

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTOS DEL CULTIVO DE COBERTURA Y GRUPO DE MADUREZ EN EL
CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO Y RENDIMIENTO DE SOJA**

por

**Marcelo BASTOS BIDEGAIN
Daniel FELLER RUY LÓPEZ
Juan INGOLD LEGUÍSAMO**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2007**

Tesis aprobada por:

Director:

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha:

Autor:

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestros padres, hermanos y novias por el apoyo que nos han brindado desde el inicio a fin de nuestra carrera;

También a Oswaldo Ernst, Guillermo Siri-Prieto por su dedicación y guía durante toda esta etapa final de una carrera universitaria;

A Juan Diego Cano y Sebastián Mazzili por el acompañamiento y ayuda durante toda la etapa de la tesis;

A Monico, Pandulli y al personal que nos dio su gran apoyo durante todo la etapa de campo;

Al servicio de Biblioteca por el aporte y ayuda de búsqueda de información para este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 <u>CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</u>	2
2.1.1 <u>Estructura del suelo</u>	2
2.1.1.1 El sistema poroso del suelo	4
2.1.1.2 Los arreglos de sólidos en el suelo	5
2.1.2 <u>Factores físicos del suelo que afectan la productividad de los cultivos</u>	6
2.1.2.1 Contenido de agua en el suelo	7
2.1.2.2 Oxígeno	7
2.1.2.3 Temperatura	9
2.1.2.4 Resistencia mecánica	10
2.1.2.5 Interacciones entre los factores físicos	11
2.1.3 <u>Dinámica del agua</u>	12
2.1.3.1 Ganancia de agua en el suelo	13
2.1.3.2 Pérdidas de agua del suelo	14
2.1.4 <u>Capacidad de almacenaje de los suelos</u>	16
2.2 <u>CULTIVOS DE COBERTURA</u>	17
2.2.1 <u>Aspectos generales de la cobertura</u>	17
2.2.2 <u>Características del raigrás anual (<i>Lolium multiflorum</i> L.)</u>	19
2.2.3 <u>Tiempo de barbecho</u>	21
2.2.4 <u>Descomposición de la cobertura</u>	23
2.2.5 <u>Efectos de los residuos de la cobertura</u>	25
2.3 <u>CARACTERÍSTICAS ECOCOFISIOLÓGICAS DE LA SOJA</u>	29
2.3.1 <u>Desarrollo del cultivo de soja</u>	30
2.3.1.1 Germinación y emergencia.	30
2.3.1.2 Estados vegetativos	30
2.3.1.3 Estados reproductivos	31
2.3.2 <u>Crecimiento</u>	33
2.3.3 <u>Influencia de los factores ambientales en el desarrollo y crecimiento</u>	34
2.3.3.1 Fotoperíodo	34

2.3.3.2	Temperatura	35
2.3.3.3	Estrés hídrico	36
2.3.4	<u>Período crítico</u>	37
3.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	40
3.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EXPERIMENTO	40
3.3.1	<u>Localización</u>	40
3.3.2	<u>Suelo y antecedentes de la chacra</u>	40
3.3.3	<u>Siembra</u>	41
3.3.4	<u>Manejo del experimento</u>	42
3.3.5	<u>Diseño experimental</u>	43
3.2	DETERMINACIONES	44
3.3.6	<u>A nivel de suelo</u>	44
3.3.7	<u>A nivel de planta</u>	46
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	49
4.1	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	49
4.2	PRODUCCIÓN DE BIOMASA DEL CULTIVO DE COBERTURA	51
4.3	NUTRIENTES EN EL SUELO	53
4.4	AGUA DISPONIBLE DEL SUELO DURANTE LOS PERÍODOS DE BARBECHO	54
4.4.1	<u>Análisis del AD en las diferentes profundidades del perfil</u>	58
4.5	ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO	62
4.5.1	<u>Implantación</u>	62
4.5.2	<u>Nodulación</u>	63
4.6	CRECIMIENTO Y DESARROLLO	64
4.6.1	<u>Índice de área foliar</u>	64
4.6.2	<u>Agua disponible en el suelo</u>	65
4.6.2.1	Análisis del AD en las diferentes profundidades del perfil en los PB de 0 y 40 días	68
4.6.2.2	Análisis del AD en las diferentes profundidades del perfil en los GM IV y VI	70
4.6.3	<u>Rendimiento</u>	73
4.6.3.1	Componentes del rendimiento	76
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	80
6.	<u>RESUMEN</u>	82
7.	<u>SUMMARY</u>	84
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	85

