

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DEL MANEJO DEL BARBECHO SOBRE
DISPONIBILIDAD DE N-NO₃⁻, AGUA Y CONDICIÓN FÍSICA DEL
SUELO E IMPLANTACIÓN DE SORGO GRANÍFERO SEMBRADO
SIN LABOREO SOBRE UN VERDEO DE AVENA.

por

Pablo FARINA LOPEZ
Alfredo GAUTHIER VERA

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.**

Montevideo
Uruguay
2006

Tesis aprobada por:

Director: -----
Oswaldo Ernst

Guillermo Siri

Jorge Sawchick

Fecha: -----

Autor: -----
Pablo Farina López

Alfredo Gauthier Vera

AGRADECIMIENTOS

A Oswaldo por orientarnos y apoyarnos en este trabajo y en nuestra carrera.

A Monico, Pandulli, Juan Diego y todo el personal de la EEMAC por ayudarnos en la realización de este trabajo.

A todos los compañeros y amigos que nos dejó nuestra etapa de estudiante.

A nuestros compañeros de trabajo.

A nuestras familias por su apoyo continuo.

A Elena, María Laura y Valentina por estar siempre y bancarnos todo.

Muchas gracias

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
A. CONCEPTOS GENERALES.....	2
B. AGREGADOS DEL SUELO.....	2
1. <u>Efecto sobre el cultivo</u>	3
2. <u>Factores que afectan los agregados</u>	4
a. Sistemas de laboreo.....	4
b. Enmiendas orgánicas.....	5
c. Cobertura del suelo.....	5
d. Biología del suelo.....	6
e. Gases y nutrientes.....	6
f. Manejo del barbecho.....	6
g. Ambiente.....	7
C. COMPACTACIÓN Y RESISTENCIA A LA PENETRACION.....	7
1. <u>Efecto sobre el cultivo</u>	7
2. <u>Factores que afectan la compactación</u>	10
a. Humedad del suelo.....	10
b. Densidad aparente.....	10
c. Textura.....	10
d. Sistema de laboreo.....	10
e. Tráfico animal.....	11
f. Raíces.....	12
g. Profundidad del suelo.....	12
h. Manejo del barbecho.....	12
D. AGUA EN EL SUELO.....	12
E. SISTEMAS DE LABOREO.....	14
F. CALIDAD DE SIEMBRA.....	17
G. FERTILIDAD.....	20
H. TIEMPO DE BARBECHO.....	22
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	27
A. SUELOS.....	27
B. HISTORIA DE CHACRA.....	27
C. EXPERIMENTOS.....	27
D. DETERMINACIONES.....	30
E. HERRAMIENTAS Y CRITERIOS PARA LAS MEDICIONES.....	31
IV. <u>RESULTADOS</u>	34
A. RESULTADOS EXPERIMENTO 1.....	34
1. <u>Caracterización climática</u>	34
2. <u>Producción de materia seca de avena</u>	34

3. <u>Evolución del contenido de humedad del suelo</u>	37
4. <u>Disponibilidad de N-NO₃⁻ en el suelo</u>	38
5. <u>Disponibilidad de P en el suelo</u>	39
6. <u>Resistencia a la penetración</u>	40
7. <u>Rugosidad de la superficie</u>	41
8. <u>Tamaño de agregados del suelo</u>	42
9. <u>Densidad aparente y velocidad de infiltración</u>	43
10. <u>Caracterización del ambiente suelo al momento de la siembra y su efecto en implantación y crecimiento de sorgo</u>	44
a. <u>Situación a la siembra y emergencia</u>	44
b. <u>Desarrollo</u>	45
B. <u>RESULTADOS EXPERIMENTO 2</u>	48
1. <u>Caracterización climática</u>	48
2. <u>Producción de materia seca de avena</u>	48
3. <u>Evolución del contenido de humedad del suelo</u>	50
4. <u>Disponibilidad N-NO₃⁻ de en el suelo</u>	51
5. <u>Disponibilidad de P en el suelo</u>	51
6. <u>Resistencia a la penetración</u>	52
7. <u>Densidad aparente</u>	55
8. <u>Rugosidad de la superficie</u>	56
9. <u>Agregados</u>	57
10. <u>Infiltración</u>	58
11. <u>Implantación y crecimiento de sorgo</u>	58
a. <u>Emergencia de sorgo</u>	58
b. <u>Desarrollo de sorgo</u>	62
V. <u>DISCUSIÓN</u>	66
A. <u>DISPONIBILIDAD DE AGUA, NITRÓGENO Y CONDICIÓN FISICA DEL SUELO</u>	66
B. <u>IMPLANTACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DEL CULTIVO DE SORGO</u>	70
VI. <u>CONCLUSIONES</u>	72
A. <u>EXPERIMENTO 1</u>	72
B. <u>EXPERIMENTO 2</u>	72
C. <u>COMENTARIOS FINALES</u>	73
VII. <u>RESUMEN</u>	74
VIII. <u>SUMMARY</u>	75
IX. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	76
X. <u>ANEXOS</u>	83

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.		Página
1	Esquemas de diseño del experimento 1.....	28
2	Esquemas de diseño del experimento 2.....	29
Experimento1		
3	Cobertura del suelo (%) en función del tiempo de rebrote dado a la avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra (15/11).....	36
4	Disponibilidad de N-NO ₃ ⁻ (ppm) de 20-40 cm de profundidad en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación de herbicida total y siembra.....	39
5	Contenido de P (ppm) a la siembra (15/11) en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.....	40
6	Situación a la siembra de las diferentes variables en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.....	44
7	Resumen conjunto de resultados.....	67
Figura No		
Experimento 1		
1	Precipitaciones ocurridas durante el experimento y momento de inicio del barbecho de los diferentes tratamientos, siembra y estado V5 del sorgo.....	34
2	Evolución de la materia seca acumulada por avena según tiempo de barbecho, y momento de inicio de barbecho de cada tratamiento.....	35
3	Evolución de la humedad del suelo (g.g ⁻¹) en los primeros 20 cm. de profundidad en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación de herbicida total y siembra.....	39
4	Evolución de los nitratos de 0-20 cm de profundidad en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación de herbicida total y siembra.....	38
5	Evolución de la resistencia a la penetración (kg.cm ⁻²)del suelo en los primeros 7.3 cm. del perfil (a); y profundidad a la que se registró la resistencia de penetración de 2 kg.cm ⁻² (b), en respuesta al tiempo de rebrote de avena y días de barbecho químico.....	40
6	Evolución del índice de rugosidad en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.....	41
7	Evolución de la distribución del tamaño de agregados (% para cada clase de tamaño de agregados) para el promedio de los tratamientos.....	42
8	Evolución de la emergencia del sorgo en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.....	45
9	Peso de plantas de sorgo (gr) según fecha de muestreo.....	46
10	Desarrollo y N° de hojas de sorgo al 19/12 (26 días post siembra).....	46

	Experimento 2	
11	Precipitaciones ocurridas durante el experimento y momento de inicio del barbecho de los diferentes tratamientos, siembra y estado V5 del sorgo.....	48
12	Evolución de la materia seca de avena por hectárea según largo del barbecho.....	49
13	Evolución de la materia seca de avena por hectárea según número de pastoreos.....	49
14	Evolución de la humedad del suelo de 0-20 cm. según largo del barbecho.....	50
15	Evolución del contenido de nitratos de 0-20 cm de profundidad según largo del barbecho.....	51
16	Contenido de fósforo a la siembra, en superficie y en profundidad, según largo del barbecho (a) y tipo de laboreo (b).....	52
17	Evolución de la resistencia a la penetración a la primer marca del penetrómetro (a), y de la profundidad de penetración a los a los 2 kg.cm ² de fuerza aplicada (b), según largo del barbecho.....	53
18	Evolución de la resistencia a la penetración en los primeros 7.3 cm (primer marca del penetrómetro) (a), y profundidad a la que se determinó 2 kg.cm ² de fuerza aplicada(b), según tipo de laboreo.....	53
19	Evolución de la resistencia a la penetración del suelo (R), expresada en escala del 1 al 5, comparada con la evolución de la humedad (H), expresada en %, según largo del barbecho.....	54
20	Densidad aparente al 15/11 según tipo de laboreo (a) y largo del barbecho (b).....	55
21	Evolución de la rugosidad según largo del barbecho (a), y según tipo de laboreo (b).....	56
22	Evolución del tamaño de agregados, expresada como diferencia de porcentaje de las clases entre dos fechas (30/9 al 15/11), según largo del barbecho(a) y según tipo de laboreo (b).....	57
23	Evolución de la emergencia del sorgo según tipo de laboreo.....	58
24	Evolución de la emergencia del sorgo según largo del barbecho.....	60
25	Evolución de la emergencia del sorgo con o sin abresurco adicional.....	61
26	Evolución de la emergencia del sorgo con o sin rastrojo.....	62
27	Estado de desarrollo del sorgo (haun) al 19/12 (26 días post siembra) según diferentes variables.....	63
28	Nº de hojas del sorgo al 19/12 (26 días post siembra) según diferentes variables.....	63
29	Evolución del peso de plantas de sorgo según tipo de laboreo.....	64
30	Evolución de peso de plantas de sorgo según largo del barbecho.....	64
31	Evolución del peso de plantas de sorgo con o sin abresurco adicional.....	65

I. INTRODUCCIÓN

La siembra directa ha sido uno de los cambios tecnológicos mas importantes en la agricultura porque ha aportado al sistema productivo la posibilidad de sustentabilidad que antes no tenía, pues revirtió la degradación de suelos, permitió el crecimiento de la agricultura en áreas marginales y también causó impacto sobre la rentabilidad del productor. Este sistema ha revolucionado la forma de hacer agricultura en el mundo en los últimos años, sobre todo en América Latina, donde este cambio tecnológico se ha implementado con más velocidad e intensidad.

Pero un sistema de siembra directa si bien tiene sus ventajas también es verdad que trae consigo algunos problemas más de corto plazo pero que a veces constituyen una limitante del punto de vista productivo.

Una situación típica de nuestro sistema de producción y sobre la cual vamos a basar nuestro trabajo es el caso del fin de una pastura o verdeo invernal cuando se desea realizar un cultivo de verano. Aquí nos vemos enfrentados a un problema, ya que en la etapa de pasturas se generan situaciones adversas como la compactación de los suelos por el tráfico animal, lo cual puede traer consecuencias para el cultivo siguiente. En el caso del laboreo convencional la solución a corto plazo es fácil porque al mover el suelo desaparece esta compactación superficial. Entonces la pregunta es como manejar un cultivo para pastoreo de invierno y como hacer un barbecho para el de verano cuando estamos en un sistema agrícola-pastoril sin laboreo y buscamos las mejores condiciones físicas, hídricas y químicas para un cultivo exitoso.

En el presente trabajo nos planteamos la situación de una avena destinada a pastoreo lechero y diferentes situaciones de manejo en un sistema de siembra directa, buscando una adecuada implantación, desarrollo y rendimiento de un sorgo granífero.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. CONCEPTOS GENERALES

En la etapa de un verdeo para pastoreo directo se producen ciertos cambios negativos que afectan las propiedades del suelo. Dentro de estos cambios se encuentra el pisoteo y la compactación, esto afecta en forma directa e indirecta otras propiedades fundamentales para el crecimiento de un cultivo como la resistencia a la penetración de raíces, tamaño y estabilidad de agregados, densidad aparente, distribución de poros y aireación, capacidad de infiltración y almacenaje de agua, actividad microbiana, dinámica de nutrientes, rugosidad del suelo y riesgo de erosión, entre otras. Estos cambios inciden en la implantación y crecimiento de todo cultivo y por lo tanto en el resultado productivo y económico de nuestro sistema.

Según Ernst (1999) los niveles de compactación del suelo cuantificados en la salida de la fase de pasturas se ubican en el límite o por encima del nivel considerado como crítico para el crecimiento radicular de cultivos anuales, por lo que representa un problema a manejar.

Nuestro objetivo es estudiar y analizar en que magnitud afectan a este sistema las diferentes prácticas de manejo a realizar sobre el verdeo invernal con el propósito de encontrar la mejor alternativa de manejo para el cultivo de verano.

A continuación revisaremos las características que afectan y que son afectadas por este sistema.

B. AGREGADOS DEL SUELO

Un agregado es un grupo de partículas primarias que se unen con algunas partículas más fuertemente que con otras del suelo circundante. La mayoría de las partículas adyacentes adhieren hasta cierto punto. Dos de las principales fuerzas en unir partículas en agregados en suelos húmedos son la tensión superficial del aire y la interfase agua, y la tensión cohesiva de la fase líquida (Kemper y Rosenau, 1986). Por consiguiente, la desintegración de la masa de suelo en los agregados requiere imposición de una fuerza destructiva.

Una de las variables principales que se determinan al estudiar los agregados es la distribución de su tamaño. Sin embargo las fuerzas destructivas que ocurren durante el muestreo y el análisis del suelo no

reproducen los fenómenos del campo. Por esto la relación entre la distribución de tamaño de agregados obtenida en los análisis de laboratorio y la que existe en el campo es algo empírico. Así es que la mayoría de los investigadores han decidido usar la estabilidad de los agregados como un índice de estructura del suelo. La estabilidad de agregados es una función de cuanto las fuerzas cohesivas entre partículas resisten la fuerza destructiva aplicada (Kemper y Rosenau, 1986).

La estabilidad de agregados es la responsable de mantener la estabilidad de la estructura física del suelo y después del grado de cobertura, es el factor que gobierna la infiltración de agua en el suelo (Roth et al., citados por May y Schmitz, 1997).

El tamaño medio de agregados en siembra directa es 2 a 3 veces mayor que en suelos laboreados. La diferencia entre ambos sistemas de laboreo, sería consecuencia de una mayor proporción de agregados grandes en siembra directa, que no sufren la fragmentación que produce el laboreo (Drees et al., 1994). Los autores también señalan que la mayor actividad biológica en situaciones de no laboreo, además de mejorar la conductividad del agua, ayuda a formar agregados estables en agua y es en parte responsable de la distribución por tamaño de agregados (May y Schmitz, 1997).

1. Efectos sobre el cultivo

Dürr y Aubertot (1999) trabajando en remolacha azucarera, realizaron experimentos con agregados de diferentes medidas, llegando a la conclusión de que el tamaño de agregados afecta el porcentaje de emergencia de las plántulas, el cual decrece cuando los agregados comienzan a ser mayores a 10 mm. Según los autores una de las explicaciones para la menor emergencia es que a mayor tamaño de agregados comienza a haber un efecto de la rugosidad del agregado porque el hipocótilo no puede emerger cuando queda atrapado en alguna cavidad, por su geotropismo negativo. Esta situación también la hemos comprobado a campo en nuestras situaciones productivas.

Es claro que, además del impedimento físico que provoca un gran tamaño de agregados sobre la emergencia de un cultivo, también lo afecta en forma indirecta ya que tiene relación sobre las propiedades físico-químicas del suelo. Poros grandes en el suelo generalmente favorecen a altas tasas de infiltración y una aireación adecuada para el crecimiento de las plantas. Su existencia continuada en el suelo depende de la estabilidad de los agregados (Kemper y Rocenaus, 1986).

Para mantener buenos contactos semilla suelo y baja evaporación la capa de suelo cerca de la semilla debe contener agregados con un diámetro de 1- 5 mm. Esta cama de siembra mas fina, con agregados ordinarios solo en la capa superficial, es apropiada para sembrar cereales de primavera bajo condiciones escandinavas con estaciones tempranas secas (Heinonen, Hakansson et al., citados por Pietola y Tanni, 2002).

2. Factores que afectan a los agregados

Existen diferentes factores que pueden afectar la distribución del tamaño y la estabilidad de los agregados.

a. Sistemas de laboreo

El laboreo es uno de ellos. Mead y Chan (1992) demostraron que la estabilidad de agregados es menor en el caso de un suelo laboreado comparado con labranza cero. Con mayor laboreo se da la mayor compactación. Es decir, que al usar un implemento más violento se produce un suelo más inestable.

Ernst y Siri (1996) encontraron que luego de 5 cultivos consecutivos, en la situación de laboreo, el índice de estabilidad de la estructura del suelo se ubicó en un 35 % del de la siembra directa continua como consecuencia del cambio en el tamaño y estabilidad de los agregados del suelo.

Ernst (2000) luego de 7 años de rotación con siembra directa encontró que los sistemas con laboreo convencional redujeron significativamente la estabilidad de la estructura medida como Diámetro Medio Ponderado (MWD) de agregados del suelo. Las secuencias sin laboreo determinaron mayores valores de estabilidad de agregados que los sistemas con laboreo. El MWD se redujo en la fase agrícola con laboreo en los dos períodos, y se incrementó durante la fase pastura. Coincidente con García Préchac (1992).

Una vez que la agregación del suelo es mejorada, los sistemas de labranza no tienen efectos significativos en los rendimientos de cereales de primavera en suelos arcillosos bajo condiciones nórdicas (Pitkänen, citado por Pietola y Tanni, 2002). Sin embargo estas respuestas dependen de condiciones hídricas.

Pietola y Tanni (2002) comparando las diferentes prácticas de laboreo, mostraron que el laboreo continuo permite la más favorable cama de siembra

basada en tamaño de agregados. El mejor rendimiento para laboreo conservacionista fue alcanzado solo 4 años después del cambio de laboreo. Por este tiempo, la estabilidad de agregados por laboreo conservacionista tuvo claras mejoras, en adicción con incrementos en los contenidos superficiales del suelo de C, N y K, consistente con Mackay et al. (1987) y Castro Filho et al. (2002).

b. Enmiendas orgánicas

Pietola y Tanni (2002) vieron que a través de la aplicación de turba, se pueden modificar el tamaño o estabilidad de agregados pero no tienen mejora siempre. Los datos demostraron que la aplicación de turba de descomposición moderada creó agregados ordinarios y tiende a mejorar la estabilidad de agregados débilmente solo por un corto tiempo. El efecto de minimizar el laboreo en la estabilidad de agregados del suelo es mucho mejor y continuado que el efecto de la turba.

c. Cobertura del suelo

La cobertura del suelo (tipo y cantidad) no tiene una influencia significativa sobre la distribución del tamaño de agregados, a diferencia del claro efecto sobre la biomasa microbiana (Méndez et al., 1999). Lo contrario afirma Mc Vay et al. (1989), quien muestra que sí existe una influencia, aunque pequeña, sobre dicha distribución cuando los residuos de un cultivo de invierno forman parte de un sistema agrícola.

Las diferentes especies de plantas pueden significar alteraciones en la estabilidad de los agregados al agua. Todos los factores conocidos que influyen en la estabilidad de agregados difieren entre especies pero solamente el efecto de la especie de planta en la actividad bacteriana es asociado con la estabilidad de agregados. El N y C mineralizable difieren entre las distintas clases de tamaño de agregados. Esto es afectado por la cobertura (Méndez et al., 1999). El mismo autor encontró que los agregados más chicos contienen 10% más arena que el resto y 8 % menos de limo. El C orgánico total no es influenciado por el tipo de cobertura, pero sí es consistentemente menor en el tratamiento con cereales como cobertura. De cualquier manera los mayores niveles se encontraron en los agregados de entre 0.25 a 0.5 mm. El C rápidamente mineralizable cambia en función de la cobertura y también de la distribución del tamaño de agregados.

El N rápidamente mineralizable sí tuvo una influencia importante de la cobertura. Para todos los experimentos realizados por este autor los mayores niveles se encontraron en la clase de agregados de 2 a 5 mm.

Por último, Méndez et al. (1999) demostró que la cobertura y su interacción con el tamaño de agregados tienen una influencia significativa en la actividad de algunas enzimas.

Eviner y Stuart (2002) observaron que de las diferentes especies, las gramíneas estaban asociadas a mayor estabilidad de agregados que otros grupos de vegetación debido a mayor cantidad de raíces y biomasa fúngica.

Las diferentes especies difieren en su biomasa radicular y afectan las características del suelo circundante, así como la biomasa fúngica, humedad del suelo y C lábil.

d. Biología del suelo

Scott (1998) también relacionó la estabilidad de agregados a la biomasa fúngica. El incremento en la agregación está asociado al incremento en la glomalina, una glucoproteína asociada a las micorrizas arbusculares.

La biomasa bacteriana activa está correlacionada con la actividad de agregados. La bacteria tiene uno de los mecanismos por el cual las especies de planta alteran los agregados.

e. Gases y nutrientes

No se comprobó ningún efecto directo de la fertilización y la concentración de CO₂ sobre los agregados (Eviner y Stuart, 2002). Sin embargo Degens et al. (1994) afirma que los mecanismos por los cuales las plantas afectan los agregados pueden variar con el tipo de suelo. Los factores que han mostrado influencia en los agregados también varían con la fertilización y la concentración de CO₂.

f. Manejo del barbecho

Con respecto a los manejos de barbecho, Cano y Pere (2002) trabajando con diferentes dosis de glifosato sobre una pradera engramillada demostraron que la mayor dosis incrementó la proporción de agregados menores a 5 mm.

Una dosis alta consiguió matar más rápido las malezas y conseguir más tiempo de descomposición efectiva. La estabilidad de agregados no varía con las dosis bajas pero sí mejora con las más altas.

Con respecto al tiempo de barbecho da Costa y Rubio (2002) afirman que no existen diferencias en los agregados estables al agua causadas por variaciones en el largo del barbecho.

g. Ambiente

Los cambios ambientales tienen también el potencial de alterar los agregados del suelo, pero no es bien conocido en que magnitud.

C. COMPACTACIÓN Y RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Una buena estructura de suelo es necesaria para el satisfactorio crecimiento de cultivos y adecuada funcionalidad de organismos del suelo. La estructura del suelo supe a las raíces y organismos con espacios de poros habitables y controla muchos procesos, como transporte de agua, oxígeno y nutrientes. Los organismos contribuyen a una óptima estructura de suelo, también juegan un importante rol en el desarrollo de plantas por suplir nutrientes y controlar malezas y plagas (Brussaard y van Faassen, 1994).

La compactación es el grado de empaquetamiento de las partículas del suelo que determina la capacidad para el desarrollo del cultivo, para soportar tráfico y erosión. Es un proceso de degradación estructural del suelo agrícola.

1. Efecto sobre el cultivo

Las raíces que crecen en un medio poroso, como es el suelo, deben superar la resistencia mecánica que el mismo les impone. Ello se logra ya sea a través de la penetración de poros y canales ya existentes de un tamaño mayor que el de las raíces, o deformando la estructura del medio (Wiersum, citado por Martino, 2002). Para deformar esta estructura las raíces deben superar las barreras mecánicas, fracturando o comprimiendo el suelo.

La resistencia a la penetración de las raíces depende principalmente del tipo de suelo (textura, densidad aparente y cantidad de humedad).

O'Brien y Willebald (1996) investigando sobre los factores que afectan el crecimiento inicial del sorgo granífero en siembra directa y laboreo convencional, afirman que el crecimiento de un cultivo en condiciones de compactación se expresa en una sintomatología típica que se podría resumir en reducción del crecimiento de la raíz (largo, volumen, peso) (Aubertin y Kardos, 1965), mayor ramificación, engrosamiento y densidad radicular (Russel y Goss 1974, Oussible et al. 1992), crecimiento en planos de menor resistencia (Gill, citado por Carrasco, 1989), menor altura de planta (Carrasco, 1989) y mayor relación parte aérea / raíz (Ernst et al., 1992). Un sistema radicular bien desarrollado contribuye a aumentar el volumen de suelo explorado por las raíces, por lo tanto se dará un incremento en la absorción de nutrientes y agua.

Las raíces al ser sometidas a elevadas resistencias mecánicas reducen su tasa de elongación e incrementan su diámetro, se vuelven contorciones y tienden a crecer horizontalmente. La concentración interna de varios elementos y compuestos es también alterada por la compactación del suelo, los cambios morfológicos se deben no solo a consecuencias mecánicas sino que también a mecanismos hormonales (Martino, 2002).

Las respuestas de las plantas a la compactación estarán gobernadas por múltiples agentes físicos y químicos actuando conjuntamente (Tardiau, 1994). Estos agentes son, primero: el proceso mecánico de resistencia; segundo: el mensaje químico relacionado al etileno que causa el engrosamiento de raíces para vencer la resistencia, tercero: otro mensaje químico involucrando la hormona ABA (ácido abscísico) que induce el cierre de estomas en respuesta a la aglomeración de raíces y ayuda a conservar agua del suelo; cuarto: otro mensaje químico como es la acumulación de azúcares en la planta que causa una reducción en la tasa de fotosíntesis.

