que diferiram significativa entre si, obtendo valores 56,31 e 53,07%, a UR ficou dentro do desejado para matrizes na fase de gestação entre 55 a 75% (Benedi, 1986). Em relação à h, CONF foi o apresentou maior valor diferindo

significativamente do AL, obtendo valores da ordem de 49,84 e 47,87 kJ kg de ar seco⁻¹, estes valores médios ficaram abaixo do recomendado para suínos na fase de gestação, que conforme Silva et al. (2008) varia de 55,450 à 63,069 kJ/kg de ar seco. Para a variável CTR, deu-se efeito significativo, sendo que CONF obteve maior valor com 444,36 e 386,07 Wm⁻², então, quanto menor a carga térmica melhor será o conforto térmico Silva (2000). Houve diferença significativa para ITGU, o maior valor médio ocorreu em CONF e o menor em AL, com 74,25 e 72,28, o sistema CONF foi o que apresentou as piores condições de conforto térmico.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais para os sistemas de criação ao ar livre (AL) e confinamento total (CONF)

Sistemas criação	Tbs (°C)	UR (%)	ITGU
AL	22,75b ±3,58	53,07b ±19,89	72,28b ±3,58
CONF	24,34a ±4,37	56,31a ±19,23	74,25a ±6,74
CV %	8,53	17,61	4,28
Teste F	15,74	15,96	10,79

Sistemas criação	h (kJ kg ⁻¹)	CTR (Wm ⁻²)
AL	47,87b ±7,11	386,07b ±71,35
CONF	49,84a ±5,41	444,36a ±31,37
CV %	9,46	11,55
Teste F	5,32	4,31

Na Tabela 2 têm-se os valores médios de temperatura de superfície da pele e frequência respiratória dos animais, na fase de gestação. Houve diferenças estatísticas significativas entre os sistemas de criação para as temperaturas de pele nas regiões do lombo, paleta e pernil traseiro, com os maiores valores encontrado em CONF, demonstrando assim que os animais confinados apresentaram um maior estresse térmico em relação ao AL (Edward, 2005). Porém, para temperatura da pele na região da nuca, não houve diferença estatística significativa entre os sistemas de criação analisados.

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão das variáveis fisiológicas para os sistemas de criação ao ar livre (AL) e confinamento total (CONF)

Sistema de criação	Pernil traseiro	Paleta
AL	30,18 b ± 3,29	31,22 b ± 3,18
CONF	32,21 a ± 2,93	32,18 a ± 2,52
CV %	6,08	5,37
Teste F	6,96	6,81

Sistema de criação	Nuca	Frequência respiratória
AL	31,80 a ± 3,31	26,07 b ± 8,18
CONF	32,15 a ± 2,77	31,04 a ± 8,54
CV %	6,08	29,80
Teste F	5,43	1,13

A frequência respiratória apresentou diferença entre os sistemas de criação, de 31,07 e 26,07 mov.min.⁻¹ para CONF e AL, mostrando-se acima da condição de conforto (Tabela 2). Fêmeas gestantes em condições de conforto térmico apresentam taxa respiratória em torno de 15 a 20 mov.min.⁻¹ (Pandorfi et al., 2008). Os movimentos respiratórios podem aumentar de 22 a 100%, em função do ambiente térmico (Silva et al., 2008).

CONCLUSÕES

As variáveis meteorológicas, os índices de conforto térmico ambientais e os parâmetros fisiológicos, mostram que o sistema de criação ao ar livre como aquele que permitiu melhor condicionamento térmico natural, como resposta ao menor estresse térmico, atendendo às condições de bem-estar aos suínos na fase de gestação.

REFERENCIAS

- Albright, L.D. 1990. Environment Control for Animals and Plants. St. Joseph, Michigan: American Society of Agricultural Engineers Michigan. (ASAE Textbook, 4), p.453.
- Baxter, E.M.; Jarvis, S.; Sherwood, L.; Robson, S.K.; Ormandy, E.; Farish, M.; Smurthwaite, K.M.; Roehe, R.; Lawrence, A.B.; Edwards, S.A. 2009. Indicators of piglet survival in an outdoor farrowing system. *Livestock Science*, v.124, p. 266–276.
- Benedi, J.M.H. 1986. El ambiente de los alojamientos ganaderos. Ministerio de agricultura, pesca y alimentacion, servicio de extension agraria, Madri. *Hojas divulgadoras*, n.6/86 HD, 28p.
- Buffington, D.E.; Colazzo-Arocho, A.; Caton, G.H. 1981. Black globe humidity comfort index (BGHI) as comfort equation for dairy cows. *Transaction of the ASAE*, v.24, n.4, p.711-714.
- Edwards, S.A. 2005. Product quality attributes associated with outdoor pig production. *Livestock Production Science*. v.94, p.5–14.
- Esmay, M.L. 1982. Principles of animal environment. West Port CT: ABI, 325p.
- Pandorfi, N.; Silva, I.J.O.; Piedade, S.M.S. 2008. Conforto térmico para matrizes suínas em fase de gestação, alojadas em baias individuais e coletivas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.12, n.3, p.326–332.
- Rodríguez-Estévez, V.; García, A.; Peña, F.; Gómez, A.G. 2009. Foraging of Iberian fattening pigs grazing natural pasture in the dehesa. *Livestock Science*, v.120, p. 135-143.
- SAS INSTITUTE, Statistical analysis system: realease 9.1.3, (software). Cary, 2008. 620p.
- Silva, I.J.O.; Pandorfi, H.; Piedade, S.M.S. 2008. Influência do sistema de alojamento no comportamento e bem-estar de matrizes suínas em gestação. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.7, p.1319-1329,

DISPONIBILIDAD TÉRMICA PARA ESPECIES FORRAJERAS NATIVAS EN LAS SIERRAS DE HUMAYA, CATAMARCA

Olmos, L. R.

Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias
Avda. Belgrano y Mtro. Quiroga – 4700 – Catamarca. Argentina.

E-Mail: olmostejeda@arnet.com.ar

Palabras clave: Disponibilidad térmica; Humaya; productividad primaria neta.

INTRODUCCIÓN

Cuando se realiza un estudio de la productividad primaria neta de un pastizal natural, se debe realizar un análisis de los factores que limitan la producción primaria en las comunidades terrestres. Entre éstos, tienen gran importancia las temperaturas.

En el aspecto térmico deben investigarse algunas de sus características para lograr el conocimiento que conduzca a la confrontación de las disponibilidades regionales con las exigencias bioclimáticas de las especies nativas. Estos son: régimen calórico para conocer los periodos vegetativos aptos según necesidades térmicas; régimen de temperaturas mínimas críticas límite del crecimiento vegetal y la exigencia de frío invernal necesarias para especies criófilas.

La acción positiva de la temperatura se manifiesta en la planta por acumulación de calor, que constituye la energía necesaria para cumplir su ciclo ontogénico. La expresión numérica de la acumulación de calor se obtiene, mediante distintos procedimientos, y se expresa como unidades térmicas o grados-día. La acumulación residual de grados-día considera para su determinación la temperatura base a partir de la cual se ejerce acción positiva sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, la cual es variable para cada cultivo (Garabatos, 1991).

La vegetación predominante en las sierras de Humaya corresponde a la provincia fitogeográfica Chaqueña, distrito Chaqueño Serrano (Cabrera, 1994; Morlans, 1995), en donde se encuentran bien desarrollados los bosques de *Schinopsis haenckeana* y los pastizales de *Stipa* y *Festuca*. En las quebradas más húmedas y frías se pueden observar los bosques de *Podocarpus parlatorei* pertenecientes al distrito de Los Bosques Montanos de la provincia fitogeográfica de las Yungas (Morlans, 1995) y las zonas de lomadas, con altitudes superiores a los 3000 msnm se desarrolla el pastizal perteneciente al distrito de las Praderas Montanas de las Yungas.

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

- Analizar la disponibilidad de temperaturas efectivas superiores a determinados niveles.
- Determinar el régimen de sumas de temperaturas efectivas o grados-día para especies forrajeras nativas en las sierras de Humaya, Dpto. Ambato, Catamarca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados corresponden a las temperaturas medias diarias y medias mensuales de la localidad de Humaya (27° 50' S; 66° 01' W G; 2200 msnm), periodo 2000-2008, obtenidas a partir de las mediciones efectuadas por Subsecretaría de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Catamarca.

