

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**EFFECTO DEL TIEMPO Y MANEJO DE BARBECHO DE AVENA SOBRE LA
INSTALACIÓN Y RENDIMIENTO DE SORGO GRANÍFERO**

por

**Martín da COSTA TARRAGÓ
Daniel RUBIO FALCO**

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo. (Orientación
Agrícola – Ganadera).

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2003**

Tesis aprobada por:

Director: Ing. Agr. Oswaldo Ernst
Nombre completo y firma

Ing. Agr. Esteban Hoffman
Nombre completo y firma

Ing. Agr. Domingo Luizzi
Nombre completo y firma

Fecha: 25 de Julio de 2003.

Autores: Martín da Costa Tarragó
Nombre completo y firma

Daniel Rubio Falco
Nombre completo y firma

CUADRO DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN	
II	
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	IV
<u>1. INTRODUCCIÓN.</u>	1
1.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO.	3
<u>2. REVISION BIBLIOGRAFICA.</u>	4
2.1. INTRODUCCIÓN.	4
2.2. DINAMICA DE LA ESTRUCTURACION DEL SUELO.	5
<u>2.2.1. Microorganismos</u>	10
<u>2.2.2. Macro fauna</u>	12
<u>2.2.3. Laboreo y manejo</u>	14
<u>2.2.4. Clima</u>	15
2.3. EFECTOS DEL BARBECHO SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO.	15
<u>2.3.1. Efectos sobre el pH.</u>	15
<u>2.3.2. Efectos sobre la disponibilidad de N-NO₃⁻</u>	16
<u>2.3.3. Efectos sobre la disponibilidad de otros nutrientes.</u>	17
2.4. CULTIVO ANTECESOR, CANTIDAD Y CALIDAD DE RASTROJO.	18
2.5. COMPUESTOS FITOTOXICOS Y ALELOPATIA.	26
<u>2.5.1. Tipo y cantidad de rastrojo e interferencia alelopática</u>	29
2.6. TIEMPO DE BARBECHO.	33
2.7. COMPACTACIÓN POR PISOTEO ANIMAL.	
35	
<u>3. MATERIALES Y METODOS.</u>	38
3.1. DETERMINACIONES.	43
<u>3.1.1. Durante el barbecho.</u>	43
<u>3.1.2. A la siembra.</u>	44
<u>3.1.3. En el cultivo.</u>	45
<u>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</u>	47
4.1. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, AEEA, HUMEDAD Y N-NO ₃ ⁻ A LA SIEMBRA DEL SORGO.	49
4.2. IMPLANTACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL	53
4.3. RENDIMIENTO Y COMPONENTES.	58
<u>5. CONCLUSIONES.</u>	62
<u>6. RESUMEN.</u>	64
<u>7. SUMMARY.</u>	66
<u>8. BIBLIOGRAFÍA.</u>	68
<u>9. ANEXOS.</u>	72

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

CUADROS	Página
Cuadro N° 1. Cantidades de nutrientes cada 1000 kg de materia seca producidos por dos cultivos de cobertura (adaptado de Borkert <i>et al.</i> , 1999)	18
Cuadro N° 2. Rendimiento de paja ha ⁻¹ y su permanencia en la superficie del suelo a los 60, 120 y 180 días después de la siembra sin laboreo de soja.	22
Cuadro N° 3. Secuencia de cultivos utilizada previo a la instalación del experimento.	39
Cuadro N° 4. Descripción de los tratamientos.	41
Cuadro N° 5. Información del quinto pastoreo.	42
Cuadro N° 6. Manejo del cultivo de sorgo.	43
Cuadro N° 7. Precipitaciones (mm) ocurridas entre el 24/8/2000 y la floración del sorgo.	47
Cuadro N° 8. Materia seca de avena acumulada, N-NO ₃ ⁻ (0-20 cm), % de N en planta y kg de N absorbidos por la avena entre el último pastoreo y aplicación del herbicida total.	48
Cuadro N° 9. Resistencia a la penetración, disponibilidad de N-NO ₃ ⁻ humedad de suelo y AEAA a la siembra del sorgo granífero.	50

	Página
Cuadro N° 10. Implantación y crecimiento inicial de sorgo granífero.	54
Cuadro N° 11. Componentes principales; variables que los integran y su importancia medida como r^2 parcial.	56
Cuadro N° 12. Rendimiento y componentes.	59

ILUSTRACIONES

Figura N° 1. Relación entre componentes principales.	57
Figura N° 2. Relación entre el Componente Principal 2 en rendimiento en grano (kg *100), plantas m-2 (plantas), panojas m-2 (panojas), peso de mil granos (pmg) y rendimiento por panoja (rend./panoja).	60

1. INTRODUCCIÓN

La adopción de la siembra directa (SD) en Uruguay ha registrado avances significativos en área plantada y adopción de la tecnología disponible, en la medida que esta última se va generando y recorriendo los procesos de transferencia de uso corriente en el Uruguay.

La investigación de base desarrollada en el país en los últimos 10 años, permite establecer criterios generales y en muchos casos específicos para el manejo de herbicidas, nitrógeno, tiempo de barbecho, etc. Sin perjuicio de la necesidad de mantener y aún reforzar la investigación sobre estos factores, parece necesario establecer una etapa de investigación referida a áreas más específicas y, particularmente, dada la característica ganadero-agrícola del Uruguay, la evaluación del impacto del pastoreo sobre la productividad de los cultivos de la rotación y las medidas de manejo para minimizar y eventualmente eliminar su efecto sobre la compactación del suelo y la resistencia a la penetración de las raíces.

Un obstáculo que ha encontrado la SD para su expansión es el menor rendimiento encontrado en cultivos de primera o cultivos sembrados luego de verdeos de invierno frente a laboreo convencional. Los problemas descritos son básicamente causados por fallas en implantación y por compactación superficial del suelo.

La utilización de verdeos de invierno seguida de la siembra de cultivos de verano constituye una alternativa frecuente en el litoral uruguayo. Al mismo tiempo, se observan problemas en la implantación y el crecimiento de los cultivos

de verano, lo que conspira contra el retorno económico de la rotación y, probablemente, contra la tasa de adopción de la tecnología de SD.

Dado que en las condiciones de Uruguay, el déficit hídrico esperable para el verano empieza prácticamente en noviembre y termina en marzo, con magnitudes que varían significativamente entre años, el experimento planteado apunta a aportar información sobre los beneficios esperables de generar capacidad de infiltración y acumulación de agua por el suelo a través del manejo.

Desde el punto de vista de la implantación, los cultivos de crecimiento inicial lento como el sorgo, si bien tienen desventajas en condiciones adversas, con relación al uso del agua conllevan la ventaja de su baja tasa de crecimiento inicial. Hasta que se cierra el tapiz el único determinante del consumo de agua es el área foliar expuesta, determinando que hasta floración -casi la mitad del período de crecimiento- el consumo no pase de los 150-200mm.

A partir de la capacidad estimada de acumulación de agua de los suelos del Uruguay, se puede asumir que manejando algunos factores simples soportados por la investigación, se puede manejar el cultivo y el déficit potencial de agua, tendiendo a minimizar los fracasos de instalación y los problemas de baja productividad.

El objetivo del trabajo es evaluar el impacto del pastoreo, crecimientos de avena y períodos de barbecho sobre factores físicos (estabilidad de los agregados), bioquímicos (nitrógeno como nitratos ($N-NO_3^-$)) y productivos (implantación, crecimiento y rendimiento) en sorgo granífero sembrado sin laboreo.

1.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO

- El tiempo de rebrote de la avena más el tiempo de barbecho químico actúan como factores de descompactación superficial del suelo.
- El tiempo de barbecho mejora la disponibilidad de agua y N-NO_3^- en el suelo.
- El tiempo de barbecho químico mejora la calidad de la sementera.
- La mejora de las condiciones físicas y químicas de la sementera permiten levantar las limitantes detectadas en la implantación y crecimiento del cultivo posterior sembrado sin laboreo.

2. REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de SD es una importante herramienta para incrementar la productividad en establecimientos ganaderos y agrícola ganaderos, al ofrecer ventajas importantes como piso para el pastoreo, aunque según García Préchac, (1998), deben anotarse algunas desventajas de carácter general, particularmente la referida a la compactación producida por el pastoreo.

En la última década se registran avances significativos en la información generada para el manejo de suelos y cultivos en SD, especialmente los referidos al manejo del nitrógeno, épocas de siembra y poblaciones, malezas, herbicidas y sanidad.

A partir de los mismos, se visualiza la necesidad de conocer y ajustar los efectos del manejo, tiempo y tipo de barbecho así como el volumen de rastrojo.

Asimismo, y por constituir la matriz para el desarrollo radicular en condiciones tales que permitan sustituir el laboreo convencional (LC), es importante revisar la información disponible referida a la formación de agregados de suelo – unidad básica de su estructura –, su estabilidad y su relación con la compactación y la resistencia a la penetración de las raíces.

2.2. DINÁMICA DE LA ESTRUCTURACIÓN DEL SUELO

Según Lynch y Bragg, (1985), los términos estructura de suelo y agregados de suelo son frecuentemente utilizados como sinónimos, pero estos últimos son la unidad básica de la estructura del suelo; están compuestos por partículas primarias y agentes cementantes. Los agregados de suelo son formados principalmente por fuerzas físicas (mojado y secado, enfriamiento y calentamiento y el efecto de compresión y secado de las raíces), en tanto la estabilización de los agregados es afectada por una serie de elementos como óxidos de hierro y aluminio, arcillas y sustancias orgánicas.

Estos autores señalan que el tamaño, arreglo y estabilidad de los agregados de suelo tienen una marcada influencia en las propiedades físicas del mismo y en el crecimiento vegetal, al controlar la distribución y el tamaño de los poros. Un suelo productivo debe tener un rango amplio de tamaño de poros.

Sin perjuicio que podría ser más relevante describir la agregación en términos de los poros estables del suelo, es más positivo evaluar el tamaño y estabilidad de los agregados circundantes a los poros; si los agregados son inestables, pueden disolverse al ser mojados y tanto ellos como las partículas de arcilla pueden ser empujados hacia los poros, haciéndolos más angostos y/o discontinuos. Ello ocurre cuando los agregados no son lo suficientemente estables para soportar la presión generada por el aire atrapado cuando los poros se llenan rápidamente de agua.

Los agregados superficiales son los más importantes, dado que los sub superficiales están protegidos del mojado rápido por los superficiales, Lynch y Bragg, (1985).

El agua, ya sea de lluvia o proveniente del escurrimiento superficial, es la principal fuente de rotura de los agregados, por lo que al estudiar la estabilidad de los mismos se hace referencia normalmente a los agregados estables al agua (AEAA).

Los agregados edáficos han sido también definidos como grupos de partículas de suelo donde las fuerzas que sujetan las partículas unidas son mucho más fuertes que las fuerzas entre partículas adyacentes, Martin *et al.*, (1955), citados por Lynch y Bragg, (1985).

La influencia de los sistemas de cultivos sobre los agregados de suelo es el reflejo de la acción combinada de factores de naturaleza física, biológica y química, Harris *et al.*, (1966).

La estabilidad de los agregados se modifica en respuesta a la secuencia de cultivos y a los niveles de materia orgánica del suelo (MOS); esta última tiende a alcanzar un equilibrio, que depende de la rotación de cultivos, el clima y tipo de suelo, y es afectado solo lentamente por el agregado de materia vegetal y abono verde Johnson, (1982), citado por Lynch y Bragg, (1985).

En algunos suelos, los sistemas de labranza reducida pueden mejorar el estado de agregación de los suelos; según Douglas y Goss, (1982), la siembra directa de cereales de invierno aumentó la estabilidad de los agregados en suelos con alto contenido de arcilla, en tanto que un suelo limoso mostró resultados opuestos.

Las prácticas de manejo y particularmente los métodos de laboreo y su

frecuencia e intensidad reducen la estabilidad de los agregados debido a la reducción en los niveles de MOS, Greacen y Peckman, (1953), citados por Suwardji y Eberbach, (1998), aunque la estructura de los agregados en suelos excesivamente laboreados se ve deteriorada bastante antes que el nivel de materia orgánica baje significativamente Balldock y Kay, (1987), op cit, sugiriendo que tales cambios ocurren en determinadas fracciones del pool de MOS.

Suwardji y Eberbach (1998), evaluando el efecto de 16 años de diferentes prácticas de laboreo sobre oxisoles de Nueva Gales del Sur (Australia), observaron la ocurrencia de cambios temporales en la estabilidad de los agregados y en la conductividad hidráulica; los agregados fueron más estables bajo SD en comparación con laboreo reducido y LC. A su vez, determinaron que bajo cualquier sistema de laboreo, la estabilidad de los agregados fue menor en invierno y se incrementó en primavera. No se observó variación estacional a nivel sub superficial (5-10cm) en ninguno de los tratamientos, lo que se explicaría por la falta de actividad microbiana por debajo de los 6 primeros centímetros de suelo y porque los agregados a esa profundidad serían menos dependientes del nivel de MOS, Purnomo *et al.*, (1996), Murphy *et al.*, (1996), citados por Suwardji y Eberbach, (1998).

La estabilidad de los agregados es dinámica y varía durante la estación de crecimiento, Chan *et al.*, (1994), citados por Suwardji y Eberbach, (1998). Al no encontrar variaciones significativas en el volumen total de MOS ni en el de polisacáridos durante la estación de crecimiento, concluyeron que los cambios en la estabilidad de los agregados era una función inversa al contenido de humedad en la estación de crecimiento. Sin embargo, Suwardji y Eberbach (1998), sugieren que la variación se explica mejor por el cambio estacional de la actividad microbiana y la presencia de raíces en crecimiento, al menos cuando hay quema

de rastrojo, como en las condiciones del experimento.