Reducciones en los rendimientos de cultivos son resultado de compactación por pobre aireación de suelo o restricción al crecimiento de raíz por mecanismos imperantes (Eavis 1972, Boone et al. 1986). La compactación restringe la aireación y crecimiento de cultivos.

La aireación del suelo es un proceso dinámico el cuál concierne los intercambios de gases entre la atmósfera y aire del suelo permitiendo intercambio aeróbico con raíces y microorganismos. La aireación es dinámica porque la respiración del suelo depende de la temperatura, disponibilidad de materia orgánica para oxidar, de la composición de aire del suelo y del volumen de poros llenos de aire. El estado de aireación es influenciado por la biología en superficie y producción de gases y transporte físico de estos entre los sitios de producción o absorción y de libre atmósfera (Stepniewski et al., 1994).

El transporte de gases ocurre en los poros llenos de aire por difusión. Esto permite dos caminos de intercambio de gases envueltos en respiración, con dióxido de carbono pasando desde la superficie del suelo hacia la atmósfera y oxígeno moviéndose en dirección opuesta. El flujo depende del volumen de poros llenos de aire, su número, tamaño, distribución y continuidad. Estas propiedades son relaciones cerradas de potencial matriz del agua del suelo, de volumen, densidad y estructura del suelo (Grable, 1971).

La aeración del suelo en general solo es un problema para el crecimiento de cultivos en suelos húmedos. La restricción de aireación perjudica el crecimiento de plantas por severos mecanismos (Glinski y Stepniewski, 1985) y en último lugar reduce el potencial de cultivos.

No obstante, Smith (1977) concluye que los factores climáticos fueron más importantes que la compactación o el laboreo en determinar el status de aireación del suelo.

Procesos de compactación afectan las propiedades hidráulicas asociadas al flujo de agua del suelo. La retención de agua del suelo y transporte son alterados en respuesta a cambios en el espacio de poros geométricos (Horton et al., 1994).

La resistencia a la penetración se presenta como el principal factor que limita el desarrollo radicular en cualquier sistema de laboreo. La misma aumenta al aumentar la densidad aparente y disminuir el potencial de matriz de agua del suelo, el que está relacionado con el tamaño y distribución de los poros (May y Schmitz, 1997).

El proceso de compactación del suelo incrementa el volumen-densidad y disminuye el espacio total poroso, por lo que se afecta el agua relacionada al suelo. La compactación disminuye la porosidad total (Reicosky et al., 1981).

Observaciones sugieren que la compactación destruye más los macro poros que los microporos. Tiene importante influencia en la transferencia de solutos, particularmente por la influencia en el flujo de agua (Horton et al., 1994).

2. Factores que afectan la compactación

a. Humedad del suelo

La humedad afecta los 3 factores del suelo que determinan la resistencia a la penetración: cohesividad, ángulo de fricción interna y compresibilidad (Camp y Gill, citados por Martino, 2002). A medida que el suelo se seca aumenta la resistencia de penetración exponencialmente, hasta alcanzar un valor máximo que ocurre a un nivel de humedad de alrededor de 1 a 3 %.

La relación entre resistencia a la penetración y contenido de agua es afectada por el estado estructural del suelo y constituye una herramienta para diagnosticar el estado del suelo (Martino, 2002). La compactación da desintegración de agregados de suelo en superficie, formando compactación. Consecuentemente la porosidad total es reducida y la continuidad es dispada.

b. Densidad aparente

Es la relación que existe entre el peso seco de una muestra de suelo, y el volumen que esa muestra ocupa en el suelo.

El incremento en la resistencia de penetración es mayor cuanto mayor es la densidad aparente (Taylor y Ratliff, 1969).

c. Textura

La distribución de tamaño de partícula o textura de un suelo es otro factor importante en determinar la resistencia a la penetración (Martino, 2002). La compactación afecta todos estos factores provocando un aumento de la resistencia a la penetración.

d. Sistema de laboreo

El aflojamiento del suelo causado por el laboreo favorece la infiltración de agua, la aireación y el desarrollo de raíces. Por esta razón, en los sistemas tradicionales de producción basados en laboreo convencional los problemas de compactación son parcialmente disimulados, al menos durante breves períodos de tiempo (Martino, 2002).

Discontinuación del laboreo continuo significa cambios en la estructura del suelo y movimiento del agua en suelos arcillosos (Guérif et al., 2001).

En pocos términos, la transición a laboreo conservacionista causa disminución en el rendimiento porque da una mala cama de siembra y pobre establecimiento de cultivos (Pitkänen, citado por Pietola y Tanni, 2002).

Cuando el suelo no se laborea en sistemas de siembra directa la consolidación natural tiende a incrementar la densidad del suelo, a la cual se agrega la acción de agentes compactantes como las máquinas, los animales y la lluvia (Martino, 2002).

Según Ernst y Siri (1996) varios trabajos demuestran que al inicio de la etapa agrícola de la rotación, existen valores de resistencia del suelo por encima de los considerados críticos para el crecimiento vegetal. La continuidad del manejo de cultivos sembrados sin laboreo, permitiría superar esta limitante. El incremento de la actividad biológica en el suelo sumado a la descompactación producida por el crecimiento radicular, parecen la explicación de los resultados obtenidos luego de 5 cultivos consecutivos sembrados sin laboreo, donde el suelo se ha descompactado en superficie (0-10 cm).

e. Tráfico animal

Cuando se trata de siembra directa en sistemas de producción animal con pastoreo directo, el suelo no está totalmente imperturbado, y se produce compactación en los primeros centímetros. Tanto mayor cuanto mayor sea la carga animal instantánea, y tanto mas profunda cuanto mayor sea la carga por unidad de superficie en el contacto entre las patas de los animales y el suelo (en general, cuanto mas pesados sean los animales) (García Préchac, 2002).

Los animales en pastoreo aplican presiones sobre el suelo de un rango de 150 y 300 kpa, valores mayores a los tractores agrícolas 80 -160 kpa, por lo que el grado y extensión de la densificación del suelo es de esperar que sea mayor cuando es causada por animales (Martino, 2002). Touchton et al. (1989) detectaron compactación por animales hasta 50 cm. Estos daños se pueden minimizar evitando el tráfico sobre suelo húmedo.

f. Raíces

Los órganos subterráneos de las plantas también causan compactación debido a su expansión radial (Martino, 2002).

g. Profundidad del suelo

La resistencia a la penetración varía a diferentes profundidades del perfil; fue un 9% superior en los primeros 5 cm. del perfil en forma independiente del manejo del barbecho (da Costa y Rubio, 2002). Este comportamiento es típico de sistemas con pastoreo directo (Touchton et al., 1984).

h. Manejo del barbecho

El manejo del barbecho es un factor que puede modificar la resistencia a la penetración. Da Costa y Rubio (2002) en su trabajo sobre diferentes tiempos de barbecho en una avena para pastoreo demuestran que con un pastoreo adicional incrementa la resistencia a la penetración tanto en superficie (0- 5 cm.) como en profundidad (5-10cm.). Las diferencias en compactación encontradas fueron atribuibles mayormente a la presencia o ausencia de un pastoreo extra y no al largo de barbecho.

El barbecho químico puede llegar a actuar como un “laboreo biológico” que sea suficiente para resolver condiciones no extremas de compactación superficial por pastoreo (García Préchac, 2002).

D. AGUA EN EL SUELO

El desarrollo de los cultivos de verano se produce en un período en que, por demanda, debe esperarse déficit de agua. Por lo tanto, incrementar su reserva en el suelo previo a la siembra aparece como una meta a lograr (Ernst, 1994).

La disponibilidad de agua del suelo es uno de los principales factores que afectan el desarrollo de los cultivos, a su vez el contenido de humedad afecta marcadamente la tasa de difusión de oxígeno, la temperatura y resistencia mecánica de un suelo. El agua ocupa el espacio poroso y es afectada por la matriz por diversas fuerzas. Para extraer agua una planta debe superar esas fuerzas que son muy reducidas cuando el contenido de humedad es cercano al de saturación y se incrementan a medida que el suelo se seca. Solo una

fracción del agua del suelo está disponible para las plantas entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Martino, 2002).

Ernst (1999) al comparar el efecto del laboreo o no del suelo sobre la infiltración de agua en el mismo, cuantificó el “efecto rastrojo” para condiciones de suelo imperturbado. La cobertura del suelo sustituye el efecto buscado con la generación de rugosidad en el laboreo primario. Cuando el suelo está seco, la infiltración de un suelo laboreado fue superior a la del no laboreado sin rastrojo en superficie. Al avanzar el proceso de humedecimiento y en suelo saturado, ambas situaciones se igualaron, destacándose la mayor infiltración del suelo imperturbado con cobertura de rastrojo.

En el mismo trabajo el autor explica que en superficies sin rugosidad como sucede en situaciones con laboreo luego del afinado necesario para la siembra y en el suelo no laboreado, el rastrojo en superficie es la variable que controla el escurrimiento. Una vez almacenada el agua, el control de las pérdidas determina el nivel de humedad del suelo con el que se llega a la siembra. El rastrojo en superficie también es determinante del resultado similar por su efecto sobre el control de la tasa de evaporación de agua desde el suelo. El laboreo de un suelo húmedo y la falta de cobertura de rastrojo permiten pérdidas de humedad por evaporación superiores a las determinadas sin laboreo y con cobertura, lo que se traduce en un mayor contenido de humedad a un momento dado. El rastrojo en superficie opera a favor de la ganancia de agua y reduce las pérdidas por evaporación. Este efecto opera desde que se inicia el barbecho químico hasta que el cultivo cierra la entre fila. A partir de este momento, la pérdida de agua se produce solo por transpiración, por lo que no son de esperar diferencias importantes en el balance de agua del suelo.

El efecto del control de la tasa de pérdida de agua por residuos de cultivos sobre el suelo es resultado de la menor temperatura y amplitud térmica diaria del suelo y el control de la circulación del aire (viento) a nivel de la superficie. La cantidad de rastrojo modifica la tasa a la que se evapora el agua en relación inversa. El retraso en la evaporación provocó diferencias en la humedad superficial (lo que representa la posibilidad de siembra) y en profundidad (reserva total). En la siembra de un cultivo de segunda la humedad del suelo determina, además de la velocidad del proceso de implantación, la posibilidad de capitalizar pequeñas variaciones en fecha de siembra (Ernst, 1994).

La información es consistente en marcar tasas de pérdida menores cuando no se laborea y se deja rastrojo en superficie, siendo la misma inversamente proporcional a la cantidad de rastrojo sobre el suelo. Se cuantificó

un 0.8% más de humedad (gravimétrica) por tonelada de rastrojo sobre el suelo al momento de la siembra (Condón et al., citados por Ernst, 1998).

Ernst afirma que para situaciones de no laboreo el manejo del período de barbecho es determinante del resultado final sobre la humedad disponible. El efecto de la cobertura de rastrojo es eliminado si el agua se pierde desde el suelo por transpiración. Estas situaciones se producen cuando existe crecimiento vegetal, ya sea este un cultivo previo o malezas. En los cultivos de segunda, el cultivo de invierno consume el agua y opera como cobertura del suelo. Las lluvias posteriores a la madurez fisiológica del cultivo recargan el suelo, pero si estas no se producen, solo se dispondrá del residuo hídrico del crecimiento anterior. La producción de materia seca total es la que determina las diferencias de humedad a cosecha. Cultivares y/o cultivos de ciclos largos y alta producción de materia seca total, dejarán menor residuo hídrico para el cultivo de segunda. Lo mismo sucede cuando el cultivo de verano siga a un verdeo invernal o exista crecimiento de malezas. La capacidad de almacenar agua del suelo más el manejo del barbecho determina que en promedio un suelo no laboreado tenga mayor humedad que uno laboreado. El laboreo reduce la humedad residual como consecuencia de la eliminación de la cobertura de rastrojo y el movimiento del suelo, al ofrecer una mayor superficie expuesta al viento y el sol. Este efecto opera entre dos recargas del perfil, por lo que si no se producen lluvias, el agua se agota independientemente del laboreo o no del suelo.

E. SISTEMAS DE LABOREO

La M.O. se ve disminuida cuanto mayor es el laboreo. La estabilidad de agregados también es menor en el caso del mayor laboreo.

Técnicas de labranza conservacionista y la rotación de cultivos son herramientas fundamentales para incrementar la actividad microbiana del suelo. Esto es importante ya que la biota del suelo actúa de modo significativo sobre diversos procesos en el suelo relacionados con el reciclaje de nutrientes, descomposición de residuos orgánicos, fijación biológica de N, solubilización de P y otros nutrientes, y también en la absorción de P a través de la micorrización. Las prácticas de siembra directa y rotación/secuencia de plantas alteran la biota del suelo y su actividad, y estos efectos han sido observados como benéficos para la comunidad microbiana y algunas poblaciones de microorganismos como ejemplo, los celulolíticos, solubilizadores de fosfato, fijadores de N, amonificadores y también la micorrización (Colozzi et al., 2002).

En aquellos experimentos que se dispone información sobre los componentes del rendimiento que explican las diferencias entre laboreo convencional y siembra directa a la salida de una fase de pastura, se resalta el menor número de plantas logradas en no laboreo, por lo que uno de los problemas sería el logro de poblaciones objetivo planteadas. En experimentos en los que se cuantificó la evolución de la implantación del cultivo, esta resultó más lenta y con menor número final de plantas en siembra directa, a pesar de mayor humedad del suelo a la siembra (Ernst, 1999).

La población lograda define el potencial de producción de los cultivos de verano. En el caso de sorgo granífero, si bien han existido problemas para el logro de la población objetivo, el rendimiento en grano siempre igualó o superó al alcanzado con laboreo, producto de la compensación por rendimiento por panoja (Ernst, 1998).

El no laboreo determina un ambiente diferente en el suelo: mayor compactación, menor disponibilidad de nitrógeno, mayor humedad, menor temperatura media y amplitud térmica, presencia de material orgánico en descomposición con liberación de toxinas y mayores posibilidades de anoxia. La respuesta vegetal a este ambiente se traduce en menor tasa de crecimiento inicial, primeros 30 a 40 días post emergencia, y si la estación de crecimiento es corta, esto puede limitar la producción de biomasa total y con ello, el rendimiento en grano. 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. (O'Brien y Willebal, citados por Ernst y Siri, 1997). 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.

Parte del menor crecimiento inicial de los cultivos sembrados sin laboreo es consecuencia de un retraso fenológico del cultivo mientras el ápice vegetativo se encuentra por debajo de la superficie del suelo. Para sorgo y maíz esto puede determinar la necesidad de retrasar la fecha de las primeras siembras en relación al laboreo convencional. Para los de invierno, adelantar la siembra permitiría corregir el efecto sobre el ciclo del cultivo (Ernst y Siri, 1995).

Los residuos dejados sobre la superficie o cerca de ella frecuentemente reducen el crecimiento y rendimiento de los cultivos en relación a los logrados retirándolos o enterrándolos. El problema no se corrige con nitrógeno, se asocia al lavado o producción de toxinas durante el proceso de descomposición. El

crecimiento de maíz sobre una cobertura de rastrojo de avena fue menor al logrado sobre una cobertura sintética que simula el efecto sobre la temperatura (Fortín et al., citados por Ernst y Siri, 1995).

Para las situaciones más esperables en cultivos de verano, y en especial para las siembras de segunda, la fitotoxicidad aparece asociada a la presencia de un producto en el rastrojo: Patulina, sustancia inhibidora del crecimiento vegetal producida por el hongo *Penicilium Urticae*. En estos casos la sustancia llega al suelo por lavado. El tiempo entre cosecha de un cultivo y siembra del otro, junto con la cantidad de lluvia ocurrida en dicho período, parecen ser las principales variables de manejo para el problema (Fortín et al., citados por Ernst y Siri, 1995).

Con mayor laboreo se da la mayor compactación. Es decir, que al usar un implemento más violento se produce un suelo más inestable. El laboreo con cincel mejora las condiciones luego de un pastoreo invernal con el suelo húmedo (Mead y Chan, 1992).

Ernst y Bentancur (2003) trabajando con diferentes tiempos de barbecho de un verdeo invernal vieron que en la resistencia a la penetración había un efecto positivo del laboreo sub-superficial. En la [NO₃] no, ni a la siembra del cultivo estival ni en V4.

La fase de pasturas le brinda al suelo una mayor fertilidad y estructura, pero existe el problema de la compactación por pisoteo. El laboreo es una alternativa para solucionar este problema. La mayor descompactación la hace el arado de disco pero también queda el suelo expuesto a una mayor recompactación (Mead y Chan, 1992).

Según Ernst y Siri (1996) el laboreo sólo para el cultivo cabeza de rotación, permitió capitalizar sus ventajas al inicio de la secuencia. De esta forma se logró cambiar el manejo del suelo sin un costo en el rendimiento de los cultivos, por lo que resulta una alternativa válida para aquellas situaciones donde se consideran limitantes la compactación y el enmalezamiento. Los autores también encontraron para cultivos de verano que si bien la temperatura y humedad del suelo son más favorables en siembra directa, el número final de plantas obtenidas no refleja esta situación, además de una implantación más lenta, mostrando así que deben manejarse porcentajes de implantación menores cuando se siembra sin laboreo.

Luego de un cultivo de invierno de pastoreo es necesario algún laboreo para obtener una adecuada implantación del cultivo de verano. Un cincel o algo suave es lo más recomendado para mantener la estabilidad del suelo. Con un

laboreo sub-superficial se mejora la implantación y puede mejorar un 40% el rendimiento (Martino, 2002).

Ernst (1999) comparando siembra directa con laboreo convencional en la implantación de cultivos de verano asocia la menor implantación obtenida en no laboreo a tres aspectos de manejo: -calidad de siembra, -pérdida de plantas por insectos del suelo, -longitud de barbecho y manejo de rastrojo.

En el corto plazo, la discontinuación de laboreo continuo en suelos arcillosos puede ser causa de disminución de rendimiento porque genera una mala cama de siembra y un pobre establecimiento del cultivo (Pietola y Tanni, 2002).

En años secos, el laboreo conservacionista mejora rendimiento de cultivos por cobertura de residuos reduciendo la evaporación y favorece las condiciones de humedad del suelo (Gill y Prihar 1983, Steiner 1989, Halvorson et al. 2000).

Según Pietola y Tanni (2002) generalmente el laboreo continuo dio el mejor rendimiento en estaciones lluviosas; y el cultivador de campo y siembra directa en estaciones secas. Inmediatamente después de la discontinuación del laboreo continuo, las prácticas de laboreo conservacionista no fueron mejores que el laboreo continuo en condiciones de suelo seco.

F. CALIDAD DE SIEMBRA

La calidad de siembra aparece asociada a la humedad del suelo al momento de la siembra y su interacción con cantidad y geometría del rastrojo (Ernst, 1999). El mismo autor citando a Condón et al. explica que en situaciones de suelo con buena humedad (17%), la presencia de rastrojo en pie no resulta una interferencia para la siembra de girasol, y a través de su efecto sobre la conservación de la humedad superficial, permite emergencias más rápidas y homogéneas. Diferente fue la situación con suelo con exceso de humedad a la siembra (23,5% por una lluvia de 60 mm). En este caso, la falta de resistencia para el corte del rastrojo chato ofrecido por el suelo, determinó que el rastrojo sea introducido al surco de siembra y la velocidad y emergencia final con rastrojo en superficie se viera reducida por mal contacto semilla suelo. En el caso de sorgo granífero los problemas de implantación implicaron pérdida de potencial productivo pero no determinaron menor rendimiento que en el manejo con laboreo.

García Préchac (1999) trabajando sobre cultivos forrajeros de verano afirma que la cobertura de residuos del cultivo anterior, que la mayoría eran

verdeos de invierno, determinaron menor temperatura del suelo, principalmente a la hora de la máxima diurna, en los meses de primavera (Pérez Gomar y García Préchac 1993, Terra y García Préchac 1997). En el caso del cultivo de maíz no observaron problemas de implantación debido a esta menor temperatura de la siembra directa comparada con laboreo convencional. Sin embargo, ella es sospechosa de contribuir en los problemas de mala implantación de sorgos y otros verdes de verano exigentes de altas temperaturas en el suelo para germinar, a diferencia del maíz. Estos cultivos tienen semillas pequeñas que no pueden sembrarse a más de unos pocos centímetros de profundidad; esto hace que sean más riesgosos en su instalación porque la variación de contenido de agua a poca profundidad es alta, faltando si no hay precipitaciones con pocos días de alta ETP. En este problema puede contribuir positivamente el mayor contenido de humedad bajo siembra directa, pero es una de las causas de menor temperatura bajo siembra directa (García Préchac, 1999). Por lo tanto, la siembra de estos cultivos debería retrasarse con siembra directa, en relación a las fechas recomendadas con laboreo convencional.

Según Ernst (1998) los problemas de implantación de verdes de verano precedidos de verdes de invierno pastoreados, mayoritariamente se deben a la utilización de estos casi hasta la siembra de aquellos, por lo que el suelo queda muy seco a la profundidad de siembra, muy compactado en superficie y sin cobertura, además de de muy bajo en la disponibilidad de nitrógeno. En dichas condiciones es difícil que la calidad de siembra sea buena (poca penetración de los abresurcos) con desuniforme profundidad de las semillas, mal tapado y la necesidad de ocurrencia de una lluvia para que el suelo se humedezca lo suficiente para la germinación. En estas condiciones muchas semillas son comidas por animales o pierden viabilidad. Si se opta por una siembra más profunda porque los primeros centímetros están secos y se logra, la ocurrencia de una lluvia importante puede generar exceso de agua en el suelo, anegar surcos mal tapados y reducir excesivamente la temperatura del suelo. Todo lo anterior puede reducir la emergencia por pudrición de semillas que no lograron germinar por falta de aire o de temperatura.

El tren de siembra juega también un rol importante en el proceso de implantación. Carameso, citado por Ernst (1999) trabajando con distintos trenes de siembra en condiciones de déficit hídrico, determinó el efecto sobre la pérdida de humedad en el surco de siembra. Cuando se utilizan abresurcos que mueven mucho el suelo y/o no se cierra el surco de siembra, la humedad del surco se pierde rápidamente y no es posible capitalizar la ventaja que el laboreo determina sobre la conservación de la humedad superficial.

El diseño de los abresurcos y los parámetros físicos del suelo tienen efecto significativo en siembra directa, por lo tanto, es posible que los bajos porcentajes de emergencia que se observan aún en condiciones favorables del suelo, puedan estar relacionados al lugar donde cae la semilla en el surco (Chaudhry et al., citados por Carameso, 1998).

En su trabajo de evaluación de diferentes tipos de abresurcos, este autor describe que los abresurcos de discos hacen surcos en forma de V, siendo su ventaja principal la habilidad para manejar físicamente el rastrojo sin bloquear la máquina. No determinan un ambiente óptimo para la semilla en el surco en cuanto a vapor de agua y oxígeno se refiere. Tienen tendencia a embarrar y compactar las paredes del surco recogiendo rastrojo dentro de éste, afectando de esta manera la germinación.

En suelos secos y arcillosos, trabajando con abresurcos de doble disco, es recomendable que el suelo, delante de los discos, sea perturbado para lograr la profundidad de siembra deseada (Gould et al., 1996).

El triple disco tiende a embarrar y compactar las paredes del surco en condiciones de humedad provocando estrés a los embriones de las semillas (Baker, citado por Carameso, 1998).

Otros autores afirman que el rastrojo puede tener efecto adverso cuando está en contacto con la semilla, por los efectos fitotóxicos o ser beneficioso en otras circunstancias cuando promueve altos porcentajes de emergencia, debido a que mejora las condiciones de aireación del suelo y determina una menor densidad aparente, efecto combinado con las lombrices del suelo (Chaudhry et al., citados por Carameso, 1998). Gould et al. (1996) trabajando con abresurco de doble disco observó que la cantidad de rastrojo entre 4.9 y 5.2 tt interfería con las operaciones de siembra, no logrando los discos cortar el rastrojo, enterrándolo, esto causó alta podredumbre de semillas (24 %). El mismo abresurco también originó grandes pérdidas de humedad en el suelo del surco, debido a que realizó una pequeña labranza, al pegarse el suelo a los discos y ser removido, recogió rastrojo en el surco y las ruedas compactadoras no lograron cerrar el surco, todos estos factores pudieron contribuir a la pérdida de humedad.

