

I. Efecto de la temperatura del suelo

Oswaldo Ernst*
Guillermo Siri*

INTRODUCCIÓN

Los resultados obtenidos a nivel nacional con siembra directa de cultivos graníferos muestran, que existe una alta probabilidad de obtener rendimientos iguales o inferiores a los logrados con laboreo convencional en el primer año de implementación de la técnica.

El no laboreo de los suelos determina un ambiente diferente para el crecimiento vegetal, el que puede resumirse como:

mayor compactación, menor disponibilidad de nitrógeno, mayor humedad, menor temperatura media y amplitud térmica, presencia de material orgánico en descomposición con liberación de toxinas, mayores posibilidades de anoxia.

La respuesta vegetal a este cambio en el ambiente se traduce en menor tasa de crecimiento inicial (primeros 30 a 40 días post emergencia). Cuando la estación de crecimiento es corta, esto puede limitar la producción total de biomasa y con ello, el rendimiento en grano.

Esto llevó a plantear un Proyecto de Investigación en 1994 cuyo objetivo fue determinar las causas del lento crecimiento inicial de los cultivos graníferos sembrados sin laboreo y sus posibilidades de manejo.

En el este artículo se resumen los resultados obtenidos sobre el efecto del cambio en el régimen térmico del suelo.

EFFECTO DEL LABOREO EN LA TEMPERATURA DEL SUELO

La modificación en el régimen térmico que impone el no laboreo del suelo ya fue descrita en un artículo anterior de esta Serie (ver **Cangué** No 4). La amplitud térmica se reduce, afectando fundamentalmente la máxima diaria y determinando una temperatura media diaria inferior (figura 1). La magnitud del cambio depende de la estación

del año considerada. En verano se han registrado hasta 8 grados Celsius menos y en invierno entre 2 y 4 grados Celsius. En ambos casos la variación se produce dentro

de un rango de alta repuesta vegetal a la temperatura y depende de la cantidad de rastrojo que queda sobre el suelo y su geometría.

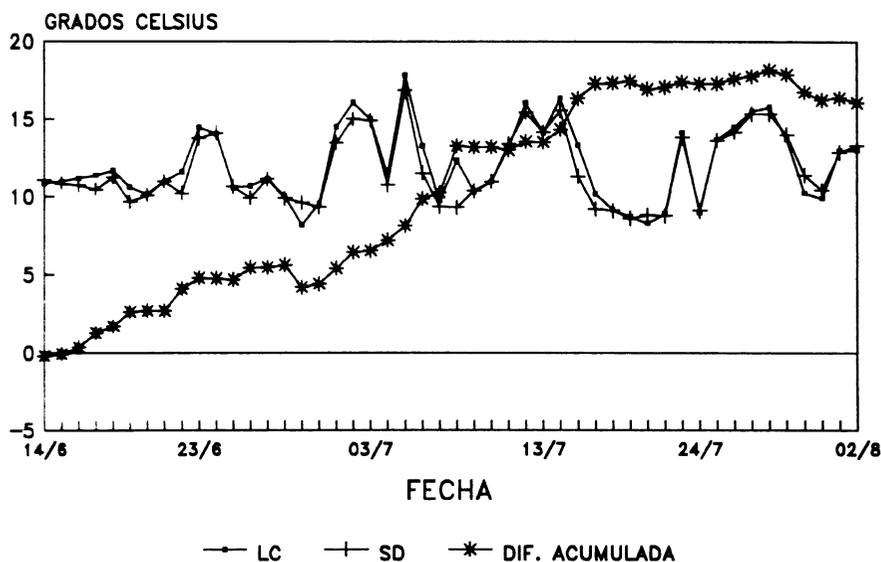


Figura 1. Evolución de la temperatura del suelo con y sin laboreo y su efecto sobre la acumulación térmica. (Condon, Siri y Ernst, s/p)

Las pequeñas variaciones diarias acumuladas en el tiempo determinan una marcada diferencia en los grados día acumulados hasta la cobertura del suelo por el cultivo, momento a partir del cual éste comienza a gobernar la variación de temperatura del suelo. Esto ocurre antes en cultivos de invierno que en los de verano.