Mucho del énfasis puesto en la capacidad de estructurar suelos por parte de algunos cultivos se ha centrado en la masa de raíces que lo exploran, las que también excretan sustancias que actúan como agentes de ligazón de partículas. La conversión microbiana de las secreciones y residuos de las raíces a agentes cementantes ha sido propuesta como un mecanismo relevante a través del cual se produce el efecto de estructuración de suelo por parte de la vegetación Harris *et al.*, (1966).

Dado que estas sustancias orgánicas cementantes son a su vez degradadas por la flora microbiana, debe ocurrir un ingreso permanente de MOS para mantener las características de agregación del suelo Harris *et al.*, (1966).

Según Geltser (1955), citado por Harris *et al.*, (1966), el grado al cual se acumula humus activo y se mejora la estructuración estable del suelo esta determinada primariamente por el grado de crecimiento ininterrumpido de las plantas; por lo tanto, la estabilidad estructural es mayor debajo de pasturas perennes. Estas últimas son comparables a los cereales en su capacidad de incrementar el porcentaje de AEAA durante el período vegetativo, pero son superiores retardando la subsiguiente destrucción de los agregados, Plotnikov, (1960), citado por Harris *et al.*, (1966).

Una vegetación que ofrezca buena cobertura y rastrojo abundante (con el rol fundamental de proteger la superficie del suelo del impacto de las gotas de lluvia), así como sistemas extensivos de raíces de gramíneas aportando en forma permanente secreciones y residuos representan condiciones óptimas para lograr suelos con altos grados de agregación y estructura.

Estudios de Hyam (1950) en Sud Africa, citado por Harris *et al.*, (1966), mostraron que suelos con 20 años de agricultura, al ser sembrados y mantenidos durante 7 años bajo pasturas de gramíneas alcanzaron un grado de agregación similar al del suelo en estado virgen.

En general, las gramíneas tienen efectos más significativos sobre la estructuración del suelo que las leguminosas y otras especies, aunque Baiko y Suchalkina, (1950), e Ivanov, (1950), citados por Harris *et al.*, (1966), señalaron que los efectos se ven potenciados con el uso de mezclas de las gramíneas con leguminosas, en tanto que Weaver (1947), encontró que el mayor porcentaje de AEAA en los primeros 7,5cm de suelo estaba asociado con rastros de plantas con tasas altas de descomposición, mientras que desde los 7,5 a 15cm estaba asociado con aquellas plantas cuyo sistema radicular muestra baja velocidad de descomposición.

Materiales orgánicos con relación carbono / nitrógeno (C/N) estrecha como en el caso de las leguminosas tienen un efecto relativamente corto sobre la estabilidad de los agregados del suelo, que se asocia con el tiempo de descomposición del material incorporado. Biomásas con relación C/N más amplia (gramíneas) permiten un mayor efecto agregante a partir de la descomposición más lenta y a la formación de compuestos intermedios, constituyendo una alternativa eficiente para el aumento del contenido de MOS de los suelos en tanto que las leguminosas no lo son Muzzili, (1986), citado por Floss, (2000).

En la mayoría de los suelos, las arcillas forman una película continua que rodea y puede ligar partículas de arena y limo; la arcilla es el factor predominante en la agregación del suelo, Martín *et al.*, (1955).

Por su parte, Gedroits (1926, 1955), citado por Harris *et al.* (1966), ha sugerido 2 estados de agregación: (a) coagulación de coloides del suelo por influencia de iones de calcio, derivando en la formación de micro agregados primarios, y (b), cementación de los micro agregados formando macro agregados por efecto de sustancias orgánicas altamente dispersas.

Compuestos orgánicos hidrofóbicos del suelo, como grasas, ceras y resinas han sido vinculados a la estabilidad de los agregados, al prevenir la entrada de agua a los mismos Harris *et al.*, (1966).

Por su parte, el humus proveniente de la descomposición de materiales orgánicos presenta marcada influencia en la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, Floss, (2000), que se asocia positivamente con la proporción de AEAA.

2.2.1. Microorganismos

El agregado de MO no tiene efectos sin la presencia de microorganismos, McCalla, (1945), citado por Lynch y Bragg, (1985).

Los productos de menor facilidad de descomposición como los tallos de cereales o celulosa producen agregados más estables por unidad de tiempo que aquellos de fácil descomposición como la sacarosa o glucosa, probablemente por estar menos rápidamente disponible para los microorganismos Lynch y Bragg, (1985).

Los mismos autores señalan que la relación C/N del sustrato afecta su eficiencia de agregación y que, en última instancia, los factores ambientales que influyen sobre la estabilidad de los AEAA después del agregado de MO son aquellos que afectan la actividad microbiana.

Los cambios en la granulación que siguen al agregado de MO al suelo indican que la eficiencia de la aplicación esta directamente relacionada con la facilidad de descomposición; de acuerdo con Martin y Waksman (1940), citados por Harris *et al.*, (1966), cuanto más rápida la descomposición, mayor es el efecto cementante.

A su vez, la capacidad de agregación de las leguminosas estaba relacionada inversamente con el contenido de proteína, Aufhammer y Kampf, (1952), citados por Harris *et al.*, (1966). Esto se atribuye a la baja relación C/N, que favorece la rápida descomposición de los agentes cementantes, producto de la síntesis microbiana.

Nutrientes inorgánicos, disponibilidad de agua, pH, temperatura y aireación afecta la formación y pérdida de AEAA, de la misma forma que influyen sobre la actividad microbiana, Harris *et al.*, (1966).

Las condiciones que favorecen el incremento de la actividad microbiana resultan normalmente en incrementos rápidos de los AEAA, debido a la rápida conversión de la MOS en compuestos orgánicos cementantes y micelio de hongos; sin embargo, la intensa actividad microbiana también resulta en aumentos en la degradación de los agregados, a partir de la acelerada descomposición de esas mismas sustancias cementantes, al extremo que Mishustin (1945) y Swaby (1950), citados por Harris *et al.*, (1966), sugieren que los productos microbianos

con actividad cementantes son demasiado susceptibles de degradación para atribuirles un rol importante en la agregación de los suelos.

La eficiencia relativa de los diferentes microorganismos para la agregación de las partículas del suelo puede establecerse en el siguiente orden, de acuerdo a McCalla (1946), citado por Harris *et al.*, (1966): hongos > streptomyces > algunas bacterias > algunos rhizobios > levaduras > otras bacterias.

Según Harris *et al.*, (1966), la formación de AEAA por los microorganismos puede ser explicada por fenómenos de adsorción, entrelazado físico y cementación por mucílago.

2.2.2. Macro fauna

El efecto de diferentes sistemas de laboreo sobre la cantidad de lombrices > 1mm fue estudiado por Suwardji y Eberbach (1998), determinando que era significativamente ($P < 0.05$) mayor en el sistema de SD que con laboreo reducido y LC (315, 220 y 140 por m^2 respectivamente). Sin embargo, la macro porosidad (poros > 2mm y poros entre 1 y 2mm), no difirieron significativamente entre tratamientos. Los autores sugieren que quizás ello sería debido al bajo número total de lombrices existentes en ese suelo, que habría limitado la capacidad de aumentar la macro porosidad del mismo.

Probablemente, el daño mecánico sea la principal causa de la disminución de la población de lombrices en sistemas de LC y reducido, Edwards y Lofty, (1982), citados por Suwardji y Eberbach, (1998).

La importancia agronómica de las lombrices (*Lumbricus* spp, *Helodrilus* spp), Harris *et al.*, (1966), en la mejora de las propiedades del suelo y la formación de AEEA es evidente por su capacidad de trituración de partículas minerales, diseminación de microorganismos, actividades de excavación con efectos derivados en la aireación, el drenaje y la absorción de agua por el suelo.

Las lombrices constituyen una fracción relevante de la macro fauna del suelo; dependiendo de factores tales como tipo de suelo, estación del año, humedad, disponibilidad de nutrientes, pH, niveles de Ca, cobertura vegetal y MOS, pueden encontrarse mas de 1.000.000 de lombrices por hectárea de suelo en los primeros 15cm., Harris *et al.*, (1966). El peso de una población de lombrices es impresionante; Davies y Cooper, (1953) y Waters, (1951), citados por Harris *et al.*, (1966), encontraron niveles de 1 a 1.5 millones de lombrices por hectárea pesando entre 1500 y 1800Kg y 3 a 5 millones de lombrices por hectárea pesando entre 1300 y 2700Kg en Holanda y Nueva Zelanda respectivamente.

La cantidad de residuos producidos por la población de lombrices se ha establecido entre 5, Kollmannsperger, (1934) y 264 toneladas por hectárea y por año, Beaugé, (1912), citados por Harris *et al.*, (1966), variación que depende grandemente del sistema de cultivos aplicado, donde las menores poblaciones se asocian con monocultivos y, en general, con suelos arados.

Las partículas de suelo incluidas en las excreciones de las lombrices son más estables en agua que los agregados formados en suelos sin lombrices, Teotia *et al.*, (1950), citados por Harris *et al.*, (1966); en óptimas condiciones, *Lumbricus terrestris* y *Helodrilus caliginosus* son capaces de agregar su propio peso de suelo por día, Hopp (1946), op cit.

2.2.3. Laboreo y manejo

El laboreo intensivo tiene un efecto deletéreo sobre la estructura del suelo, particularmente cuando las condiciones físicas del mismo no son óptimas para el disturbio mecánico; el efecto del laboreo sobre los agregados es función del contenido de humedad del suelo al momento del laboreo, cuyo óptimo se establece en un rango estrecho, Russell, (1938), citado por Harris *et al.*, (1966).

Suardji y Eberbach (1998) encontraron una reducción altamente significativa en la cantidad de agregados >2mm en el sistema de LC comparado con SD en los primeros 5cm de suelo. Tisdall y Oades (1982), citados por Suardji y Eberbach (1998), sugieren que los agregados de ese tamaño dependen principalmente de materiales temporarios como raíces, hifas de hongos y sustancias húmicas como cementantes estructurales. Al ser fácilmente mineralizables, son sensibles a las prácticas culturales como el laboreo.

La mejora de la estructura de los suelos resultante de la adopción de la SD puede influir en la conducción del agua en el horizonte superficial y por lo tanto sobre la cantidad almacenada en los horizontes sub superficiales, Suardji y Eberbach, (1998).

El mejoramiento de la estructura del suelo se refleja en un mejor ambiente físico para el crecimiento radicular, que, según Letey (1985), citado por Martino (1999), en última instancia, está gobernado por la resistencia mecánica y la disponibilidad de agua, oxígeno y energía.

2.2.4. Clima

Mas allá de influir sobre la actividad biótica, las variables climáticas tales como humedad y temperatura tienen un efecto directo en la formación y destrucción de los agregados del suelo; los efectos combinados del clima tienen su correlato en la variación estacional de la agregación, notándose que el número de macro AEAA aumenta en primavera hacia un máximo en verano, decreciendo en otoño a un mínimo en invierno, Harris *et al.*, (1966).

Se ha visto que la reducción de la agregación en condiciones de alta humedad se puede atribuir al efecto dispersivo de un rápido mojado del suelo mas que a la falta de habilidad cementante de las bacterias anaeróbicas, Harris *et al.*, (1966).

2.3. EFECTOS DEL BARBECHO SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO

2.3.1. Efectos sobre el pH

Do Amaral A.S. *et al.*, (2001), en experimento de laboratorio, encontraron que los residuos vegetales (avena negra y arveja) aplicados sobre el suelo, causaron aumentos rápidos del pH, que alcanzó los valores máximos a los 7 días, bajando gradualmente al pasar el tiempo.

2.3.2. Efecto sobre la disponibilidad de N-NO₃⁻.

Las plantas absorben la mayor parte del nitrógeno en forma de NO₃⁻ y NH₄⁺. Sus niveles dependen básicamente de la aplicación de fertilizante o de la liberación a partir de los compuestos orgánicos del terreno, Tisdale y Nelson, (1977).

Las cantidades liberadas de las reservas orgánicas y en parte las aportadas por los fertilizantes, dependen del equilibrio que se da entre mineralización, inmovilización y las pérdidas de nitrógeno en el suelo, Tisdale y Nelson, (1977).

Autores como Waggoner, (1989), citado por Raimbault *et al.*, (1991), atribuyen la diferencia en crecimiento y producción de maíz entre tiempos de barbecho, mayormente a la disponibilidad de N, que fue de 33 kg.ha⁻¹ a las 8 semanas de crecimiento del maíz contra 8 kg.ha⁻¹ en la aplicación tardía del desecante.

Sin embargo, Daynard *et al.*, (1985), citados por Raimbault *et al.*, (1991), no pudieron superar la diferencia en crecimiento y rendimiento entre los tratamientos temprano y tardío, aún con el agregado de N; la explicación podría derivarse de una combinación de factores tales como mayor cantidad de residuos, menor disponibilidad inicial de humedad, mayor nivel de compuestos fitotóxicos y/o producción de fitotoxinas al inicio de la descomposición del rastrojo.

El N-NO₃⁻ es susceptible de ser lavado con la lluvia; Sainju *et al.*, (1998), evaluaron el efecto de cultivos de cobertura (leguminosas y gramíneas) y su habilidad para explorar suelo, absorber N-NO₃⁻ y acumularlo en la biomasa aérea. En este experimento, la biomasa acumulada fue incorporada al suelo en primavera.