Carameso (1998) trabajó evaluando el efecto de diferentes trenes de siembra sobre la implantación y desarrollo de cebada. Sus resultados al comparar abresurcos de triple disco con los de doble disco concluyen que existe efecto significativo del tipo de abresurco sobre la humedad. El abresurco triple disco se diferenció significativamente del resto, con menores valores de humedad; la diferencia se mantuvo durante todo el período. La menor humedad

en el surco se explica por el pequeño laboreo que realizó en el suelo en el momento de la siembra, quedando este rugoso, favoreciendo las pérdidas de agua. El mismo efecto fue observado por Gould et al. (1996).

El efecto del tipo de abresurco se manifestó recién a los 16 días post siembra, donde el triple disco determinó el menor nivel de humedad en el suelo.

Con respecto a la temperatura en el surco, fue baja con el abresurco triplidisco; los bajos valores de suma térmica que tuvo comparado con el resto de los abresurcos fueron debido a la pequeña labranza al momento de la siembra, lo que dejó el suelo rugoso, determinando pérdidas de humedad ya mencionadas, teniendo como consecuencia disminución de temperatura debido a la evaporación del agua.

El abresurco triplidisco determinó un 50 % menos emergencia de cebada que el abresurco doblidisco. Esto fue debido al desfavorable ambiente generado.

También, el mismo autor, encontró que hay un efecto importante del rastreo. Sin rastreo las velocidades de emergencia de los abresurcos fueron mayores que con rastreo. La implantación estuvo afectada por la presencia de rastreo. La menor implantación en los tratamientos con rastreo (0.96 tt de M.S. de malezas + 0.8 tt de M.S. de cebada) se debió a que interfiere en las operaciones de la siembra, se entierra limitando el contacto suelo semilla y produce efectos fitotóxicos para la semilla (Gould, 1996). Además influye durante la siembra en la uniformidad y la profundidad (Swan, 1996). Determina un ambiente frío y húmedo para la germinación de la semilla (Meek et al., 1990).

Por último, se vio que no existieron diferencias significativas en fenología, peso aéreo y peso de raíz, a los 25 días de la siembra, entre tipo de abresurco.

G. FERTILIDAD

En los cultivos de verano, el crecimiento de los cultivos y la demanda de nutrientes se producen en forma mas sincronizada con el aporte del suelo que en los cultivos de invierno. La mayor temperatura del suelo y baja probabilidad de excesos hídricos, posibilitan el aporte por parte del suelo. Los resultados obtenidos en cultivos de invierno permiten afirmar que el momento de control químico opera en forma similar a la fecha de laboreo primario, permitiendo la descomposición de los restos vegetales y acumulación de N-NO₃ en el suelo (Ernst, 1999).

En lo que respecta a la disponibilidad de NO_3 , Ernst (2003) trabajando con sorgo, vio que para un mismo valor de disponibilidad, los cultivos sembrados sin laboreo presentaron mayor respuesta al agregado del nutriente, pero por encima del valor crítico no hubo diferencias entre los manejos de suelo.

Según Pietola y Tanni (2002), cuatro años después del cambio a laboreo reducido, las propiedades químicas de la superficie del suelo fueron ligeramente alterados: laboreo conservacionista disminuye el pH y contenido de Ca del suelo pero incrementa contenidos de K. La descomposición del rastrojo de avena en la superficie provoca más inmovilización de N, con altas relaciones C/N, consistente con Sainju et al. (2002).

Ernst y Siri (1996) encontraron que cuando se elimina el laboreo la materia orgánica y el fósforo presentan una mayor concentración en superficie. En el caso de la materia orgánica es el resultado de la acumulación de restos orgánicos sobre el suelo y en el fósforo por la localización de la fertilización. A pesar de la falta de remoción de suelo, el efecto alcanzó los 18 cm de profundidad, lo que es explicado por la actividad biológica del suelo y el reciclaje de nutrientes por el crecimiento de los cultivos.

Las variaciones estacionales observadas en los niveles de P asimilable de los suelos podría ser explicada por la contribución de la mineralización de formas orgánicas de P (Hernández, 1999).

Sounders y Metson, citados por Dormaar (1972) sugieren que el suelo es un sistema dinámico y que el nivel de P intercambiable en cualquier momento del año depende de dos procesos opuestos; primero: una absorción de P por las raíces de las plantas; y segundo: una liberación de P de residuos orgánicos y de la materia orgánica del suelo.

En diferentes suelos de nuestro país, se ha podido evaluar la mineralización de P en experimentos en los cuáles se laboreó el suelo y no se permitió el desarrollo de malezas durante 6 meses mediante control químico (Hoffman et al., 2000). Los autores citan que Hernández y Del Pino (sin publicar), determinaron para diferentes suelos bajo campo natural incrementos en el contenido de P al final del período de barbecho. Para el promedio de las situaciones al final del período de preparación del suelo, se duplicó la cantidad de P disponible en los primeros 20 cm del suelo. Este incremento es atribuido por los autores al aporte por mineralización de P orgánico.

Según Dalton (1952) suelos a los cuáles se les agregó materia orgánica incrementaron efectivamente la disponibilidad de P. La liberación de P desde

residuos orgánicos y materia orgánica del suelo varía con las condiciones de temperatura y humedad del suelo, aumentando cuando mejoran las condiciones para la actividad biológica. El nivel de P disponible a un momento dado depende de la extracción por las plantas, lo que no ocurre durante el período de barbecho, y la liberación producto de la actividad biológica. La estación del año en que se realiza el muestreo de suelo y el largo del período de barbecho, podrían modificar la disponibilidad de este nutriente a la siembra de un cultivo.

Baja inmovilización de N en suelos arados se ve reflejada por alto contenido de proteína en grano, si es comparado con laboreo conservacionista. Consecuentemente, los niveles de N son más altos con labranza que en los suelos sin arar (Pietola y Tanni, 2002).

Con laboreo los rastrojos son total o parcialmente mezclados con el suelo como forma de lograr su rápida descomposición. De esta forma se acelera la liberación de nutrientes inmovilizados en los tejidos vegetales, utilizándolos como fuente para el próximo cultivo (Ernst y Siri, 1995).

Material con alta relación C/N resulta en inmovilización de N y disminución de N disponible para cultivos (Beeuchemin et al., 1990).

La reducción del desarrollo de raíces en suelos compactados, tiene efectos en la eficiencia del uso de agua y nutrientes, forzando al mayor uso de fertilizante y agua con un impacto negativo en el ambiente agrícola (Van Noordwijk y De Willigen, 1991).

H. TIEMPO DE BARBECHO

La longitud de barbecho resulta la variable de manejo que sustituye los efectos logrados con el laboreo. Esta medida de manejo permite preparar la sementera, ya que al descomponerse las raíces de cultivos anteriores y malezas, el suelo logra una mejor condición física (Ernst, 1999). El impacto del barbecho químico en la siembra directa permite igualar el rendimiento del laboreo convencional.

En un verdeo que fue pastoreado durante todo el invierno, es necesario manejar “tiempos de barbechos” suficientemente largos como para lograr preparar una buena sementera sin laborear, lo que determina la necesidad de tomar la decisión de no pastorear y aplicar un herbicida sobre un forraje potencialmente disponible (Ernst, 2001).

La recarga de agua del suelo se produce durante el invierno, por lo que el manejo de barbecho debe tender a conservar el agua, reduciendo la evaporación (cobertura con rastrojo) y eliminando la transpiración (control de malezas) (Ernst, 2000).

El tiempo en barbecho, período que transcurre entre la muerte de un cultivo o del tapiz existente y la siembra, queda definido por la fecha de aplicación del herbicida total y la de siembra del cultivo siguiente. La muerte y descomposición de los rastrojos de cultivos ocurre durante este período, se acumula nitrógeno en el suelo, se recarga el agua del perfil, se producen sucesivas emergencias de malezas anuales y se prepara la sementera. Los barbechos más largos evaluados determinaron los mayores niveles de $N-NO_3$ en el suelo. A su vez, determinaron mejor implantación y crecimiento inicial de los cultivos de invierno (Ernst, 2000).

Estos procesos que ocurren durante el tiempo de barbecho son dependientes del tipo y cantidad de rastrojo presente, de la temperatura, la humedad y la fertilidad del suelo, aspectos que dependen de la época del año que se considere y del sistema de producción utilizado. La muerte del cultivo o maleza permite que se inicie la descomposición de los residuos orgánicos subterráneos y cese la absorción de $N-NO_3$ y agua. El tiempo de barbecho mínimo está determinado por el tipo de rastrojo.

El tiempo mínimo de barbecho depende de la cantidad de rastrojo y su tasa de descomposición. Esta tasa es gobernada por la constitución química del rastrojo (% de N y lignina), la disponibilidad de N del suelo y el ambiente (temperatura y humedad). Los rastrojos de cereales, que presentan valores menores a 1% son inmovilizadores temporarios de N. Cuando no se puede respetar el tiempo mínimo de barbecho, una solución es reducir la cantidad de rastrojo (Ernst y Siri, 1995).

En la siembra de cultivos de verano, el efecto del tiempo de barbecho se manifiesta sobre la humedad del suelo y la acumulación de $N-NO_3$ (De Armas y Nogué, citados por Ernst, 2000). Para situaciones de no laboreo, el manejo del período de barbecho es determinante del resultado final sobre la humedad disponible. El efecto de la cobertura del rastrojo es eliminado si el agua se pierde desde el suelo por transpiración. Estas situaciones se producen cuando existe crecimiento vegetal (Ernst, 2000).

El autor trabajando con diferentes situaciones de manejo de verdeos invernales llega a la conclusión de que es necesario un tiempo para la recarga del agua consumida por el verdeo, el que dependerá del régimen hídrico del año, pero también es necesario un tiempo mínimo para la muerte y

descomposición de la avena, lo que se traduce en aumento de la disponibilidad de N-NO_3 a la siembra, la generación de una sementera descompactada, mejor implantación y crecimiento del cultivo. En estos casos el tiempo de barbecho esta compuesto por un tiempo de rebrote mas un tiempo de barbecho, obteniéndose los mejores resultados con la aplicación de glifosato 15 días después del último pastoreo (31/08/00) más 50 días entre aplicación del herbicida y siembra de maíz en este caso. Este manejo determinó significativamente más N-NO_3 en el suelo a la siembra y mayor altura y peso de plantas en los primeros 30 días de crecimiento del cultivo. El régimen hídrico del año permite descartar efecto del tiempo de barbecho sobre la disponibilidad de agua en el suelo (Ernst, 2000).

La sementera generada al aumentar el tiempo en barbecho, presentó menor proporción de agregados grandes (> 7 mm) y como contrapartida, el suelo tuvo una mayor proporción de agregados de menor tamaño dentro de la profundidad de siembra, lo que se asocia a mayor y mas rápida implantación de los cultivos cuando el agua no es limitante (Ernst, 2001).

Además de la compactación, las fallas en la implantación también se atribuyen a la liberación y/o producción de fitotoxinas desde los rastrojos dejados sobre la superficie del suelo. Kimber (1973), Martino (1990) y Raimbault (1991) encontraron que la producción de compuestos fitotóxicos de rastrojos de avena, raigrás, y trigo entre otros, ocurre mayormente durante los primeros estados de descomposición, reduciéndose sensiblemente después de los primeros 12 días. Lo mismo vio Tang y Waiss (1978).

Hay efecto significativo del manejo del barbecho sobre la concentración de NO_3 en suelo (Ernst y Bentancur, 2003). El mayor tiempo de barbecho determinó la mayor disponibilidad de NO_3 a la siembra. La más baja fue con menos días de barbecho. También hubo una tendencia a mayor $[\text{NO}_3]$ cuando se retiró el rastrojo. Esto se atribuye a dos factores: -acumulación de N-NO_3 en el suelo, producto del cese de la absorción del cultivo previo, - reducción del proceso de inmovilización producido por altas cantidades de rastrojo asociadas a reducidos períodos de barbecho químico. Lo mismo vio Álvarez (2000) y da Costa y Rubio (2002). Pero cuando el período de barbecho es corto (ej: 19 días) el retiro de forraje a través del pastoreo no revirtió el efecto.

Sawchik (2001) encontró respuesta al aumento del tiempo de barbecho hasta 72 días. A V4 desapareció el efecto del tiempo de barbecho y en todos los casos existió una disponibilidad mayor que a la siembra.

En lo que respecta a implantación y crecimiento inicial las mejores condiciones se dan con el barbecho mas largo; además el efecto negativo de

un pastoreo adicional sobre el número de plantas logradas fue mayor sobre SD (Ernst y Bentancur, 2003). Para una misma fecha de retiro del pastoreo, existió una reducción significativa de la implantación y crecimiento inicial del maíz al aumentar los días de rebrote y reducirse el tiempo de barbecho, lo que también fue mayor sobre SD. En el caso del laboreo sub-superficial con el tiempo de barbecho se afectó la implantación pero no el crecimiento de las plantas. En SD además de esta menor implantación se adicionó un menor crecimiento y absorción de N hasta el estado V4 del cultivo de verano.

En estos trabajos también se ve una alta correlación (96%) entre el tiempo de barbecho y la disponibilidad de N-NO₃. Al aumentar el nivel de N el peso de planta y la absorción de N se incrementaron en forma lineal en siembra directa, pero con laboreo hubo respuesta sólo hasta 7 ppm. El problema en SD podría estar en la absorción de N cuando existe baja disponibilidad de NO₃ (Ernst y Bentancur, 2003). El menor rendimiento se obtuvo en el barbecho mas corto, pero en los tratamientos con laboreos sub superficiales (paraplow) fueron mayores que con SD. En muchos casos la menor implantación fue compensada por un mayor rendimiento por planta. El efecto del número de plantas logradas a V4 tuvo mayor impacto sobre la prolificidad que sobre el rendimiento por espiga, por lo que las fallas en implantación fueron parcialmente compensadas. En SD existieron dos efectos independientes; por un lado un efecto negativo sobre el número de plantas logradas y por otro, una reducción del crecimiento de cada planta lograda.

Álvarez et al. (2000) también afirman que el manejo del tiempo de barbecho altera la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Según Ernst y Bentancur (2003) la [N-NO₃] en el suelo para siembra directa de maíz no fue modificada por el pasaje previo de paraplow; pero esta acumulación de N depende de los días de barbecho. La descompactación sub-superficial del suelo mejoró la implantación del maíz, la absorción de N y el crecimiento individual de cada planta hasta el estadio V4. Este incremento en la población lograda se tradujo en un incremento significativo de la producción de granos por ha.

Los autores vieron que el máximo rendimiento se logró con 32 días entre aplicación de herbicida y siembra. El tratamiento con un pastoreo adicional de la avena, sumado a menor tiempo de barbecho asociado a este manejo, determinó un significativo menor rendimiento en grano de maíz.

Ernst (2001) presenta como resultado de un proyecto de validación en chacras comerciales el hecho de que el número de plantas obtenidas en barbechos largos fue igual o superior al logrado con barbechos cortos. En cada

situación evaluada el peso de las plantas como estimador del crecimiento inicial siguió la misma tendencia.

El laboreo del suelo es una práctica de manejo cuyos objetivos es generar un ambiente favorable para la siembra, implantación y crecimiento del cultivo (Ernst et al., 2004). En un esquema de producción en el que se lo elimina, es necesario implementar una serie de medidas de manejo que sustituyan las labores mecánicas. El tiempo de barbecho juega un rol similar al de la época de laboreo, posibilitando la acumulación de N mineral en el suelo, favoreciendo la acumulación de agua y generando una mejor condición física de la cama de siembra.

El trabajo de validación de estos conceptos, realizado en condiciones de producción, permitió cuantificar el impacto real de estos efectos sobre el rendimiento en grano de los “cultivos de verano de primera”, en dos años contrastantes en el régimen y cantidad de precipitaciones durante el período de preparación de la sementera y la estación de crecimiento. Bajo estas situaciones, “el tiempo óptimo” se ubicaría entre 40 y 60 días presiembra. Al considerar el número de plantas logradas y su crecimiento inicial, los resultados mejores se obtuvieron con más de 60 días de barbecho, pero la compensación entre componentes de rendimiento redujo el efecto sobre el rendimiento en grano, (Ernst et al., 2004).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo entre el 18 de setiembre del 2003 y el 9 de enero del 2004, en la estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, Paysandú.

Los ensayos se realizaron en el potrero 24 de la estación, correspondiente a la unidad de lechería, el cual tenía en el momento de comenzar los ensayos (primavera 2003) una avena para pastoreo.

A. SUELOS

Los suelos del experimento pertenecen en gran parte a la unidad millón San Manuel. Según el Compendio de suelos del Uruguay sus materiales generadores son sedimentos limosos con niveles calcáreos similares a los de la unidad Fray Bentos. El relieve característico son lomadas suaves y aplanadas, con erosión ligera a moderada. Los suelos dominantes de esta unidad son brunosoles éutricos típicos. Alguna parte del experimento se encuentra también sobre brunosoles éutricos háplicos de la unidad Young.

B. HISTORIA DE CHACRA

Otoño-invierno 2003: avena pastoreo.

Invierno 2000 – otoño 2003: pradera (festuca + lotus + t. blanco).

*Ver detalles de manejo (fechas e insumos) en anexo 1.

C. EXPERIMENTOS

Se realizaron dos experimentos:

Experimento 1: Diseño de bloques completos al azar, 4 tratamientos con tres repeticiones. Los tratamientos fueron diferentes tiempos de rebrote de la avena antes de aplicar herbicida total, y por lo tanto diferentes tiempos de barbecho, ya que la fecha de siembra fue la misma para todos, el 21/11/03.

Cuadro 1. Esquemas de diseño del experimento 1

Bloque 1 - Bloque 2 - Bloque 3

2	3	1	4	3	2	1	4	4	1	2	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tratamiento	Nomenclatura	último Pastoreo	días de Rebrote	fecha de herbicida	días de barbecho	fecha de siembra
1	P4-R20+B53	9/9/03	20	29/9/03	53	21/11/03
2	P4-R37+B36	9/9/03	37	16/10/03	36	21/11/03
3	P4-R48+B25	9/9/03	48	27/10/03	25	21/11/03
4	P5-R27+B15	18/10/03	27	6/11/03	15	21/11/03

En P5-R27+B15, el 5º pastoreo se realizó el 18/10.

La aplicación de herbicida en ambos experimentos fue de 3.5 lt/ha de glifosato al 36%.

La siembra se realizó con una sembradora de siembra directa Semeato SH 13 con kit de verano. La densidad de siembra del sorgo fue de aprox. 300.000 pl /ha; Cv: Ms3. Se fertilizó a la siembra con 100 kg/ha de 25-33-0.

Experimento 2: Consistió en un diseño de bloques completos al azar, con 8 tratamientos en 3 bloques diferentes, totalizando 24 parcelas. Estas parcelas eran de 4 m de ancho y 12 m de largo.

Los 8 tratamientos fueron 4 manejos diferentes de la avena luego del 4º y último pastoreo, en dos tiempos diferentes de rebrote del cultivo antes de la aplicación de herbicida total.

Cuadro 2. Esquemas de diseño del experimento 2.

Bloque 3	2	8	3	5	7	6	4	1
Bloque 2	5	6	1	2	4	8	3	7
Bloque 1	3	1	5	2	7	8	6	4

Tratamiento	Nomenclatura	Características	Días de barbecho
1	P5-B54/LR	Pastoreo + laboreo reducido	54
2	P4-B54/SD-R	- R / R	54
3	P4-B54/SD+R	Sembradora	54
4	P4-B54/SD+R+A	Sembradora + Abresurco	54
5	P5-B26/LR	Pastoreo + laboreo reducido	26
6	P4-B26/SD-R	- R / R	26
7	P4-B26/SD+R	Sembradora	26
8	P4-B26/SD+R+A	Sembradora + Abresurco	26

El último pastoreo fue el 30/8/03; para los tratamientos 1 al 4 el herbicida se aplicó el 29/9/03 (29 días de rebrote), y para los tratamientos 5 al 8 el 27/10/03 (58 días de rebrote). Luego del barbecho se sembró sorgo granífero el 22/11/03.

Los tratamientos 1 y 5 consistían en realizar un 5º pastoreo (con ganado lechero de aprox. 450 kg) el 18/10/03 y previo a la siembra realizar un laboreo mínimo con una rastra de discos (6/11).

Los tratamientos 2 y 6 fueron como el testigo a diferencia que se retiraba el rastrojo del suelo; primero se lo cortaba y luego se lo retiraba de la parcela.

Los tratamientos 3 y 7 fueron los testigos.

Los tratamientos 4 y 8 se le agregaba a la sembradora un disco abresurco adicional delante del tren de siembra.

D. DETERMINACIONES

Fueron varias dependiendo de la etapa del experimento.

- | | |
|----------|---|
| 18/9/03 | - N-NO ₃ (0-20 cm) |
| 30/9/03 | - N-NO ₃ (0-20 y 20-40 cm)
- H% del suelo (0-20 y 20-40 cm)
- Kg de M.S./ha
- Resistencia a la penetración (escala del 1 al 5) ¹
- Profundidad de penetración (a 200 kg.cm ⁻² de fuerza aplicada)
- Índice de rugosidad.
- Distribución del tamaño de agregados |
| 18/10/03 | - N-NO ₃ (0-20 cm)
- H% del suelo (0-20 cm)
- Kg de M.S./ha
- Resistencia a la penetración (escala del 1 al 5) ¹
Antes y después del 5º pastoreo
- Profundidad de penetración (a 2 kg.cm ⁻² de fuerza aplicada). Antes y después del 5º pastoreo.
- Índice de rugosidad. Antes y después del 5º pastoreo |
| 31/10/03 | - N-NO ₃ (0-20 y 20-40 cm)
- H% del suelo (0-20 y 20-40 cm)
- Kg de M.S./ha
- Resistencia a la penetración (escala del 1 al 5) ¹
- Profundidad de penetración (a 2 kg.cm ⁻² de fuerza aplicada)
- Índice de rugosidad. |
| 15/11/03 | - N-NO ₃ (0-20 y 20-40 cm)
- H% del suelo (0-20 y 20-40 cm)
- ppm de P Bray N° 1 (0-20 y 20-40 cm).
- Resistencia a la penetración (escala del 1 al 5) ¹
- Profundidad de penetración (a 2 kg.cm ⁻² de fuerza aplicada)
- Índice de rugosidad.
- % de cobertura del suelo.
- Tiempo de infiltración (minutos)
- Densidad aparente. |

- Distribución del tamaño de agregados.
 - Estabilidad de agregados.
- Siembra (21/11/03)
- N-NO₃ (0-20)
 - Profundidad de siembra
 - Emergencia de plantas. Se midió los días 29/11, 1/12, 3/12, 5/12, y 7/12/03.
- 19/12/03
- N-NO₃ (0-20)
 - H% del suelo (0-20 cm)
 - Peso seco de las plantas
 - Estado de desarrollo del sorgo
 - N° de hojas / planta
- 9/1/04
- N-NO₃ (0-20)
 - H% del suelo (0-20 cm)
 - Peso seco de las plantas.
 - H% de plantas

E. HERRAMIENTAS Y CRITERIOS PARA LAS MEDICIONES

N: Para determinar los nitratos del suelo se tomaron muestras con un calador, realizando cinco muestras por parcela. Las muestras se dividieron en dos; fueron pesadas húmedas, la mitad secadas en estufa a 50 °C, y pesadas nuevamente para luego ser molidas y llevadas a laboratorio para estimar el N como NO₃. La otra mitad de las muestras se secaron a 110 °C para luego ser pesadas secas y determinar la humedad en suelo.

Kg M.S.ha⁻¹: Para estimar la cantidad de avena por hectárea se utilizaron marcos metálicos de 30*30 cm, los cuales se tiraban tres veces al azar en cada parcela y se cortaba a ras del suelo toda la avena del cuadro. Estas muestras se pesaban húmedas, eran secadas en estufa a 50 °C y luego pesadas secas.

Resistencia a la penetración: se determinó con un penetrómetro de cono Dickey John. La resistencia se determinó asignando una escala del uno al cinco, según la fuerza necesaria para que entre el penetrómetro hasta la primer marca (aprox. 7 cm). Se hicieron cinco muestras por parcela.

Profundidad de penetración: Es medir hasta que profundidad entra el penetrómetro aplicando sobre él una fuerza de 2 kg.cm⁻². También se midió cinco veces por parcela.