Se utilizó el método residual de acumulación térmica efectiva o grados-día (Damario, Pascale, 1971). Teniendo en cuenta que muchas de las especies de los pastizales de las Sierras de Humaya se caracterizan por tener ciclos variables (Morlans, 1995), se han tomado distintos umbrales térmicos: 10 °C, 12 °C y 15 °C. Entre las especies predominantes en la zona de estudio se consideraron las siguientes forrajeras: *Stipa tenuissima*, *S. ichu*, *Festuca hieronymii* y, en menor proporción, *Bromus catharticus*, *Eragrostis lugens*, *Piptochaetium montevidense*, especies no identificadas de los géneros *Bothriochloa*, *Melica*, *Digitaria* y dicotiledóneas herbáceas de los géneros *Rumex*, *Plantago*, *Zinnia* y *Alchemilla*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a las temperaturas base, analizadas se obtuvieron periodos de acumulación térmica que van desde los 123 días para la temperatura base de 15 °C hasta 276 días para 10 °C de temperatura base. La cantidad de temperatura acumulada en esos periodos osciló entre los 193.9 °C y 1198.7 °C, respectivamente, Figura 1.

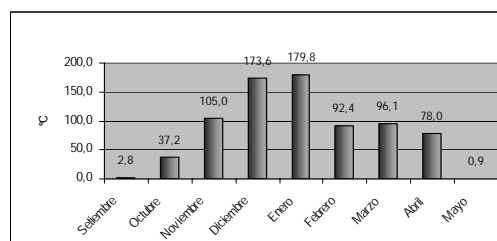


Figura 1. Acumulación térmica por encima de 12°C

CONCLUSIONES

- El método residual ha demostrado ser un buen parámetro para la estimación de la acumulación térmica efectiva para las especies forrajeras nativas en las Sierras de Humaya representadas principalmente por *Stipa tenuissima*, *S. ichu* y *Festuca hieronymii*.
- El uso de 12°C como temperatura base resulta aceptable para conocer con mayor

aproximación el progreso vegetativo del pastizal, ya que la acumulación térmica resultante, 762 grados-día, es adecuado teniendo en cuenta el periodo de crecimiento.

REFERENCIAS

- Angeloni, P. N.; Caram, G.; Prause, J.: 1971 Utilización de dos temperaturas base para el cálculo de grados-día. <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2001/5-Agrarias/A-015.pdf>. Consultado el 31 de agosto de 2009.
- Damario E.; Pascale, A. 1971: Estimación de sumas de temperaturas efectivas normales para estudios agroclimáticos. Rev. Facultad de Agronomía, 19(3):109-124. Buenos Aires.
- Garabatos, M., 1991: Tems de Agrometeorología, *Tomo 2*. Edit. Cjo. Profesional de Ingeniería Agronómica.
- Morlans, M. C., 1995: Regiones naturales de Catamarca. Provincias Geológicas y Provincias Fitogeográficas. *Revista de Ciencia y Técnica. UNCa*. Secretaría de Investigación. Vol. II. Nº 2. Año 1.
- Rodríguez, R.; Gómez, S.; Alonso, M., 2000: Disponibilidades calóricas y su variabilidad en la Argentina. *Actas VIII Reunión Argentina de Agrometeorología*.
- Palmieri C. N.; Olmos, L.R.; Quiroga, A.; De la Orden, E.;Carma, M.I., 2005: Caracterización Hidroclimática de siete localidades del departamento Ambato. Provincia de Catamarca. Argentina. *Revista del CIZAS* 6 (1 y 2): 7-17.

ANÁLISIS DE LA HELIOFANÍA EFECTIVA EN LA E.E.A. I.N.T.A. FAMAILLÁ “ING. AGR. FERNÁNDEZ DE ULLIVARRI”

Pedraza, J.R.¹, Perera, J.H.²

¹ Sección Agrometeorología, E.E.A. I.N.T.A. Famaillá “Ing. Agr. Fernández de Ullivarri”, C.C. 11, C.P. 4.132, Famaillá, Tucumán, Argentina.

² Ex Becario, E.E.A. I.N.T.A. Famaillá “Ing. Agr. Fernández de Ullivarri”.

E-mail: rpedraza@correo.inta.gov.ar

Palabras clave: heliofanía efectiva; probabilidad de ocurrencia, análisis decádico.

INTRODUCCIÓN

Los diferentes elementos del clima pueden actuar sobre las plantas provocando efectos favorables o adversos, que han sido clasificados por Burgos (1952) como auxégenos (los que favorecen el crecimiento), anaptígenos (los que satisfacen las exigencias para el desarrollo) y tanatoclimáticos (los que producen daños parciales o totales por su inacción o por la superación de los límites críticos de tolerancia).

El conocimiento de la heliofanía efectiva (H.E.) en una zona dada, adquiere relevancia para el manejo y el seguimiento de los cultivos. Las horas de luz solar actúan como un factor auxégeno en el proceso de formación de materia orgánica y como anaptígeno al ejercer un efecto estimulante de la expansión foliar y la formación de pigmentos. La heliofanía es de vital importancia en el proceso de la fotosíntesis.

Para el análisis de la H.E. se emplearon los valores diarios, agrupados y promediados por décadas de días, para todos los años de la serie 1967-2009. Esta misma forma fue aplicada para el estudio de las temperaturas máximas y mínimas (Pedraza y otros, 1996) y de las precipitaciones (Pedraza y Perera, 2006), en el área de referencia. Además de la caracterización de la H.E. mediante sus principales parámetros estadísticos, se calcularon las probabilidades de ocurrencia de ese elemento climático.

El propósito del presente trabajo es el conocimiento detallado de este elemento para que pueda aplicarse en un mejor y más adecuado manejo de los cultivos que se realizan en el área central de la provincia de Tucumán. Se abordaron los siguientes aspectos: a) descripción estadística de la H.E., según décadas, meses, estaciones y año; b) probabilidad de ocurrencia de ese elemento; c) relación existente entre la H.E. y las temperaturas máximas, mínimas y medias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon los registros correspondientes a la H.E. diaria, obtenidos durante los años 1967 a 2009 (serie de 43 años). Las observaciones se efectuaron en la Estación Agrometeorológica de la Estación Experimental Agropecuaria I.N.T.A. Famaillá “Ing. Agr. Roberto Fernández de Ullivarri” (27° 03' S, 65° 25' O y 363 m s.n.m.;

Padilla, Famaillá, Tucumán).

La H.E. se obtuvo mediante un heliógrafo o heliofanógrafo de Campbell Stokes que mide la insolación diaria.

Los datos se agruparon en conjuntos de 10 días, calculándose el promedio de esos valores para obtener la H.E. diaria media de cada década, considerando tres décadas por mes y dividiendo el año en 36 décadas. Los valores decádicos de cada año de la serie, se emplearon para obtener los indicadores estadísticos de cada una de las 36 décadas del año. También se trabajó con los valores mensuales, como promedios de las tres décadas de cada mes; con los valores estacionales, obtenidos como la media de las décadas comprendidas en cada estación y con el promedio anual.

Con la media y la desviación estándar, se obtuvieron las probabilidades de obtener heliofanías efectivas diarias medias en cada década, iguales o superiores a valores tabulados. También se determinó la H.E. diaria media que en cada década puede ocurrir con una probabilidad igual o mayor a límites críticos. El mismo tratamiento se realizó con los valores mensuales, estacionales y anuales.

Para encontrar la relación estadística entre la H.E. y las temperaturas se calcularon el coeficiente de correlación de Pearson y los parámetros de la regresión lineal para los pares de valores: H.E. – Temperatura Media; H.E. – Temperatura Máxima Media y H.E. – Temperatura Mínima Media. Para el cálculo de las regresiones se consideró a la H.E. como la variable independiente y a las temperaturas como las variables dependientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados más relevantes de análisis estadístico y del cálculo de probabilidades y de regresiones lineales:

1. Indicadores estadísticos:

a) La década con mayor H.E. media es la primera de enero ($\mu = 6,6$ h) y la que tiene el valor más bajo es la tercera de marzo ($\mu = 4,1$ h). La menor variabilidad se registró en la tercera década de agosto ($\mu = 5,7$ h; $\sigma = 1,2$ h).

b) Los meses de enero y diciembre poseen la media diaria más alta de H.E. ($\mu = 6,4$ h); junio presenta la media más baja ($\mu = 4,4$ h) y le siguen marzo y abril con un valor ligeramente superior ($\mu = 4,4$ h).

c) Con respecto a las estaciones, la H.E. diaria media más elevada corresponde a la primavera

($\mu = 6,1$ h) y la de menor valor al otoño ($\mu = 4,3$ h).
d) La H.E. diaria media para el año es de 5,4 horas con una desviación estándar de 0,6 h.