El centeno tuvo la mayor densidad de raíces y biomasa aérea, y absorbió más N-NO_3^- temprano en la estación de crecimiento que *Trifolium incarnatum* L. y *Vicia villosa* Roth.

Power y Doran (1988) citados por Sainju *et al.*, (1998), reportaron estimaciones de reducción de las pérdidas de N-NO_3^- por lavado del 29 al 94% por las no leguminosas, comparado con 6 a 48% por leguminosas en el sureste y noreste de Estados Unidos.

Kuo *et al.*, (1995), citados por Sainju *et al.*, (1998), encontraron que centeno y raigrás anual redujeron significativamente la concentración de N-NO_3^- comparado con el suelo desnudo.

2.3.3. Efecto sobre la disponibilidad de otros nutrientes

Debido al reciclaje de nutrientes que ocurre por la mineralización de la biomasa de los rastrojos en cobertura, la recomendación de fertilización debe ser menor en cantidad en SD comparado con LC, Borkert *et al.*, (1999). Con el objetivo de estimar las cantidades de nutrientes reciclados por cultivos utilizados como cobertura de suelo y que pueden retornar al mismo, se estableció un experimento donde se midieron los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn y Cu de la materia seca de los diferentes cultivos, en el período 1986 a 1991, sobre una rotación avena – soja iniciada en 1984. Los datos se muestran en la Cuadro N° 1.

Cuadro N° 1; Cantidades de nutrientes cada 1000 kg de materia seca producidos por dos cultivos de cobertura (adaptado de Borkert *et al.*, 1999)

Medias de MS	<i>Avena strigosa</i>	<i>Vicia sativa</i>
Kg.ha ⁻¹	10.334	5.328
Nutriente	Kg.TM de MS ⁻¹	
N	3.7	46.2
P	1.3	3.4
K	23.3	22.9
Ca	7.8	10.5
Mg	2.3	2.6
Micro nutriente	g.TM de MS ⁻¹	
Zn	21.0	31.9
Mn	286.0	69.3
Cu	9.0	10.3

Ambas especies se caracterizan por reciclar grandes cantidades de K y considerables de Ca, Mg y micro nutrientes, y bajas cantidades de P.

2.4. CULTIVO ANTECESOR, CANTIDAD Y CALIDAD DE RASTROJO

En SD, es imprescindible dejar una mínima cantidad de residuos sobre el suelo; ello es particularmente difícil en un sistema de producción animal con pastoreo, especialmente de verdes, pero debe entenderse que un mínimo de 1500 a 2000 Kg de MS.ha⁻¹ debe quedar sobre el suelo al final, García Préchac, (1998).

Se ha demostrado que la velocidad de liberación de nutrientes a partir de la descomposición de la biomasa, depende principalmente de la relación C/N. De acuerdo con Igue *et al.*, (1984), citados por Floss, (2000), cuando la relación C/N es superior a 24 la descomposición es lenta.

La relación C/N de los cultivos aumenta con el desarrollo de los mismos; en avena, la relación C/N puede variar entre 17 y 20 en el estado vegetativo, 41 a 50 en floración y más de 70 a la cosecha.

Según Almeida *et al.*, (1985), citados por Floss (2000), ocurren variaciones en la relación C/N en los rastrojos muertos, durante el proceso de descomposición. Ello se explica por la facilidad para los microorganismos de digerir los glúcidos y la dificultad para descomponer la lignina y otros compuestos complejos. En los materiales más lignificados, los microorganismos atacan más rápidamente los tejidos ricos en N, reduciendo el tenor de este elemento, en tanto que el de C es poco modificado, aumentando la relación C/N, que solo se reduce cuando finalmente la lignina y los compuestos relacionados (fenoles) comienzan a ser descompuestos.

Clark *et al.*, (1997), reportan información de significativas reducciones en el rendimiento de maíz sobre rastrojo de centeno, posiblemente debido a inmovilización de N, consumo de agua y alelopatía; también por interferencia en la siembra, al dificultar el contacto semilla-suelo. Los mismos autores encontraron que tanto las especies que se barbechan como la duración del barbecho pueden ser manejadas para disminuir pérdidas de N.

El cultivo antecesor influye fuertemente en el potencial de rendimiento del cultivo siguiente a través del efecto de diferentes factores como retención,

reciclaje y movilidad de nutrientes en el suelo, consumo de agua, temperatura del suelo.

Vyn, Opoku y Swanton(1998), señalan que la adopción de la SD en soja después de trigo en suelos de textura fina de Ontario ha sido afectada por la caída de los rendimientos de la soja debido a problemas de implantación; en un experimento con siete tratamientos planteado para remover esta limitante, encontraron que las camas de siembra de los tratamientos sin laboreo tuvieron los más altos niveles de humedad a la siembra y la mayor resistencia al penetrómetro. El crecimiento inicial de la soja en SD fue mas lento y los rendimientos más bajos a medida que se aumentaba la cantidad de rastrojo de trigo. Se encontró una correlación negativa entre rendimientos de grano y la cantidad de rastrojo del cultivo antecesor y correlación positiva con la presencia de agregados de suelo < 5mm de diámetro.

Según Pavan (1997), en SD los nutrientes son mantenidos en el ciclo biológico, dado que una importante característica de la SD es que la fracción orgánica desempeña una función relativamente más importante que en LC, a partir de las sustancias orgánicas hidrosolubles de bajo peso molecular producidas en las fases iniciales del proceso de descomposición de los residuos. En SD, esta fracción es la más dinámica de cara a la movilidad de los iones en el suelo.

La producción de estos ácidos depende no solo de la cantidad sino también de la calidad del rastrojo; así, por ejemplo, los rastrojos de avena son muy activos en la movilización de Ca. Pavan (1997).

Los ácidos orgánicos de bajo peso molecular de origen vegetal incluyen al cítrico, oxálico, fórmico, acético, málico, succínico, masónico, málico, láctico,

aconítico y fumárico; la naturaleza y concentración de estos ácidos determina la extensión en que es afectado el proceso, Pavan, (1997); por ejemplo, la movilidad del Ca es fuertemente afectada por la presencia de ácido succínico liberado por el rastrojo de avena.

Los residuos de las plantas presentan composiciones diferentes; según Pavan (1997), para la avena el catión dominante es K.

Durante el desarrollo del cultivo de trigo, avena y soja, evaluaciones de lixiviación de N realizadas con lisímetros por Wietholter, (1996), citado por Baier, (1998), mostraron que es de poca significación a niveles de suelo ubicados fuera del alcance de las raíces, dado que los NO_3^- y NH_4^+ , provenientes del proceso de mineralización de la MOS, de los residuos de cosechas o de fertilizantes, son continuamente absorbidos por las raíces de las plantas. Durante el período de barbecho, y especialmente después de la cosecha de soja, las pérdidas varían desde 19 (soja cosechada a la madurez y bajas precipitaciones) a 73 (soja cosechada en la floración y alta precipitación) Kg de $\text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$, siendo mayores en los primeros 60 días después de la cosecha. El autor señala la necesidad de una cobertura verde continua para preservar el N en el sistema, que al ser reciclado se mantiene en el horizonte superficial del suelo.

El centeno es un cultivo conocido por su rusticidad y adaptación a suelos ácidos, arenosos y fríos, así como por su sistema radicular profundo (Baier, 1998). Se caracteriza por su crecimiento inicial vigoroso, temperatura basal baja y resistencia a la sequía. Sus raíces tienen un importante crecimiento inicial y pueden alcanzar metros de profundidad. En Passo Fundo, RS, Brasil, se producen 4.5 a 5.0 TM de grano. ha^{-1} y 10 a 13 TM de rastrojo. ha^{-1} , con bajos tenores de N (0.45 a 0.61%), Baier, (1998).

La paja de centeno, pobre en N, con alta relación C/N, se descompone lentamente y protege el suelo por períodos largos.

Román, (1990), citado por Baier, (1998), estudio la producción de paja de algunas especies invernales en el sur de Brasil, cultivadas antes de soja y su velocidad de desaparición de la superficie (Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2. Rendimiento de paja. ha⁻¹ y su permanencia en la superficie del suelo a los 60, 120 y 180 días después de la siembra sin laboreo de soja.

Especie	Producción de paja Kg.ha ⁻¹	Permanencia de residuos (%)		
		60 días	120 días	180 días
Avena negra	8231 a	51 b	42 e	36 de
Avena blanca	7400 b	52 fg	39 e	34 e
Centeno	4062 e	74 b	73 a	61 a
Raigrás	4007 e	40 g	31 f	21 g
Cebada	3239 f	59 de	51 d	41 c
Triticale	3025 f	61 cde	50 d	40 cd
Trigo	2965 f	66 c	59 c	58 a

Otros trabajos realizados en Brasil, Pelá *et al.*,(1999) donde operan condiciones muy propicias para la mineralización rápida de la MOS (altas temperatura y humedad), evaluando persistencia de diferentes materiales, encontraron que *Pennisetum americanum* fue el mas persistente (44.44% de pérdida en 73 días). La moha (*Pennisetum italicum*), 53.24%.

Con el suelo cubierto disminuye la intensidad de la radiación solar incidente

y, en consecuencia, disminuye la temperatura del suelo; la menor amplitud térmica se traduce en menor evaporación y mayor contenido de humedad, Muzzili, (1986), citado por Floss, (2000).

La formación de agregados mejora la estructura del suelo, reduce la densidad y como consecuencia promueve el aumento de la porosidad, la aireación y el tenor de agua, Floss, (2000).

Otro efecto de la cobertura vegetal es la disminución del impacto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo, disminuyendo del escurrimiento y la erosión; Wunsche y Denardin (1978), citados por Floss, (2000), verificaron una reducción en la pérdida de $5 \text{ TM} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ de suelo por la incorporación del rastrojo frente al laboreo convencional; cuando la paja se dejó en la superficie la reducción fue de $7 \text{ TM} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

Experimentos realizados por Roth *et al.*, (1987), citados por Floss, (2000), mostraron que el menor escurrimiento superficial (13.7% del escurrimiento en suelo desnudo) y consecuentemente la mayor tasa de infiltración fue medida en un suelo cubierto por biomasa de avena negra (89% del suelo cubierto con residuos vegetales).

Las oscilaciones térmicas del suelo afectan la actividad microbiana y el desarrollo de los cultivos; en el caso de la soja, sembrada en suelo desnudo, se encontró una disminución del número de nódulos por planta, del peso individual de los nódulos y el peso total de los nódulos por planta, Voss y Sidiras, (1985), citados por Floss, (2000).

Igue *et al.*, (1984), citados por Floss, (2000), señalan que la cantidad de

nutrientes incorporados al suelo es proporcional a la cantidad total de biomasa producida. Normalmente, la biomasa total no considera la cantidad producida por las raíces, que en muchas especies es mayor que la parte aérea. Según estos autores, en la práctica, debe atribuirse la adición de 30-50% de nutrientes a las raíces.

Primavesi, (1987), citado por Floss, (2000), señala que el uso de leguminosas tiene la ventaja de colocar nutrientes rápidamente accesibles para los cultivos subsiguientes, debido a la rápida descomposición de estos rastrojos; así, las leguminosas desempeñan un papel importante en el aporte de nutrientes en los sistemas estabilizados de SD. Los rastrojos de gramíneas, en tanto, son proveedoras de nutrientes para los cultivos siguientes en el mediano y largo plazo, especialmente en las capas superiores, Floss, (2000).

Ejemplo de lo antedicho lo constituyen los significativos aumentos en los tenores de P y K en las capas superficiales de los suelos con historia de SD. Las cantidades de N liberados en estos suelos aumentan después de varios años; Derpsch *et al.*, (1991), citados por Floss, (2000), encontraron 90 Kg de N.ha⁻¹ en rastrojos de avena, representando un total de casi 30 Kg.ha⁻¹ superior al de arveja (*Pisum sativum*) y chícharo (*Lathirus sativus*), dado que a pesar de tener un menor contenido en los tejidos, el volumen de biomasa de la avena era muy superior. La incorporación de 5.590 Kg de MS.ha⁻¹ de parte aérea y 3.809 Kg de MS.ha⁻¹ de raíces de Avena strigosa liberó 147 Kg de N.ha⁻¹ .

En la sucesión avena – soja en SD se ha determinado que los esqueletos carbonados derivados de la paja de avena son utilizados por los microorganismos para la retención en el suelo del N liberado por la descomposición del rastrojo de soja, quedando disponible para los cultivos siguientes. Cuando faltan estos

esqueletos carbonados para la formación de compuestos húmicos, el N fijado simbióticamente por la soja se pierde como NH_4^+ y por denitrificación en suelos compactados o anegados (condiciones anaeróbicas) como óxido nitroso (gas) o en su forma molecular (N_2).

Otro de los efectos del cultivo previo esta referido al impacto sobre algunos microorganismos; en el caso de la soja sembrada después de avena es menos afectada por *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum* y nematodos, en tanto que el trigo es menos afectado por podredumbre de raíces y pié negro, Derpsch (1985), citado por Floss(2000).

En la fase inicial de la implementación de la SD se observa una mayor necesidad de utilización de N debido al proceso de inmovilización que se genera a partir de la oferta de C al sistema, proporcionando un aumento de la actividad de la biomasa microbiana, Sá, (1993), citado por Floss, (2000). A partir del cuarto año parece empezar a ocurrir el inicio del restablecimiento del equilibrio de las transformaciones que ocurren en el suelo. Después de 9 a 12 años de SD se observa mayor liberación de N al sistema con menores respuestas al aporte de fertilizantes nitrogenados, Sá, (1996), citado por Floss(2000).