Índice de rugosidad: Con una cadena de bicicleta de largo conocido se hicieron cinco muestras por parcela, tirando la cadena sobre el suelo de manera que la misma quede extendida pero copiando la superficie del suelo; así se midió el largo de la cadena sobre el suelo y se lo refiere al largo original determinando un índice de rugosidad.

Distribución del tamaño de agregados: Se tomaron tres muestras por parcela, de unos 10 cm de profundidad y de aprox. 1 kg por muestra; para ello se utilizó un taladro especial para que al sacar la muestra se modifique lo menos posible la estructura del suelo y por lo tanto de los agregados. Las muestras se secaron al aire y luego se pasaron por zarandas, clasificando los agregados en cuatro tamaños diferentes: <2mm, 2-4 mm, 4-8 mm, >8 mm; se pesó cada fracción resultante determinando así el % de agregados en cada rango. La fracción de agregados de entre 2 y 4 mm se guardó para luego hacer un estudio de estabilidad de agregados al agua.

Estabilidad de agregados al agua. Se realiza mediante tamizado en húmedo. La muestra de suelo se ubica en el tamiz superior de una batería de tamices con aberturas sucesivamente más pequeñas hacia abajo. El conjunto se sumerge y levanta en agua mecánicamente a un ritmo determinado y mediante un tiempo estándar. Pasado este tiempo, se determina el peso seco de los agregados que quedaron en cada tamiz, así como de la parte que se dispersó totalmente por el tratamiento. De esta forma se obtiene la distribución por tamaño de los agregados resistentes a la destrucción por este tratamiento. Es normal efectuar el mismo tratamiento a otra muestra similar, pero fuera del agua. De esta forma, comparando los resultados del tamizado en agua y en seco, se tiene una medida de la resistencia de los agregados a la destrucción por agua (Ruks et al.,1995).

P: se determinó en laboratorio utilizando las mismas muestras que para nitrato. Se estimó por el método Bray N° 1.

% de cobertura del suelo: Los marcos metálicos de 30*30 cm también se tiraron tres veces por parcela estimando cada vez el porcentaje aproximado de suelo cubierto por rastrojo.

Tiempo de infiltración: Se enterraron por parcela dos cilindros metálicos de 9.7 cm de diámetro. Dentro de estos cilindros se les agregaba unos 500 cc de agua y se medía el tiempo hasta que el agua infiltraba totalmente. Los cilindros se enterraban a una profundidad tal que no hubiese pérdidas laterales de agua.

Densidad aparente: para determinarla se utilizaron taladros especiales que extraían un volumen conocido de suelo: 98.2 cc. Se hicieron dos muestras por parcela, se pesó el suelo húmedo, se secó en estufa a 110 °C y luego se pesó nuevamente determinando así la densidad aparente de cada muestra, en gr/cc.

Profundidad de siembra: en el surco de siembra se midió la profundidad a la cual era colocada la semilla.

Emergencia de plantas: Luego de la siembra se marcaron en cada parcela tres surcos consecutivos y en ellos, tramos de cinco metros, en los cuales se hizo el conteo de plantas emergidas.

Peso de plantas: se cortaron 15 plantas consecutivas de cada línea marcada, 3 por parcela; las muestras se pesaron frescas, fueron secadas en estufa a 50 °C y luego se pesaron secas, determinando también la H% de planta.

Estado de desarrollo y N° de hojas: en las mismas plantas de sorgo que se cortaron para determinar peso y humedad, se estimó el estado de desarrollo (según escala Haun) y se contó el número de hojas por planta.

IV. RESULTADOS

A. RESULTADOS EXPERIMENTO 1

1. Caracterización climática

En la figura 1 se presenta el régimen de precipitaciones durante el experimento.

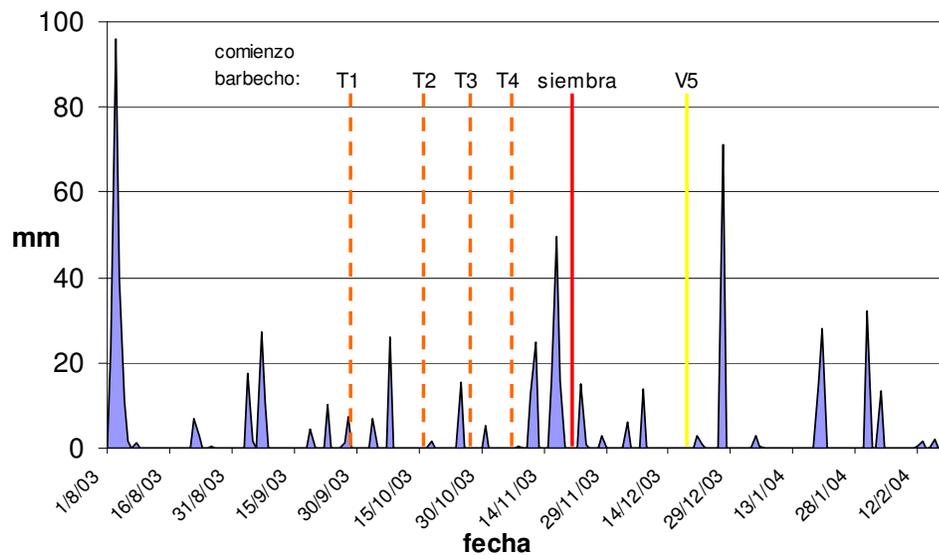


Figura 1. Precipitaciones ocurridas durante el experimento y momento de inicio del barbecho de los diferentes tratamientos, siembra y estado V5 del sorgo.

La figura muestra que las diferencias de agua acumulada en el barbecho de los diferentes tratamientos dejaron de ser importantes al momento de la siembra. Esto fue debido a que en los 10 días previos a la siembra llovieron 119 mm, y 5 días previos 81 mm. Además, a los 2 días pos siembra llovieron 15 mm, y desde siembra hasta el estado V5 del sorgo se acumularon 40 mm.

2. Producción de materia seca de avena

En la Figura 2 se muestra la evolución de la producción de materia seca de avena en los manejos evaluados.

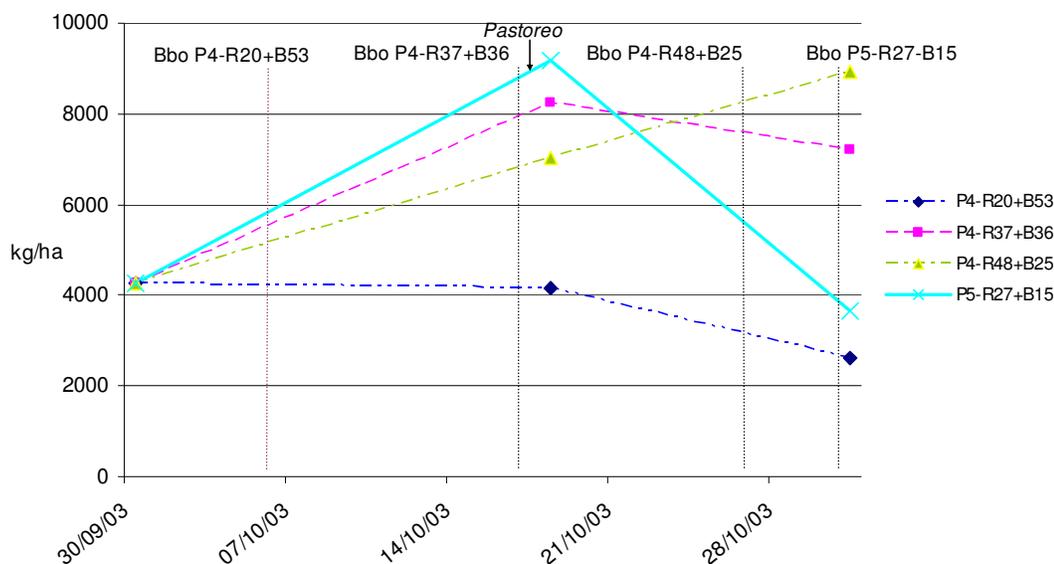


Figura 2. Evolución de la materia seca acumulada por avena según tiempo de barbecho, y momento de inicio de barbecho de cada tratamiento.

La primera diferencia entre tratamientos se encontró el 18/10 donde la $MS \cdot ha^{-1}$ acumulada en el tratamiento 1 (P4-R20+B53) fue claramente inferior al resto de los tratamientos debido a que fue el de menor tiempo de rebrote de la avena, solamente 20 días, mientras que el tratamiento 2 (P4-R37+B36) tuvo 37 días y el resto más.

El 31/10 las diferencias correspondieron a la menor materia seca del P4-R20+B53 y también del tratamiento 4 (P5-R27+B15), ya que en este último se realizó un pastoreo adicional el 18/10, el cual extrajo 5259 kg. de M.S/ha, comparado con el P4-R48+B25. Los tratamientos con 37 y 48 días de rebrote acumularon significativamente más materia seca de avena.

En P4-R20+B53 se registró una pérdida de materia seca entre las dos últimas fechas de muestreo, lo que indicaría que ya se inició un proceso de desaparición de residuos de la superficie.

Las diferencias en producción de avena quedaron marcadas tal como se esperaba para cada tratamiento según el tiempo de rebrote de los mismos. Esto determinó diferencias muy significativas en el porcentaje de cobertura del suelo el 15/11 (cuadro 3).

Cuadro 3. Cobertura del suelo (%) en función del tiempo de rebrote dado a la avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra (15/11).

P4- R20+B53	P4- R37+B36	P4- R48+B25	P5- R27+B15
54.8 c	80.9 b	85.1 ab	87.1 a

Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.01$).

El tratamiento con 53 días de barbecho llegó con solo 55% de cobertura por rastreo, lo que resulta de un menor período de rebrote previo a la aplicación del herbicida (20 días), a la calidad del rebrote y al largo período de barbecho. Con 37 días de rebrote ya se logró más de 80% de cobertura y un período de barbecho definido dentro del rango recomendable por trabajos anteriores (Ernst 2000, Ernst y Bentancour 2003).

Un pastoreo adicional, si bien retiró materia seca, no comprometió la cobertura de suelo, pero es el resultado de un consumo de avena ya encañada y de baja calidad, por lo que cuestiona la utilidad del forraje ofrecido.

3. Evolución del contenido de humedad del suelo

En la Figura 3 se muestra la evolución de la humedad del suelo en los primeros 20 cm. del perfil.

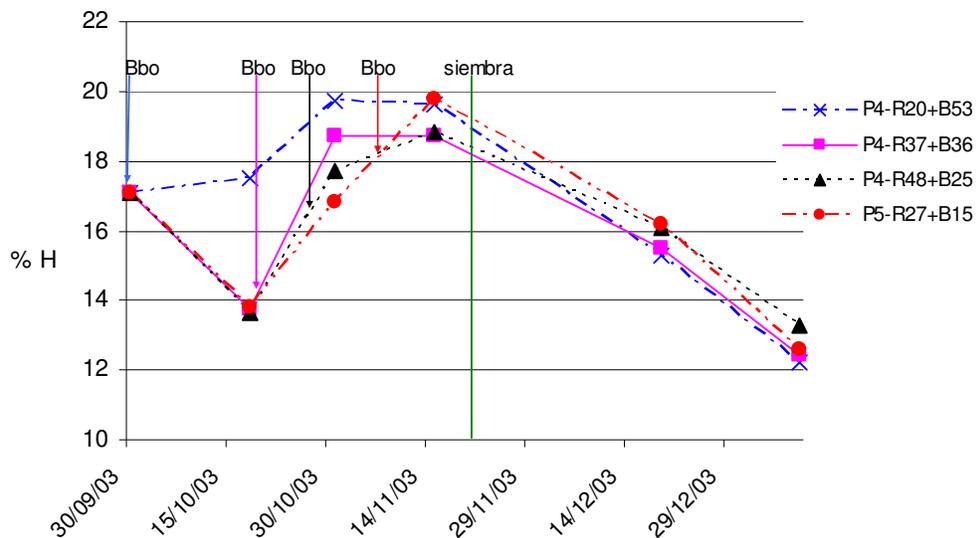


Figura 3. Evolución de la humedad del suelo (g.g^{-1}) en los primeros 20 cm. de profundidad en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.

El 18/10 la humedad en suelo fue significativamente mayor en P4-R20+B53 con respecto al resto. Aquí este tratamiento ya tenía 19 días de barbecho, mientras que en los demás la avena creciendo continuó consumiendo agua. El efecto fue significativo sólo en el primer muestro, pero se mantuvo la tendencia hasta la siembra.

En el muestreo del 15/11 no hubo diferencias entre tratamientos en el contenido de humedad en superficie. En este muestreo las precipitaciones ocurridas el día antes eliminaron las diferencias que se venían registrando en los primeros 20 cm del perfil, cuantificándose una tendencia a mayor humedad en profundidad (20 a 40 cm) en los barbechos más largos.

A partir de la siembra no se encontraron diferencias significativas en humedad del suelo entre tratamientos lo que se atribuye al consumo de agua por el cultivo de sorgo y al régimen de precipitaciones del período.

Los resultados son coincidentes con otros trabajos en los que se muestra que el control de la pérdida de agua por transpiración y/o evaporación desde el

suelo genera diferencias de humedad al momento de la siembra y primeros estadios de crecimiento del cultivo. Las diferencias posteriores responden a las variaciones de momento y cantidad de precipitaciones.

*Ver en anexo 3 las precipitaciones ocurridas durante el ensayo.

4. Disponibilidad de N-NO₃⁻ en el suelo

En el P4-R20+B53 el nivel de N-NO₃⁻ en los primeros 20 cm del perfil entre el 18/10 y la siembra fue significativamente superior al resto. En el muestro posterior, todos los tratamientos determinaron un nivel similar del nutriente. El 31/10 la disponibilidad de N-NO₃⁻ en superficie (0-20 cm) resultó al menos el doble en el P4-R20+B53 que en el resto de los tratamientos; esto se debe a que este tratamiento a la fecha tenía 32 días de barbecho, mientras que el siguiente fue el P4-R37+B36 con 15 días de barbecho.

Con un 5º pastoreo se logró un nivel similar al P4-R37+B36 y al P4-R48+B25 de N-NO₃⁻ a la siembra a pesar del menor tiempo de barbecho (15 días). Esto pudo ser debido a que el retiro de M.S. a través del pastoreo adicional determinó una menor inmovilización al reducirse la cantidad de rastrojo. No hubo diferencias en N-NO₃⁻ en profundidad (20 a 40 cm), lo que indica que los tratamientos tuvieron su efecto sólo a nivel superficial.

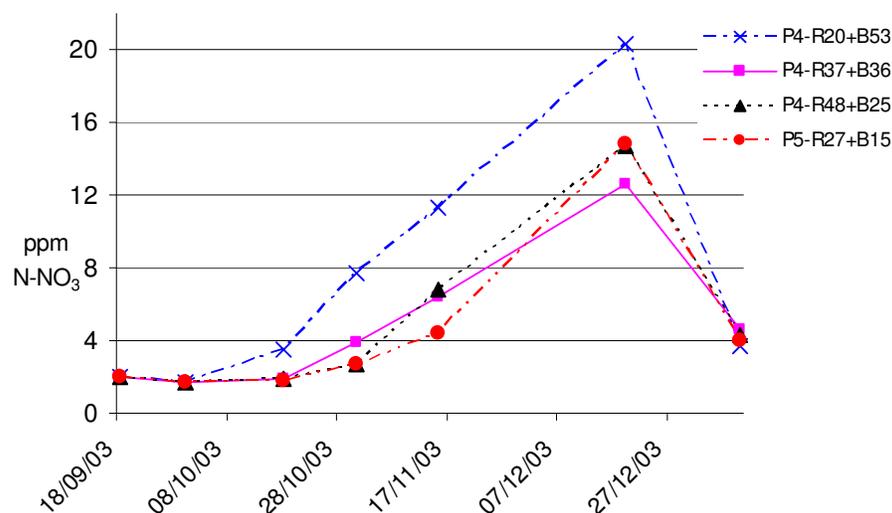


Figura 4. Evolución de la disponibilidad de $N-NO_3^-$ de 0-20 cm de profundidad en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.

Cuadro 4. Disponibilidad de $N-NO_3^-$ (ppm) de 20-40 cm de profundidad en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.

Fecha	P4-R20+B53	P4-R37+B36	P4-R48+B25	P5-R27+B15
30/09/03	1.3 a	1.3 a	1.3 a	1.3 a
31/10/03	4.3 a	6.1 a	2.5 a	1.9 a
15/11/03	6.5 a	5.4 a	3.0 a	3.7 a

Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.10$).

En los siguientes muestreos posteriores a la siembra, al igual que en el caso de la humedad edáfica, las diferencias en el nivel de nitratos no son significativas, lo que se atribuye a la desaparición del “efecto barbecho” y a la absorción del nutriente por parte del sorgo.

5. Disponibilidad de P en el suelo

En lo que respecta a los niveles de P que se midieron previo a la siembra no difieren significativamente los valores entre tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Contenido de P (ppm) a la siembra (15/11) en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.

Prof. (cm)	P4-R20+B53	P4-R37+B36	P4-R48+B25	P5-R27+B15
0-20	13.6 a	9.8 a	13.4 a	15.4 a
20-40	7.3 a	12 a	9.9 a	14.4 a

Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.10$).

En todos los casos el valor estuvo entorno al considerado como crítico para sorgo (12-14 ppm de P a la siembra) y, a diferencia de otros trabajos que han registrado un efecto positivo del período de barbecho sobre la disponibilidad de fósforo, en este caso no hubo diferencias.

6. Resistencia a la penetración

En la figura 5(a) se muestra la evolución de la resistencia a la penetración del suelo entre el 30/9 (inicio del experimento) y 15/11 (siembra). En la Figura 5(b) se muestra la profundidad a la que se alcanzó una resistencia de los 2 kg.cm^{-2} .

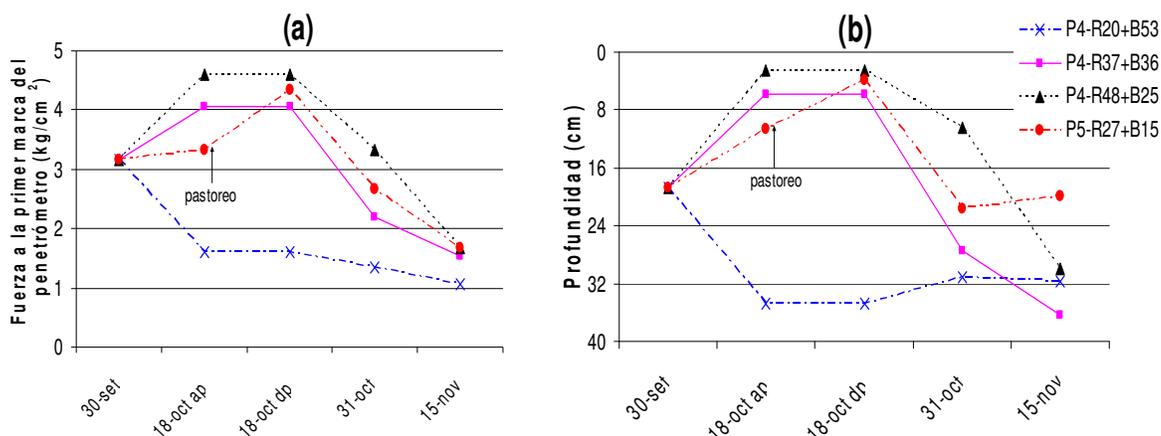


Figura 5. Evolución de la resistencia a la penetración (kg.cm^{-2}) del suelo en los primeros 7.3 cm. del perfil (a); y profundidad a la que se registró la resistencia de penetración de 2 kg.cm^{-2} (b), en respuesta al tiempo de rebrote de avena y días de barbecho químico.
ap: antes del 5º pastoreo; dp: después del 5º pastoreo.

El tiempo de barbecho químico redujo significativamente la resistencia a la penetración del suelo. Las diferencias de resistencia entre los tratamientos fueron disminuyendo hasta alcanzar valores iguales al momento de la siembra. Esto se relaciona con los resultados obtenidos de humedad en suelo en función del tiempo de barbecho; los tratamientos de mayor largo de barbecho presentaron mayor humedad, y como consecuencia una menor resistencia a la penetración.

Al determinar la profundidad en el perfil a la cual se alcanzó una resistencia de 2 kg.cm^{-2} se observó un comportamiento similar. Mientras que el inicio de barbecho el día 29/9 en el tratamiento P4-R20+B53 los 2 kg.cm^{-2} de resistencia se lograron a los 35 cm. En el muestreo del 18/10, los demás tratamientos, aún con avena creciendo, lo alcanzó dentro de los primeros 11 cm.

Al realizar un pastoreo adicional (P5-R27+B15) aumentó claramente la resistencia a la penetración y disminuyó la profundidad a la cual se alcanzaron los 2 kg.cm^{-2} de resistencia a la penetración.

7. Rugosidad de la superficie

En la figura 6 se muestra la evolución del índice de rugosidad de la superficie.

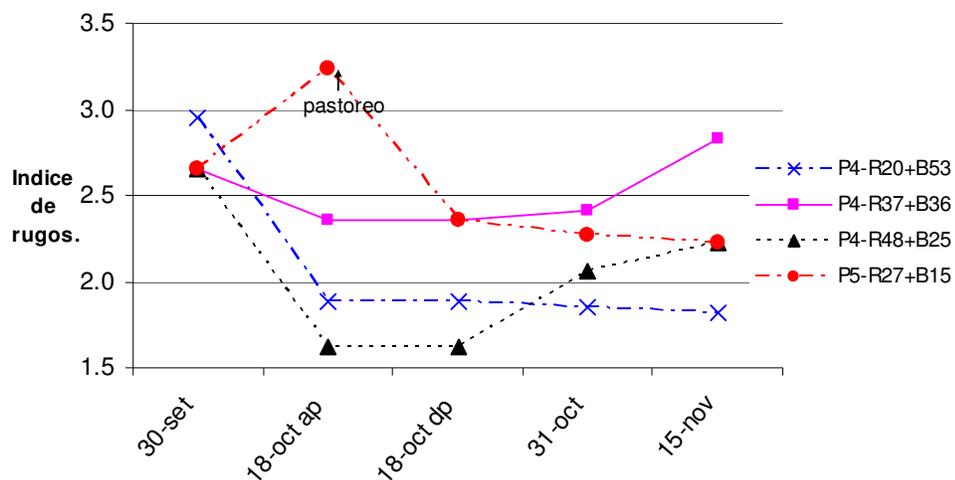


Figura 6. Evolución del índice de rugosidad en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra. ap: antes del 5º pastoreo; dp: después del 5º pastoreo.

La rugosidad de la superficie se redujo en los tratamientos con 4 pastoreos y 36 o más días de barbecho. A su vez, luego del 5to pastoreo (P5-R27+B15) hubo una notoria disminución del índice de rugosidad.

Al 31/10 no existió diferencia significativa en rugosidad, tampoco en el muestreo del 15/11.

El tiempo de barbecho fue capaz de modificar la rugosidad de la superficie generada por el pastoreo de la avena durante el invierno, pero todos lograron un valor similar al momento de la siembra, por lo que puede considerarse que el menor período evaluado ya fue suficiente.

8. Tamaño de agregados del suelo

En la distribución del tamaño de agregados no hay diferencias entre los distintos largos de barbecho. Hay cambios en la distribución del tamaño de agregados para todos los tratamientos, entre las dos fechas de muestreo.

En el siguiente gráfico se presenta la evolución del tamaño de agregados.

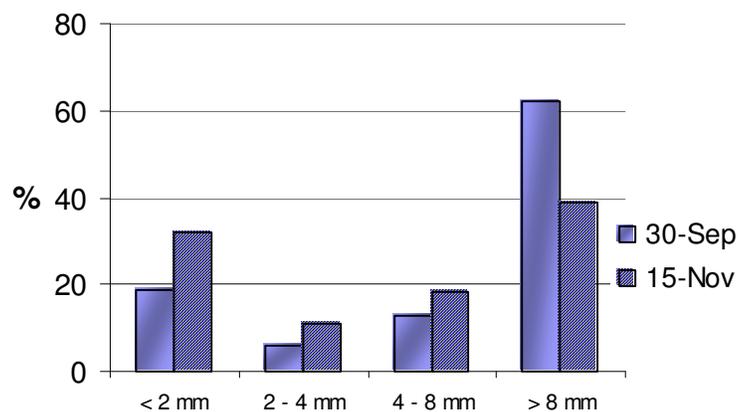


Figura 7. Evolución de la distribución del tamaño de agregados (% para cada clase de tamaño de agregados) para el promedio de los tratamientos.