2. Probabilidad de ocurrencia de H.E.:

a) Si se toma como referencia un valor aproximado a la media anual, la década con mayor probabilidad de superar las 5,5 horas de H.E. es la primera de enero ($P = 76,47\%$), seguida por la segunda de diciembre ($P = 72,98\%$) y por la segunda de enero ($P = 71,47\%$).

b) Las décadas con una probabilidad del 50 % de superar las 6 horas de H.E. se extienden desde la primera de octubre hasta la tercera de enero (con excepción de la tercera de octubre, que arroja un valor de 5,9 horas). La primera década de septiembre se comporta de manera similar. La primera década de enero y la segunda de diciembre tienen una probabilidad del 95 % de superar las 4 horas de H.E. diaria media.

c) Los meses con la probabilidad más alta de superar las 5,5 horas diarias medias de H.E. son los de enero ($P = 78,01\%$), noviembre ($P = 76,01\%$) y diciembre ($P = 74,78\%$).

d) Los meses que arrojan una probabilidad del 50 % de superar las 6 horas diarias medias de H.E. son enero (6,4 h), octubre (6,0 h), noviembre (6,2 h) y diciembre (6,4 h). Los meses con una probabilidad del 95 % de tener valores de H.E. diaria media superiores a 4 horas son enero, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre.

e) La primavera es la estación que tiene la mayor probabilidad de superar las 5,5 horas de H.E. diaria media ($P = 77,47\%$). Para el verano, esa probabilidad se reduce al 65,52 %. La primavera es la única estación que posee una probabilidad del 50 % de superar las 6 horas diarias medias de heliofanía efectiva (6,1 h).

f) Considerando los valores anuales, la probabilidad de tener como mínimo 5,5 horas de H.E. diaria media como valor promedio del año, es de 44,38 %.

3. Correlaciones y regresiones lineales:

a) La mayor cantidad de correlaciones significativas se obtuvieron entre la H.E. y la temperatura máxima. Para este par de variables, las regresiones por décadas, meses, estaciones y año, fueron altamente significativas (exceptuando la primera década de julio y la tercera de agosto, que no mostraron relación entre las variables consideradas). Por ejemplo, para la primera década de enero, la expresión de la regresión lineal es la siguiente: $TM = 0,929 HE + 24,81$; donde TM es la temperatura máxima diaria (promedio decádico) y HE es la heliofanía efectiva diaria media decádica. La expresión indica que partiendo de una temperatura máxima media decádica de 24,81 °C, por cada hora de incremento de la H.E. diaria media, la temperatura aumenta en 0,929 °C. El coeficiente de correlación es 0,738 y el de determinación (r^2) es igual a 0,545, lo que expresa que el

54 % del comportamiento de la temperatura máxima se explica por la H.E..

b) La regresión lineal entre la H.E. diaria media y la temperatura máxima diaria media, que contempla todos los valores decádicos del año, a lo largo de la serie 1967-2009, es: $TM = 1,337 HE + 18,07$; donde el coeficiente de correlación es igual a 0,522.

c) El análisis de correlación y regresión lineal entre la H.E. diaria media y la temperatura diaria media (por décadas), indica que hay dependencia significativa o altamente significativa en 15 de las 36 décadas; en 7 de los 12 meses y en 3 de las 4 estaciones. La regresión que considera todos los datos decádicos del año, resulta altamente significativa, respondiendo a la expresión: $Tmed = 0,754 HE + 15,09$; donde el coeficiente de correlación es igual a 0,285.

d) La relación estadística entre la H.E. diaria media y la temperatura mínima diaria media (por décadas) arrojó significación estadística en 21 de las 36 décadas; en 8 de los 12 meses y en 2 de las 4 estaciones; pero no resultó significativa cuando se consideraron todos los valores decádicos anuales de la serie.

CONCLUSIONES

La estadística descriptiva y el cálculo de probabilidades de ocurrencia para las heliofanías efectiva diaria media según períodos decádicos permite caracterizar con más detalle la zona considerada y estimar en lo que a este factor climático se refiere, la aptitud de la región para la implantación y práctica de cultivos, teniendo en cuenta los requerimientos del vegetal en cada una de sus etapas fenológicas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Ing. Dra. María Sal y al Ing. Dr. Héctor Sánchez por la revisión del trabajo y las observaciones realizadas.

REFERENCIAS

- Burgos, J.J. 1952. El Termoperiodismo como Factor Bioclimático en el Desarrollo de los Vegetales. *Meteoros. Año II*, N° 3 / 4.
- De Fina, A.L. Y A.C. Ravelo. 1974. Climatología y Fenología Agrícolas. E.U.deB.A.. Seg. Ed.. Bs. As., Arg.
- Pascale, A.J. y E.A. Damario. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía, UBA. Buenos Aires, Argentina.
- Pedraza, J. R. H. A. Navarro, J. G. Perera y J. H. Perera. 1996. Probabilidad de Ocurrencia de Temperaturas Máximas y Mínimas Decádicas en la E.E.A. I.N.T.A. Famaillá. I.N.T.A. Famaillá. Tucumán, 28 págs.
- Pedraza, J. R. y J. G. Perera. 2006. Probabilidad y Frecuencia de Precipitaciones Decádicas, Mensuales y Estacionales en la E.E.A. I.N.T.A. Famaillá. I.N.T.A. Famaillá. Tucumán, 38 págs.
- Walpole, R. E. y R. H. Myers. 1993. Probabilidad y Estadística. México, D.F.. Ed. McGraw-Hill. 797 págs.

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CONCENTRACIÓN POLÍNICA ATMOSFÉRICA DE MALEZAS EN LA CIUDAD DE MAR DEL PLATA. RELACIONES CON ALGUNOS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Pérez, C.F.^{1,2}; Covi, M.¹

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Pabellón II, 2do piso Ciudad Universitaria. Buenos Aires, CP 1428, Argentina.

²CONICET.

E-mail: perez@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: polen atmosférico, relación polen, variables meteorológicas, estacionalidad.

INTRODUCCIÓN

La medición de la concentración atmosférica de polen es una práctica de rutina en muchos países desarrollados, cuyo fin es generar sistemas de alerta y prevención de alergias respiratorias. Esta información es también de importancia para uso agrícola pues alerta sobre el estado fenológico de algunas plantas de interés como las malezas de cultivos. Sin embargo, interpretar correctamente el registro polínico implica conocer cuánto de su variabilidad es producto de la emisión de las plantas y cuánto proviene de la influencia de la atmósfera. Para analizar la importancia de estas fuentes de variación se estudiaron registros de concentración de polen de malezas en dos estaciones de muestreo en las inmediaciones de la ciudad de Mar del Plata y se analizaron conjuntamente algunas variables meteorológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dos registros de concentración media diaria de polen atmosférico colectados con la metodología Hirst (1952) en las estaciones Universidad de Mar del Plata (UNMdP, 38° 03'S; 57° 34'W, elevación 15 m) y Mar del Plata Aero (MdP Aero, 37° 56'S; 57° 35'W, elevación 10 m) ubicadas a igual distancia de la costa y separadas 8 km entre sí, en un entorno urbano y otro rural respectivamente. Los registros se extienden desde el 12/10/95 al 29/12/95. Para este estudio se seleccionaron las variables correspondientes a malezas (Quenopodiaceae, Asteraceae, Brassicaceae y *Plantago* sp.). También se analizaron los valores medios diarios de temperatura (T), temperatura de punto de rocío (T_d), déficit de presión de vapor (DPV) y las variables de viento u , v y velocidad media V , para el mismo período tomadas en las mismas estaciones. Los datos de polen fueron graficados con el programa Tilia (Grimm, 1991) y analizados por agrupamiento restringido con el método CONISS (Constrained incremental sum of squares clustering) (Grimm, 1987). A los datos meteorológicos se les sustrajo su tendencia lineal. Los residuales resultantes fueron ajustados por un modelo polinómico cuyo orden correspondió a aquel que minimizó el error cuadrático medio. De esta forma se logró eliminar la variabilidad de