Según Floss(2001), en Brasil, la alternativa de sustituir la *Avena strigosa* por avenas bizantinas o sativas constituye una opción importante para hacer mas rentable el proceso de formación de rastrojo en las rotaciones con maíz y con soja; a pesar de producir menos paja en comparación con la avena negra – mas de 3900 kg.ha^{-1} , generan un efecto similar al presentar mayor relación C/N y generan ingresos directos por la producción de grano, con rendimientos medios superiores a 2400 kg.ha^{-1} .

2.5. COMPUESTOS FITOTOXICOS Y ALELOPATIA

La interferencia alelopática resulta cuando organismos vivos producen moléculas bioactivas, que pueden ser modificadas y generar efectos directos o indirectos sobre el crecimiento y desarrollo de los individuos de la misma o diferentes especies. Seigler, (1996).

Diversos mecanismos de acción están involucrados en la inhibición y modificación del crecimiento vegetal por parte de las sustancias alelopáticas, que pueden ser selectivas en su acción; las plantas, a su vez pueden ser selectivas en sus respuestas. Ello es mas complicado al ocurrir, muchas veces, mas de un compuesto activo en una sola planta. Las especies de *Sorghum* contienen glucósidos cianogenicos, taninos, flavonoides, quinonas, y ácidos fenolicos; todos ellos presentan actividad inhibitoria y la mayoría diferentes lesiones biológicas. Seigler, (1996).

La alelopatía puede constituir un método interesante para el control de malezas, a través del establecimiento de una adecuada rotación; Fay y Duke, (1977), citados por Floss, (2001), evaluaron 3.000 genotipos de una colección de germoplasma de avena (*Avena sp*) del USDA determinando la habilidad de esta especie para exudar escopoletina y avenacina, compuestos conocidos por ser inhibitoras del crecimiento radicular. Encontraron diferencias entre genotipos, con algunos que exudaron hasta 3 veces más escopoletina que el cultivar padrón (cv Garry). La sustancia exudada afectó significativamente el crecimiento de la mostacilla (*Brassica sp*). Las plantas que crecieron en estrecha asociación con los genotipos que mostraban mayor tasa de liberación de estas sustancias mostraron síntomas severos de clorosis, raquitismo y retorcimiento, indicativos del efecto alelopático de los compuestos químicos.

Almeida y Rodríguez, (1985), citados por Floss, (2000), realizaron experimentos de germinación con semillas de poroto, maíz y soja usando extractos acuosos de plantas adultas de trigo, avena, centeno y nabo forrajero, observando que no se alteró significativamente el porcentaje de germinación, aunque la raíz y parte aérea de las plantas sufrieron reducciones importantes.

Los estudios sobre efectos alelopáticos de los rastrojos muertos realizados por el IAPAR, en Paraná, Brasil, mostraron que los restos de avena, centeno, nabo forrajero y colza son los que, después de la cosecha, dejan el suelo mas limpio de malezas Almeida *et al.*, (1985), citados por Floss, (2000). Estas especies son también las que mostraron el efecto mas prolongado sobre las malezas, particularmente la avena, que después de 85 días de formado el rastrojo, mantenía el terreno con baja infestación de malezas gramíneas y de hoja ancha.

Kimber, (1973), citado por Raimbault *et al.*, (1991), encontró que los compuestos fitotóxicos se producen fundamentalmente en las primeras etapas de la descomposición de los residuos, al menos para varias especies como alfalfa, arveja, avena, raigrás perenne y trigo.

El período de máxima inhibición del nacimiento y crecimiento del maíz fue desde 0 a 10 días, dependiendo de la especie.

Tang y Waiss, (1978), citados por Raimbault *et al.*, (1991), encontraron que en paja de trigo, la producción de ácido acético, propiónico y butírico, frecuentemente asociados con alelopatías, se incrementó gradualmente hasta los 12 días, decreciendo después.

Wallace y Elliot, (1979), citados por Martín *et al.*, (1990), encontraron que

los compuestos fitotóxicos más activos son los derivados del ácido acético; también, que las sustancias que inhiben la germinación son relativamente de vida corta. Son rápidamente inactivadas, aunque tal inactivación es balanceada por nuevas toxinas.

Aunque por causas desconocidas, se sabe que las situaciones de stress exacerbaban los efectos alelopáticos de algunos compuestos; factores tales como temperatura, agua y nutrientes en condiciones limitantes, pueden magnificar la respuesta a un aleloquímico, Fischer *et al.*, (1994), citados por Seigler, (1996).

La interacción de factores bióticos y abióticos causantes de stress en condiciones de cultivo es determinante del impacto relativo de la interferencia alelopática. La interacción alelopatía-stress tiene también implicancias en la estrategia de control de malezas, rotación de cultivos, control biológico y sistema de siembra. Einhellig, (1996).

Normalmente, las plantas generadoras de compuestos alelopáticos lo hacen en mayor medida en condiciones de stress; así, mayores niveles de ácidos fenólicos fueron secretados por girasoles que crecían con deficiencia de fósforo con relación a las plantas testigo. Koeppel *et al.*, (1976), citado por Einhellig (1996).

Más allá que la acción de los aleloquímicos y la de los herbicidas tienen distintos orígenes, el efecto simultáneo de los mismos es muy frecuente en condiciones de cultivo. Muchas veces los cultivos se encuentran estresados por residuos de herbicidas o aplicaciones post emergentes; simultáneamente, puede estar ocurriendo alelopatía cultivo-maleza o cultivo-cultivo con efectos aditivos. Einhellig, (1996). Este autor encontró efectos aditivos importantes entre ácido ferulico y atrazina, entre trifluralina y ácidos ferulico y salicílico, y entre alachlor y

ácido ferulico.

La biomasa de avena presenta control alelopático sobre varias malezas; según Rice, (1974), citado por Floss, (2000), se establece un efecto inhibitor directo o indirecto sobre plantas e incluso microorganismos. Las sustancias alelopáticas son secretadas por las raíces y también por el rastrojo en descomposición.

2.5.1. Tipo y cantidad de rastrojo e interferencia alelopática

Uno de los objetivos de la SD es el mantenimiento de rastrojo en superficie para reducir las pérdidas de suelo y agua; sin embargo, esta practica puede generar efectos negativos si no se tienen en cuenta algunos efectos derivados de la misma, como los alelopáticos.

El establecimiento y crecimiento de cultivos puede verse reducido en forma importante en siembras sobre rastrojos o cuando estos son incorporados inmediatamente antes de la siembra, generando altos costos de resiembras y bajos rendimientos. Weston (1996). Las causas pueden deberse a mala ubicación de la semilla, falta o exceso de humedad, deficiencia de nutrientes, plagas y otros factores desconocidos asociados con cambios en el micro ambiente. Es difícil separar los efectos de la competencia por recursos de los componentes de la interferencia alelopática. Seigler (1996).

Las condiciones ambientales juegan un rol muy importante en la presencia o ausencia de interferencia alelopática; en términos generales, se minimiza en condiciones de alta humedad y temperatura durante el nacimiento y crecimiento

del cultivo. Weston (1996).

Según Weston (1996), el término alelopatía fue introducido por primera vez en 1937 por Molisch, haciendo referencia a las interacciones bioquímicas entre plantas, incluyendo aquellas que implican la participación de microorganismos.

El efecto alelopático como mecanismo de interferencia, se suma a los de carácter sustractivo generados en la competencia por elementos requeridos por las plantas como luz, agua, nutrientes y CO₂, Putnam, (1986), citado por Weston, (1986).

Varios autores citados por Martín *et al.*, (1990), señalan que los compuestos fitotóxicos son liberados directamente a través del lavado provocado por la lluvia o indirectamente como productos y subproductos de la actividad microbiana durante la descomposición del rastrojo.

El potencial fitotóxico disminuye con la edad de los rastrojos sobre el suelo, Guenzi *et al.*, (1967), citado por Martín *et al.*, (1990). Los productos químicos producidos y derivados de las diferentes partes de las plantas (hojas, flores, semillas, tallos y raíces), tanto vivas como en descomposición frecuentemente muestran selectividad similar a la de los herbicidas sintéticos. Weston (1996).

La producción microbiana de fitotoxinas es mayor a altas temperaturas (20 a 25°C), comparada con bajas temperaturas (8 a 10°C); el pH bajo también favorece la producción de fitotoxinas, aunque después de estar presentes, permanecen activas en un rango amplio de pH, Patrick y Koch, (1958), citado por Martín *et al.*, (1990).

Según Jennings y Nelson, (1998), las propiedades del suelo, y particularmente la textura afectan fuertemente la expresión de alelopatías y explican las importantes diferencias que surgen entre experimentos que intentan medirla. Los resultados de un experimento de laboratorio muestran que cantidades similares de factor de auto toxicidad en suelo arenoso afectan mucho mas a la alfalfa que en un suelo arcilloso; sin embargo, la misma cantidad de lluvia removerá por lavado el factor auto tóxico en el suelo arenoso, en tanto que sólo lo diluirá en el arcilloso.

El experimento in vitro realizado por Martín *et al.*, (1990), mostró que el rastrojo de maíz y el de restos de pasturas fue doblemente inhibitorio que el de avena y soja, debido – parcialmente – a la composición de los residuos. Mientras tanto, el contenido de N de los diferentes extractos fue de 162, 136, 283 y 612 mg.lt⁻¹ para soja, avena, maíz y pastura respectivamente; Mc Calla y Duley (1949), citados por Martín *et al.*, (1990), encontraron que el agregado de N orgánico estimuló la actividad microbiana, incrementando la liberación de compuestos tóxicos que inhibieron la germinación y el crecimiento del maíz.

La descomposición de los residuos en suelos saturados y presumiblemente condiciones de anaerobiosis aparecen vinculadas a niveles más altos de inhibición del crecimiento que las que ocurren en suelos a capacidad de campo o menor contenido de humedad, Patrick y Koch, (1958), citados por Martín *et al.*, (1990).

Con altas poblaciones, cada planta recibe una dosis menor de toxina, en la medida que hay mas plantas para absorber la misma cantidad de toxina. Seigler (1996).

El sorgo híbrido y sus especies asociadas, que acumulan volúmenes

importantes de rastrojo han sido utilizados para reducir significativamente las malezas en siembra directa de alfalfa, Forney y Fox, (1985), citados por Weston, (1996); el control fue mucho menor con rastrojos de *Setaria italica* (L.)P. Beauv.

Se ha observado una reducción en el crecimiento de la raíz de *Setaria viridis* (L.)P. Beauv., *Abutilon theophrasti* Medicus y *Amaranthus hybridus* L. en presencia de plántulas de sorgo, Hoffman *et al.*, (1996), citados por Weston, (1996). Autores como Nicollier *et al.*,(1983) y Weston *et al.*, (1989), citados por Weston, (1996), señalan la presencia de altas concentraciones de durrina, un glucósido cianogenico, en plántulas de sorgo; cuando el sorgo es lastimado o en condiciones de stress, la durrina es hidrolizada generando HCN, glucosa e hidroxibenzaldehído o ácido hidroxibenzoico. Esta es también la fuente de fototoxicidad del Sorgo de Alepo (*Sorghum halepense* (L.)Pers.)

Netzley y Butler (1986), citados por Weston (1996), descubrieron que las raíces vivas de sorgo exudan una hidroquinona de cadena larga denominada sorgoleone que muestra fitotoxicidad aun a muy bajas concentraciones, inhibiendo la fotosíntesis a niveles mayores que Diuron (diclorofenil dimetilurea).

Numerosos trabajos muestran una correlación negativa entre presencia de plántulas de malezas y el volumen de rastrojo; además de la reducción en la interceptación de la radiación solar y en la temperatura del suelo, el aumento de la población de bacterias y pseudomonas. Weston, (1996). Sin embargo, los rastrojos de diferentes especies difieren en su capacidad de inhibir el crecimiento del cultivo sembrado; en términos generales, los cultivos de germinación rápida y semilla grande son menos afectados que los de semilla chica o germinación lenta.

Es frecuente observar zonificación y otras formas de distribución de las

plantas en varias especies; algunas de ellas no crecen en presencia de otras plantas. Por ejemplo, *Coryza canadiensis* (L.)Cronq. es severamente inhibida en presencia de girasol (*Helianthus annus* L.), Rice, (1984), citado por Seigler, (1996). Según Muller (1969), citado por Seigler (1996) las partes muertas de *Brassica nigra* (L.)W.D.J.Koch), formando agrupaciones de alta densidad, es altamente inhibitoria para muchas especies, que estando presentes, son incapaces de germinar.

Las dificultades para medir los efectos alelopáticos a nivel de campo no disminuye su probable importancia aun en comunidades maduras y equilibradas, Seigler, (1996).

2.6. TIEMPO DE BARBECHO

Según García Préchac, (1998), experimentos realizados en 1995, que tenían un contenido de $N-NO_3^-$ significativamente mayor a la siembra con LC que con SD, revirtieron la tendencia al llegar a macollaje. Ello se explica porque tanto el LC como la aplicación del herbicida (Glifosato) en SD se hicieron en los 10 días anteriores a la siembra. Esta ocurrió cuando estaba todavía generándose una alta tasa de mineralización en LC. Al macollaje – un mes mas tarde – había comenzado a desaparecer el efecto del laboreo y agotada la mayoría de los restos que descomponían, la muerte de muchos microorganismos devolvía el nitrógeno fijado a la forma mineral de $N-NO_3^-$.

Lo anterior enfatiza la importancia del barbecho químico (tiempo mínimo de espera entre la aplicación del herbicida y la siembra), que deberá ser tanto mas largo cuanto mayor sea la cantidad de biomasa que se mata con el herbicida,

García Préchac, (1998).