Hubo un aumento en el porcentaje de agregados menores a 8 mm, dentro de los cuales los menores a 2 mm son los que aumentaron en mayor porcentaje. Por consecuencia hubo una clara disminución en los agregados mayores a 8 mm de diámetro. Este cambio se atribuye al efecto del barbecho químico donde la descomposición de raíces del cultivo anterior y de malezas permite lograr una mejor condición física (Ernst, 1999).

9. Densidad aparente y velocidad de infiltración

El muestreo se realizó el 15/11 y ninguno de estos dos parámetros es afectado por los tratamientos.

10. Caracterización del ambiente suelo al momento de la siembra y su efecto en la implantación y crecimiento de sorgo

a. Situación a la siembra y emergencia

En el siguiente cuadro se caracteriza el “ambiente” determinado por los distintos tratamientos al día de la siembra y en la figura 7 la evolución de la emergencia de sorgo.

Cuadro 6. Situación a la siembra de las diferentes variables en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.

Variable	P4- R20+B53	P4- R37+B36	P4- R48+B25	P5- R27+B15
H% 0-20	19.6 a	18.7 a	18.8 a	19.8 a
H% 20-40	21.5 a	19.5 ab	19.9 ab	17 b
N 0-20	11 a	6 b	7 b	4 b
N20-40	7 a	5 a	3 a	4 a
P 0-20	14 a	10 a	13 a	15 a
P 20-40	7 a	12 a	10 a	14 a
Res. 1ª M	1.1 a	1.5 a	1.7 a	1.7 a
Prof. pen	31.7 ab	36.3 a	30.1 b	20 b
Ind. rug	1.8 b	2.8 a	2.2 ab	2.2 ab
% cobertura	55 c	81 b	85 ab	87 ab
Vel. inf.	11 b	10 b	23 a	13 ab
Dens. ap	1.15 ab	1.10 b	1.17 a	1.14 ab
A>8 mm	34 a	38 a	48 a	35 a
A 4-8 mm	19 a	19 a	16 a	20 a
A 2-4 mm	12 a	11 a	9 a	12 a
A<2 mm	35 a	33 a	28 a	33 a
TMP agr	4.92	5.17	5.63	5.02
AEA>3.65 mm	0.6 a	0.6 a	0.7 a	0.7 a
AEA<0.8 mm	1.12 a	1.10 a	0.09 a	0.1 a

Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si (según comparación por DMS).

A la siembra la variable en la cual hubo diferencia fue N-NO₃⁻ en superficie, en la cual fue superior el tratamiento con mayor tiempo de barbecho (P4-R20 +B53). El efecto sobre la disponibilidad de N-NO₃⁻ fue causa de un cese temprano en la absorción de N sumado a un tiempo efectivo de descomposición de la avena. Este tratamiento con barbecho mas largo tuvo mayor humedad en profundidad que el P5-R27+B15 pero fue igual a los demás en superficie, posiblemente debido a que el agua que acumuló por un tiempo de

barbecho mas largo se evaporó más rápido al tener menor cobertura, dado su menor tiempo de rebrote y mayor tiempo de descomposición.

En cuanto a las propiedades físicas del suelo no se vieron diferencias entre tratamientos al momento de la siembra.

En la siguiente figura se presenta la evolución de la emergencia de sorgo.

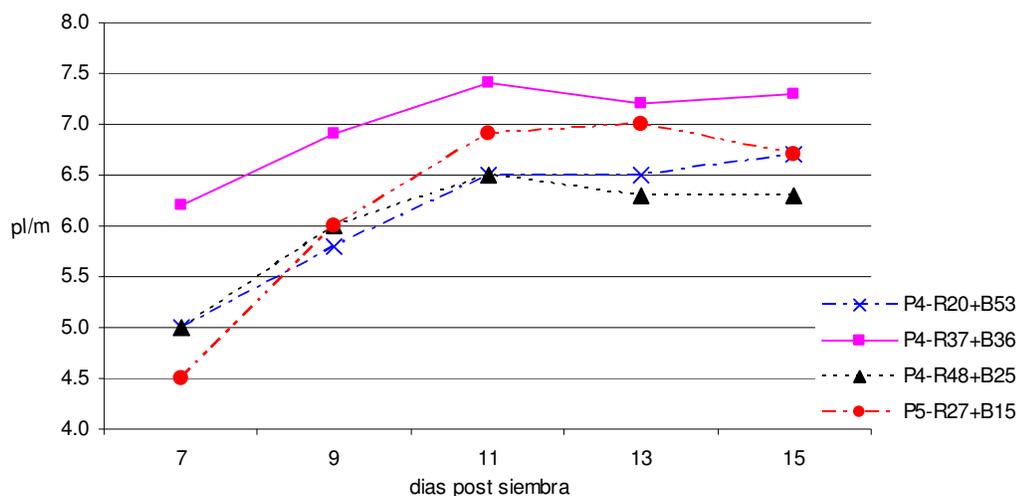


Figura 8. Evolución de la emergencia del sorgo en función de los días de rebrote de avena y días entre aplicación del herbicida total y siembra.

En lo que respecta a la implantación solo se vieron algunas diferencias a los 8 días de la siembra, donde el tratamiento con 5 pastoreos y menor tiempo de barbecho (P5-R27+ B15) mostró menor implantación diferenciándose significativamente solo del P4-R37+ B36 que obtuvo mayor número de plantas. Estas diferencias encontradas se pueden asociar con que el tratamiento P5-R27+B15 presentó mayor resistencia a la penetración que el P4-R37+B36 (relacionado posiblemente al pastoreo extra). A los 10 días post siembra no se ven diferencias significativas en cuanto a número de plantas.

b. Desarrollo

En las siguientes figuras se presenta la evolución del peso de las plantas de sorgo y su estado de desarrollo al 19/12.

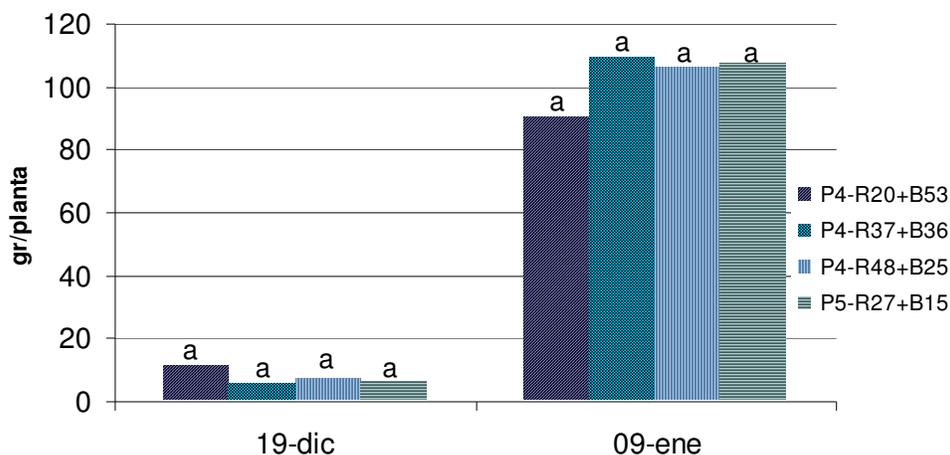


Figura 9. Peso de plantas de sorgo (gr) según fecha de muestreo. Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.10$).

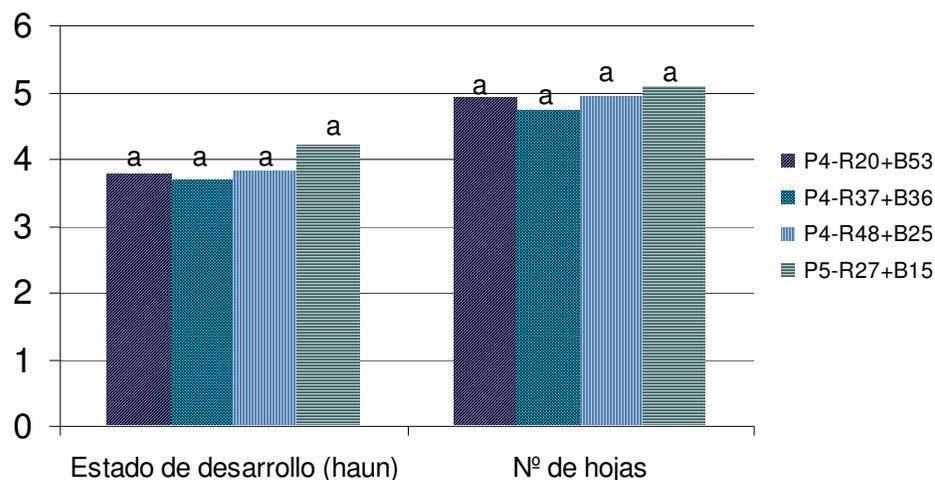


Figura 10. Desarrollo y Nº de hojas de sorgo al 19/12 (26 días post siembra). Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.10$).

El 19/12 (28 días post siembra) los tratamientos no tuvieron efecto significativo ni en el peso ni en el estado de desarrollo de las plantas de sorgo. Solamente existió una tendencia a mayor peso de plantas en el P4-R20+B53 (significativo al 11%). Esta tendencia pudo ser a causa de una diferencia en la temperatura del suelo, ya que este tratamiento es el único que se diferencia significativamente del resto con menor % de cobertura de suelo (55%), no

sufriendo retraso en la tasa de desarrollo por temperaturas inferiores en el suelo al ser mayor la cobertura. Coincidente con Ernst y Siri (1997).

El 09/01 (49 días post siembra) ya no se vio la tendencia del mayor peso de plantas en el P4-R20+B53. Esto también concuerda con lo mencionado por Ernst y Siri, 1997, donde la respuesta vegetal a los cambios en la temperatura del suelo se refleja en menor tasa de crecimiento inicial, en los primeros 30 a 40 días post emergencia.

* Ver en anexo 2 tabla de análisis de varianza donde se detalla la significancia de las diferentes variabilidades.

B. RESULTADOS EXPERIMENTO 2

1. Caracterización climática

En la figura 11 se presenta el régimen hídrico del experimento con los respectivos momentos de inicio de barbecho.

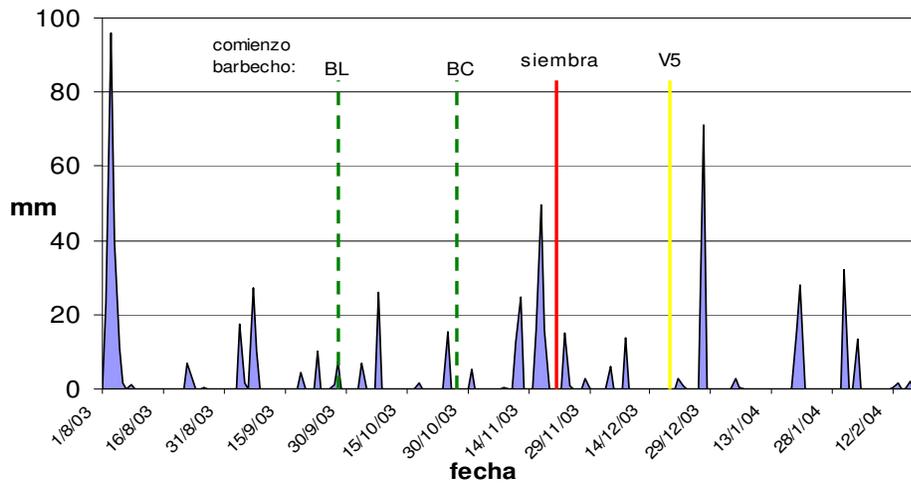


Figura 11. Precipitaciones ocurridas durante el experimento y momento de inicio del barbecho de los diferentes tratamientos, siembra y estado V5 del sorgo.

Al igual que en el experimento 1 las precipitaciones ocurridas antes de la siembra fueron suficientes para llegar con un buen nivel hídrico a la siembra independientemente del momento de inicio del barbecho.

2. Producción de materia seca de avena

En las siguientes figuras se presenta la evolución de la materia seca por hectárea según el largo del barbecho y según tipo de laboreo.

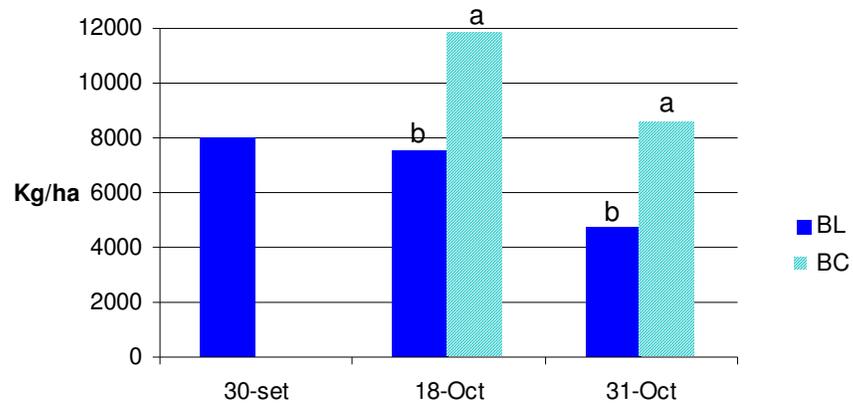


Figura 12. Evolución de la materia seca de avena por hectárea según largo del barbecho. Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.01$).

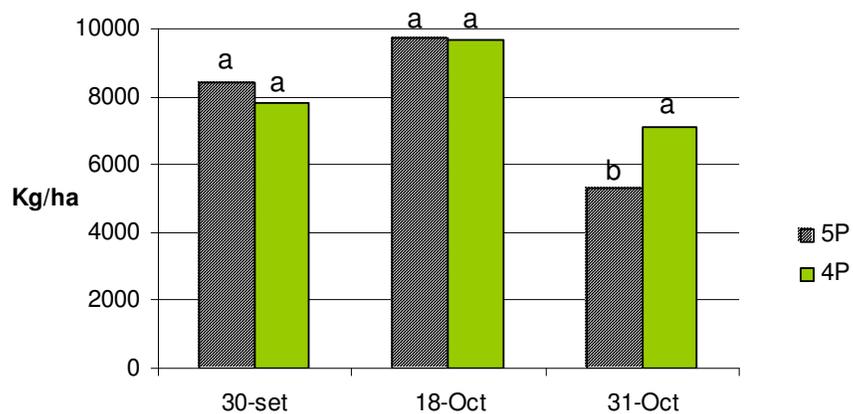


Figura 13. Evolución de la materia seca de avena por hectárea según número de pastoreos. Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.01$).

El 18/10 hay un efecto muy significativo del largo del barbecho debido a los momentos de inicio del mismo.

El 31/10 existió un efecto muy significativo de los tratamientos. Este efecto fue debido a la menor cantidad de MS que presentan los barbechos más largos (3751 kg menos). Además hubo un efecto muy significativo del pastoreo, siendo claramente menores los niveles de MS en donde hubo pastoreo extra, utilizando 1809 kg mas de materia seca que las situaciones con 4 pastoreos.

3. Evolución del contenido de humedad del suelo

A continuación presentamos la evolución del contenido de humedad del suelo en superficie.

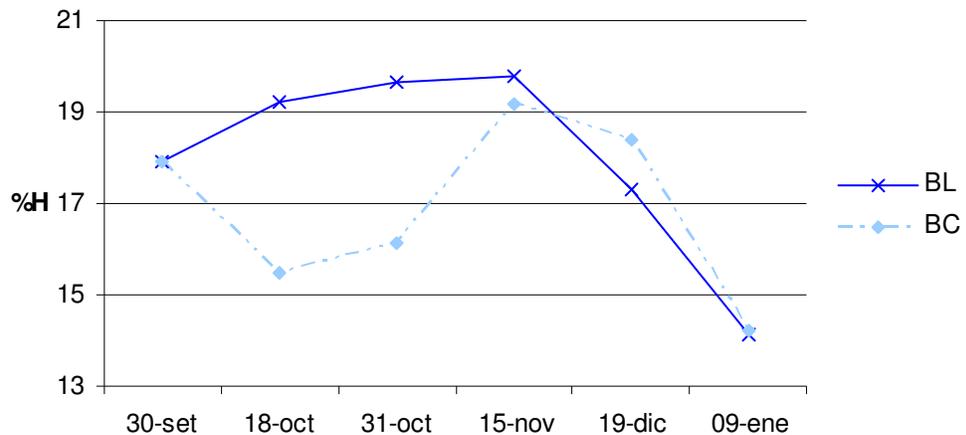


Figura 14. Evolución de la humedad del suelo de 0-20 cm. según largo del barbecho.

En el muestreo del 18/10 se vieron diferencias significativas de humedad del suelo entre tratamientos. Estas diferencias fueron causadas por la variable tiempo de barbecho ya que a la fecha el P5-B54/LR al P4-B54/SD+R+A llevan 19 días de barbecho mientras que en el resto de los tratamientos sigue creciendo el cultivo.

En profundidad (20-40 cm) sucedió lo mismo.

El 31/10 continuó la diferencia, hubo efectos significativos de los tratamientos sobre la humedad causados por diferencias muy significativas entre largo de barbecho. A esta fecha los primeros tratamientos tenían 32 días de barbecho y los últimos, 4 días. De 20 a 40 cm de profundidad también hubo un efecto del largo de barbecho.

El 15/11 no se vieron diferencias significativas ya que a partir del muestreo anterior todos los tratamientos quedaron en barbecho y además ocurrieron lluvias que sumaron más de 40 mm. Lo mismo sucedió en el experimento 1.

4. Disponibilidad de N-NO₃⁻ en el suelo

Hubo efecto muy claro de los tratamientos debido al largo del barbecho.

Esta diferencia continuó en el muestreo de 31/10 aunque dejó de ser significativa y solamente es una tendencia de mayor nivel N-NO₃⁻ en los tratamientos con barbecho mas largo (figura 15).

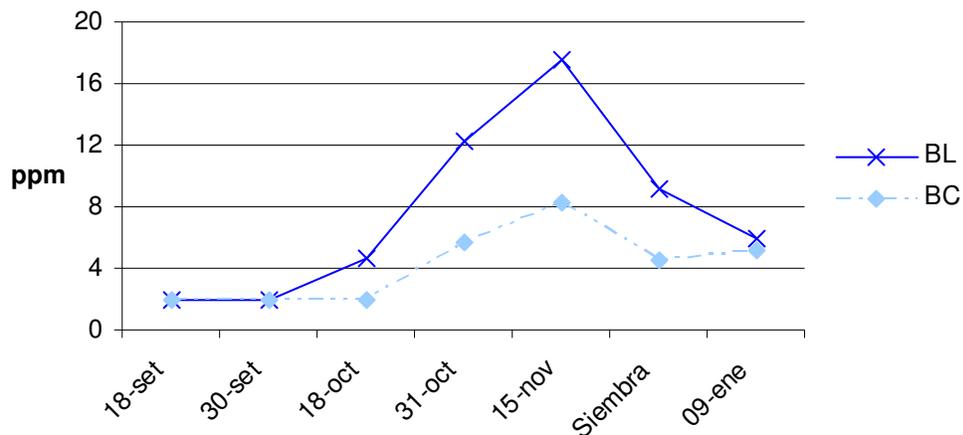


Figura 15. Evolución del contenido de nitratos de 0-20 cm de profundidad según largo del barbecho.

Esta tendencia continuó, el 15/11 hubo un efecto significativo del largo de barbecho sobre los nitratos de superficie; también existió efecto de los tratamientos sobre los nitratos de 20 a 40 cm de profundidad, donde se vieron mayores niveles en barbecho largo.

Los tratamientos tuvieron un efecto muy significativo sobre los nitratos a la siembra, diferencia que es explicada por el largo de barbecho. Estos resultados son similares a lo visto en el experimento 1.

Luego de la siembra las diferencias entre tratamientos no fueron significativas.

5. Disponibilidad de P en el suelo

En lo que refiere al fósforo previo a la siembra no se vieron diferencias significativas de 0 a 20 cm. De 20 a 40 cm de profundidad hubo efectos muy

significativos entre tratamientos. También hubo un efecto importante del tipo de laboreo.

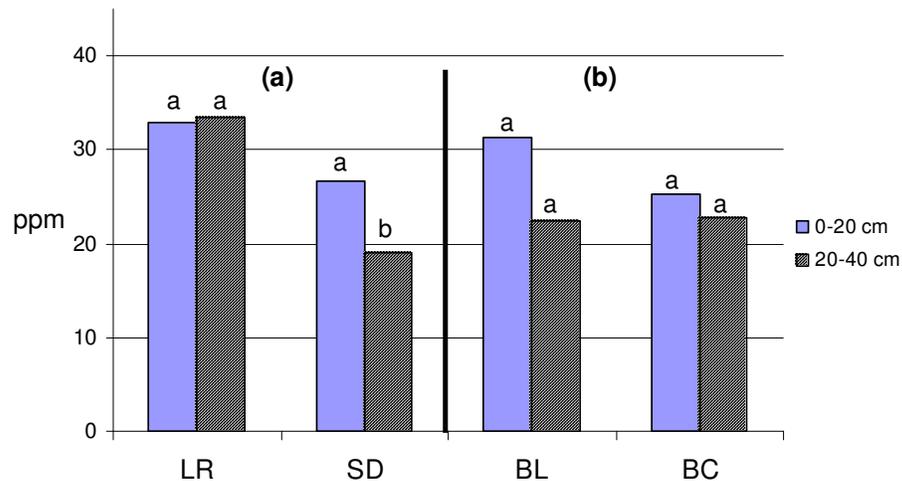


Figura 16. Contenido de fósforo a la siembra, en superficie y en profundidad, según largo del barbecho (a) y tipo de laboreo (b). Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.01$).

Si bien los efectos no son significativos hubo una tendencia a mayor nivel de P de 0-20 cm en el caso de los tratamientos con LR. Esta tendencia también existió si comparamos diferentes tiempos de barbecho: barbecho largo tiende a presentar más P en superficie.

6. Resistencia a la penetración

En las Figuras 17(a) y 18(a) se muestra la evolución de la resistencia a la penetración del suelo entre el 30/9 (inicio del experimento) y 15/11 (siembra). En las Figuras 17(b) y 18(b) se muestra la evolución de la profundidad de penetración a la que se alcanzó los 2 kg.cm^{-2} de resistencia.

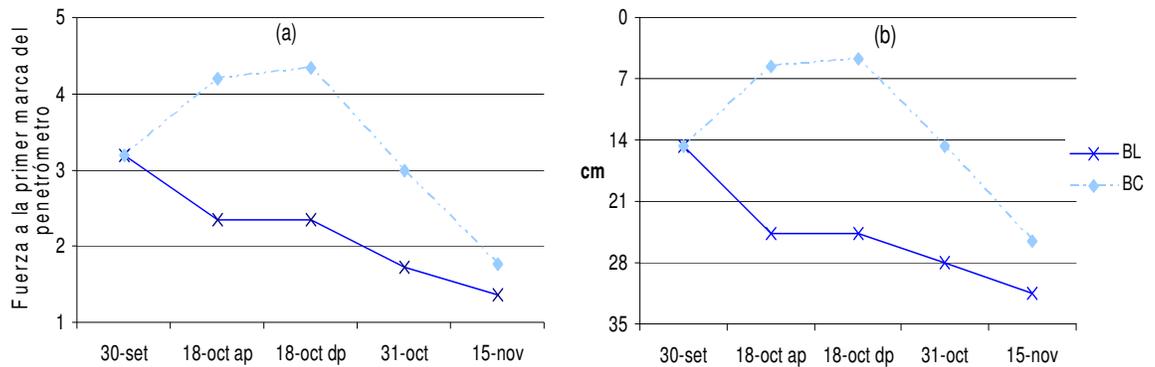


Figura 17. Evolución de la resistencia a la penetración a la primer marca del penetrómetro (a), y de la profundidad de penetración a los a los 2 kg/cm² de fuerza aplicada (b), según largo del barbecho.