menor escala. Las fechas de corte que indican diferentes períodos corresponden a las raíces de los polinomios. Estas fueron comparadas con los resultados del agrupamiento obtenido por CONISS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios diarios de concentración de polen de malezas registrados en MdP Aero y UNMdP se presentan en la figura 1. En general se observa que la variable más importante del período es *Plantago*, seguida por Quenopodiaceae, Brassicaceae y Asteraceae en ambas estaciones, lo que concuerda con su método de polinización: por viento las dos primeras y por insectos las segundas. En general, la captura presenta mayores valores en MdP Aero respecto de UNMdP en función a las condiciones semi-rurales del entorno, aunque en ciertas ocasiones pueden detectarse picos de concentración urbanos que superan los valores registrados en MdP Aero. Es probable que estas diferencias sean producto de perturbaciones del flujo de viento inducidas por el cambio de rugosidad y la distancia a las fuentes (Pérez *et al.* 2001). El análisis de agrupamiento muestra estructuras algo diferentes en ambos registros para un nivel de similitud (suma de cuadrados) de 1000. En MdP Aero, se registraron cuatro grupos mientras que en UNMdP fueron tres, el primero de los cuales se subdividió en a, b y c. Las fechas de corte correspondientes fueron: para MdP Aero: 24/10, 23/11, 22/12 y para UNMdP: 23/10, 22/11, 29/11, 11/12. Los grupos 1 y 1a, se caracterizan por la presencia de altas concentraciones de Quenopodiaceae seguidos de un período de bajas concentraciones relativas de todos los tipos analizados (grupos 2 y 1b, fig.1). Se observa luego un claro aumento de las concentraciones en todos los tipos, dominado por *Plantago* en ambos registros (grupos 3, 4 y 1c, 2 y 3). En este período se registran las mayores diferencias entre ambas estaciones. El grupo 3 de MdP Aero presenta altas concentraciones de todos los tipos polínicos con dominio de *Plantago*, mientras que el 4 sólo presenta presencia de *Plantago* y Quenopodiaceae. En UNMdP, el grupo 1c marca el inicio de este período de altas concentraciones con aumentos de Quenopodiaceae, *Plantago* y Brassicaceae, que luego es reemplazado por el co-dominio de los

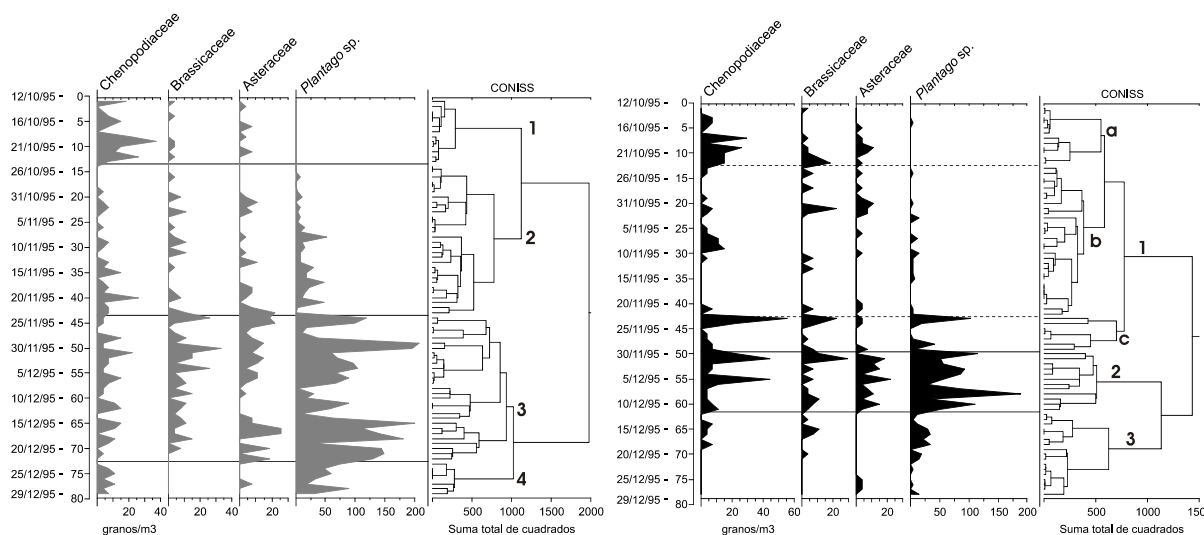


Figura 1. Marcha de la concentración de polen de malezas en MdP Aero (gris) y UNMdP (negro) y dendrograma de los análisis de agrupamiento.

4 tipos polínicos (grupo 2) para finalizar con baja concentración de los 4 tipos en el grupo 3. A pesar de estas diferencias, las fechas de la Tabla 1 muestran cierta similitud en el patrón temporal de las estaciones de muestreo. Los resultados del ajuste polinómico de las diferencias de las variables meteorológicas se presentan en la figura 2. Para T , Td y DPV las fechas de corte de los períodos son muy similares entre sí, con escasos días de diferencia, característica que incluso se mantiene entre estaciones de muestreo.

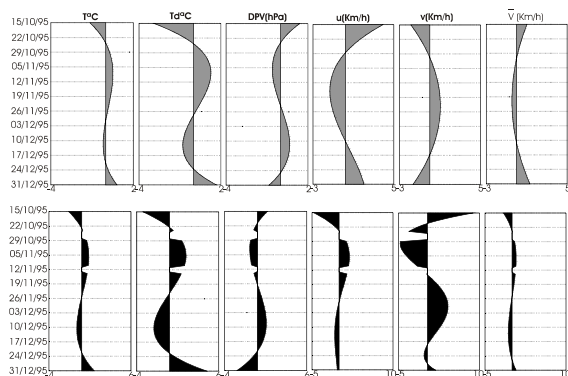


Figura 2. Aproximaciones polinómicas de los desvíos respecto de la tendencia lineal calculados para las variables meteorológicas en las estaciones MdP Aero (gris) y UNMdP (negro). Los puntos de corte corresponden a las raíces de los polinomios.

Las fechas para MdP Aero fueron: T y Td : 24/10, 26/11, 24/12; DPV : 24/10, 25/11, 23/12 y para UNMdP: T : 23/10, 24/11, 23/12; Td : 23/10, 23/11, 23/12; DPV : 21/10, 20/11, 21/12. Los valores de las variables de viento presentaron un patrón completamente diferente respecto de las anteriores y entre estaciones. Para MdP Aero las fechas fueron: u : 28/10, 12/12; v : 31/10, 14/12; V : 1/10, 14/12 y para UNMdP: u : 23/10, 29/11; v : 20/10, 15/11, 15/12; V : 23/10, 27/11, 24/12.

CONCLUSIONES

Los agrupamientos encontrados en polen son consistentes con los hallados para las variables de temperatura y humedad mientras que no presentan relación aparente con el viento. Es posible concluir que estas variables controlan en parte el comportamiento de la nube de polen en esta escala de análisis, presumiblemente afectando el ritmo de emisión de la vegetación fuente. Si bien el registro analizado no comprende una estación de floración completa, éste corresponde a las condiciones de inicio de la estación de floración de las malezas, cuya presencia se ha detectado en el registro de otros años (Pérez y Paez, 1998). El viento por otro lado, es probable que se vincule al registro controlando el transporte y dispersión a escala sinóptica y diaria como se detectó para otros tipos polínicos durante el mismo período (Pérez *et al.* 2001).

AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo fue realizado con el apoyo del proyecto de investigación UBACyT 088/08.

REFERENCIAS

- Grimm, E.C. 1987. CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences* 13(13-35).
- Grimm, E.C. 1991. Tilia Software. Illinois State Museum. Research and Collection Center. Springfield, IL.
- Hirst, J.M. 1952. An automatic volumetric sport trap. *Annals of Applied Biology* 39(257-265).
- Pérez, C.F. y Paez, M.M. 1998. Seasonal airborne pollen pattern in Mar del Plata City, Argentina. *Aerobiologia* 14(383-389).
- Pérez, C.F.; Gardiol, J.M.; Paez, M.M. 2001. Difusión atmosférica de polen en el sistema urbano-rural de la ciudad de Mar del Plata (Argentina), en los tres últimos meses del año 1995. *Polen* 11(87-98).