9. ANEXOS.....97

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Características funcionales del sistema poroso en relación al tamaño y estado de energía del agua (Gil, 2001) adaptado por Cano et al. 2003	5
2. Rendimiento promedio mensual de raigrás anual LE 284 (adaptado de García, 2003).....	20
3. Ubicación y duración del período crítico (R4-R6), en Paysandú años 03/04 (adaptado de Giménez, 2005)	39
4. Características agronómicas de los cultivares.....	41
5. Fechas de inicio de los períodos de barbecho	41
6. Descripción de los tratamientos.....	44
7. Concentración de nitratos en suelo de 0 a 20 cm de profundidad a la siembra (DDA 300) y en V2 (DDA 336).	53
8. Precipitaciones acumuladas en cada período de barbecho.	56
9. Densidades de plantas alcanzadas por los distintos grupos de madurez, altura y fenología según los distintos períodos de barbecho en DDA 328	62
10. Número y peso de nódulos en las raíces de soja en V2.....	64
11. Componentes del rendimiento.....	77
 Figura No.	
1. Tasa de crecimiento de <i>Lolium multiflorum</i> (adaptado de García, 2003).....	20
2. Croquis del experimento.....	43
3. Comparación de temperaturas medias mensuales del período en estudio (04/05) con una serie histórica de 1964 a 1995	49

4. Comparación de precipitaciones medias mensuales del período en estudio (04/05) con una serie histórica de 1964 a 1995	50
5. Precipitaciones diarias durante el período del experimento	51
6. Producción de MS de la cobertura de raigrás anual según momento de control.....	52
7. Contenido de Agua Disponible total del perfil de 0 a 70 cm de profundidad durante los períodos de barbecho	55
8. Contenido de Agua Disponible del suelo, de 0 a 70 cm de profundidad al inicio del PB 60 días.	58
9. Contenido de Agua Disponible del suelo, de 0 a 70 cm de profundidad al inicio del PB 40 días.	59
10. Contenido de Agua Disponible del suelo, de 0 a 70 cm de profundidad al inicio del PB 20 días.	60
11. Contenido de Agua Disponible del suelo, de 0 a 70 cm de profundidad el día de siembra.	61
12. Evolución del índice área foliar a lo largo del desarrollo de los diferentes GM (promedio de barbecho).....	65
13. Contenido de Agua Disponible del suelo de 0 a 70 cm de profundidad del GM VI para los períodos de barbecho de 0 y 40 días.....	66
14. Contenido de Agua Disponible del suelo de 0 a 70 cm de profundidad de los GM IV y VI, del período de barbecho de 40 días.....	67
15. Contenido de Agua Disponible del suelo en el DDA 41 (inicio del período crítico del GM VI) de 0 a 70cm de profundidad en estratos de 10 cm para los PB 0 y 40 días.	68
16. Contenido de Agua Disponible del suelo en el DDA 74 (final del período crítico del GM VI) de 0 a 70cm de profundidad en estratos de 10 cm para los PB 0 y 40 días.	69

17. Contenido de Agua Disponible del suelo del período de barbecho de 40 días y los grupos de madurez IV y VI; el DDA 17.	70
18. Contenido de Agua Disponible en suelo de los GM IV y VI, al inicio y fin del período crítico del GM IV (DDA 33 y 60) de 0 a 70 cm de profundidad en estratos de 10 cm.....	71
19. Contenido de Agua Disponible en suelo de los GM IV y VI, al inicio y fin del período crítico del GM VI (DDA 41 y 74) de 0 a 70 cm de profundidad en estratos de 10 cm.....	72
20. Rendimiento de soja en grano en tt ha-1.....	73
21. Rendimiento en grano tt ha-1 según GM.....	74
22. Rendimiento en grano de los diferentes periodos de barbechos según el grupo de madurez	75

1. INTRODUCCIÓN

Para garantizar que los agroecosistemas sean productivos, competitivos y sustentables a largo plazo, hay que buscar, sin duda, sistemas que contemplen a través de la biodiversidad, la diversificación de producción en el espacio y en el tiempo, el reciclaje de nutrientes, y la recuperación y/o conservación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Calegari, 1999).