RESPUESTA VEGETAL AL CAMBIO DE TEMPERATURA

El tiempo en que se repite determinado evento en una planta (plastocron) está gobernado por la temperatura y el fotoperíodo.

Esto ha llevado a expresar al plastocron en "tiempo térmico".

En el caso de los cereales, el meristemo apical y la zona de crecimiento se ubican por debajo de la superficie del suelo en el entre siembra y fin de macollaje (Zadoks 3.0). Como la tasa de formación de primordios foliares es mayor que la de aparición de hojas, el efecto de la temperatura del suelo durante este periodo se dilata en el tiempo, pudiendo afectar la tasa de aparición y elongación de hojas. El tema está ampliamente desarrollado en la revisión bibliográfica realizada por Kemanian y Leites (1996)

En los cultivos de hoja ancha el efecto se reduce a siembra-emergencia.

EFFECTO SOBRE LA EMERGENCIA

En el cuadro 1 se presenta información relacionada al efecto de la temperatura del suelo sobre los días a emergencia de cultivos de invierno.

* Ings. Agrs., Cátedra de Cereales y Cultivos Industriales, EEMAC.

Cuadro 1. Efecto de la temperatura del suelo y profundidad de siembra sobre la emergencia de trigo y cebada (Adaptado :Russelle y Botton ,1980),

Temperatura del suelo oC (10 cm)	Días para 70% emergencia	
	Trigo	Cebada
18	8	7
14	11	10
10	16	16
8	32	-

La acumulación de temperatura entre siembra y emergencia en trigo y cebada oscila entre 120-150 oC. cuando no existe restricción hídrica, por lo que sólo por este efecto ya comienza a registrarse un retraso en el crecimiento y desarrollo de los cultivos sembrados sin laboreo y con rastrojo en superficie.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO POST-EMERGENCIA

Como forma de aislar el efecto sobre el período siembra-emergencia, se realizaron trabajos en condiciones controladas, utilizando semilla pre-germinada y controlando la temperatura del suelo. De esta forma se logró llevar al suelo sin laboreo al mismo régimen térmico que al laboreado y viceversa.

La temperatura del suelo como "efecto principal" determinó un retraso en el desarrollo del tallo principal y los tres primeros macollos de plantas de cebada nacidas el mismo día (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estado de desarrollo (Escala Haun) del tallo principal y los macollos 1, 2 y 3, en dos regímenes térmicos y condiciones de suelo, 36 días post-emergencia. (Kemanian y Leites, 1996)

Tratamientos	tallo principal	macollo 1	macollo 2	macollo 3
temperatura T1	7.19 **	4.40 *	3.73**	2.52**
temperatura T2	6.76	4.17	3.27	2.11
L.C.	7.07	4.40 *	3.61 *	2.45 *
S.D.	6.88	4.17	3.39	2.18

** , * diferencias significativas al 1 y 5% respectivamente

T1= temperatura de suelo laboreado

T2=temperatura de suelo no laboreado

El laboreo o no del suelo modificó el desarrollo de los macollos pero no del tallo principal, su efecto fue comparativamente menor al de la temperatura. No se registró interacción entre ambos factores por lo que actuaron en forma aditiva. El ambiente generado por la siembra directa (suelo más frío) determinó un menor desarrollo que el del laborado. Al igualar las temperaturas de ambos laboreos las diferencias se redujeron.

A su vez, la temperatura del suelo modificó el estado nutricional (porcentaje de nitrógeno) de las plantas a los 23 días post emergencia en forma independiente del laboreo. El porcentaje de nitrógeno de las plantas que crecieron en suelo frío fue 5.52% contra 5.80% a la temperatura de un suelo laboreado con una absorción total del nutriente 20% inferior. Este efecto se agudizó en suelo no laboreado a los 36 días post-emergencia (Cuadro 3)

Cuadro 3. Porcentaje de nitrógeno (N), absorción de nitrógeno (mgN) y estado de desarrollo (Haun)

de plantas de cebada creciendo sobre suelo con y sin laboreo (convencional y directa) en dos regímenes de temperatura de suelo (normal y baja) (Kemanian y Leites, 1996)

Laboreo	Temperatura	%N	mg N	Haun
convencional	normal	4.61	30	7.32
directa	baja	2.22	21	6.40
directa	normal	3.48	22	7.07
directa+N (*)	normal	4.14	33	7.08

(*) siembra directa +nitrógeno

Normal= Temperatura de un suelo laboreado

Baja+= Temperatura del suelo sin laboreo

Modificando sólo el régimen térmico del suelo no laboreado se logró mejorar el estado nutricional de las plantas e igualar el desarrollo de aquellas que crecieron sobre "laboreo". El efecto fue totalmente corregido cuando, además, se incrementó la disponibilidad de nitrógeno.