VARIABILIDAD DEL PARÁMETRO DE RUGOSIDAD DE UNA COBERTURA VEGETAL CON LA ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA

Tonti, N.¹; Gassmann, M.^{1,2}; Righetti, S.^{1,2}

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Universidad de Buenos Aires, Piso 2 Pabellón 2 Cdad. Universitaria, C1428EHA, CABA, Argentina.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

E-mail: gassmann@at.fcen.uba.ar

Palabras clave: estabilidad atmosférica, capa de superficie, soja, Buenos Aires

INTRODUCCIÓN

La caracterización de la superficie terrestre en los modelos para estimar los intercambios de energía, masa y cantidad de movimiento en la interfase suelo-planta-atmósfera generalmente está dada por el parámetro de rugosidad (z_0) y en aquellos casos en los que los obstáculos superan los 15 cm de altura también por el parámetro de desplazamiento del plano cero de cantidad de movimiento (d). Zilitinkevich y otros (2008) desarrollaron un modelo teórico para estimar la dependencia de estos parámetros con la estabilidad el cual fue calibrado con datos observados en una superficie de bosque boreal. Ellos encontraron que la dependencia del z_0 con la estabilidad es mayor que en el parámetro d . Además determinaron que las condiciones inestables aumentan levemente el valor del z_0 , pero manteniendo el orden de magnitud, mientras que las condiciones estables disminuyen el valor de z_0 en hasta 2 órdenes de magnitud. En áreas cultivadas, a esta variabilidad observada se le suma la variabilidad que introduce el crecimiento y densificación de los cultivos durante el período de desarrollo (Raupach 1994, Gassmann y otros, 2004).

Este trabajo tiene como objetivo determinar la dependencia del parámetro de rugosidad con la estabilidad atmosférica asociado a un área cultivada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados corresponden a una experiencia de campo desarrollada en la Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP) - EEA INTA de la localidad de Balcarce (37°45' S; 58°18' W), en un cultivo de soja (Nidera A 4209 RG) en un lote de producción sembrado en un suelo Paleudol petrocálcico. La campaña agrícola correspondió al período 2008-2009. Se utilizó información meteorológica observada con una torre micro-meteorológica ubicada en el centro de un terreno de cultivo de soja de 19.4 ha, orientado el largo en la dirección NW-SE, rodeado por pastizales al E, NE y N; rastrojo de trigo el NO; cultivos experimentales de girasol al O y SO y una barrera de árboles de aproximadamente 15m de altura al S y SE. Se utilizaron 4 niveles de observación de velocidad y dirección de viento, temperatura y humedad relativa a 0.68, 1.21, 2.23 y

4.13 m de altura sobre el suelo. Las mediciones se realizaron cada 15 segundos con promedios almacenados en memoria cada 15 minutos. La estabilidad atmosférica se determinó a partir de la longitud de Monin-Obukhov (L) estimada como una función del número de Richardson Bulk (Ri_B) (Stull, 1988). El z_0 fue estimado, utilizando mínimos cuadrados, a partir del perfil vertical del viento observado en distintas condiciones de estabilidad y considerando válido el perfil de viento que surge de la aplicación de la teoría de la semejanza de Moni-Obukhov para condiciones diabáticas (Monteith 1973):

$$u(z) - n(z-d) \frac{\partial T}{\partial u} \frac{g}{T} = \frac{u_*}{k} \ln \left(\frac{z-d}{z_0} \right) \quad (1)$$

Donde u_* es la velocidad de fricción y representa una medida de la transferencia de cantidad de movimiento en la capa de superficie, k es la constante de von Kármán, z la altura sobre el suelo, \bar{T} es la temperatura media del perfil a la altura de la estimación del valor de Richardson Bulk, $\partial T / \partial u$ es la pendiente de la relación entre la temperatura y el perfil del viento dentro de la capa de aire estudiada. El parámetro n es una constante empírica que surge de considerar las expresiones de la función adimensional de cantidad de movimiento (Φ_m) para condiciones estables e inestables. Se hace aquí la suposición de que la parametrización en función de (z/L) es lineal para ambas condiciones de estabilidad. Para ello se utilizaron los perfiles propuestos por Zilitinkevich y Tschalikov (1968) y corregidos por Högström (1988):

$$\Phi_m \left(\frac{z-d}{L} \right) = \begin{cases} 1 + 9.4 \frac{z-d}{L} & \frac{z-d}{L} \geq 0 \\ 1 + 1.38 \frac{z-d}{L} & 0 > \frac{z-d}{L} \geq -0.15 \end{cases} \quad (2)$$

Se consideraron como condiciones neutras aquellos casos que cumplieran con la condición $|L^{-1}| \leq 0.01$. Las condiciones inestables con $z/L < -0.15$ fueron desechadas. Se eliminaron situaciones con velocidades de viento a 2 m de altura inferiores a 0.5m/s y sólo se analizaron los casos con dirección de viento proveniente de las direcciones (NO, N, NE). Por el tamaño del terreno y la posición de la torre de observación, con estas direcciones se garantizó el fetch necesario para calcular parámetros característicos a través del método de los perfiles aerodinámicos. Con la información meteorológica observada sobre un

total de 93 días se obtuvieron 1592 casos en los cuales la estabilidad estática fue de tipo neutral, 500 casos inestables y 1177 casos estables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta la variación del z_0 durante el ciclo de desarrollo del cultivo de soja (Fig.1). A diferencia de lo observado en otros experimentos sobre coberturas vegetales (Gassmann y otros, 2004), la sequía que caracterizó el verano 2008-2009 generó una estructura de cobertura vegetal más baja y con menor densidad foliar que en otros años.

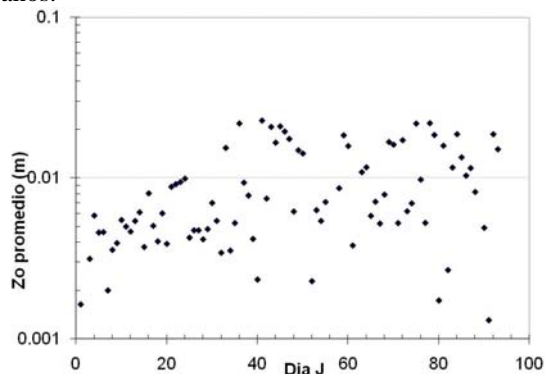


Figura 1: Variación del parámetro de rugosidad en condiciones neutrales con los días julianos.

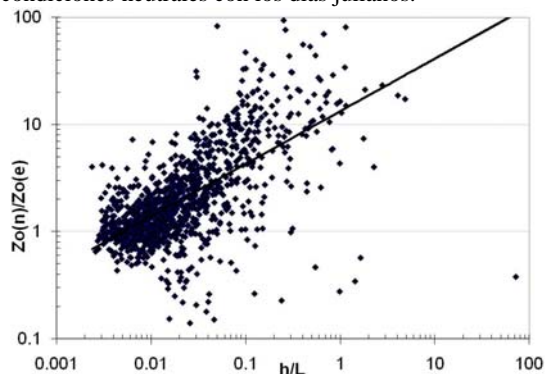


Figura 2: Parámetro de rugosidad en condiciones estables $z_0(e)$ comparado con su valor para condiciones neutrales $z_0(n)$ en los distintos estadios de desarrollo del cultivo, en función del parámetro de estabilidad atmosférica h/L .

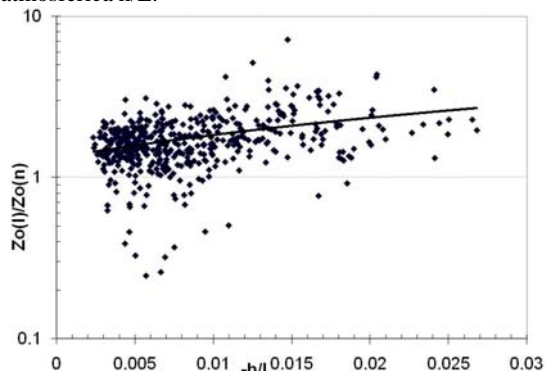


Figura 3: Parámetro de rugosidad en condiciones inestables $z_0(I)$ comparado con su valor para condiciones neutrales $z_0(n)$ en los distintos estadios de desarrollo del cultivo, en función del parámetro de estabilidad atmosférica h/L .