Rimbault *et al.*, (1991), (Ontario, Canadá), evaluaron el efecto de la aplicación temprana (2 semanas antes de la siembra) y tardía (pre siembra) de Paraquat (0.5 lts de i.a.ha⁻¹) en centeno, sobre la producción de maíz sembrado con distintos sistemas. Estos autores encontraron que la producción media de MS del maíz fue de 13.6 y 12.4 toneladas para el tratamiento temprano y tardío respectivamente.

El contenido de humedad de la planta entera de maíz a cosecha fue menor con el barbecho "largo", en todos los tratamientos, salvo con laboreo convencional.

El incremento en el crecimiento de maíz con la aplicación temprana fue mayor en los tratamientos que involucraban manejo conservacionista (SD con remoción del rastrojo en la línea de siembra) que aquellos con LC.

Rimbault *et al.*, (1990), citados por Rimbault *et al.*, (1991), encontraron significativas mermas en el rendimiento de maíz sembrado inmediatamente de la muerte química del centeno en sistemas de SD, atribuyendo las causas a la presencia de compuestos alelopáticos derivados del centeno, que afectarían el crecimiento y desarrollo del maíz. Esta información es corroborada por otros autores. Sin embargo, experimentos llevados a cabo en Kentucky mostraron incrementos en el rendimiento de maíz cuando el cultivo de invierno fue *Vicia spp*, Frye y Blevins, (1989), citado por Rimbault *et al.*, (1991).

El efecto de un cultivo sobre el siguiente puede estar influido por algunas normas de manejo; así, Huber y Aburey, (1986), citados por Rimbault *et al.*, (1991), notaron reducciones en el rendimiento de trigos de invierno en zonas con

altos volúmenes de rastrojo de soja. El volumen de rastrojo era de 1.5 toneladas de MS.ha⁻¹ con la aplicación temprana de Paraquat y de 4 toneladas de MS.ha⁻¹ en la tardía.

En el experimento conducido por Raimbault *et al.*, (1991), el tiempo de barbecho fue más importante con SD que con LC.

2.7. COMPACTACION POR PISOTEO ANIMAL

La compactación es un proceso de degradación estructural, Soane y van Ouewekerk, (1994), citados por Martino, (1999).

El incremento en la densidad aparente y la profundidad afectada por el pisoteo animal y por el pasaje de maquinaria está influida por factores tales como la textura del suelo, el contenido de humedad, la presión de contacto y otros, Raghavan *et al.*, (1990).

La información disponible sobre los efectos del pisoteo animal es sensiblemente menor a la vinculada con la compactación producida por la maquinaria agrícola. Según Wood *et al.* (1991), citados por Martino (1999), es posible estimar, a partir de datos del área basal y peso corporal, que los animales en pastoreo aplican presiones sobre el suelo en el rango entre 150 (novillo de 300 Kg) y 350 kPa (oveja adulta); estos valores son sensiblemente mayores que los correspondientes a tractores agrícolas, que ejercen presiones del orden de 80 (cubiertas de alta flotación) a 160 kPa (cubiertas radiales simples).

Touchton *et al.*(1989), citados por Martino (1999), detectaron compactación

producida por animales a 50cm de profundidad, en tanto que el efecto del tráfico de maquinaria alcanzó sólo 25cm.

Los efectos del pisoteo pueden ser minimizados evitando el pastoreo sobre suelo húmedo; Proffitt *et al.*(1995) en suelos franco arcillosos bajo pastoreo continuo con lanares, encontraron 7% de aumento en la densidad y 58% de reducción en la capacidad de infiltración de agua frente al testigo sin pastoreo. Cuando las ovejas fueron retiradas cada vez que el contenido de humedad del suelo alcanzaba el límite plástico, el deterioro de las propiedades físicas fue mucho menos marcado.

La adopción de sistemas de producción basados en SD puede estar limitada por restricciones físicas del suelo asociadas a procesos degradativos; Martino, (1975), atribuye la potencial aparición de este fenómeno a factores tales como la ocurrencia de suelos de texturas medias a pesadas, con baja capacidad de infiltración de agua, clima húmedo, y al tráfico de animales y maquinaria.

La resistencia a la penetración radicular aumenta con la compactación y depende principalmente del tipo de suelo; las propiedades que determinan la resistencia a la penetración son la resistencia a la fractura y la compresibilidad del suelo, y depende principalmente del tipo de suelo (textura), de la densidad aparente y del contenido de humedad, Henderson *et al.*(1988).

La humedad del suelo afecta a los tres factores que determinan la resistencia a la penetración, a saber, la cohesividad, el ángulo de fricción interna y la compresibilidad, Ayers y Bowen, (1987), citados por Martino, (1999), por lo que los mínimos valores ocurren cuando el suelo tiene los máximos contenidos de humedad. A medida que el suelo se seca la resistencia a la penetración aumenta

en forma exponencial hasta alcanzar el valor máximo, que ocurre en niveles de humedad del orden del 1 a 3% en peso. Este efecto es mas marcado cuanto mayor sea la densidad aparente. Según Martino (1998), citado por Martino (1999), la relación entre la resistencia a la penetración y contenido de agua es afectada por el estado estructural del suelo y constituye una herramienta potencialmente muy buena para el diagnóstico de la condición física de un suelo.

Al ser sometidas a elevadas resistencias mecánicas, las raíces reducen su tasa de elongación e incrementan su diámetro, se vuelven contorsionadas y por momentos tienden a crecer horizontalmente; se estimula la producción de raíces laterales Kirkegaard *et al.* (1992).

La compactación del suelo es una consecuencia del LC; bajo SD, con ganancia de MOS, mayor actividad biológica y suelo no modificado, debe esperarse una mejora de las propiedades físicas y no un deterioro de las mismas, García Préchac, (1998). Cuando se trata de SD en sistemas de producción animal con pastoreo, se produce compactación en los primeros centímetros, tanto mayor cuanto más alta sea la carga instantánea, y tanto mas profunda cuanto mayor sea el peso de los animales, García Préchac, (1998).

Scaglia *et al.*, (1997), citados por García Préchac, (1998), trabajando con cargas instantáneas de 60, 120 y 180 corderos por hectárea, encontraron que la resistencia a la penetración en los primeros 15cm de la carga baja era significativamente menor que en la alta y media. Entre las cargas alta y media las diferencias no fueron significativas.

El efecto del pastoreo sobre el cultivo siguiente fue estudiado por Devoto y Gonzáles, (1998), citados por García Préchac, (1998), encontrando que las

medidas de resistencia a la penetración, tomadas luego de lluvias importantes, mostraban significativamente mas compactación (1.5 Mpa) en los primeros 5cm en las cargas altas que en las medias (1.2) y bajas (0.99). Sin embargo, la producción de MS de Moha (*Setaria italica*) a los 60 días de la siembra no difirió estadísticamente entre las 3 cargas de pastoreo.

Ya es bastante conocido el efecto del barbecho químico con relación a la dinámica del nitrógeno en el suelo y la disponibilidad de este nutriente para los cultivos; con relación a su importancia de cara al estado físico del suelo a la siembra, la observación empírica muestra que con aplicaciones de Glifosato dos meses antes de la siembra, el suelo se presenta suelto y permeable a la entrada de objetos, García Préchac, (1998). El barbecho químico actúa como “laboreo biológico”, (actividad de la mezo fauna, etc.) muchas veces suficiente para resolver condiciones no extremas de compactación superficial por pastoreo.

3. MATERIALES Y METODOS.

El experimento se instaló en setiembre de 2000 en el departamento de Soriano, paraje Azotea de Vera, sobre la unidad de suelos Bequelo según la carta a escala 1:1.000.000 de MGAP (1976). El tipo de suelo dominante es un Brunosol eutrico típico, con 4,2% de materia orgánica y 15 ppm (Bray I) de fósforo disponible en los primero 20cm del perfil. La textura del horizonte superior es franco arcillosa.

El área experimental está en un sistema de cero laboreo continuo desde el invierno de 1997.

Los cultivos que antecedieron el experimento se muestran en la Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3. Secuencia de cultivos utilizada previo a la instalación del experimento.

FECHA	CULTIVO	SISTEMA DE LABOREO
Invierno 1997	Alfalfa + Dactylis	Siembra directa
Verano 1998	Alfalfa + Dactylis	
Invierno 1998	Alfalfa + Dactylis	
Verano 1999	Alfalfa + Dactylis	
Invierno 1999	Trigo grano	Siembra Directa
Verano 2000	Rastrojo	
Invierno 2000	Avena forrajera	Siembra Directa

El experimento se instaló sobre un verdeo de avena variedad Máxima sembrada el 8 de marzo con 120 kg.ha^{-1} de semilla; la fertilización basal utilizada fue con 120 Kg.ha^{-1} de 18-46/46-0.

Se refertilizó en dos oportunidades con 70 y 40 kg.ha^{-1} de urea.

El primer pastoreo de un total de 4 fue el 11 de mayo, con novillos de aproximadamente 420 Kg. de peso vivo y una carga instantánea de $2.240 \text{ Kg. de PV.ha}^{-1}$. Los días de pastoreo fueron 20 en total. Después del cuarto pastoreo (el 24 de agosto), se aplican 100 kg.ha^{-1} de urea con el objetivo de

cosecha de grano de avena. Luego de la aplicación de urea se marcó el experimento según el esquema de Anexo N° 1 y Cuadro N° 4.

Las precipitaciones registradas durante el período de utilización de la avena con animales superaron ampliamente el promedio histórico. Entre los meses de mayo y setiembre se registraron 677mm cuando el promedio histórico para ese período es de 351mm. Este exceso hídrico probablemente influya en la magnitud del efecto del pisoteo provocado por los animales y sus consecuencias en la compactación del suelo. Los animales se retiraron de la chacra el día de ocurrencia de la lluvia y el siguiente.

Los tratamientos se definieron en función de las fechas de aplicación del herbicida total (glifosato) sobre la avena, dando comienzo al barbecho químico para la posterior siembra de sorgo granífero. Esto se debe a que las fechas de cierre y de siembra del potrero fueron las mismas para todos los tratamientos, obteniéndose una combinación entre largo del período de crecimiento de la avena previo a la aplicación del herbicida total y largo del período de barbecho. En uno de los tratamientos se incorporó un pastoreo mas con vacunos como variable.

Por razones climáticas (lluvias) se modificaron las fechas previstas de aplicación de herbicida. Las fechas corregidas de comienzo de barbecho, días de crecimiento, largo de barbecho y kg. de MS de avena se presentan en la Cuadro N° 4.

Cuadro N° 4. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTOS					
	5P28+19	4P29+59	4P35+53	4P53+35	4P69+19
Cierre de potrero	29-set	24-ago	24-ago	24-ago	24-ago
Kg de MS de avena al 24 de agosto	544 Kg.ha ⁻¹ de MS de rechazo de avena				
N° de pastoreos	5	4	4	4	4
Aplicación de Glifosato	2-nov	22-set	28-set	17-oct	2-nov
Días de crecimiento	28	29	35	53	69
Largo de Barbecho	19	59	53	35	19
Kg de MS.ha ⁻¹ de avena al momento de aplicar el herbicida	1.774	1.150	1.432	2.357	5.109
Fecha de siembra de sorgo	21-nov	21-nov	21-nov	21-nov	21-nov
<p>5P28+19= Cinco pastoreos, 28 días de rebrote y 19 días de barbecho. 4P29+59= Cuatro pastoreos, 29 días de rebrote y 59 días de barbecho. 4P35+53= Cuatro pastoreos, 35 días de rebrote y 53 días de barbecho. 4P53+35= Cuatro pastoreos, 53 días de rebrote y 35 días de barbecho. 4P69+19= Cuatro pastoreos, 69 días de rebrote y 19 días de barbecho.</p>					

El tratamiento 5P28+19 se pastoreó luego de 35 días de realizado el 4to pastoreo . Después del pastoreo se dejó crecer nuevamente durante 28 días y se aplicó el herbicida, dando comienzo al barbecho en la fecha indicada en la Cuadro N° 4.

Los datos del pastoreo se muestran en la Cuadro N° 5.

Cuadro N° 5. Información del quinto pastoreo.

Fecha de inicio de pastoreo	29 - setiembre
Fecha de retiro de animales	4 – octubre
Días de pastoreo	6
Disponibilidad (kg.MS.ha ⁻¹)	1.432
Rechazo (kg.MS.ha ⁻¹)	732
Carga (Kg.PV.ha ⁻¹)	1600
Categoría animal	3 vacas + 1 ternero

El sorgo se sembró en la misma fecha para todo el experimento y las medidas de manejo del cultivo fueron iguales para todos los tratamientos.

El diseño experimental utilizado fue parcelas al azar con tres repeticiones. Cada parcela fue de 50m de largo y 12m de ancho.

Los niveles en suelo de fósforo y nitrógeno a la siembra estuvieron por encima del valor de suficiencia para el cultivo (más de 20 ppm de NO₃⁻ y 15 ppm de P) en todos los tratamientos por lo que no se fertilizo a la siembra.

La siembra se realizó en surcos a 38cm de distancia entre hileras con sembradora de SD John Deere modelo 750.

El manejo del cultivo se resume en la Cuadro N° 6.

Cuadro N° 6. Manejo del cultivo de sorgo.