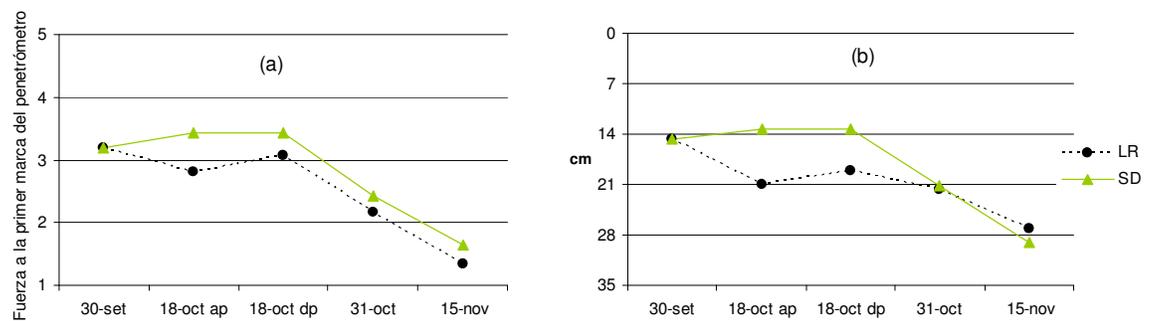


Figura 18. Evolución de la resistencia a la penetración en los primeros 7,3 cm (primer marca del penetrómetro) (a), y de la profundidad a la que se determinó 2 kg/cm² de fuerza aplicada (b), según tipo de laboreo.

El 18/10 se vio un efecto muy significativo de los tratamientos sobre la resistencia a la penetración y consecuentemente sobre la profundidad a la que se alcanzó los 2 kg.cm⁻² de resistencia a la penetración. Son los tratamientos de barbecho mas largo que provocaron que el tiempo de barbecho sea una variable muy significativa.

El pastoreo adicional generó una leve tendencia a aumentar la resistencia a la penetración y a disminuir la profundidad de penetración, pero no hay un claro efecto significativo de los tratamientos con pastoreo adicional y posterior laboreo.

El 31/10 hubo efecto muy significativo de los tratamientos en resistencia a la penetración y efecto significativo en profundidad de penetración. La diferencia entre largo de barbecho sigue siendo la causa de esto.

Estos resultados en ambos indicadores de compactación causados por diferentes largos de barbecho se relacionan muy bien con los resultados obtenidos en humedad del suelo, como se puede observar en la figura 19. En los casos de barbecho largo al haber mayor humedad del suelo la resistencia fue menor; Camp y Gill, citados por Martino (2002), afirman que la humedad afecta tres factores del suelo que determinan la resistencia a la penetración: cohesividad, ángulo de fricción interna y compresibilidad; a medida que el suelo se seca aumenta la resistencia a la penetración exponencialmente, hasta alcanzar un valor máximo que ocurre a un nivel de humedad de alrededor de 1 a 3 %.

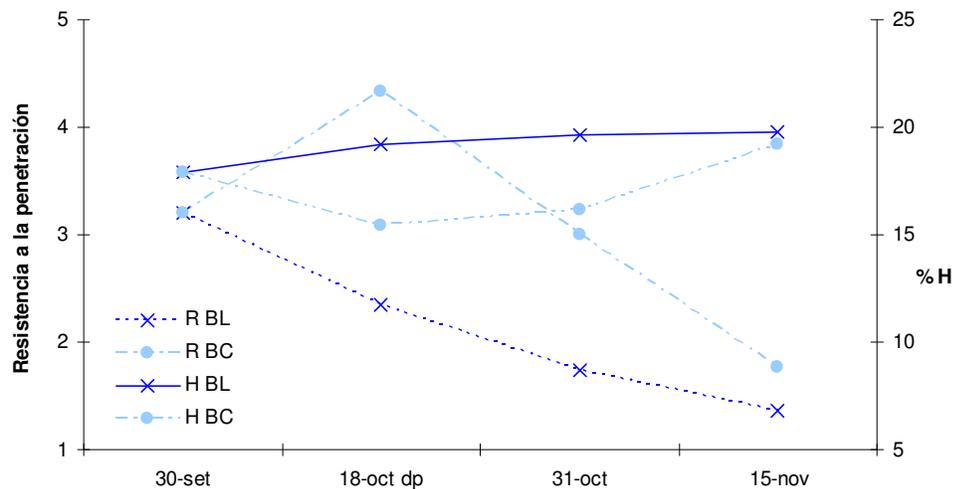


Figura 19. Evolución de la resistencia a la penetración del suelo (R), expresada en escala del 1 al 5, comparada con la evolución de la humedad (H), expresada en %, según largo del barbecho.

El 15/11 ya no se vieron efectos de los tratamientos sobre resistencia y profundidad de penetración, pero si hay efectos significativos del largo de barbecho sobre ambas variables.

Al contrario del experimento 1, donde las diferencias que se dieron durante el barbecho desaparecieron a la siembra, en el experimento 2 se mantiene la diferencia a la siembra, donde la situación de barbecho largo

presentó menor resistencia a la penetración, a pesar de que la humedad en suelo fue la misma en todos los tratamientos.

7. Densidad aparente

No hubo efecto significativo de tratamientos. Solamente hubo diferencias causadas por el laboreo. Esto se puede observar en la siguiente figura.

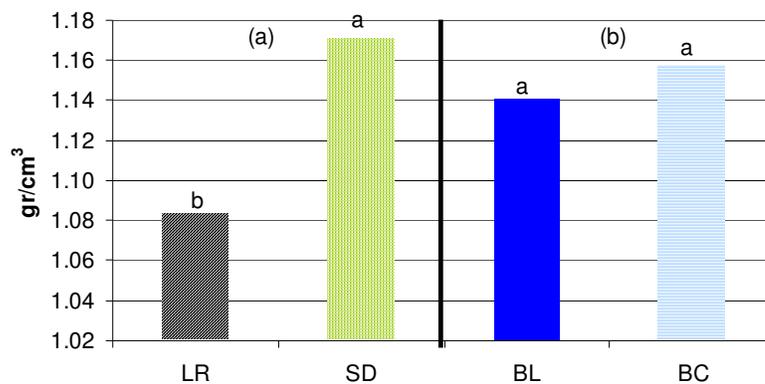


Figura 20. Densidad aparente al 15/11 según tipo de laboreo (a) y largo del barbecho (b). Columnas con la misma letra no difieren entre sí ($p \leq 0.05$).

En este trabajo no se encontró relación entre densidad aparente y resistencia, contrariamente a lo que afirman Taylor y Ratliff (1969), que el incremento en la resistencia a la penetración es mayor cuanto mayor es la densidad aparente.

8. Rugosidad de la superficie

En las siguientes figuras se presenta la evolución de la rugosidad según largo del barbecho y según tipo de laboreo.

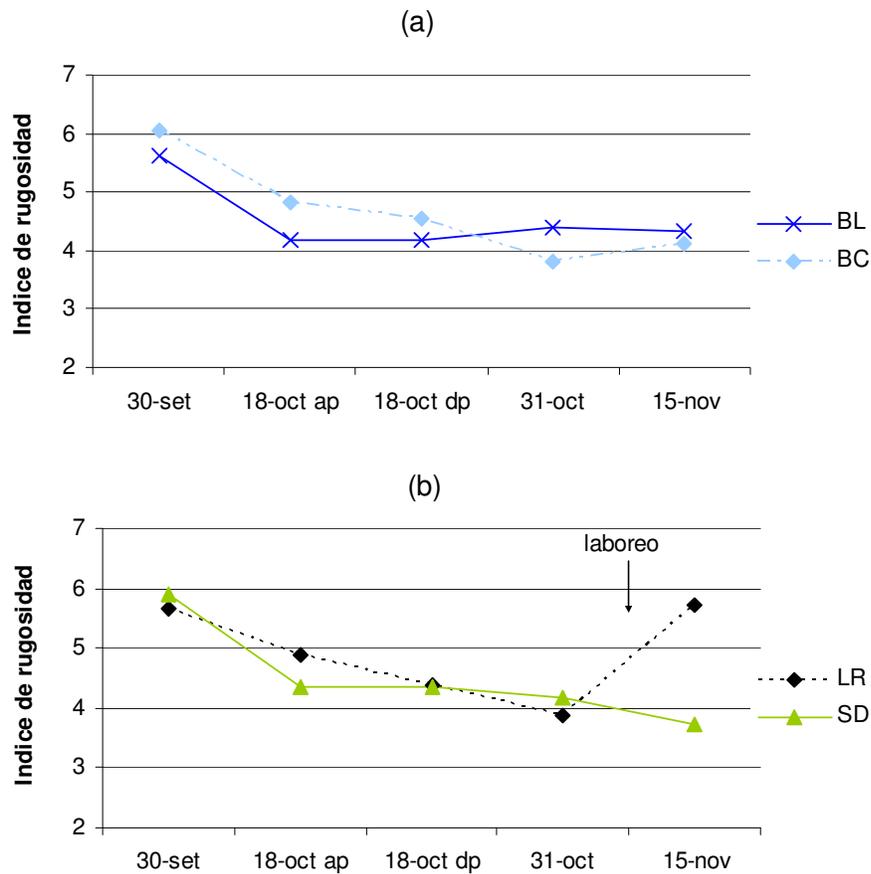


Figura 21. Evolución de la rugosidad según largo del barbecho (a), y según tipo de laboreo (b).

El 18/10 no hubo diferencias entre tratamientos.

El 15/11 surgieron diferencias muy significativas entre los tratamientos. También hubo un efecto del tiempo de barbecho y diferencias importantes causadas por efecto del laboreo, ya que el mismo aumenta en forma significativa la rugosidad del suelo.

Al igual que el experimento 1 se dio una tendencia general a una disminución en el índice de rugosidad a pesar de que en el experimento 2 la rugosidad inicial fue mayor.

9. Agregados

En la Figura 22 se presenta la evolución de la distribución del tamaño de agregados según largo del barbecho y tipo de laboreo

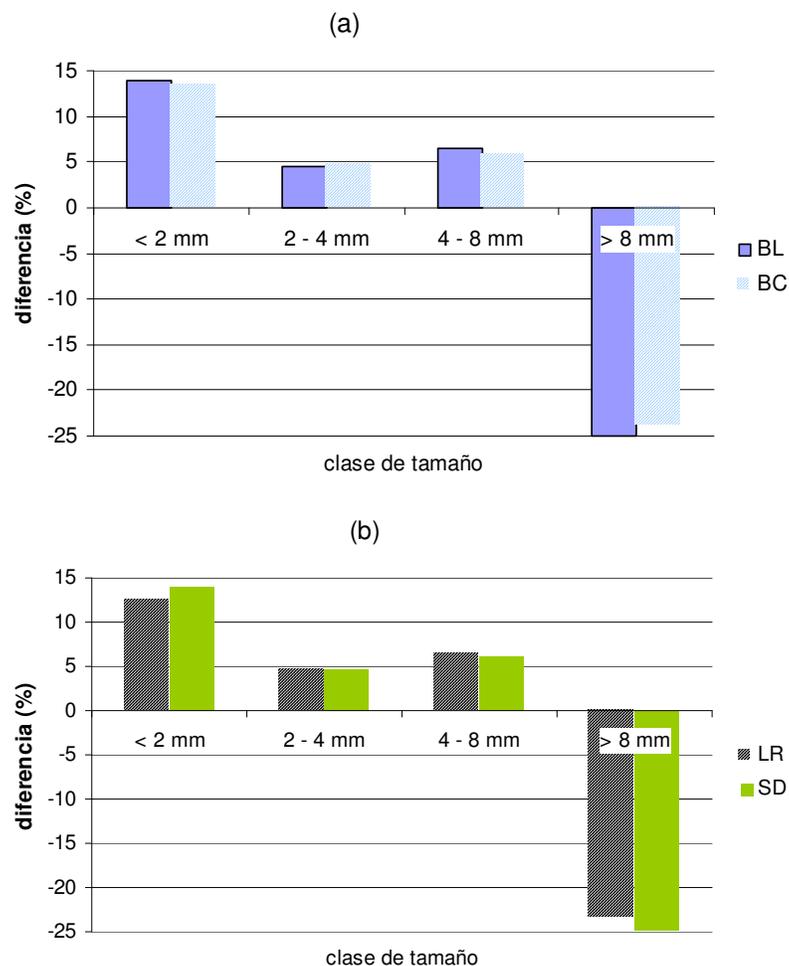


Figura 22. Evolución del tamaño de agregados, expresada como diferencia de porcentaje de las clases entre dos fechas (30/9 al 15/11), según largo del barbecho (a) y según tipo de laboreo (b).

No existieron diferencias entre tratamientos ni efectos del laboreo o del largo de barbecho en la distribución del tamaño de agregados. En todos los casos se vio que a la siembra aumenta el porcentaje de agregados menores a 8 mm con respecto a la situación original. Si se pudo observar una leve tendencia a que ésta disminución en el tamaño de los agregados es algo mayor en los tratamientos de barbecho largo y a su vez en los de SD. Esta misma situación se vió en el experimento 1.

10. Infiltración

No se vieron diferencias significativas en velocidad de infiltración causadas por efecto de los tratamientos. El hecho de que no hubiese efecto sobre la infiltración al igual que sobre la estabilidad de agregados es coincidente con la afirmación citada por May y Schmitz (1997), donde la estabilidad de agregados es responsable de mantener la estructura física del suelo y por tanto es un factor que gobierna la infiltración de agua en el suelo.

11. Implantación y crecimiento de sorgo

a. Emergencia de sorgo

En la Figura 23 se observa la evolución de la emergencia de sorgo según tipo de laboreo.

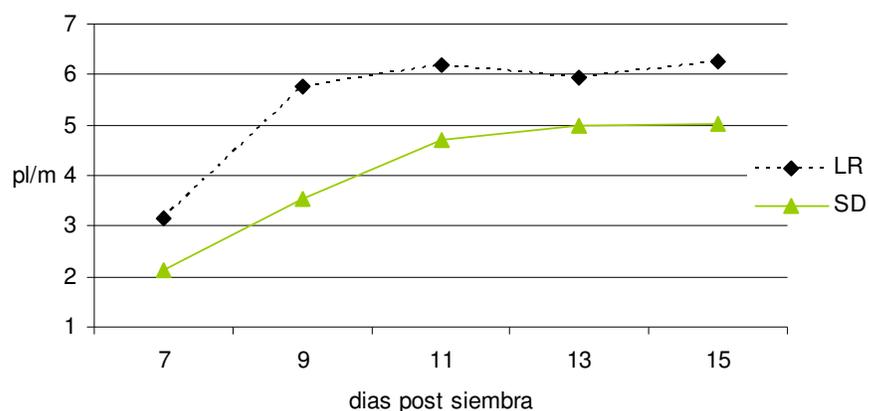


Figura 23. Evolución de la emergencia del sorgo según tipo de laboreo.

Las diferencias significativas causadas por el laboreo aparecieron a los 9 dps, se mantienen a los 11 dps, donde fueron muy significativas. Al 13^o dps

desaparecieron estas diferencias y volvieron a ser significativas al 15º día. Siempre se mantuvo una clara tendencia a un mayor número de plantas en el promedio de los tratamientos con laboreo reducido.

Estos resultados de mas rápida implantación y tendencia a mayor número de plantas en situaciones de laboreo reducido comparado con SD, coinciden con los de Ernst (1999) donde afirma que la implantación resultó mas lenta y con menor número final de plantas en SD, a pesar de la mayor humedad en suelo a la siembra. Asocia esta menor implantación a tres aspectos de manejo: -calidad de siembra, -pérdidas de plantas por insectos del suelo, -longitud de barbecho y manejo del rastrojo. Similar son los resultados mostrados por Ernst y Siri (1996) donde afirman que en cultivos de verano deben manejarse porcentajes de implantación menores cuando se siembra sin laboreo. Martino (2001) también afirma que luego de un cultivo de invierno de pastoreo es necesario algún laboreo para obtener una adecuada implantación del cultivo de verano. Esto coincide y puede ser explicado con lo que mencionan Ernst y Siri (1997) sobre el efecto negativo de la menor temperatura del suelo no laboreado sobre la tasa de crecimiento (área foliar/planta) de sorgo y el retraso en que se alcanza la temperatura media óptima para la germinación, por efecto de suelos no laboreados cubiertos por rastrojo. Además Ernst y Bentancour (2003) afirman que hay un efecto negativo del pastoreo adicional sobre el número de plantas logradas en SD, por lo que este efecto negativo en nuestro trabajo probablemente fue eliminado al realizar el laboreo reducido luego del último pastoreo.

En la Figura 24 se observa la evolución de la emergencia de sorgo según largo del barbecho.

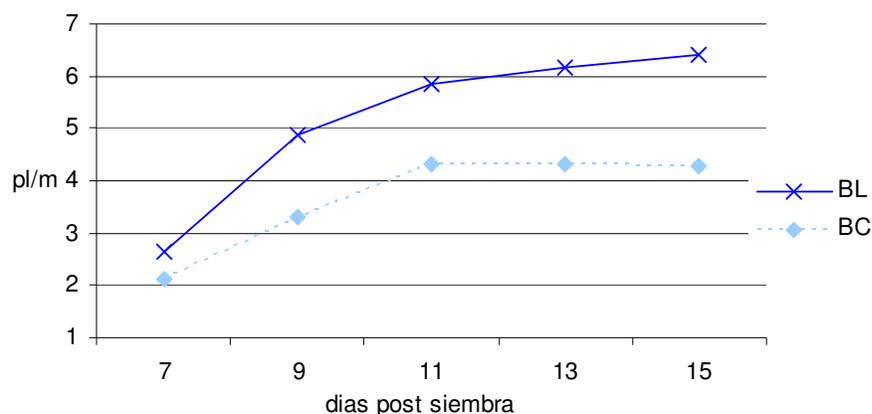


Figura 24. Evolución de la emergencia del sorgo según largo del barbecho.

Al igual que con el tipo de laboreo, al principio no se vio efecto del largo del barbecho en la emergencia. A los 9 dps se vio efecto significativo y de aquí en adelante continuaron diferencias muy significativas a favor del barbecho largo. Esto es explicado por Ernst (1999) cuando explica que el barbecho permite preparar la sementera, ya que al descomponer las raíces de cultivos anteriores y malezas el suelo logra una mejor condición física. El autor llega a la conclusión de que es necesario un tiempo para recargar el agua consumida por el verdeo, el que dependerá del régimen hídrico del año, pero también es necesario un tiempo mínimo para la muerte y descomposición del verdeo, lo que se traduce en un aumento de la disponibilidad de nitratos a la siembra, generación de una sementera descompactada, mejor implantación y crecimiento del cultivo siguiente. Además en nuestro trabajo se vio que con un barbecho más largo se logró menor resistencia a la penetración del suelo y un contenido más alto de nitratos a la siembra. Lo mismo resulta del trabajo de De Armas y Nogué, citados por Ernst (2001), donde el efecto del tiempo de barbecho se manifiesta sobre la humedad del suelo y la acumulación de N como nitratos.

Estos resultados también se pudieron dar a causa de una menor temperatura en los suelos de barbecho mas corto ya que estos presentaron a la siembra una cobertura significativamente mayor (73 %) que los tratamientos de barbecho largo (59 % cobertura). Lo que coincide y se explica con lo citado por Ernst y Siri (1997) donde la cantidad de rastrojo que queda sobre el suelo determina la magnitud del cambio en el régimen térmico del suelo, donde la amplitud térmica se reduce, afectando fundamentalmente la máxima diaria y determinando una temperatura media diaria inferior. Esto repercute en la tasa de crecimiento y germinación del sorgo, coincidente con los resultados sobre el tipo de laboreo mencionado anteriormente. Esta mayor cobertura en barbechos cortos también pudo ser causa de menor implantación debido a la interferencia de mayor volumen de rastrojo (Ernst, 1998).

En la Figura 25 se observa la evolución de la emergencia de sorgo según presencia o no de un abresurco adicional.

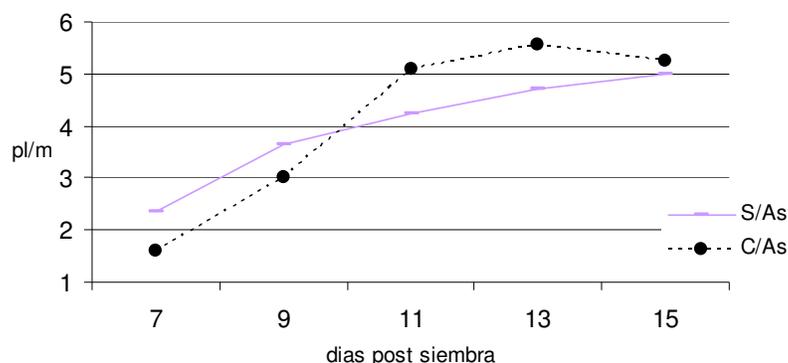


Figura 25. Evolución de la emergencia del sorgo con o sin abresurco adicional

Con abresurco adicional no se vieron diferencias claras comparando con el tren de siembra de doble disco. Sin embargo, Carameso (1998) comparando abresurcos de triple disco con los de doble disco concluye que existe efecto significativo del tipo de abresurco sobre la humedad. El triple disco difiere con menores valores de humedad en el surco, además de menor temperatura, lo que se explica por el pequeño laboreo que se realiza en el suelo al momento de la siembra; este ambiente desfavorable generado determina menor emergencia, dependiendo de las condiciones climáticas. Lo mismo observo Gould (1996). Posiblemente en nuestro trabajo no se vieron diferencias en implantación porque llovieron 65 mm 3 días previo a la siembra y 15 mm al otro día de la siembra.

En la Figura 26 se observa la evolución de la emergencia de sorgo según presencia del rastrojo o retiro del mismo.

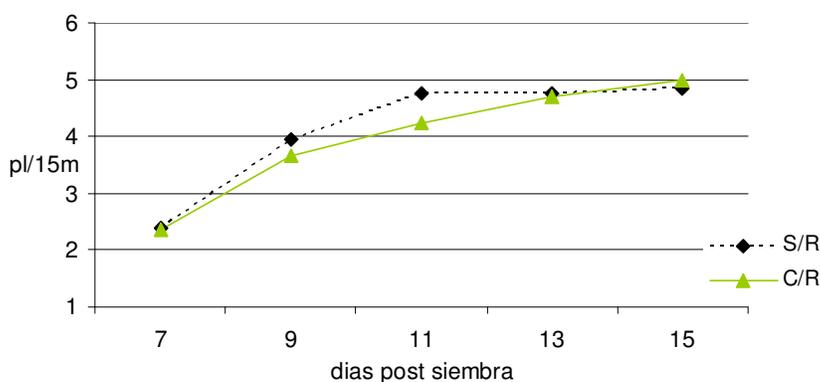


Figura 26. Evolución de la emergencia del sorgo con o sin rastrojo

No hubo diferencia en emergencia al retirar una parte del rastrojo. Carameso (1998) encontró un efecto importante del rastrojo. Sin rastrojo las velocidades de emergencia fueron mayores que con rastrojo. También se afecta la implantación, siendo menor en los casos con rastrojo porque afecta las operaciones de siembra. En el caso de nuestro trabajo puede suceder lo mismo que con los efectos de los abresurcos: tal vez un adecuado nivel hídrico corrigió las posibles diferencias que se pudieron dar entre tratamientos. Esto coincide con Ernst (1998) donde menciona que la existencia de lluvias en los 15 días siguientes a la siembra fue determinante del resultado final, al evaluar siembras sobre distintas situaciones de rastrojo.

b. Desarrollo de sorgo

En los muestreos de estado de desarrollo y número de hojas de sorgo no se vieron diferencias significativas causadas por tratamientos. Lo que se observó es una tendencia a mayor desarrollo y mayor número de hojas en el caso de barbecho largo y también mayor desarrollo en los tratamientos de SD.

En la Figuras 27 y 28 se grafican estos resultados

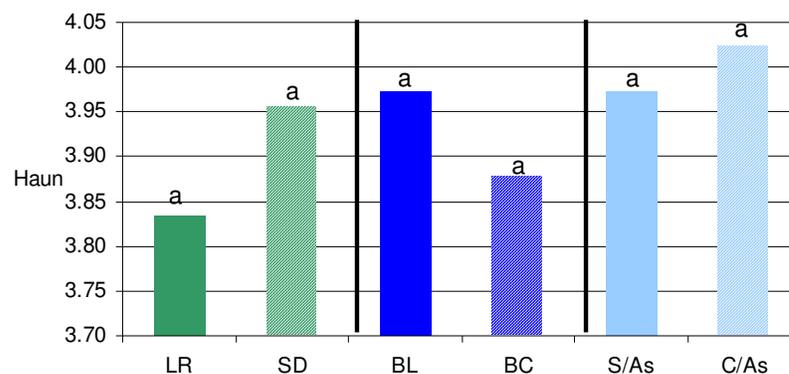


Figura 27. Estado de desarrollo del sorgo (Haun) al 19/12 (26 días post siembra) según diferentes variables. Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.10$).