Esto se refleja tanto en los valores de z_0 obtenidos a lo largo de la campaña como en la variación durante el ciclo, ya que no se observa con claridad el máximo relativo asociado al período previo al fenecimiento foliar que ocurre durante el llenado de frutos, que produce una posterior disminución del valor de este parámetro. En las Figuras 2 y 3 se presentan los cocientes entre el parámetro de rugosidad en condiciones neutrales sobre el estable ($z_0(n)/z_0(e)$) y el inestable sobre el neutral ($z_0(i)/z_0(n)$), respectivamente, en función del parámetro de estabilidad h/L , donde h es la altura de la cobertura vegetal para las distintas etapas de desarrollo del cultivo durante el período analizado. Se presentan en el gráfico ajustes potenciales en línea llena. El parámetro de rugosidad tiende a disminuir para condiciones cada vez más estables. En condiciones inestables el parámetro de rugosidad es mayor que en condiciones neutrales, aunque del mismo orden de magnitud.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que z_0 varía su orden de magnitud sobre una superficie con cobertura vegetal cuando las condiciones de estabilidad difieren de las neutrales, llegando a ser su variabilidad de orden 2 en los casos estables. Esta variabilidad es relevante a la hora de estimar el valor de este parámetro en los modelos de pronóstico del tiempo y del clima.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con apoyo del proyecto de investigación UBACyT X440/08).

REFERENCIAS

- Gassmann, M.I., Gardiol, J.M., Gaviglia, O. 2004. Estimación de la longitud de rugosidad y del plano de desplazamiento en un cultivo de trigo usando el área frontal. *X Reunión Argentina de Agrometeorología y IV Reunión Latinoamericana de Agrometeorología*. Mar del Plata, Argentina. 13 al 15 de octubre de 2004
- Högström U. 1988. Non-dimensional wind and temperatura profiles in the atmospheric surface layer. A re-evaluation. *Boundary Layer Meteorol* 42: 55-78
- Monteith J.L. 1973. *Principles of Environmental Physics*. Academic Press.
- Stull, R. 1988. *Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Kluwer Academic Press
- Raupach M.R. (1994) Simplified Expressions for Vegetation Roughness Length and Zero-Plane Displacement. *Boundary Layer Meteorol.* 71: 211-216.
- Zilitinkevich S.S., Mammarella I., Baklanov A.A., Joffre S.M. 2008. The Effect of Stratification on the Aerodynamic Roughness Length and Displacement Height. *Boundary Layer Meteorol.* 129: 179-190
- Zilitinkevich S.S., Tschalikov D.V. 1968. Determination of universal profiles of wind velocity and temperature in the surface layer of the atmosphere. *Izv AN SSSR, Fiz Atm Okeana* 4: 294-302

ALMACENAJE DE AGUA DEL SUELO AFECTADO POR CADA COMPONENTE DE UN INTERCULTIVO MAÍZ-SOJA

Valenzuela, C.¹, Della Maggiora, A.¹, Echarte L.², Cambareri M.¹

¹Unidad Integrada Balcarce (Facultad Ciencias Agrarias, UNMdP - INTA), ² CONICET

E-mail: adellamaggiora@balcarce.inta.gov.ar

Palabras clave: intercultivo, maíz, soja

INTRODUCCIÓN

El intercultivo (IC) es un sistema en el que dos o más especies comparten la misma superficie, durante todo o parte de su ciclo, y puede tener ventajas respecto de los cultivos puros. Estas ventajas pueden estar asociadas a un mejor uso de los recursos aéreos o subterráneos basados en la complementariedad temporal y espacial al crecer juntos (Morris y Garrity, 1993). En este trabajo se estudia la utilización del recurso agua por los componentes de un IC maíz-soja. Dado que ambos cultivos presentan su mayor consumo de agua en diferentes momentos (Della Maggiora et al., 2000) y que el maíz puede extraer agua de capas más profundas que soja, se esperaría complementariedad temporal y espacial en el uso de agua cuando se cultivan juntos, tal como se ha detectado en el IC girasol-soja (Cerrudo, 2007). En este trabajo se analiza el almacenaje de agua (Alm) en el IC maíz-soja con dos arreglos espaciales en términos de (i) su evolución en el tiempo y (ii) su variación por capas de suelo, en interfases soja-soja, maíz-soja o maíz-maíz. La finalidad es detectar si existe complementariedad espacial y/o temporal entre sus componentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la UIB Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP-EEA INTA Balcarce. Se empleó un diseño en bloques aleatorizados con 3 repeticiones. Los tratamientos de IC fueron a) dos surcos de soja (S) y uno de maíz (M), (2S-1M), y b) tres surcos de soja y dos de maíz (3S-2M). El híbrido de maíz DKC51-45AR2 se sembró el 18/10/07 con una densidad de 4 plantas m⁻² y el cultivar SPS 4500 de soja se sembró el 3/12/07 con una densidad de 28-30 plantas m⁻². La distancia entre surcos fue 0,52 m y la longitud 12 m, con una orientación N-S. Se aplicó riego por goteo. La humedad del suelo se midió semanalmente con el método gravimétrico en la capa superficial (0-0,1 m) y el de atenuación de neutrones en capas más profundas (0,1-1,6 m). Los tubos de acceso se colocaron: a) entre dos surcos de soja (S-S) y entre soja y maíz (S-M) en 2S-1M y b) en las posiciones S-S, S-M y M-M en 3S-2M. El cambio en el almacenaje de agua en el perfil del suelo en cada posición se utilizó como indicador de la profundidad y magnitud de la extracción de agua en 5 intervalos de la estación de crecimiento (EC).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el IC 2S-1M, el Alm inicial fue similar en las posiciones S-S y S-M, entre 42 y 90 días desde emergencia de maíz (DDEM), la mayor extracción de agua por parte de maíz determinó un mayor decrecimiento en el entresurco S-M en la capa más superficial, mientras que en la capa más profunda la diferencia más marcada entre posiciones se observó entre los 76 y 118 DDEM, cuando las raíces de maíz estarían explorando las capas más profundas de suelo (Figura 1). Al final de la EC, desde los 153 DDEM, el cultivo de maíz ya se había cosechado y soja estaba al final del período de llenado de granos. El menor Alm en la posición S-S respecto de S-M indicaría que soja aún estaba extrayendo agua de la capa más superficial.

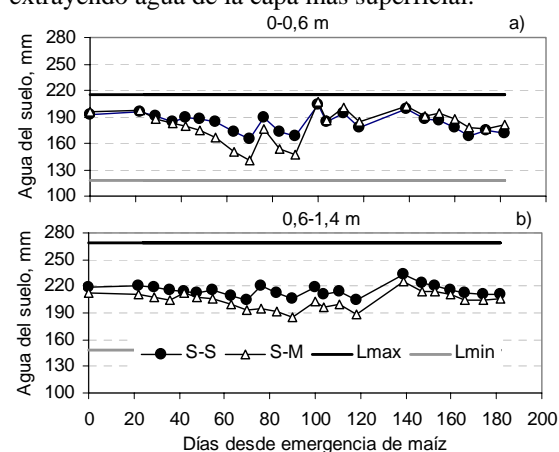


Figura 1. Evolución del almacenaje de agua del suelo en el IC 2S-1M en las posiciones S-S y S-M para dos capas de suelo a) 0-0,6 m y b) 0,6-1,4 m.

En el IC 3S-2M (Figura 2) la evolución del Alm fue similar en las posiciones S-M y M-M indicando que maíz predominaría en el patrón de extracción de S-M. La posición S-S se diferenció del resto en los mismos períodos que en el IC 2S-1M, aunque las diferencias fueron más marcadas. En la Figura 3 se muestra el patrón de variación de almacenaje (VA) y la FAD (fracción de agua disponible) en los dos arreglos de IC. En el primer intervalo (22-36 DDEM) la VA estuvo limitada a la capa superficial, atribuida en parte a pérdidas por evaporación. En el segundo intervalo (42-70 DDEM) se observó VA hasta un metro en las posiciones S-M en ambos IC y en M-M en el IC 3S-2M debido al crecimiento del cultivo de maíz, mientras que en la posición S-S se detectó VA sólo hasta los 0,4-0,6 m y de menor magnitud ya que la soja se encontraba poco desarrollada. El tercer intervalo (76-90 DDEM) fue el de mayor

competencia por agua en las capas superiores, dado el crecimiento simultáneo de ambos cultivos, produciendo una gran reducción en la FAD, especialmente en el IC 3S-2M y condicionando una importante VA en las capas más profundas. En el entresurco S-S se conservó alta la FAD y la mayor VA se observó hasta 0,6 m. El IC 2S-1M en este tercer intervalo se diferenció del IC 3S-2M en las capas profundas ya que la VA fue similar en las posiciones S-M y S-S, en esta última la VA podría atribuirse a extracción por maíz que aprovecharía la mayor disponibilidad hídrica de este sitio, siendo que no se verificó extracción en esas capas en el cultivo puro de soja (datos no presentados). Entre 100 y 118 DDEM tomó más importancia la VA en S-S respecto de S-M y M-M en capas más superficiales, siendo similares en capas profundas. En el último intervalo, el maíz se había cosechado y es clara la extracción de soja en el IC 3S-2M, pero no se diferenció la VA entre posiciones en el IC 2S-1M en capas profundas.