	FECHA	HIBRIDO/PRODUCTO	DOSIS COMERCIAL
Herbicida	20-nov	Glifosato + Atrazina	2,5 + 4 (lt.ha ⁻¹)
Siembra	21-nov	Pioneer 8586	13,7 kg/ha
Fertilización Basal		0	0
Refertilización	29-dic	Urea	97 kg.ha ⁻¹
Cosecha	22-abril		

3.1 DETERMINACIONES.

3.1.1. Durante el barbecho.

- **Cantidad de avena previa a la aplicación de glifosato**

La determinación de MS se realizó utilizando el método de doble muestreo, Mannelje (1978). Mediante el uso de horno de microondas se determinó el porcentaje de MS del material muestreado, que se utilizó para estimar la cantidad de MS de avena.

- **Resistencia a la penetración del suelo**

Se utilizó un penetrómetro manual Dickey John, de punta cónica de

12mm de base y 22mm de altura, efectuándose dos medidas en el mismo punto de muestreo, una de 0 a 5cm y otra de 5 a 10cm de profundidad. A la escala cualitativa del penetrómetro se le adjudico un valor numérico de 1 a 4, donde 1 corresponde al valor de menor resistencia a la penetración y 4 al de mayor resistencia.

- **Nitrógeno en el suelo**

El contenido de N-NO_3^- en suelo en los primeros 20cm del perfil se estimo a partir de una muestra compuesta de un mínimo 10 sub-muestras. Las muestras fueron secadas a 60°C durante 72 horas y luego molidas para realizar la determinación de nitratos mediante la técnica de electrodo de N-NO_3^- con equipo Orión, modelo 93-07, con CaSO_4 como floculante.

- **Nitrógeno en planta**

El contenido de N en planta se determino a partir de muestras de la parte aérea de las plantas de avena mediante el método Kjeldhal, estimándose la cantidad de N absorbido por el cultivo entre el cierre del pastoreo y la aplicación del glifosato.

3.1.2. A la siembra.

- **N-NO_3^- y porcentaje de humedad**

El muestreo fue realizado el 19 de noviembre, entre 0 a 20cm, tomando una muestra compuesta por 10 sub-muestras al azar por parcela.

- **Resistencia a la penetración**

Se realizaron 30 determinaciones al azar por parcela con igual metodología que la utilizada durante el barbecho.

3.1.3. En el cultivo.

- **Número de plantas.**

El conteo se realizó a los 15 días de la siembra en 18 metros lineales por parcela (3 metros seguidos repetidos 6 veces). En todos los casos la implantación lograda (55%) fue menor al objetivo planteado (300.000 pl.ha⁻¹.); esta diferencia se atribuye a la semilla utilizada, que mostró problemas de vigor germinativo según lo que se constató en chacras comerciales sembradas con el mismo lote que el experimento.

- **N-NO₃⁻ en suelo a 6 hojas (V6).**

Aproximadamente en el estado de V6 del cultivo (28 de diciembre) se muestreo el suelo de 0 a 20cm. Se formó una muestra compuesta de 10 submuestras por parcela.

- **Crecimiento del sorgo**

El 28 de diciembre se muestrearon 30 plantas por parcela (10 plantas seguidas, repetido tres veces) y se midió altura, número de hojas y peso. La

altura se midió desde la base del tallo hasta la punta de la hoja más larga. Para determinar el número de hojas se tomaron sólo las hojas que tenían lígula visible y el peso correspondió al peso fresco de la parte aérea de la planta.

- **Número de panojas**

Se estimaron contando 18 metros lineales por parcela (3 metros repetidos 6 veces).

- **Rendimiento en grano**

Se cosechó el centro de cada parcela con una pasada de cosechadora John Deere modelo 1085, con plataforma de 5.33m de ancho.

- **Humedad a cosecha**

Se midió con humidímetro manual John Deere modelo SW08019, previamente calibrado para sorgo.

- **Peso de mil granos**

Se pesaron 300 granos por parcela.

- **Calidad de sementera**

En cada tratamiento se tomaron 3 muestras con calador cilíndrico de 5cm de diámetro de los primeros 6cm del perfil. Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas en malla de 7mm. Sobre estas muestras se cuantificó el

Tamaño Medio Ponderado de agregados estables al agua según método de Yoder,(1936).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el Cuadro N° 7 se presentan las precipitaciones ocurridas para distintas fases del período experimental.

Cuadro N° 7. Precipitaciones (mm) ocurridas entre el 24/8/2000 y la floración del sorgo.

	Tratamiento				
	5P28+19	4P29+59	4P35+53	4P53+35	4P69+19
Hasta aplicación de Glifosato	246	111	111	171	246
Aplicación Glifosato-siembra	25	160	160	100	25
10 días pre-siembra	25	25	25	25	25
10 días pos siembra	65	65	65	65	65
Siembra-V6	88	88	88	88	88
V6-floración	201	201	201	201	403

La distribución de lluvias aseguró la recarga de agua del perfil del suelo en todos los tratamientos. Las lluvias registradas en los 10 días previos a la siembra y en los 10 días siguientes totalizaron 90mm, por lo que esto no puede

considerarse una limitante para la implantación del cultivo. A esto se sumó una estación de crecimiento con lluvias frecuentes y superior al promedio histórico.

En el Cuadro N° 8 se presenta la acumulación de materia seca, N en planta y N-NO_3^- en el suelo en la fecha de aplicación del herbicida para iniciar el período de barbecho químico.

Cuadro N° 8. Materia seca de avena acumulada, N-NO_3^- (0-20 cm), % de N en planta y kg de N absorbidos por la avena entre el último pastoreo y aplicación del herbicida total

AL MOMENTO DE APLICAR HERBICIDA

FECHA	TRAT.	Kg.MS. ha⁻¹ DE AVENA	ppm DE NO₃	% N EN PLANTA DE AVENA	Kg.N.ha⁻¹ EN PLANTA
22-set	4P29+59	1.150	3,9	3,6	42
28-set	4P35+53	1.432	1,8	2,4	35
17-oct	4P53+35	2.357	1,3	1,7	40
2-nov	5P28+19	1.774	9,3	1,9	35
2-nov	4P69+19	5.109	7,4	1,4	75

En los tratamientos que no recibieron pastoreo después del 24 de agosto existió una relación directa significativa entre los días de crecimiento de avena y la acumulación de materia seca al momento de aplicar el herbicida glifosato ($r=0.95$). En los tratamientos 4P29+59, 4P35+53 y 4P53+35, esta relación no se manifestó sobre la acumulación de N como consecuencia de un balance entre materia seca producida y su concentración de N. El tratamiento

4P69+19, acumulo 5109 kg.ha⁻¹ de MS y 75 kg.ha⁻¹ de N, mientras que el 5P28+19, con un pastoreo adicional, acumulo 1774 kg.ha⁻¹ de MS con solo 35 kg.ha⁻¹ de N, situación igual a la de los tratamientos con menor periodo de reborte de avena y mayor periodo de barbecho químico (Tratamientos 4P29+59 y 4P35+53).

En el tratamiento 4P69+19 el % de N (1,4%) fue cercano al límite establecido para la existencia o no de un proceso de inmovilización (1,2%).

Los bajos valores de N-NO₃⁻ al momento de aplicar el herbicida total en los tratamientos 4P29+59, 4P35+53 y 4P53+35 a pesar de haber recibido 46 Kg.ha⁻¹ de N el 24 de agosto serían consecuencia del consumo de la avena creciendo con buen estado nutricional.

4.1. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, AEEA, HUMEDAD Y N-NO₃⁻ A LA SIEMBRA DEL SORGO.

En el Cuadro N° 9 se presentan las condiciones de la sementera a la siembra del sorgo granífero. Los resultados de dicho muestreo se muestran en la Cuadro N° 9.

Cuadro N° 9. Resistencia a la penetración, disponibilidad de N-NO₃⁻ humedad de suelo y AEAA a la siembra del sorgo granífero.

TRAT.	ppm DE N-		% DE HUMEDAD	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN	
	NO ₃ ⁻	AEAA		0 a 5cm.	5 a 10cm.
5P28+19	28,4 cd	2,99 a	21,1 b	2,73 a	2,46 a
4P29+59	54,8 a	2,76 a	23,0 a	2,41 b	2,13 b
4P35+53	48,2 ab	2,72 a	23,1 a	2,39 b	2,06 bc
4P53+35	35,3 bc	2,79 a	22,0 ab	2,21 c	1,98 c
4P69+19	19 d	3,03 a	22,1 ab	2,43 b	2,19 b

Valores con la misma letra dentro de la columna no difieren entre si p<0,05

En todos los tratamientos se alcanzó el nivel de suficiencia para el cultivo de sorgo al momento de la siembra, (20 ppm de N-NO₃⁻, según la Cátedra de Cereales y Cultivos Industriales, Facultad de Agronomía).

Según Floss (2000), Clark *et al.* (1997) cuando se controló con herbicida un material de buena calidad (alto % de N) resulta en altos valores de N-NO₃⁻ a la siembra del cultivo siguiente,. Los tratamientos 4P29+59 y 4P35+53 (barbecho entre 53 y 59 días) acumularon significativamente mas N-NO₃⁻ que los tratamientos con barbechos cortos 5P28+19 y 4P69+19 (19 días de barbecho). En un punto intermedio se encuentra el tratamiento 4P53+35 (35 días de barbecho), que difiere significativamente del tratamiento con barbecho más largo (4P29+59) y de uno de los más cortos (4P69+19). En los tratamientos 4P29+59 y 4P35+53 donde la cantidad inicial de avena fue menor pero con mayor calidad y periodo de barbecho más largo se duplicaron los valores de N-NO₃⁻ a la siembra. Si no se considera el tratamiento 5P28+19, existió una relación significativa positiva entre días de barbecho químico y

concentración de N-NO_3^- en el suelo ($r=0,94$). La relación es negativa si se considera materia seca acumulada hasta el momento de aplicación del herbicida ($r= -0,82$).

A igualdad de largo de barbecho (tratamientos I y V) existió una tendencia a acumular más N-NO_3^- cuando la cantidad de avena fue menor y con mayor calidad al momento de iniciar el barbecho. Esto concuerda con las observaciones de Sainju et al. (1998), Tisdale y Nelson (1977), Raimbault *et al.* (1991) y otros. Sawchik (2001), para una secuencia cultivo verano posterior a una mezcla de *Avena sativa* y *Lolium multiflorum* reporta que la disponibilidad de N-NO_3^- en el suelo fue significativamente menor con 16 días de barbecho que con 72 días, no existiendo respuesta adicional a períodos mayores.

Los resultados estarían indicando que el tiempo optimo de barbecho químico esta relacionado con la cantidad y calidad de materia seca acumulada al momento de iniciar el barbecho. Janzen y Kucey (1988) citan que la mineralización del N, depende directamente de la concentración de N en los tejidos del rastrojo ($R^2=0,98$) determinando un valor crítico diferencial según los días que se dispone previos a la siembra. El valor crítico fue de 1,5%, 1,2%, 1,0% y menor a 1% para que la liberación ocurra dentro de los 28, 56, 84 y más de 84 días pos muerte del cultivo. Como contrapartida, el valor crítico para la existencia de inmovilización bajó desde 1,9% en el día 14 a 1,1% en el día 84. Por lo tanto, en situaciones como 4P69+19 en que existe una alta cantidad de rastrojo sobre el suelo y el período de barbecho es corto, el estado nutricional de los rastrojos es determinante de la velocidad de aparición del N fijado y podría registrarse inmovilización de N durante los primeros estadios del crecimiento del cultivo siguiente.

El tamaño medio ponderado de AEAA no presentó diferencias significativas entre los tratamientos.

Los efectos agregantes producidos durante el período de barbecho se asocian a la actividad de microorganismos durante la descomposición del rastrojo, sumada a la actividad climática (períodos de humedecimiento y secado, variaciones de temperatura), procesos que son efectivos a partir de la muerte del tapiz vegetal. Como contrapartida, uno de los factores desagregantes de importancia en Uruguay son las lluvias por el impacto de las gotas sobre el suelo descubierto (los tratamientos 4P29+59 y 4P35+53 llegaron con alto % de suelo descubierto al momento de la siembra). De acuerdo con Martino (1999), las lluvias intensas como las ocurridas en el período de barbecho, pueden haber modificado la estructura del suelo, al encontrarlo descubierto.

El contenido de agua en el suelo a la siembra medido como % de humedad del suelo gravimétrica, (HS) difirió significativamente entre los tratamientos 4P29+59 y 4P35+53 con el tratamiento 5P28+19, pero no con los tratamientos 4P53+35 y 4P59+19. Estos valores de % de HS sumado a una lluvia al día siguiente y a los 2 días de la siembra (el 22 de noviembre 24mm y el 23 de noviembre 41mm), descarta a la humedad como causa de diferencias en implantación entre tratamientos. No obstante esto, en los tratamientos 5P28+19 y 4P69+19 que tuvieron los mismos 19 días de barbecho químico, la diferencia en cobertura modificó la humedad lograda al momento de la siembra, lo que resulta en una ventaja en condiciones hídricas limitantes.

La resistencia a la penetración fue un 9% superior en los primeros 5 cm del perfil en forma independiente del manejo del barbecho. El promedio de

resistencia de 0-5cm fue de 2.43 mientras que de 5-10cm fue de 2.16. Este comportamiento es típico de sistemas con pastoreo directo, Touchton, *et al.*, (1989). Dentro de este comportamiento general para todos los manejos, la resistencia a la penetración del suelo en el tratamiento con 5 pastoreos (5P28+19) , fue mayor tanto en superficie (0 a 5cm) como en profundidad (5 a 10cm), siendo la diferencia significativa frente al resto de los tratamientos. El tratamiento 4P53+35 presentó el menor valor de resistencia en superficie y junto con el tratamiento 4P35+53, en profundidad. Las diferencias en compactación encontradas son atribuibles mayormente a la presencia o ausencia del quinto pastoreo y no al largo de barbecho, dado que el barbecho mas largo (tratamiento 4P29+59 con 59 días) tiene el mismo valor de resistencia a la penetración que el mas corto (tratamiento 4P69+19 con solo 19 días). Estas diferencias, probablemente estén explicadas por el efecto pastoreo, las que tienden a desaparecer en profundidad, Martino, (1999).