La figura 2 muestra el resultado final sobre el peso de planta.

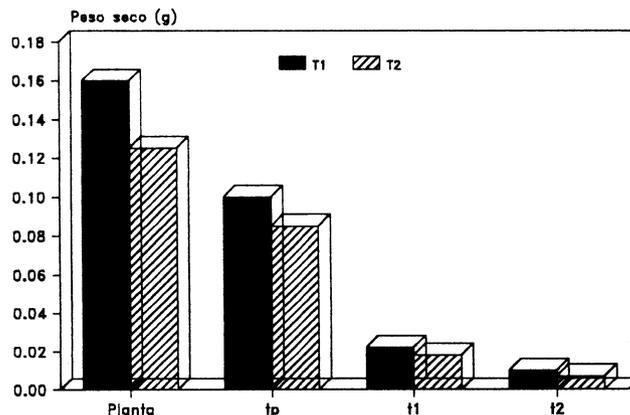


Figura 2. Peso de parte aérea, tallo principal (tp) y macollos 1 y 2 (t1 y t2) a los 23 días post-emergencia, a dos regímenes térmicos de suelo (T1 y T2). Los números sobre las barras representan el porcentaje respecto a T1. (Kemanian y Leites, 1996)

El efecto de la temperatura del suelo fue más importante sobre los tallos de menor edad, determinando que el peso de planta a los 23 días de emergidas fuera un 25% inferior sobre suelo "frío". A los 36 días la diferencia se mantuvo en un promedio de 18%, con un fuerte efecto del estado de desarrollo de la planta. La diferencia no se debió a menor macollaje sino a menor peso, el que fue condicionado por el estado de desarrollo. Como la diferencia en éste fue sólo de 0.4 puntos de la escala Haun, lo que representa 3 días de crecimiento, los autores suponen, además, un efecto directo de la temperatura del suelo sobre el crecimiento.

Resultados obtenidos a nivel de campo confirman la incidencia del retraso en el desarrollo del cultivo en condiciones de no laboreo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje tallos de plantas de cebada creciendo sobre suelo con o sin laboreo con el ápice de crecimiento en estado vegetativo, doble arruga y doble arruga-espigazón. (Condon, Hoffman y Ernst, 1995)

Tallos		Vegetativo	Doble arruga	d. arruga/espigazón	macollos planta	% tallos en reproductivo
Laboreo Convencional	TP	20	50	30	5	60
	T1	60	40			
S. Directa	TP	20	70	10	3.8	50
	T1	80	20			

En este caso se marcaron plantas nacidas el mismo día y se cuantificó el desarrollo del ápice vegetativo.

Para una misma fecha calendario, la proporción de tallo de cebada provenientes de tratamientos sin laboreo, que se encontraron en un estado de desarrollo más avanzado fue menor, lo que implica que su "edad" fue diferente.

En un trabajo posterior, realizado con sorgo granífero, se obtuvieron resultados similares (figura 3).

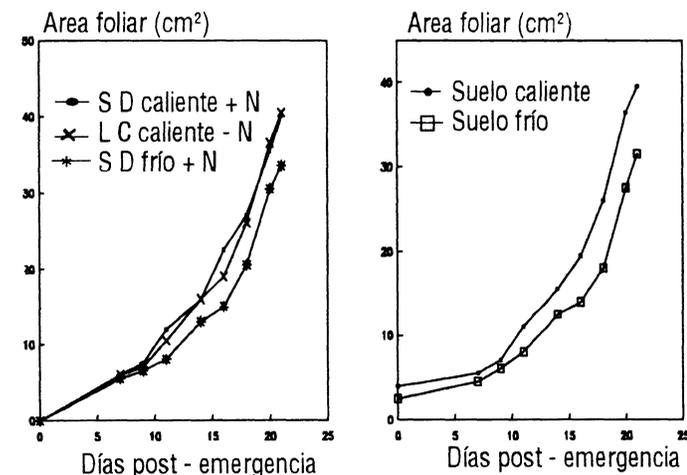


Figura 3. Evolución del área foliar por planta de sorgo creciendo en dos regímenes térmicos del suelo (normal y baja) con y sin laboreo (LC,SD) (O'Brien y Willebal, 1997).