CONCLUSIONES

La profundidad y la magnitud de extracción de agua del suelo fue mayor en el IC 3S-2M que en el IC2S-3M, debido a la mayor proporción de maíz en el primero. Hasta la floración de maíz los entresurcos cercanos a las líneas de maíz (S-M y

M-M) fueron los sitios de mayor VA, tanto en capas superficiales como profundas. A partir de la floración de la soja la mayor VA se observó en las capa 0-0,4 m del entresurco S-S, dado que maíz ya estaba senesciendo. Estos resultados demuestran que hay complementariedad espacial y temporal en la extracción de agua entre los dos integrantes del IC S-M, lo que podría contribuir a una mayor eficiencia en el uso de agua de este sistema respecto de los cultivos puros.

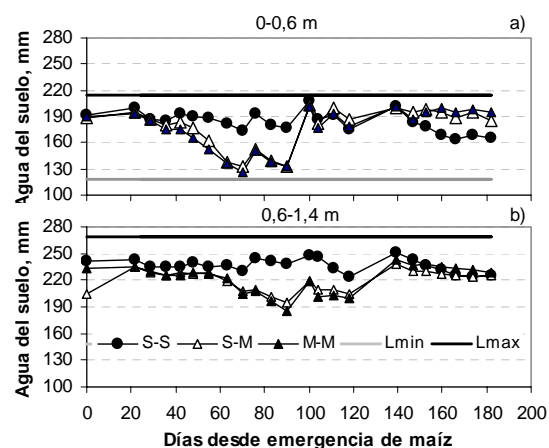


Figura 2. Evolución del almacenaje de agua del suelo en el IC 3S-2M en las posiciones S-S, S-M y M-M para dos capas de suelo a) 0-0,6 m y b) 0,6-1,4 m.

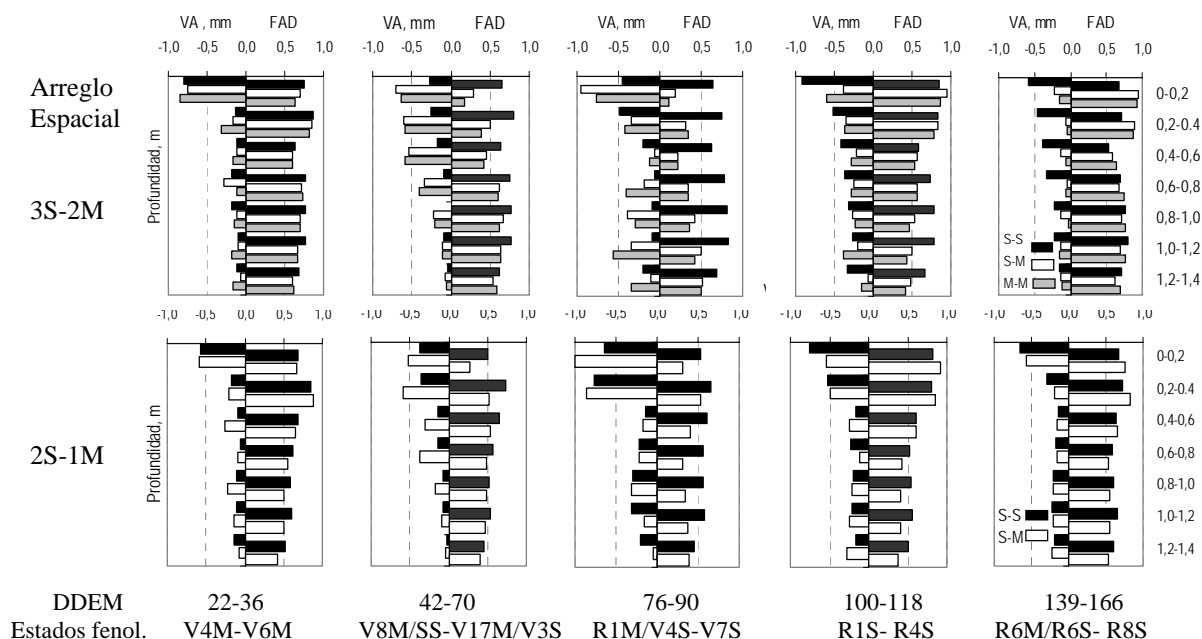


Figura 3. Perfiles medios de VA y FAD en 5 intervalos de la EC del IC S-M en DDEM y en estados fenológicos de maíz según Ritchie y Hanway (1982) y de soja según Fehr y Caviness (1977), bajo 2 arreglos espaciales (3S-2M y 2S-1M).

REFERENCIAS

- Cerrudo, D. 2007. Captación de agua en intersembra girasol-soja y su respuesta a la densidad de plantas de girasol. *Tesis Ingeniero Agrónomo*. Fac. Ciencias Agrarias (UNMdP).
- Della Maggiora, A.; Gardiol, J.; Irigoyen, A. 2002. Requerimientos hídricos. pp. 157-173 En F. Andrade y V. Sadras (eds). *Bases para el manejo del maíz, girasol y soja*. Bs.As. Arg. 2º edición. Edit. Producciones Gráficas Sirio.
- Fehr, W.; Caviness, C. 1977. Stages of soybean development. *Special Report 80 ISU*, Ames, IOWA. 11: 929-931.
- Morris, R.A.; Garrity, D.P. 1993. Resource capture and utilization in intercropping water. *Field Crops Research*. 34: 303-317.
- Ritchie, S.; Hanway, J. 1982. How a corn plant development. Iowa State Univ. Coop. Ext. Serv. Spec. Rep. 48.

INTERCEPCIÓN DE RADIACIÓN Y RESPUESTAS DE RENDIMIENTO EN CULTIVOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) Y SOJA (*Glycine max* L.) CULTIVADOS EN FRANJAS.

Verdelli, D. M.¹; Leguizamón, E. S.²

¹ Estudiante de Posgrado, Proyecto Tesis Doctoral. ² Departamento de Sistemas de Producción Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario, Zavalla C.C. 14 (SAA2125), Santa Fe, Argentina. Tel: (+54) 34 1497 0080; Extn 139; Fax: (+54) 34 1497 019.

E-mail: dmverdelli@nodosud.com.ar

Palabras clave: intercepción PAR, índice de área foliar, tasa de crecimiento de cultivo.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista del uso de la radiación, un sólo cultivo al año utiliza una pequeña proporción del total disponible. Cálculos basados en medidas locales para cultivos extensivos indican que por ejemplo trigo, maíz y soja pueden capturar entre el 50-60% de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) durante la estación de crecimiento (Abbate, *et. al.*, 1995; Valentinuz, 1996; Della-Maggiora, *et. al.*, 2000. Otros factores que influyen la eficiencia del uso de radiación, el uso de agua y de nutrientes están relacionados con el genotipo y la ontogenia (Caviglia y Sadras, 2001).

La asociación de cultivos consiste esencialmente en el cultivo simultáneo o desfasado de dos o más cultivos en una misma superficie, con la finalidad de optimizar el uso de los factores y de recursos ambientales (Kantor y Syvia., 1999). El cultivo en franjas es una de las asociaciones posibles y consiste en la siembra de dos o más cultivos en franjas "lo suficientemente anchas para permitir las operaciones de siembra, pulverización y cosecha en forma separada, pero lo suficientemente angostas como para permitir la interacción entre los cultivos que la componen" (Andrews y Kassam, 1976).