4.2. IMPLANTACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL.

En el Cuadro N° 10 se resume la respuesta vegetal cuantificada en el sorgo granífero al ambiente suelo generado por los distintos manejos del barbecho.

Cuadro N° 10. Implantación y crecimiento inicial de sorgo granifero

	TRATAMIENTO				
	5P28+19	4P29+59	4P35+53	4P53+35	4P69+19
POBLACIÓN LOGRADA					
Plantas.ha ⁻¹	160.333 b	195.908 ab	210.269 a	162.282 ab	118.909 c
CRECIMIENTO Y DESARROLLO A V6					
N°de hojas	6,2 a	6,8 a	6,8 a	6,2 a	5,2 b
Peso (g.)	30 b	42 a	43 a	28 b	16 c
Altura (cm)	54,7 a	63,9 a	63,2 a	55,9 a	41,9 b
% de N en planta	2,6 b	3,3 a	3,2 a	3,0 ab	3,2 a
Kg MS.ha ⁻¹ de sorgo	1.094 b	1.911 a	1.984 a	1.075 b	431 c
Kg N.ha ⁻¹ absorbido por sorgo (kg/ ha)	28 bc	63 a	63 a	32 b	14 c
N-NO ₃ ⁻ en suelo 0-20 cm (ppm)	4,4 a	6,1 a	6,2 a	6,9 a	4,8 a

Valores con la misma letra dentro de la fila no difieren significativamente. p<0,05.

El tratamiento con mayor cantidad de rastrojo y barbecho más corto (tratamiento 4P69+19) determinó la menor implantación, significativamente diferente de los demás manejos evaluados. En el tratamiento 5P28+19 con barbecho corto pero menor cantidad de rastrojo, el número de plantas fue significativamente menor al 4P35+53 y similar al tratamiento 4P29+59 y 4P53+35.

El número de hojas y la altura de las plantas de sorgo al estadio V6 fue significativamente menor en el tratamiento 4P69+19, siendo similar en el resto de los tratamientos. Los tratamientos 4P29+59 y 4P35+53 lograron los mayores pesos por planta, con diferencias significativas frente a los tratamientos 5P28+19, 4P53+35 y 4P69+19. El tratamiento 4P69+19 determinó un peso de planta significativamente menor al resto, redujo la implantación, el crecimiento y desarrollo de las plantas logradas.

En tanto, el tratamiento 5P28+19 el cultivo presentó el peor estado nutricional (2,6 % de N en planta) pero con crecimiento individual similar a los mejores tratamientos. En éste caso, la limitante estuvo presumiblemente a nivel de disponibilidad de N-NO_3^- en suelo. Los tratamientos con 19 días de barbecho químico (4P69+19 y 5P28+19) presentaron los niveles más bajos de N-NO_3^- a siembra; la diferencia entre es que el tratamiento con 69 días de rebrote (4P69+19) logró que el cultivo tuviera con buen estado nutricional mientras que el que tuvo 5 pastoreos y solo 28 días de rebrote (5P28+19) no. Como entre ambos hubo una diferencia significativa en el crecimiento individual de las plantas, el mayor crecimiento, diluyó el N, reduciendo el estado nutricional.

Los tratamientos 4P29+59 y 4P35+53 presentaron a V6 el mejor estado nutricional del sorgo, con el doble de N absorbido por hectárea (63 kg ha^{-1}) y el mejor crecimiento y desarrollo del cultivo.

Como los tratamientos modificaron simultáneamente las condiciones del suelo a la siembra cuantificadas como resistencia a la penetración (0-5cm, 5-10cm), la AEAA y la cantidad de N-NO_3^- a la siembra, utilizando un análisis de Componentes Principales, se generaron dos nuevas variables que combinan las

relaciones existentes entre ellas, (Cuadro N° 11).

Cuadro N° 11. Componentes principales; variables que los integran y su importancia medida como r^2 parcial.

Variable	Componente 1	Componente 2	r^2 total
Rp 0-5cm	0,616	0,389	
Rp 5-10cm	0,657	0,139	
AEAA	0,316	-0,211	
N-NO ₃ ⁻	-0,298	0,886	
r^2 parcial	0,52	0,23	0,75

Existe relación positiva entre las variables resistencia a la penetración a 0-5cm, 5-10cm y AEAA, y negativa con N-NO₃⁻ a la siembra. Estas cuatro variables juntas explican el 52% de las diferencias en condición física y disponibilidad de N cuantificadas al momento de la siembra del sorgo.

La nueva variable generada fue significativamente modificada por los tratamientos. El valor absoluto positivo mayor fue determinado por el tratamiento 5P28+19, por lo que implica que incrementó la resistencia a la penetración del suelo en las dos profundidades evaluadas y redujo la cantidad de N-NO₃⁻ en el suelo, (alta Rp5, Rp10, AEAA y baja disponibilidad de N-NO₃⁻). Los mayores valores absolutos negativos fueron determinados por los tratamientos 4P29+59, 4P35+53 y 4P53+35, lo que implica que determinaron menores resistencia a la penetración del suelo y alta disponibilidad de N-NO₃⁻ (baja Rp5, Rp10 y AEAA y alta N-NO₃⁻). En la Figura N° 1 se presentan los resultados. Los valores positivos fueron determinados por los dos manejos con 19 días de barbecho ((5P28+19 y 4P69+19), independiente de si tuvieron 5 ó 4

pastoreos y 28 o 69 días de rebrote de avena previos a la aplicación del herbicida total. Los valores negativos fueron determinados por manejos con entre 35 y 59 días de barbecho químico, todos ellos con 4 pastoreos previos. A pesar de que es posible identificar grupos de tratamientos con comportamientos contrastantes, las condiciones físicas y químicas generadas a la siembra no se asocian directamente con la respuesta vegetal cuantificada como implantación, crecimiento y desarrollo inicial y rendimiento en grano, por lo que la respuesta diferencial del cultivo se explica por alguna variable no cuantificada.

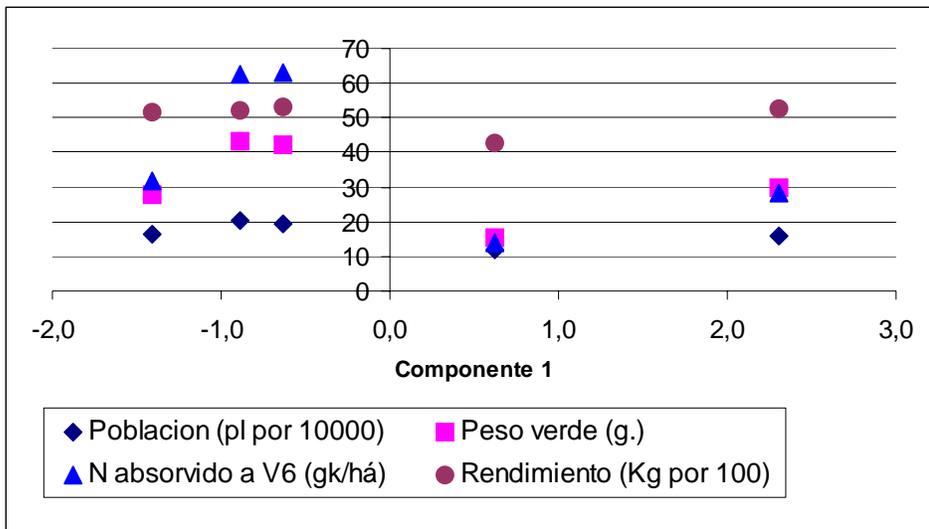


Figura N° 1. Relación entre componentes principales.

Las fallas en la implantación y crecimiento de los cultivos sembrados inmediatamente después de la cosecha de otro han sido atribuidos a la presencia de compuestos fitotóxicos liberados por el cultivo previo o generados durante la descomposición de raíces y rastrojos en superficie. Los compuestos fitotóxicos son liberados directamente por el lavado provocado por la lluvia o indirectamente como productos y subproductos de la actividad microbiana durante la descomposición

del rastrojo, disminuyendo el potencial fitotóxico con la edad de los rastrojos sobre el suelo, Martín *et al.*, (1990).

El tratamiento 4P69+19, determinó menor implantación, crecimiento y desarrollo. En éste el herbicida se aplicó sobre la mayor cantidad de rastrojo de avena, en un estado avanzado de madurez y se sembró con el menor tiempo de barbecho. A esto se suma la ocurrencia de lluvias moderadas entrono a la fecha de siembra que también permiten inferir condiciones favorables para la manifestación de fitotoxicidad. El menor número de plantas nacidas en este tratamiento puede ser atribuido parcialmente a efectos alelopáticos (Martin *et al.*, 1990), debido al corto período de barbecho con alto volumen de avena y a problemas vinculados a la operativa de siembra, por la cantidad de rastrojo que deben atravesar los discos de la sembradora para depositar la semilla en contacto con la tierra y el cerrado del surco. El tratamiento 5P28+19, con igual período de barbecho, tuvo menor cantidad de rastrojo de avena, en un estado menos avanzado de madurez y con mayor disponibilidad de $N-NO_3^-$ en el suelo, lo que permitiría explicar el menor efecto negativo. En las demás alternativas evaluadas, el efecto es poco probable que se manifieste, por el tiempo de barbecho químico y por la cantidad y calidad del rastrojo.

4.3. RENDIMIENTO Y COMPONENTES.

El rendimiento de sorgo y sus componentes se muestran en la Cuadro N° 12.

Cuadro N° 12. Rendimiento y componentes

TRATAMIENTO					
	5P28+19	4P29+59	4P35+53	4P53+35	4P69+19
Panojas.ha ⁻¹	158.871 a	171.541 a	152.535 a	150.586 a	115.011 b
Rendimiento Kg.ha ⁻¹	5.231 a	5.321 a	5.209 a	5.125 a	4.251 b
Peso de 1000 granos (grs.)	23,0 ab	21,4 b	21,2 b	21,9 b	24,4 a

Valores con la misma letra dentro de la fila no difieren significativamente. P<0,05.

Los mejores tratamientos lograron un número de panojas menor al óptimo de 250.000.ha⁻¹ propuesto por Carrasco, (1989) para las condiciones de Uruguay. En años húmedos existe la posibilidad de compensar la falla de implantación con mayor rendimiento por planta como consecuencia del logro de panojas de mayor rendimiento. Para poblaciones óptimas, el rendimiento por panoja varía entre 20 y 25g lo que fue ampliamente superado en el presente experimento, donde la población de panojas logrados fue baja.

El efecto año, con abundantes lluvias, probablemente tendió a diluir las diferencias que se podían esperar a partir de los tratamientos planteados; así, es de destacar que el tratamiento 5P28+19, a pesar de haber tenido un pastoreo y cierre más tardío – barbecho mas corto -, no tuvo diferencias en rendimiento de grano con los tratamientos sin pastoreo y barbecho mas largo.

El número de panojas y el rendimiento del cultivo fue aproximadamente un 20% menor en el tratamiento 4P69+19 siendo las diferencias significativas. El resto de los tratamientos no difieren entre sí (p<=0,05).

El tratamiento 4P69+19 difirió significativamente en el peso de mil granos con los tratamientos 4P29+59, 4P35+53 y 4P53+35, pero no con el tratamiento 5P28+19. Los tratamientos 5P28+19, 4P29+59, 4P35+53 y 4P53+35 no presentan diferencias significativas entre sí.

En la Figura N° 2 se muestra la relación entre rendimiento en grano, implantación, número de panojas y peso de mil granos con el componente principal 2, en el que el peso relativo de la variable $N-NO_3^-$ es muy alto.

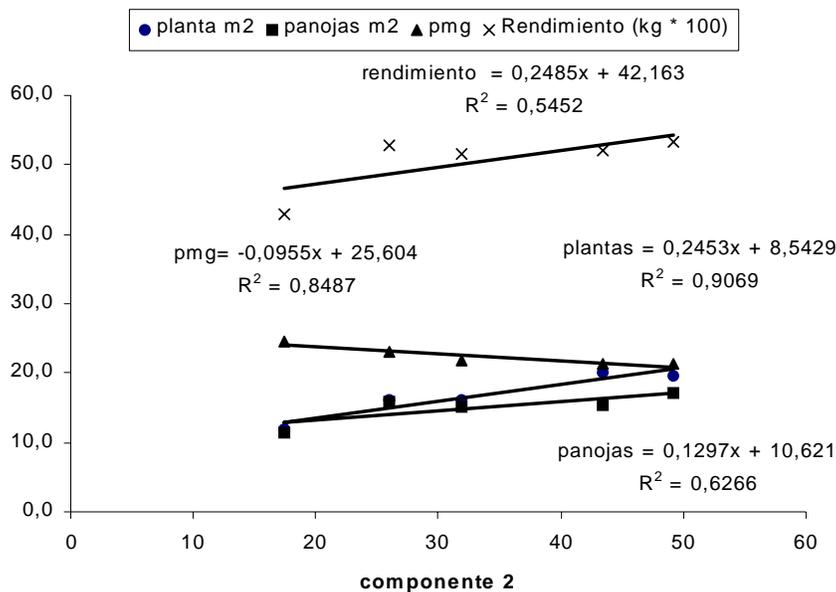


Figura N° 2. Relación entre el Componente Principal 2 en rendimiento en grano (kg *100), plantas m-2 (plantas), panojas m-2 (panojas), peso de mil granos (pmg) y rendimiento por panoja (rend./panoja).