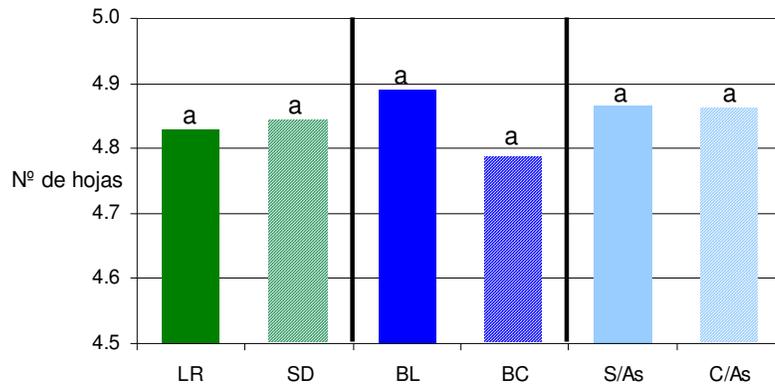


Figura 28. Nº de hojas del sorgo al 19/12 (26 días post siembra) según diferentes variables. Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.10$).

En el indicador de peso seco de 40 plantas hubo diferencias significativas entre tratamientos y efecto muy significativo del tipo de laboreo. Esto concuerda con el peso individual de plantas; a los 27 días post siembra se vio un efecto muy significativo del tipo de laboreo.

El 9/01, con el sorgo en V5, aparece un efecto de los tratamientos y se mantuvo la diferencia importante entre el laboreo reducido y la siembra directa.

Los resultados se muestran en la siguiente figura.

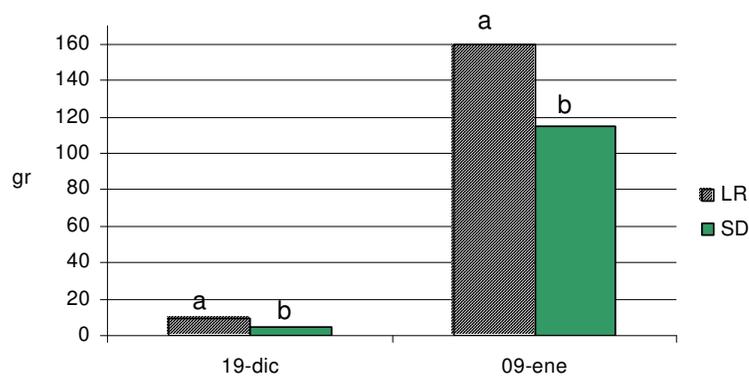


Figura 29. Evolución del peso de plantas de sorgo según tipo de laboreo. Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.10$).

Como se ve en el siguiente gráfico el tiempo de barbecho no tuvo ningún efecto sobre el peso de las plantas de sorgo. Sin embargo Ernst (2001) afirma

que el peso de plantas obtenido en barbechos largos fue igual o superior al de barbechos cortos.

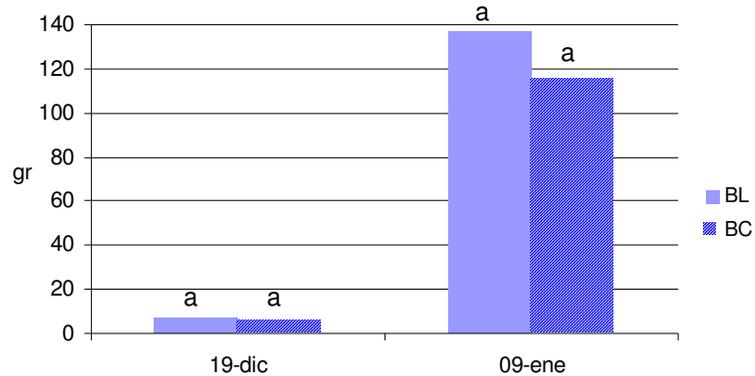


Figura 30. Evolución de peso de plantas de sorgo según largo del barbecho. Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.10$).

Tampoco hubo efectos significativos debidos a la presencia o no de un abresurco adicional, tal como sucede con la emergencia del sorgo. Carameso (1998) vio que no existieron diferencias significativas en fenología, peso aéreo y peso de raíz, a los 25 días de la siembra, entre tipos de abresurcos. Estos resultados se ven en la siguiente figura.

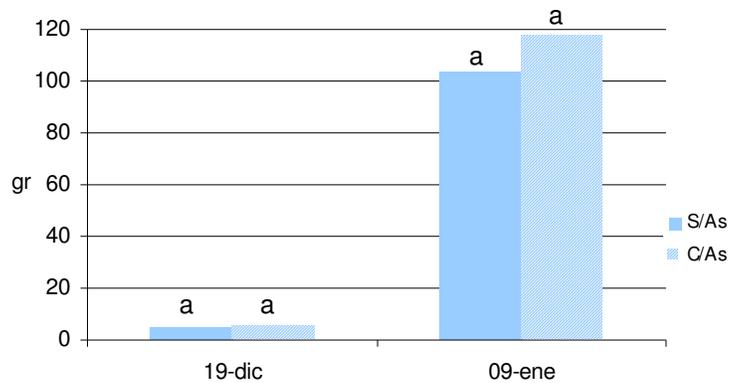


Figura 31. Evolución del peso de plantas de sorgo con o sin abresurco adicional. Columnas con la misma letra no difieren entre si ($p \leq 0.10$).

V. DISCUSION

A. DISPONIBILIDAD DE AGUA, NITRÓGENO Y CONDICIÓN FÍSICA DEL SUELO

El tiempo de barbecho ha sido propuesto como la variable de manejo a considerar para mejorar las condiciones físicas y disponibilidad de nutrientes y agua en sistemas de producción sin laboreo (Ernst, 1999).

En sistemas lecheros, este período está compuesto por un tiempo asignado al rebrote del verdeo pastoreado, periodo durante el cual se genera la materia seca necesaria para obtener el “efecto cobertura” y un tiempo de barbecho químico durante el cual se descompone el material vegetal, se acumulan nutrientes y se recarga con agua el perfil del suelo.

En el Cuadro 7 se resume la información obtenida en los dos experimentos realizados.

Cuadro 7. Resumen conjunto de resultados

Experimento 1: Tiempo de barbecho y N° pastoreos de avena			
VARIABLE	18/10	15/11 Siembra	Mejor opción Siembra
Cobertura de suelo	-	**	P5 27+15
Humedad del suelo (%)	**	ns	-
N-NO3- (ppm 0-20 cm.)	**	**	P4 20+53
Resist. a la penetración (0-7,5 cm)	*	ns	-
Prof. a la que se alcanzó 2 kg.cm ⁻²	*	**	P4 37+36
Rugosidad de la superficie cama de siembra	**	ns	-
Densidad aparente	-	ns	-
Implantación inicial (7 días)	-	**	P4 37+36
Implantación final (13 días)	-	ns	P4 37+36
Experimento 2: Laboreo vs No laboreo			
Cobertura de suelo	-	**	SD
Humedad del suelo (%)	-	ns	-
N-NO3- (ppm 0-20 cm.)	-	**	LR
Resist. a la penetración (0-7,5 cm)	**	ns	-
Prof. a la que se alcanzó 2 kg.cm ⁻²	**	ns	-
Rugosidad de la superficie cama de siembra	-	**	SD
Densidad aparente	-	**	LR
Implantación inicial (7 días)	-	**	LR
Implantación final (13 días)	-	**	LR
Experimento 2: Barbecho Largo (54 días) vs Barbecho corto (26 días)			
Cobertura de suelo	**	**	BC
Humedad del suelo(%)	**	ns	-
N-NO3- (ppm 0-20 cm.)	**	**	BL
Resist. a la penetración (0-7,5 cm)	**	ns	-
Prof. a la que se alcanzó 2 kg.cm ⁻²	**	**	BL
Rugosidad de la superficie Cama de siembra	ns	ns	-
Densidad aparente	ns	ns	-
Implantación inicial (7 días)	-	**	BL
Implantación final (13 días)	-	**	BL

** Efecto significativo (p≤0.01)

ns Efecto no significativo

La cobertura de suelo por rastrojo de avena a la siembra del sorgo, fue mejorada por un incremento del período de rebrote y reducción del período de barbecho químico. Con entre 27 y 37 días de rebrote y 15 a 36 días de barbecho químico se logró 80% de suelo cubierto en ambos experimentos. Un

pastoreo adicional, si bien redujo la cantidad de materia seca sobre el suelo no afectó significativamente la cobertura del suelo.

Al comparar LR contra SD, como es lógico, la cobertura fue mayor con SD.

En ambos experimentos el manejo del período de barbecho determinó modificaciones en el contenido de agua del suelo en los primeros 40 cm del perfil del suelo (Figuras 2 y 12). A mayor período de rebrote de avena, menor disponibilidad de agua en el suelo. Entre el 30/9 y el 15/11, el balance de agua del suelo quedó determinado por la evapotranspiración, ya que la recarga por lluvias fue escasa. En el balance entre gasto de agua por avena y ahorro de agua por barbecho químico con suelo cubierto, la disponibilidad hídrica al 18/10 fue significativamente mejor en los períodos de menor rebrote/mayor barbecho químico (P4 20+53 en el Experimento I y BL de 54 días en el Experimento II). La ocurrencia de una lluvia de 65 mm 3 días pre-siembra igualó la disponibilidad hídrica de los distintos tratamientos y el uso posterior por el cultivo de sorgo no permitió generar diferencias en la disponibilidad hídrica superficial.

Las diferencias determinadas durante el período de barbecho y al momento de la siembra sobre la disponibilidad $N-NO_3^-$ en el suelo resultan del balance entre acumulación por mineralización y extracción por crecimiento de avena. Ernst y Bentancur (2003) trabajando en la secuencia avena-maíz sin laboreo determinaron que al aumentar el tiempo de barbecho se incrementó la disponibilidad del nutriente a la siembra. Esto se atribuye a dos factores: -acumulación de $N-NO_3^-$ en el suelo, producto del cese de la absorción del cultivo previo, -reducción del proceso de inmovilización producido por altas cantidades de rastrojo asociadas a reducidos períodos de barbecho químico.

En el presente trabajo los tratamientos con menor rebrote y mayor tiempo de barbecho (P4 R20+B53 en el experimento 1 y BL en el experimento 2) lograron incrementar la disponibilidad de $N-NO_3^-$ en los primeros 20 cm del perfil hasta valores próximos a los establecidos como valores críticos para sorgo (13-15 ppm de $N-NO_3^-$ en suelo) (Figuras 3 y 13).

Al igual que lo encontrado por Ernst y Bentancur (2003) el tratamiento con un pastoreo adicional (P5 R27+B15) mostró una tendencia a mayor concentración de $N-NO_3^-$ al retirar parte del rastrojo, lo que se atribuye a una menor inmovilización del nutriente. Sin embargo da costa y Rubio (2002) concluyeron que el retiro con pastoreo de más de $8000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de rastrojo de avena no logró mejorar la disponibilidad de $N-NO_3^-$ a la siembra de sorgo cuando el período de barbecho es muy corto (9 días) y se producen abundantes lluvias.

El tratamiento de LR no mejoró la disponibilidad de N-NO_3^- con relación al mejor tratamiento sin laboreo, lo que se explica porque éste se realizó sólo 15 días pre-siembra.

El efecto del manejo del período de barbecho sobre la condición física del suelo y calidad de la sementera se cuantificó a través de la resistencia a la penetración del suelo, su densidad aparente, tamaño y estabilidad de los agregados y rugosidad de la superficie (Figuras 4, 5, 6, y 15, 16, 17, 18, 19 y 20).

En los dos experimentos se cuantificó un efecto positivo significativo del largo de barbecho químico sobre la resistencia a la penetración del suelo cuantificada el 18/10. En ese momento los tratamientos de barbecho químico más largo (P4 R20+B53 y BL en el experimento 1 y 2 respectivamente) tenían 19 días de aplicado el herbicida y los tratamientos que mantenían alta resistencia a la penetración aun tenían avena creciendo. A esa fecha, los mismos tratamientos modificaron significativamente la humedad del suelo.

Como afirman Camp y Gil, citados por Martino (2002) la humedad afecta tres de los factores que determinan la resistencia a la penetración: cohesividad, ángulo de fricción interna y compresibilidad. A medida que el suelo se seca su resistencia a la penetración aumenta exponencialmente. Pero también puede ser causa de la descomposición de las raíces de la avena. Como lo discute García Préchac (2002) el barbecho químico puede llegar a actuar como un "laboreo biológico" que sea suficiente para resolver condiciones no extremas de compactación superficial por pastoreo.

Al igual que lo encontrado por García Préchac (2002) y da Costa y Rubio (2002) los tratamientos con un pastoreo adicional aumentaron la resistencia a la penetración en los primeros 7,5 cm del suelo después del pastoreo y determinaron que se alcanzara una resistencia superior a 2 kg.cm^{-2} en capas más superficiales, pasando de 10 cm a 5 cm antes y después del pastoreo en el tratamiento P5-R27+B15 respectivamente (Figura 4). También da Costa y Rubio (2002) determinaron un incremento en la resistencia a la penetración del suelo después de un pastoreo adicional de avena tanto en superficie (0-5 cm) como en profundidad (5-10 cm).

Al momento de la siembra no hubo efecto del largo de barbecho sobre la resistencia a la penetración del suelo en los primeros 7,5 cm, pero en ambos experimentos se mantuvo un efecto positivo significativo sobre la profundidad a la cual se alcanzó la resistencia crítica de 2 kg.cm^{-2} . Mientras que en el tratamiento con 5 pastoreos se alcanzó por encima de los 15 cm, en los demás estuvo por debajo de los 30 cm. El LR no modificó el resultado.

Con relación a la calidad de la sementera los tratamientos no modificaron significativamente la proporción de agregados de distinto tamaño, pero la proporción de agregados menores a 4 mm entre el 30/9 y la siembra se incrementó en ambos experimentos (Figuras 6 y 20).

Lo anterior indica que desde la situación original mejoró la calidad de la cama de siembra en todos los tratamientos, ya que casi la mitad de los agregados son menores a 4 mm. Según Heinonen, citado por Pietola y Tanni (2002) para mantener buenos contactos semilla suelo y baja evaporación la capa de suelo cerca de la semilla debe contener agregados con un diámetro de 1 a 5 mm. La tendencia a un menor tamaño de agregados en los tratamientos con barbecho largo podría coincidir con Cano y Pere (2002), donde afirman que al matar mas rápido una cobertura se genera mas tiempo de descomposición efectiva incrementando la proporción de agregados menores a 5 mm.

La estabilidad de los agregados no se afecta por ninguno de los tratamientos, coincidente con lo que afirman da Costa y Rubio (2002), los cuales no encontraron diferencias en los agregados estables al agua causadas por variaciones en el largo del barbecho.

B. IMPLANTACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DEL CULTIVO DE SORGO

Los resultados obtenidos en Experimento 1 indican un efecto significativo sobre la velocidad de implantación (8 días pos siembra) de los días de rebrote/barbecho químico, que se mantuvo sobre la implantación final obtenida a los 13 días pos siembra ($p < 0.11$). El mejor tratamiento fue P4-R37+B36 y el de peor comportamiento fue P4-R48+B25. En tanto, en el Experimento 2, el efecto del tratamiento de BL fue significativamente mejor que BC (54 días de barbecho químico contra 26 días de barbecho químico respectivamente). Los resultados son coincidentes con los obtenidos por da Costa y Rubio (2002) quienes también concluyen que sobre un verdeo de avena con 4 pastoreos el óptimo estaría entorno a los 30 a 40 días de rebrote de avena y 30 a 40 días de barbecho químico, y a diferencia de nuestros resultados, un pastoreo adicional afectó negativamente la implantación y el crecimiento inicial del sorgo. La siembra sin laboreo con BL logró la misma implantación que el tratamiento con LR.

El sorgo es una planta que se caracteriza por la capacidad de compensar las fallas en implantación cuando las condiciones hídricas son favorables, por lo que, a diferencia de maíz y girasol, el rendimiento en grano no refleja directamente el resultado en la implantación cuando el año presenta

condiciones hídricas favorables. En tanto, en años secos, el resultado podría ser diferente, ya que se limita la capacidad de compensar una menor población lograda (da Costa y Rubio, 2002).

Como resultado el laboreo reducido comparado al cero laboreo causó una mayor emergencia de plantas de sorgo. Esto se explica en parte por la mejor calidad de siembra obtenida sobre laboreo reducido al no contar con rastrojo en superficie, el cuál es responsable de menor implantación debido al mal contacto semilla suelo, como lo menciona Ernst (1998).

Dürr y Aubertot (1999) trabajando en remolacha azucarera llegan a la conclusión de que el tamaño de agregados afecta el porcentaje de emergencia de las plántulas el cual decrece cuando los agregados comienzan a ser mayores a 10 mm. En nuestro trabajo la distribución del tamaño de los agregados no influyó sobre la emergencia ya que no hubo diferencia en tamaño de agregados entre tratamientos.

Comparando los resultados de cada tratamiento desde el punto de vista del tipo de laboreo y del tiempo de barbecho, vemos que la SD con barbecho corto logró menor número de plantas que el resto de los tratamientos, pero el barbecho corto con laboreo no fue tan bajo y se pareció a los resultados de SD con tiempo de barbecho largo.

Las diferencias causadas por los tiempos de barbecho no se vieron reflejadas en el desarrollo del sorgo ni en el peso de plantas. Lo que generó diferencias fue el LR. En los casos que se realizó laboreo superficial las plantas de sorgo presentaron un mayor peso que en SD. Esta diferencia fue muy significativa en estado V3-V4 (19/12) y también en el muestreo realizado el 9/1. Esto pudo deberse a que los residuos dejados sobre la superficie o cerca de ella frecuentemente reducen el crecimiento y rendimiento de los cultivos en relación a los logrados retirándolos o enterrándolos. Este problema se asocia al lavado o producción de toxinas durante el proceso de descomposición (Ernst y Siri, 1995). Además el LR redujo significativamente la cobertura, lo que pudo generar una mayor temperatura del suelo. En otros trabajos 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 regimenes térmicos del suelo, el crecimiento y desarrollo de las plantas fue independiente del laboreo o no del suelo (O'Brien y Willebal, citados por Ernst y Siri, 1997).

VI. CONCLUSIONES

A. EXPERIMENTO 1

Los diferentes tiempos de barbecho y rebrote provocan diferencias en humedad, y resistencia a la penetración del suelo. Estas diferencias se diluyen cuando ocurren precipitaciones y al momento de la siembra la calidad de la sementera es igual para todos los tratamientos.

Un pastoreo adicional no tiene efecto sobre ninguno de los parámetros evaluados.

Solamente existe efecto significativo de los diferentes tiempos de barbecho en el contenido de nitratos del suelo hasta la siembra de sorgo, donde el barbecho mas largo (53 días) presento mayores niveles.

La emergencia y desarrollo de sorgo no son afectadas por los diferentes tiempos de barbecho y rebrote del verdeo anterior.

B. EXPERIMENTO 2

La variable de manejo con mayor efecto sobre los parámetros evaluados fue el largo de barbecho: barbecho largo logró generar mayor contenido de nitratos hasta la siembra, además de lograr una sementera más descompactada.

Barbecho largo logró mayor emergencia de plantas de sorgo pero no tuvo efecto en el desarrollo y peso de las mismas.

El laboreo reducido causó mayor contenido de nitratos a la siembra, menor densidad aparente, mayor rugosidad y menor cobertura, pero no tuvo efecto sobre el resto de los parámetros.

En emergencia el laboreo reducido presentó mayor número de plantas que siembra directa. También existió un mayor peso de plantas con laboreo reducido.

Agregar un abresurco adicional al tren de siembra no generó diferencias en emergencia ni en peso y desarrollo de las plantas de sorgo.

Retirando materia seca, ya sea con un pastoreo adicional o retirando parte del rastrojo en forma manual tampoco generó diferencias sobre implantación y crecimiento de sorgo.

C. COMENTARIOS FINALES

En situaciones de adecuada condición hídrica como en la que se realizó este trabajo el tiempo de barbecho generó resultados contradictorios: en un experimento no se vieron diferencias en implantación y desarrollo de sorgo (experimento 1), mientras que en el otro trabajo el barbecho largo (54 días) logró mayor número de plantas de sorgo que el corto (26 días), aunque no tuvo efecto en desarrollo y peso de las mismas (experimento 2).

El realizar un pastoreo adicional, además de lograr un mejor aprovechamiento de la pastura, no generó diferencias en implantación y desarrollo de sorgo (experimento 1). Cuando luego de este pastoreo se realizó un laboreo reducido logramos una implantación del sorgo similar a la SD con barbecho largo (experimento 2).

VII. RESUMEN

La siembra directa ha sido uno de los cambios tecnológicos más importantes en la agricultura porque ha aportado al sistema productivo la posibilidad de sustentabilidad que antes no tenía. Sin embargo, si bien tiene sus ventajas también es verdad que trae consigo algunos problemas de corto plazo pero que a veces constituyen una limitante del punto de vista productivo. Una situación típica de nuestro sistema de producción es el caso del fin de una pastura o verdeo invernal cuando se desea realizar un cultivo de verano. Aquí enfrentamos el problema de que el suelo se encuentra compactado por el tráfico animal, lo que condiciona una mala cama de siembra para el cultivo siguiente. Se planteó la situación de una avena destinada a pastoreo lechero y diferentes situaciones de manejo, buscando las mejores condiciones para la implantación y desarrollo de sorgo granífero en un sistema de siembra directa. Se evaluaron tiempos de barbechos combinados con diferentes tiempos de rebrote y otros manejos como pastoreo adicional, laboreo reducido, retiro de rastrojo y cambios en el tren de siembra. Las mediciones incluyeron propiedades físicas y químicas del suelo y emergencia y desarrollo de sorgo. Los diferentes tiempos de barbecho y rebrote provocaron diferencias en humedad y resistencia a la penetración del suelo. Estas diferencias se diluyeron al ocurrir precipitaciones y al momento de la siembra la calidad de la sementera fue igual para todos los tratamientos. Sin embargo en algunas situaciones el barbecho largo (54 días) logró mayor número de plantas de sorgo que el corto (26 días), aunque no tuvo efecto en desarrollo y peso de las mismas. El realizar un pastoreo adicional, además de lograr un mejor aprovechamiento de la pastura, no generó diferencias en la implantación y desarrollo de sorgo. Cuando luego de este pastoreo se realizó un laboreo reducido logramos una implantación de sorgo similar a la siembra directa con barbecho largo. Agregar un abresurco adicional al tren de siembra o retirar materia seca con un pastoreo adicional o en forma manual no generó diferencias en implantación y crecimiento de sorgo.

Palabras clave: sustentabilidad, cama de siembra, tiempo de barbecho.

VIII. SUMMARY

The no tillage has been one of the most important technological changes in the agriculture because has contributed to the productive system giving the possibility of sustentabilidad that before did not have. Nevertheless, though it has his advantages also it is true that it brings I obtain some problems of short term but that sometimes constitute a limitante of the productive point of view. A typical situation of our system of production is the case of the end of a pasture or winter grazing crop when one wants to realize a summer crop. Here we face the problem of which the soil is compacted for the animal traffic, which determines a bad bed of sowing for the following crop. I raise the situation of a oats dairy grazing oats and different situations of managing, looking for the best conditions for the implantation and development of sorghum in a system of no tillage. There was evaluated times of fallows combined with different times of regrowth and other managings as additional grazing, superficial tillage, extract of stubble and changes in the train of sowing. The measurements included physical and chemical properties of the soil and emergency and development of sorghum. The different times of fallow and new shoot provoked differences in dampness and resistance the penetration of the soil. These differences were diluted when rainfalls happened and to the moment of the sowing the quality of the sowing was equal for all the treatments. Nevertheless in some situations the long fallow (54 days) achieved major number of plants of sorghum that the short one (26 days), though it did not have effect in development and weight of the same ones. To realize an additional grazing, beside achieving a better utilization of the pasture, it did not generate differences in the implantation and development of sorghum. When after this grazing a superficial tillage was realized we achieve an similar implantation of sorghum to the no tillage with long fallow. An additional sowing disc add to the train of sowing or to extract dry matter with an additional grazing or in manual form did not generate differences in implantation and growth of sorghum.