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron conducidos en Monte Buey, Argentina (S: 32° 94'41"; W: 62°58'97") durante las campañas 2006-2007 (C1), 2007-2008 (C2) y 2008-2009 (C3), en un suelo Argiudol Típico, serie Monte Buey (MB1) (Carta de suelos de la República Argentina), cultivado bajo la modalidad de siembra directa desde 1996.

Las unidades experimentales se dividieron en siete tratamientos que incluyeron monocultura de maíz (i), de soja GM III (ii) y GM V (iii), franjas de maíz con soja GM III (iv), franjas de maíz con soja GM V (v), franjas de soja III con maíz (vi) y franjas de soja GM V con maíz (vii). El tamaño de las parcelas fue de 8 m. de longitud x 19 m. de ancho (36 surcos). En los cuatro tratamientos que incluyeron franjas, éstas se sembraron en la parte central de la parcela con 12 surcos y a ambos costados se sembraron los surcos restantes con el cultivo acompañante. La distancia entre hileras fue 0.52 m., y el sentido de siembra este-oeste. El diseño experimental fue en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La fertilización se

realizó teniendo en cuenta la extracción de nutrientes de los cultivos. El control de malezas e insectos se realizó según los umbrales de daño correspondientes.

Los datos correspondientes a temperatura, radiación recibida y precipitaciones fueron obtenidos a través de la estación meteorológica automática situada a 1500 m.

Se efectuaron mediciones de IPAR, Peso Seco, rendimiento y sus componentes. Con estos datos se calculó la tasa de crecimiento del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La intercepción de la radiación en las hileras de maíz del borde de las parcelas fue mayor que en las ubicadas en el centro de la franja o en el monocultivo, lo cual contribuyó a una mayor tasa de crecimiento de cultivo y mayor acumulación de biomasa. (Fig. 1a). En soja, las hileras del borde norte interceptaron menor radiación ya que el maíz adyacente, en estadíos avanzados, le proporcionó un gran sombreado con respecto al resto de las hileras y la monocultura. Sin embargo, en las hileras del borde sur, no se registraron diferencias en la intercepción de radiación, en comparación con las hileras más internas o las de la monocultura. (Fig. 1b). En las hileras de ambos bordes, sin embargo, el cultivo de soja evidenció menor tasa de crecimiento y menor acumulación de biomasa.

Los rendimientos de maíz asociados con soja (franja) aumentaron entre 12,8 y 15,6 % respecto de su monocultura. Esta diferencia se manifestó en los tres años de manera significativa (Tabla 1). Los rendimientos de soja asociados con maíz (franja) disminuyeron entre 1,6 a 13,5%, aunque esta disminución no fue significativa para los tres años en ambos cultivares (Tabla 1). La eficiencia en el uso de la radiación (EUR) no difirió significativamente entre los tratamientos.

Considerando el sistema franja en conjunto, el rendimiento fue mayor que las monoculturas, ya que las reducciones en soja se sobre compensaron por un aumento significativo en el rendimiento de maíz. Resultados similares fueron encontrados por otros autores (Ghaffarzadeh *et al.*, 1997; Lesoing y Francis. 1990).

Tabla 1. Rendimiento de los diferentes tratamientos en las campañas 2006-2007 (C1), 2007-2008 (C2) y 2008-2009 (C3). Letras diferentes indican DMS $p < 0.05$.

Tratamiento	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)		
	C1	C2	C3
Maíz Monocultura	13635b	12520c	12897c
Maíz Soja III	15685a	14360ab	15288a
Maíz Soja V	16050a	14757a	15288a
Soja III Maíz	4362e	2316f	3012g
Soja III Monocultura	4642e	2822g	3348g
Soja V Maíz	4632e	3204g	3336g
Soja V Monocultura	4566e	3428g	3612g

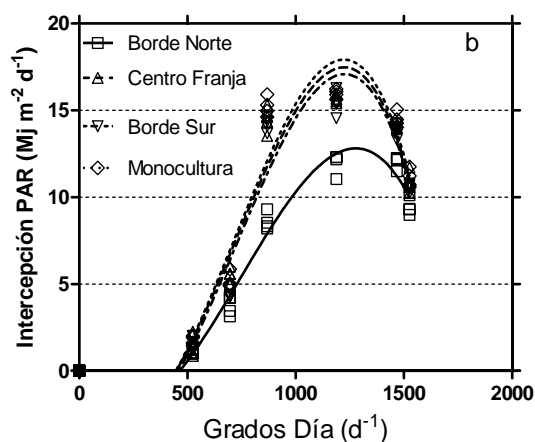
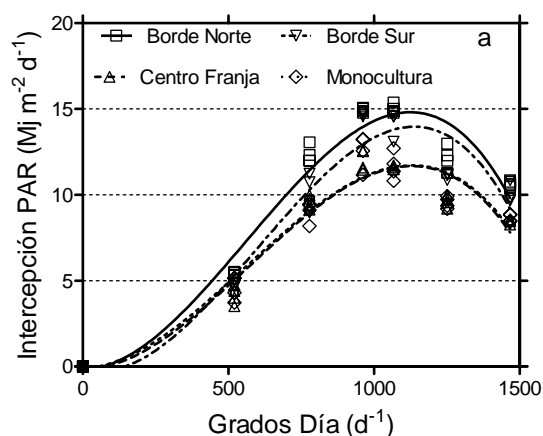


Figura 1. Intercepción PAR promedio de los tres años de evaluación. **a)** durante el ciclo de cultivo de la franja de maíz acompañado con soja, en el borde norte, centro y sur de la franja, comparado con la monocultura de maíz. **b)** durante el ciclo de cultivo de la franja de soja acompañado con maíz, en el borde norte, centro y sur de la franja, comparado con la monocultura de soja.

CONCLUSIONES

Las plantas de maíz en los bordes de las franjas capturaron más radiación y presentaron mayor tasa de crecimiento y acumulación de biomasa, aunque

no hubo diferencias en la EUR. Esto contribuyó a una mayor tasa de crecimiento de cultivo a partir de R1, momento sustancial en la fijación del número de granos.

No hubieron ventajas en las franjas de cultivos de soja, en comparación con los de sus monoculturas. Por otra parte, dependiendo del año o de la variedad, las plantas en las hileras del borde mostraron menor rendimiento. El menor rendimiento se explica por una menor acumulación de biomasa, como consecuencia de una IPAR menor. Sin embargo, la IPAR no se redujo en la hilera 12 (hacia el sur). El rendimiento del sistema de cosecha en franjas fue mayor que la de los monocultivos, ya que las reducciones de rendimientos en la soja se compensaron por un aumento significativo en los rendimientos de maíz. Los resultados demuestran que el cultivo en franjas es un sistema que puede ser adoptado en los sistemas extensivos de producción de cultivos de la pampa ondulada, contribuyendo así a la mejora y sostenibilidad de los monocultivos actuales sistemas de cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a J. R. Perez y G. Verdelli por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

- Abbate, P.E., Andrade, F.H., Culot, J.F., 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grain in wheat. *J. Agric. Sci.* 124, 351-360.
- Andrews, D.J. & A.H. Kassam. 1976. Importance of multiple cropping in increasing world food supplies. pp. 1-10, In R.I. Papendick, A. Sanchez, and G.B. Triplett (eds.) *Multiple Cropping*. ASA (American Society of Agronomy) Spec. Pub. 27.
- Caviglia, O.P., V.O. Sadras. 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water- and radiation - use efficiency of wheat. *Field Crops Res.* 69, 259-266.
- Della-Maggiara, A.I., Gardiol, J.M., Irigoyen, A.I., 2000. Requerimientos hídricos. In: *Andrade, F.H., Sadras, V.O. (Eds), Bases para el manejo del maíz, girasol y la soja. Ed. Médica Panamericana S.A., Balcarce, pp. 155-171.*
- Ghaffarzadeh M., Préchac F.G., Cruse R.M. 1997. Tillage effect on soil water content and corn yield in a strip intercropping system. *Agron. J.*;89: 893-899.
- Kantor, Sylvia., 1999. Intercropping. *Cooperative Extension Washington State University King County.*
- Lesoin, G.W., and C.A. Francis. 1990. Strip cropping of corn and soybean under dryland and irrigated conditions. *Agronomy Abstracts* 1990. ASA, Madison, WI. p. 150.
- Valentinuz, O.R., 1996. Crecimiento y rendimiento comparados de girasol, maíz y soja ante cambios en la densidad de plantas. *M.Sc. Thesis. UNMdP, Balcarce.*