Con formato

Al aumentar el valor absoluto del Componente Principal 2 (ver Cuadro

Nº 11), que se asocia principalmente con disponibilidad de N-NO_3^- mejoró la implantación y el número de panojas se incrementó a una tasa menor (0.245 y 0.13 respectivamente), lo que implica que se registró esterilidad en los tratamientos con mayor implantación. A su vez, se redujo el peso de mil semillas y el rendimiento por panoja, lo que compensó la respuesta en rendimiento en grano.

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 el resultado podría ser diferentes en años secos, donde se limita la capacidad de compensar o si se siembra maíz o girasol que tienen menores posibilidades de compensar una población lograda relativamente menor.

5. CONCLUSIONES.

La resistencia a la penetración en el momento de la siembra fue 12% mayor en los primeros 5cm de suelo que en la profundidad entre 5 y 10 cm . Cuando se realizó un pastoreo adicional (5P28+19) la resistencia a la penetración fue significativamente superior a los demás manejos evaluados en ambas profundidades.

Existió una relación lineal positiva entre días de barbecho químico y N-NO_3^- al momento de la siembra de sorgo. Las condiciones climáticas no permitieron sacar conclusiones con relación a la disponibilidad de agua en el suelo.

Cuando el período de barbecho químico fue corto y se sumó una alta cantidad de rastrojo en superficie (5109 kg ha^{-1}), se redujo la implantación, crecimiento, absorción de N y rendimiento en grano. En esta situación el pastoreo redujo la cantidad de rastrojo (1774 Kg ha^{-1}), lo que solucionó parcialmente el problema de implantación, pero no el de crecimiento y desarrollo inicial.

Existiría por tanto un equilibrio entre largo del periodo de rebrote y largo del barbecho donde se encuentran los mejores resultados; ésta relación para el experimento realizado se encuentra entre 29-59 y 35-53 días.

Las escasas diferencias en rendimiento en grano cuantificadas se atribuyen a las condiciones hídricas favorables. En estas condiciones, podría resultar más eficiente el planteo realizado en el tratamiento 5P28+19 donde se cosecharon $700 \text{ Kg de MS.ha}^{-1}$ mas de avena con otro pastoreo sin afectar el resultado económico del cultivo de sorgo.

6. RESUMEN.

La siembra sin laboreo de cultivos de verano luego de verdeos determina menores rendimientos, asociados a problemas de implantación y crecimiento del cultivo.

Se evaluó el efecto del período de barbecho sobre resistencia a la penetración, estabilidad de agregados, $N-NO_3^-$, implantación, crecimiento y rendimiento de sorgo granífero sembrado sin laboreo.

Se evaluaron cinco tratamientos en parcelas al azar con tres repeticiones con periodos de crecimiento de avena entre 29 y 69 días y barbecho químico entre 19 y 59 días, con 4 y 5 pastoreos de la avena.

Los barbechos largos (53 y 59 días) acumularon más $N-NO_3^-$ a la siembra que los cortos (19 días), determinándose una relación negativa entre materia seca acumulada hasta la aplicación del herbicida y de $N-NO_3^-$ a la siembra ($r = -0,82$).

La resistencia a la penetración fue 12% superior en los primeros 5cm del perfil independientemente del manejo del barbecho. Con 5 pastoreos la resistencia a la penetración fue mayor en 0-5cm y en 5-10cm que con 4 pastoreos.

Con 69 días de crecimiento de avena y 19 de barbecho se acumularon 5109 $kg.há^{-1}$ de MS de avena, pero se redujo significativamente la implantación, crecimiento inicial y rendimiento. El 5to pastoreo redujo el rastrojo

a 1774 Kg ha^{-1} , lo que solucionó parcialmente el problema de implantación, pero no el de crecimiento y desarrollo inicial.

Los mejores resultados se lograron con entre 29-59 días de rebrote y 35-53 días de barbecho químico.

Para las condiciones del experimento, con 5 pastoreos, 28 días de rebrote y 19 días de barbecho se cosecharon $700 \text{ Kg de MS.ha}^{-1}$ mas de avena sin afectar el rendimiento en grano del sorgo.

7. SUMMARY.

The no till sowing of summer crops after annual forage crops determines lower performances, associated with implantation and crop growing problems.

The effect of the fallow period on penetration resistance, stubble stability, N-NO₃⁻, implantation, growing and performance of no till sowed grain sorghum was evaluated.

Five treatments were tested in random plots with three replicates with growing periods of oats between 29 and 69 days and chemical fallow between 19 and 59 days, with 4 and 5 grazing periods of the oats.

The long fallows (53 and 59 days) accumulated more N-NO₃⁻ at seeding than the short ones (19 days), determining a negative relation between accumulated dry matter up to the application of the herbicide and of N-NO₃⁻ to seeding ($r = -0,82$).

The resistance to penetration was 12% superior in the first 5cm of the soil profile independently of the fallow management. With 5 grazing periods the resistance to penetration was higher in 0-5cm and in 5-10cm than with 4 grazing periods.

With 69 days of oats growth and 19 days of fallow, 5109 kg.ha⁻¹ of DM of oats were accumulated, but emergence rate, initial growth and performance were reduced. The 5th grazing reduced the stubble to 1774 Kg ha⁻¹, which in part solved the problem of emergence, but not the one of the growing and initial

development.

The best results were achieved with 29-59 days of regrowth and 35-53 days of chemical fallow.

In this experimental conditions, with 5 grazing periods, 28 days of regrowth and 19 days of fallow, 700 Kg of DM.ha⁻¹ more of oats were harvested without affecting the sorghum grain performance.

8. BIBLIOGRAFÍA.

1. BAIER C.A. 1998. Centeio, uma cultura para producir forragem e para proteger o solo, no sul do Brasil. Revista Plantio Direto, 44, 5p.

2. BORKERT C.M.; GAUDENCIO C.A.; PEREIRA J.E.; DE OLIVEIRA A. 2000. Nutrientes minerais na biomassa da parte aerea de culturas de cobertura de solo para semeadura direta com rotacao de culturas. Revista Plantio Direto, 55, 2p.

3. CARRASCO, P. 1989. Potencial de Producción de Sorgo Granífero en el Litoral Norte. Manejo de la densidad y distribución en sorgo para la obtención de altos rendimientos. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Serie Documentos N° 1.

4. CHAO T.; KROONTJE W. 1964. Relationship between ammonia volatilization, ammonia concentration and water evaporation. Soil science society of America Proc., 28, 3, 393-395.

5. DO AMARAL A.S.; SPADER V.; ANGHINONI I.; MEURER E.J. 2000. Os residuos vegetais deixados na superficie do solo no sistema plantio direto podem alterar a acidez e influenciar o comportamento do herbicida?. Revista Plantio Direto, 62, 2p.

6. DOUGLAS J.T.; GOSS M.J. 1982. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivations and in grassland. Soil Tillage Research, 2, 155-175.

7. EINHELLIG F.A. 1996. Interactions involving allelopathy in cropping systems. *Agron. J.* 88, Pág. (886-893).
8. FENN L.B.; HOSSNER L.R. 1985. Ammonia volatilization from ammonium or ammonium forming fertilizers. *Advances in soil science*. Vol 1. Pág. (123-164)
9. FLOSS E.L. 2000. Benefícios da biomassa de aveia ao sistema de semeadura direta. *Revista Plantio Direto*, 57, 8p.
10. FRENEY J.R.; SIMPSON J.R. 1983. Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems. *Developments in plant and Soil Science*. Vol. 9. Pág. (1-32)
11. GARCIA PRECHAC F. 1999. Aspectos básicos del comportamiento de suelos en siembra directa: propiedades físicas. En: *Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas*, Paysandú.
12. HARRIS R.F.; CHESTERS G.; ALLEN O.N. 1996. Dynamics of soil aggregation. *Adv.Agron.*, 18, 107-169.
13. HENDERSON C.; LEVEET A.; LISLE D.1988. The effects of soil water content and bulk density on the compactability and soil penetration resistance of some Western Australia sandy soils. *Australian Journal of Soil Research*, 26, 391-400
14. KIRKEGAARD J.A.; TROEDSON R.J.; SO H.B.; KUSHWAHA B.L. 1992. The effect of compaction on the growth of pigeon pea on clay soils. II. Mechanisms of crop response and seasonal effects on an oxisol in a humid coastal environment. *Soil and Tillage Research*, 24, 129-147

15. LYNCH J.M.; BRAGG E. 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Sci.*, 2, 133-171.
16. MANNETJE L. 1978. Measurement of grassland vegetation and animal production.
17. MARTIN J.P.; ALDRICH D.G. 1955. *Soil Science Soc. Am. Proc.*, 19, 50-54
18. MARTIN V.L.; McCOY E.L.; DICK W.A. 1990. Allelopathy of crop residues influences corn seed germination and early growth. *Agron. J.*, 82, 555-560
19. MARTINO D.L. 1999. Manejo de restricciones físicas del suelo en sistema de siembra directa. En: *Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas*, Paysandú.
20. PAVAN M.A. 1997. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de ions no solo sob plantio direto. *Revista Plantio Direto*, 41, 6p.
21. PELA A.; SILVA M.S.; COSTA L.A.; DA SILVA C.J.; ZUCARELI C.; DECARLI L.D.; MATTER U.F. 1999. Avaliacao da resistencia a descomposicao de dez especies de plantas de cobertura visando o plantio direto. *Revista Plantio Direto*, 53, 2p.
22. PROFFITT A.P.B.; BENDOTTI S.; McGARRY D. 1995. A comparison between continuous and controlled grazing on a red duplex soil. I. Effects on soil physical characteristics. *Soil and Tillage Research*, 35, 199-210.
23. RAGHAVAN G.S.V.; ALVO P.; McKYES E. 1990. Soil compaction in agriculture: a view toward managing the problem. *Adv. Soil Science*, 11, 1-36

24. RAIMBAULT B.A.; VYN T.J.; TOLLENAAR M. 1991. Corn response to rye cover crop, tillage methods, and planter options. *Agron. J.*, 83, 287-290.
25. SAINJU U.M.; SINGH B.P.; WHITEHEAD W.F. 1998. Cover crop root distribution and its effects on soil nitrogen cycling. *Agron. J.*, 90, 511-518.
26. SEIGLER D.S. 1996. Chemistry and mechanisms of allelopathic interactions. *Agron. J.*, 88, 876-885.
27. SUWARDJI P.; EBERBACH P.L. 1998. Seasonal changes of physical properties of an Oxic Paleustalf (Red Kandosol) after 16 years of direct drilling or conventional cultivation. *Soil and Tillage Research*, 49, 65-77.
28. TERMAN G.L. 1979. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface applied fertilizers, organic amendments, and crop residues. *Advances in Agron.*, 31, 189-220.
29. TISDALE S.L.; NELSON W.L. 1977. Fertilidad de suelos y fertilizantes. 1era reimpresión. Montaner y Simon S.A. Barcelona. pág. (138-211)
30. WESTON L.A. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agron.J.*, 88, 860-866.

9. ANEXOS.

ANEXO N° 1. REPRESENTACION GRAFICA DE LOS TRATAMIENTOS.

Planilla excel.

ANEXO N° 2. RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE 0 A 5cm Y 5 A 10cm.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	VALOR F	Pr>F
Tratamiento	4	0,2	39,62	0,0001
Profundidad	1	0,56	108,48	0,0001
Tratamiento x Profundidad	4	0,002	0,47	0,76
MEDIA	2,3			
CV	3,12			

ANEXO N° 3. DATOS A LA SIEMBRA.

VARIABLE	HUMEDAD A LA SIEMBRA	N-NO3- A LA SIEMBRA	AEAA	POBLACION
MEDIA	22,25	37,14	2,86	167740
GRADOS DE LIBERTAD DE TRATAMIENTOS	4	4	4	4
CUADRADO MEDIO DE TRATAMIENTOS	2,02	631,89	0,062	3290025053
VALOR F	3,05	11,26	0,49	6,83
Pr>F	0,069	0,0001	0,745	0,0064
COEFICIENTE DE VARIACION	3,66	20,17	12,47	13,08

ANEXO N° 4. DATOS A V6.

VARIABLE	N-NO ₃ ⁻	N EN PLANTA	PESO VERDE	ALTURA DE PLANTA	NUMERO DE HOJAS
MEDIA	3,11	40,74	31,66	55,91	6,22
GRADOS DE LIBERTAD DE TRATAMIENTOS	4	4	4	4	4
CUADRADO MEDIO DE TRATAMIENTOS	0,166	1405	394,14	236,69	1,28
VALOR F	3,08	13,64	9,16	5,26	9,21
Pr>F	0,074	0,0007	0,0022	0,0152	0,0022
COEFICIENTE DE VARIACION	7,47	24,91	20,72	11,99	6,00

ANEXO N° 5. RENDIMIENTO Y COMPONENTES.

VARIABLE	NUMERO DE PANOJAS	PESO DE MIL GRANOS	RENDIMIENTO
MEDIA	149709	22,39	5050
GRADOS DE LIBERTAD DE TRATAMIENTOS	4	4	4
CUADRADO MEDIO DE TRATAMIENTOS	1329988905	5,364	561349
VALOR F	5,94	3,06	2,87
Pr>F	0,0103	0,0689	0,0805
COEFICIENTE DE VARIACION	9,99	5,91	8,76