Key words: sustentability, seed bed, time of fallow.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ, A.; DUCOS, G.; MIETTO, F. 2000. Efecto del momento de inicio del período de barbecho químico sobre la disponibilidad de N-NO₃ en suelo, crecimiento y desarrollo de avena sembrada sin laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 63 p.
2. BOONE, F. R.; VEEN, B. W. 1994. Mechanisms of crop responses to soil compaction. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 237-264.
3. BORDOLI, J. 2001. Dinámica de nutrientes y fertilización en siembra directa. *In: Siembra Directa en el Cono Sur*. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp.289-298.
4. BORGHI, E.; ERNST, O.; HERNÁNDEZ, J.; HOFFMAN, E.; PERDOMO, C. 2001. Respuesta al agregado de P en cebada cervecera sembrada sin laboreo y su relación con la evolución del P en el suelo durante el período de barbecho. *Cangüe* no. 21: 12-14.
5. BRUSSARD, L.; VAN FAASSEN, H. G. 1994. Effects of compaction on soil biota and soil biological processes. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 215-236.
6. CALEGARI, A. 2002. Uso de abonos verdes y rotación de cultivos en el sistema de siembra directa. *In: Siembra Directa en el Cono Sur*. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp.365-386.
7. CAMPBELL, D. J. 1994. Determination and use of soil bulk density in relation to soil compaction. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 113-140.
8. CANO, D.; PERE, D. 2002. Efecto de la dosis de glifosato aplicada sobre la calidad de la cama de siembra, implantación y crecimiento inicial de trigo sembrado sin laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 106 p.
9. CARAMESO, M. L. 1998. Evaluación del efecto del tipo de abresurco de sembradoras de siembra directa en el crecimiento inicial de cebada. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 44 p.
10. COLOZZI FILHO, A.; DE SOUZA ANDRADE, D.; LIBORIO BALOTA, E. 2001. Comunidad microbiana en suelos en siembra directa. *In: Siembra Directa en el Cono Sur*. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 407-418.

11. DA COSTA, M.; RUBIO, D. 2002. Efecto del tiempo y manejo de barbecho de avena sobre la instalación y rendimiento de sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 77 p.
12. DÜRR, C.; AUBERTOT, J.-N. 2000. Emergence of seedlings of sugar beet (*Beta Vulgaris* L.) as affected by the size, roughness and position of aggregates in seedbed. *Plant and Soil*. 219: 211-220.
13. EKBOIR, J. 2002. Sistemas de innovación y política tecnológica; siembra directa en el MERCOSUR. *In*: Siembra Directa en el Cono Sur. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp.1-8.
14. ERNST, O. 1994. Criterios generales a considerar en el laboreo de suelos para cultivos de verano. *Cangüe* no. 1:12-17.
15. _____; SIRI, G. 1995a. Rastrojo en superficie; entre ventajas y problemas. *Cangüe*. no. 4: 15-19.
16. _____; _____. 1995b. Siembra directa; sus posibilidades en el sistema pastura-cultivos. *Cangüe*. no. 3: 13-17.
17. _____; HOFFMAN, E.; SIRI, G. 1996a. Cultivos de verano; posibles manejos para minimizar pérdidas de nitrógeno. *Cangüe*. no. 8: 13-16.
18. _____; SIRI, G. 1996b. Después de un ciclo en siembra directa. *Cangüe*. no. 6: 7-11.
19. _____; _____. 1997. Crecimiento inicial de cultivos sembrados sin laboreo. *Cangüe* no. 9: 29-31.
20. _____. 1998. Manejo de rastrojos de cultivos de invierno para la siembra de cultivos de segunda. *Cangüe* no. 12: 27-30.
21. _____. 1999a. Siembra sin laboreo de cultivos de invierno.. ¿y la época de arada? *Cangüe* no. 15: 20-23.
22. _____. 1999b. Siembra sin laboreo de cultivos de verano. (en línea). *In*: Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. Montevideo, Facultad de Agronomía/INIA/PROCISUR. Consultado 20 mar. 2004. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/eemac/web>.
23. _____. 2000a. Siembra sin laboreo; manejo del período de barbecho. *Cangüe* no. 20: 19-21.

24. _____. 2000b. Siete años de siembra sin laboreo. EMMAC. Cangüe no. 20: 9-13.
25. _____. 2001a. El sistema de rotaciones. Pensando bajo.... Cangüe no. 23: 2-5.
26. _____. 2001b. El tiempo en barbecho como variable de manejo. In: Jornada Nacional de Siembra Directa (9a., 2001, Paysandú). Resumen de trabajos. Montevideo, AUSID. pp. 11-15.
27. _____.; BENTANCUR, O.; BORGES, R. 2002. Descomposicion de rastrojo de cultivos en siembra sin laboreo; trigo, maíz, soja y trigo después de maíz o soja. Agrociencia. 6 (1): 20-26.
28. _____. 2003. Tecnología de producción para sorgo en sistemas de producción sin laboreo. In: Jornada Nacional de Siembra Directa (10^{a.}, 2003, Mercedes). Manejo de cultivos de verano. Mercedes, AUSID. pp. 25-29.
29. _____.; BENTANCUR, O. 2004a. Efecto del laboreo sub-superficial y manejo del barbecho químico sobre la disponibilidad de N-NO₃⁻ en el suelo y rendimiento de maíz en siembra directa después de avena pastoreada. Agrociencia. 3(1): 29-40.
30. _____.; MARCHESI, E.; MARCHESI, A. 2004b. Manejo de barbecho para cultivos de verano de primera sembrados sin laboreo. Cangüe no. 26: 44-48.
31. _____. 2004c. La rotación como determinante del uso del suelo. In: Jornada Nacional de Siembra Directa (11^{a.}, 2004, Mercedes). Cultivos de verano y pasturas. Mercedes, AUSID. pp. 5-12.
32. EVINER, V. T.; STUART CHAPIN, F. 2002. The influence of plant species, fertilization and elevated CO₂ on soil aggregate stability. Plant and Soil. 246: 211-219.
33. FONTANETTO, H. 2001. Eficiencia del uso del nitrógeno en maíz con siembra directa en la región pampeana norte de Argentina efecto de la densidad de plantación. In: Siembra Directa en el Cono Sur. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 347-352.
34. GALARZA, C.; GUDELJ, V.; VALLONE, P.; NIERI, G. 2001. Fertilización de cultivos en siembra directa en el sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina. In: Siembra directa en el Cono Sur. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 353-364.

35. GARCÍA PRÉCHAC, F. 1999. Siembra directa en la producción de forraje. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía/INIA/ PROCISUR. Consultado 20 mar. 2006. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/eemac/web>
36. _____.; FABRIZZI, K. 2002. Dinámica de nitrógeno en ecosistemas agrícolas; efectos de la siembra directa. In: Siembra Directa en el Cono Sur. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 299-322.
37. GUERIF, J. 1994. Effects of compaction on soil strength parameters. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 191-214.
38. HORN, R.; LEBERT, M. 1994. Soil compactability and compressibility. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 45-70.
39. HORTON, R.; ANKENY, M. D.; ALLMARAS, R. R. 1994. Effects of compaction on soil hydraulic properties. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 141-166.
40. KEMPER, W. D.; ROCENAU, R. L. 1986. Aggregate stability and size distribution. In: Methods of soils analysis, part 1. Physical and mineralogical methods. 2n.ed. Madison, WI. Soil Science of America. pp. 425-442 (Agronomy Monograph no. 9).
41. KOOISTRA, M. J.; TOVEY, N. K. 1994. Effects of compaction on soil microstructure. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 91-112.
42. KOOLEN, A. J. 1994. Mechanic of soil compaction. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 23-44.
43. LINDSTROM, M. J; VOORHEES, W. B. 1994. Responses of temperate crops in North America to soil compaction. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 265-286.
44. LIPIEC, J.; ARVISSON, J.; MURER, E. 2003. Review of modelling crop growth, movement of water and chemicals in relation to topsoil and sub soil compaction. *Soil and Tillage Research*. 73: 15-30.
45. MARRELLI, H. 2002. El agua y la siembra directa. In: Siembra directa en el Cono Sur. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 259-268.

46. MARTINO, D. 2002. Manejo de restricciones físicas del suelo en sistemas de siembra directa. In: Siembra Directa en el Cono Sur. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 225-257.
47. MAY, Z.; SCHMITZ, S. 1997. Efecto de la edad de chacra y secuencia de laboreo sobre el crecimiento y rendimiento de sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 81 p.
48. MEAD, J.A.; CHAN, K.Y. 1992. Cultivation techniques and grazing affect surface structure of an Australian hardsetting soil. *Soil and Tillage Research*. 25. 217-230.
49. MENDES, I. C; BANDICK, A. K; DICK, R. P; BOTTOMLEY, P. J. 1999. Microbial biomass and activities in soil aggregates affected by winter cover crops. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 873-881.
50. MORÓN, A. 2002. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. In: Siembra Directa en el Cono Sur. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 387-406.
51. O'BRIEN, G.; WILLEBALD, L. 1996. Efecto de la temperatura, humedad y disponibilidad de nitrógeno del suelo sobre el crecimiento inicial del sorgo granífero en siembra directa y laboreo convencional. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 65 p.
52. PIETOLA, L.; TANNI, R. 2002. Response of seedbed physical properties, soil N and cereal growth to peat application during transition to conservation tillage. *Soil and Tillage Research*. 74: 65-79.
53. RUKS, L.; GARCÍA, F.; KAPLÁN, A.; PONCE DE LEÓN, J. 1995. Propiedades físicas del suelo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 73 p.
54. SAWCHIK, J. 2001. Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. In: Siembra Directa en el Cono Sur. R. Díaz Rossello coord. Montevideo, PROCISUR. pp. 332-346.
55. SOANE, B. D.; VAN OUWERWEK, C. 1994. Soil compaction problems in world agriculture. *Soil Compaction in Crop Production*. 11: 1-22.
56. SPOOR, G.; TIJINK, F. G. J.; WEISSKOPF, P. 2003. Subsoil compaction: risk, avoidance, identification and alleviation. *Soil and Tillage Research*. 73: 175-182.

57. STEPNIEWSKI, W.; GLINSKI, J.; BALL, B. C. 1994. Effect of compaction on soil aeration properties. Soil Compaction in Crop Production. 11: 167-190.
58. TRUCCO, V. 1998. Argentina; siembra directa, un nuevo paradigma. In: Jornada Nacional de Siembra Directa (6^a., 1998, Mercedes). Resumen de trabajos. Mercedes, AUSID. pp. 9-18.
59. URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 2006. Compendio actualizado de información de suelos del Uruguay; escala 1:1.000.000. Montevideo. 1 disco compacto, 8 mm.

X. ANEXOS

ANEXO 1

Historia de chacra: Potrero Nº 24

Fecha	Actividad	Insumos	Unid/ha	Observaciones
May-00	Herbicida	Glifosato		
24/06/00	Herbicida	Glifosato		
24/06/00	Siembra	Avena Polaris	10	
		Festuca	10	
		Lotus	10	
		Trébol Blanco	2	
	Fertilización	18-46-00	150	
25/09/00	Herbicida	Glean	15 g PC	
6-14/11/00	Corte			
18/11/00	Pastoreo (inicio)			
2001	Rotativas			
2002	Rotativas			
13/02/03	Herbicida	Glifosato	5	
01/03/03	Fertilización	25-33-0	100	
02/03/03	Siembra	Avena RL115	80	La mitad hasta el bajo
04/04/03	refertilización	Urea	60	Lo sembrado
09/04/03	Herbicida	Glifosato	3	Segunda mitad
11/04/03	siembra	Avena RL115	100	Segunda mitad
08/05/03	Herbicida	Tordon + Mcpa		100+800
15/05/03	refertilización	Urea	60	
	Herbicida	GLIFOSATO	6	
07/11/03	Fertilización	25-33-0	100	
08/11/03	Siembra	Sorgo granífero	300000	Cv Ms3
8 y 13/11	Herbicida	3 glifosato + 1 Dual + 1,4 Gesaprin 9		
22-23/11/03	Siembra	Sorgo granífero	300000	Cv Ms3
22-23/11/03	Herbicida	3 glifosato + 1 Dual + 1,4 Gesaprin 9		
10/01/04	Refertilización	Urea	60	
12/03/04	Cosecha			Ensilaje de grano húmedo

ANEXO 2

Análisis de Varianza

p < 0.01 **

p < 0.05 *

Experimento 1

F de V	g.l.	MSh3009	MSh1810	Ha1810	Na1810	Re1M1810
Bloque	2	84396	2519833	7.9975**	0.73	0.28
Tratamiento	3		14397755*	10.6564**	2.09*	5.75**
Error	11		1433.38	0.44	0.67	0.43

		cv9	PPe1810	cv11	Rg1810	cv13
Bloque	2	118.33	22.66	2496.28	0.10	41.53
Tratamiento	3	475.63	714.94**	5951.38*	0.40*	232.20
Error	11	11.55	6.88	30.68	0.28	13.66

		MSh3110	Ha3110	Hb3110	Na3110	Nb3110
Bloque	2	4509491	4.39	3.15	0.20	24.27
Tratamiento	3	26253104*	4.81	1.86	16.69*	10.54
Error	11	1809	1.28	1.30	1.35	3.42

		R1M3110	cv14	PPe3110	cv15	Rg3110
Bloque	2	1.42	85.72	114.42	2074.25	0.00
Tratamiento	3	2.12	22.84	244.78	1241.66	0.17
Error	11	0.72	8.37	8.84	35.95	0.38

		cv16	Ha1511	Hb1511	Na1511	Nb1511
Bloque	2	332.74	16.64**	2.40	4.05	3.40
Tratamiento	3	121.65	0.93	10.74	25.48*	7.59
Error	11	14.02	0.79	2.00	2.18	2.06

		Pa1511	Pb1511	R1M1511	cv17	PPe1511
Bloque	2	18.04	16.32	0.21	7.29	358.57*
Tratamiento	3	16.39	27.92	0.24	902.43	142.60
Error	11	4.17	5.03	0.42	17.49	7.62

		cv18	Rg1511	cv19	Cob1511	cv20
Bloque	2	497.35	0.16	122.82	175.55**	191.23
Tratamiento	3	599.05	0.52	187.72	676.99**	463.79
Error	11	23.46	0.39	12.99	2.40	12.98

		Inf1511	cv21	Dap1511	cv22	A8m1511
Bloque	2	765.15**	48.31	0.04**	11.92	301.96
Tratamiento	3	96.47	844.72	0.00	6.14	116.61
Error	11	5.56	24.67	0.03	1.86	13.07

		A48m1511	A24m1511	A2m1511	AeaMa365	AeaMe080
Bloque	2	3.06	6.34	172.52	0.05**	0.008**
Tratamiento	3	9.93	7.45	28.74	0.00	0.00
Error	11	2.41	2.25	9.20	0.06	0.03

		Em2911	Em0112	Em0312	Em0512	Em0712
Bloque	2	57.25	259.00	324.75	430.58*	451.58*
Tratamiento	3	349.33	156.08	121.42	115.64	120.97
Error	11	12.24	8.02	8.37	8.63	7.10

		Na1912	Ha1912	P40p1912	Est1912	cv23
Bloque	2	66.35	2.74	928.08*	0.17	0.59
Tratamiento	3	32.98	0.56	392.75	0.15	4.47
Error	11	5.03	0.89	10.02	0.31	3.05

		NuH1912	cv24	Ppl1912	cv25	Ha0901
Bloque	2	0.10	2.72	37.53	236.68	6.52
Tratamiento	3	0.06	0.69	23.17	126.82	0.65
Error	11	0.28	2.23	2.73	7.50	1.66

		Na0901	Hpl0901	PPI0901	cv26	Rtto0403
Bloque	2	4.29	4.39	3257.33*	24.10	763338.26
Tratamiento	3	0.43	0.40	232.75	241.36**	1192046.17
Error	11	1.15	1.14	18.48	3.96	617.33

Experimento 2

F de V	g.l.	MSha3009	MSha1810	Ha1810	Na1810	R1Mp1810
Bloque	2	1055999.25	12565291.20	3.27	2.98	0.04
Tratamiento	7	958954.78	18383168.30	13.03**	7.78**	
barbecho	1		64646030.22	66.51**	27.90**	
laboreo	1	725336.11	8471.68	0.11	0.50	
Error	23	2711.76	2587.24	1.32	1.12	

		cv8	Re1M1810	cv9	PPep1810	cv10
Bloque	2	42.34	0.17	191.95	6.93	2128.18
Tratamiento	7		3.93**	421025807		
barbecho	1		16.82**	1686.26*		
laboreo	1		0.61	57.49		
Error	23		0.64	13.91		

		PPe1810	cv11	Rgp1810	cv12	Rg1810
Bloque	2	9.56	714.43	0.59	27.05	0.13
Tratamiento	7	406.46**	2728.35			0.34

barbecho	1	1585.60**	4017.37	0.28
laboreo	1	149.93	241.23	0.00
Error	23	6.72	35.64	1.11

		cv13	MSha3110	Ha3110	Hb3110	Na3110
Bloque	2	348.65*	497660	9.75	0.58	161.71
Tratamiento	7	204.89	26552512**	13.88*	13.00	59.62
barbecho	1	22.98	110846123**	53.39**	29.39*	137.39
laboreo	1	1018.96**	14719833**	6.54	0.70	0.67
Error	23	9.55	1230	2.12	2.31	6.75

		Nb3110	R1M3110	cv14	PPe3110	cv15
Bloque	2	20525.46	0.85	122.48	27.94	283.68
Tratamiento	7	17721.26*	1.73**	135.08	167.21*	1519.15
barbecho	1	21675.01*	6.72**	214.04	832.32**	7467.23**
laboreo	1	6208.69	0.32	1.73	1.22	24.10
Error	23	135.29	0.62	12.28	6.93	25.57

		Rg3110	cv16	Ha1511	Hb1511	Na1511
Bloque	2	0.54	122.09	1.11	0.01	47.01
Tratamiento	7	0.53	206.47*	2.11	3.67	116.03
barbecho	1	1.47	193.85	3.04	2.57	252.6*
laboreo	1	0.40	4.97	2.24	3.42	24.84
Error	23	0.70	7.60	1.73	1.96	6.74

		Nb1511	Pa1511	Pb1511	R1M1511	cv17
Bloque	2	14.26	212.04	347.25**	0.58	867.97*
Tratamiento	7	121.86*	75.27	224.69**	0.33	311.30
barbecho	1	69.94	72.48	33.29	0.89*	1165.16*
laboreo	1	160.62	170.23	938.46**	0.44	302.95
Error	23	6.49	10.56	6.99	0.41	11.83

		PPe1511	cv18	Rg1511	cv19	Cob1511
Bloque	2	35.00	17.21	2.41*	576.54	14.40
Tratamiento	7	51.12	278.78	3.82**	100.43	1920.82**
barbecho	1	103.30	331.19	2.20*	64.11	1022.42*
laboreo	1	18.48	1045.31*	18.20**	108.31	12064.00**
Error	23	7.89	12.22	0.67	17.05	12.07

		cv20	Inf1511	cv21	Dap1511	cv22
Bloque	2	298.29	39667.88	1925.34	0.004	17.18
Tratamiento	7	1650.82**	30395.99	2237.84	0.007	21.38
barbecho	1	99.59	32046.68	5460.82	0.002	8.90
laboreo	1	8511.21**	24605.01	2332.56	0.03*	46.64
Error	23	19.01	185.40	40.72	0.084	5.71

		A8m1511	A48m1511	A24m1511	A2m1511	AeaMa365
Bloque	2	151.09	15.55*	6.93*	33.04	0.004
Tratamiento	7	31.73	3.68	0.86	17.16	0.005
barbecho	1	0.72	0.01	0.47	2.80	0.004
laboreo	1	7.93	0.28	0.05	9.39	0.002
Error	23	7.27	1.75	1.19	5.19	0.092

		AeaMe080	NaSbra	PrfSSbra	cv23	Em2911
Bloque	2	0.001	2.55			1050.13
Tratamiento	7	0.001	23.48**	5.44	11.18	653.24
barbecho	1	0.000	67.20**			910.22
laboreo	1	0.001	16.57	4.80	5.20	1494.22
Error	23	0.035	2.07			22.77

		Em0112	Em0312	Em0512	Em0712	Na1912
Bloque	2	1107.17	1216.17*	934.63	996.17*	543.72*
Tratamiento	7	1599.90*	1246.71**	830.42	1350.42**	195.54
barbecho	1	3698.00*	3612.50**	3068.06**	6612.50**	530.62
laboreo	1	4983.35**	2415.13**	1225.13	1558.68**	192.86
Error	23	21.55	16.40	17.83	13.22	11.29

		Ha1912	P40p1912	Est1912	cv24	NumH1912
Bloque	2	0.40	2381.54*	0.13	15.76	0.08
Tratamiento	7	3.51	1401.95*	0.08	6.48	0.05
barbecho	1	3.65	910.22	0.03	0.08	0.12
laboreo	1	1.81	5635.68**	0.05	2.05	0.00
Error	23	1.52	21.78	0.26	2.25	0.26

		cv25	PpI1912	cv26	Ha0901	Na0901
Bloque	2	20.59**	41.03*	179.07	0.19	32.78
Tratamiento	7	4.15	15.50	427.33	2.48	16.73
barbecho	1	3.46	17.72	627.88	0.04	0.36
laboreo	1	0.16	78.58**	1766.46*	0.52	29.61
Error	23	1.77	2.91	16.53	1.72	4.31

		HpI0901	PPI0901	cv27
Bloque	2	7.39	319.54	0.22
Tratamiento	7	2.34	2094.61	95.86
barbecho	1	0.85	924.50	3.18
laboreo	1	4.21	9225.35**	608.13**
Error	23	3.56	23.50	7.57

ANEXO 3

Situación a la siembra para los diferentes tratamientos del experimento 2

Variable	P5- B54/LR	P4- B54/SD -R	P4- B54/SD +R	P4- B54/SD +R+A	P5- B26/LR	P4- B26/SD -R	P4- B26/SD +R	P4- B26/SD +R+A
H% 0-20	20 a	21 a	20 a	18 a	20 a	19 a	19 a	19 a
H% 20-40	20 a	22 a	20 a	20 a	19 a	19 a	21 a	20 a
N 0-20		23 a	17 abc	12	4 d	6 cd	12	10 bcd
	18 ab			abcd			abcd	
N20-40	23 a	15 ab	10 bc	5 bc	5 bc	3 c	7 bc	8 bc
P 0-20	39 a	29 a	31 a	27 a	27 a	26 a	27 a	21 a
P 20-40	37 a	26 abc	11 d	16 cd	30 ab	25 abc	22 bcd	14 cd
Res. 1ª M	1.2 b	1.1 b	1.4 ab	1.7 ab	1.5 ab	2 a	1.6 ab	2 a
Prof. Pen	32 a	29 a	31 a	34 a	22 a	23 a	30 a	27 a
Ind. rug	5 b	5 bc	3 d	4 bcd	6 a	3 d	3 d	4 cd
% cob.	21 c	68 b	75 ab	71 ab	33 c	90 a	86 ab	84 ab
Vel. inf.	13 a	48 a	18 a	62 a	9 a	19 a	32 a	38 a
Dens. Ap	1.1 a	1.2 a	1.2 a	1.2 a	1.1 a	1.2 a	1.2 a	1.1 a
A>8 mm	44 a	41 a	42 a	47 a	46 a	42 a	48 a	39 a
A 4-8 mm	19 a	19 a	17 a	17 a	17 a	17 a	18 a	18 a
A 2-4 mm	10 a	10 a	10 a	9 a	10 a	10 a	10 a	11 a
A<2 mm	27 a	29 a	30 a	27 a	27 a	28 a	24 a	32 a
TMP agr	5.23	5.3	5.28	5.59	5.54	5.4	5.7	5.17
AEA>3.65	0.6 a	0.6 a	0.7 a	0.6 a	0.7 a	0.7 a	0.7 a	0.6 a
AEA<0.8	0.11 a	0.11 a	0.1 a	0.12 a	0.07 a	0.1 a	0.09 a	0.12 a
N sbra.	12 a	9 ab	8 bc	8 bcd	5 cde	4 de	4 e	5 cde

Cuadro 8. Situación a la siembra de las diferentes variables en función de los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si (según comparación por DMS).