La temperatura del suelo fue determinante de la tasa de crecimiento (área foliar/planta) de plantas de sorgo granífero nacidas el mismo día.

Al igualar los regímenes térmicos del suelo, el crecimiento y desarrollo de las plantas fue independiente del laboreo o no del suelo.

Ambos trabajos fueron realizados sobre situaciones con más de 5 cultivos previos sin laboreo, sobre situaciones de compactación sustancialmente diferentes a las encontradas normalmente en los cultivos cabeza de rotación, por lo que no es posible descartar su efecto en estas situaciones.

POSIBILIDADES DE MANEJO

Las alternativas de manejo evaluadas para corregir el problema fueron: época de siembra (buscando dar el tiempo necesario para cumplir con el normal desarrollo del cultivo) y el manejo de la

cobertura de rastrojo (reduciendo el impacto del no laboreo sobre la temperatura del suelo).

En este artículo se presenta sólo un avance con respecto al efecto de la época de siembra (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de la época de siembra de cebada y tipo de laboreo (convencional y siembra directa) sobre los días necesarios para alcanzar 3 hojas desarrolladas, aparición del primer macollo (T1) y número de hojas a los 30 días de post siembra (Condon, Siri, Hoffman, Ernst, 1995).

Fecha de emergencia	laboreo	días para alcanzar 3 hojas	T1	Nro de hojas a los 30 días post - siembra
13/6	LC	22.5	21.6	4.43
13/6	SD	22.5	23.0	4.07
3/7	LC	18.3	19.3	4.75
3/7	SD	18.0	21.0	4.84
22/7	LC	13.7	14.9	6.62
23/7	SD	17.5	24.1	5.02
29/8	LC	15.4	15.8	6.40
29/8	SD	18.6	20.4	5.14

LC= laboreo convencional SD= siembra directa

En las cuatro épocas existió un retraso en la aparición de los macollos en siembra directa, pero el efecto fue más marcado en las dos últimas, cuando se hizo máxima la diferencia de temperatura a nivel del suelo. Al inicio de la estación de siembra de los cultivos de invierno el suelo se está enfriando y las diferencias en temperatura no son tan importantes como hacia el final. En la siembra más tardía (agosto), el macollo 3 apareció sólo en una proporción de las plantas y su crecimiento fue sensiblemente retrasado, determinando además, una muy baja fertilidad del tallo. El rendimiento final en grano logrado con siembra directa pasó de un 2% menor en relación al laboreo convencional en la siembra del 6 de junio a 42% menor en la del 15 agosto. Si bien estas diferencias no son sólo atribuibles a la temperatura del suelo, los resultados coinciden con los de otras zonas del mundo (Inglaterra, Australia), donde la época de siembra para cultivos sembrados sin laboreo se adelanta en relación al laboreo convencional.

CONSIDERACIONES FINALES

La menor temperatura del suelo determinada por el no laboreo y la cobertura del suelo con rastrojo, retrasa el desarrollo de los cultivos de invierno y verano (gramíneas) lo que determina un crecimiento diferencial a igual fecha calendario. Cuando ésta es corregida en función del "tiempo térmico" necesario para cumplir cada etapa del desarrollo, las diferencias se reducen. El efecto opera mientras el punto de crecimiento se encuentra debajo de la superficie del suelo y/o el cultivo cubrió la entre fila.

Como la diferencia en la temperatura media del suelo se incrementa al avanzar la estación de siembra de los cultivos de invierno, el manejo de la fecha de siembra aparece como una medida capaz de reducir el efecto y/o dar mayor tiempo para el desarrollo de las plantas. En cultivos de verano, la menor tasa de ganancia de calor de un suelo no laboreado y cubierto por rastrojo retrasa el momento en que se alcanza la temperatura media óptima para la germinación, variable de particular importancia en sorgo y soja. ■