Los sistemas de producción que se basan en un cultivo por año, en este caso la soja, generan tiempos de barbecho excesivamente largos, en los que aumenta la probabilidad de tener pérdidas de suelo y nutrientes por erosión. La utilización de cultivos de cobertura durante este período, normalmente improductivo, permite mantener el suelo cubierto, reciclar nutrientes y produce un nuevo ingreso de rastrojo al sistema (Ernst, 2004).

El barbecho de invierno sigue siendo una práctica común en el oeste del Uruguay cuando los cultivos principales en la rotación son cultivos de verano como la soja. Sin embargo, los barbechos de invierno están asociados a bajas producciones de residuo, su rápida descomposición incrementa la erosión del suelo y se reduce el carbono orgánico del suelo en sistemas continuos de soja. Han sido reconocidos los beneficios de los cultivos de cobertura en dichos sistemas. Sin embargo, las decisiones de manejo por cultivos de cobertura en la producción de soja deben balancear los beneficios para el cultivo y el agotamiento del agua del suelo, contra la posibilidad de un riesgo ecológico asociado al nitrógeno y la erosión del suelo.

El objetivo de este estudio era comparar cuatro momentos de aplicación de herbicidas para matar al raigrás, en combinación con tres grupos de madurez de soja.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

La disponibilidad de agua en el suelo es uno de los principales factores que afectan la implantación, desarrollo y rendimiento de los cultivos, dado que el suelo es el reservorio de agua para los períodos de déficit hídrico. Tratándose de sistemas de producción de cultivos en secano, la eficiencia de captación y retención de agua es fundamental para los procesos mencionados, ya que el suelo es su única fuente (Unger, 1978).

Existen diversos factores que afectan la capacidad de almacenaje de agua en los suelos pero pueden sintetizarse en dos grupos, según Sawchik et al. (2005) por un lado aquellos relacionados con la génesis del suelo, como la textura o la profundidad del perfil y por otro lado factores de manejo que afectan la capacidad de recarga de agua de los suelos como la época de siembra, la duración del período de barbecho, el cultivo antecesor y el estado estructural de los suelos, entre otros.

2.1.1 Estructura del suelo

Para hablar sobre el comportamiento del agua en el suelo hay que conocer las características del suelo relacionadas a la dinámica del agua. El término "forma estructural" del suelo es utilizado por Kay (1990), para describir el arreglo heterogéneo del espacio de poros y sólidos que existe en un suelo en un tiempo dado. Dicha expresión refiere a la porosidad total, distribución del tamaño de poros y continuidad del sistema poroso, así como el arreglo de las partículas primarias del suelo en categorías estructurales jerárquicas. La estructura del suelo puede cambiar considerablemente en el espacio y en el tiempo, siendo el resultado dinámico de muchos factores y procesos bióticos y

abióticos. En ambientes naturales, los principales factores formadores de estructura son: textura, materia orgánica, organismos del suelo y condiciones climáticas (Koostira et al., citados por Cano et al., 2003). La estructura del suelo domina todas sus propiedades físicas y por lo tanto su funcionamiento, determinando la efectividad e impacto de muchas prácticas de manejo.

La estabilidad de la estructura del suelo es la habilidad de un suelo en retener su arreglo de espacio de poros y sólidos cuando es expuesto a diferentes estreses (Kay, 1990). Hamblin (1985), define el concepto de estabilidad según las variaciones de humedad del suelo, considerando a un poro estable si retiene su integridad física tanto mojado como seco. La estabilidad al agua de los agregados y los poros que hay entre ellos afecta la infiltración, el drenaje y almacenamiento de agua, la actividad de los organismos del suelo, la erosión y el crecimiento de los cultivos (Tisdall, 1994).

Kay (1990), utiliza el termino "reversibilidad" para describir la habilidad de un suelo para recuperar su forma estructural en procesos naturales donde los stresses aplicados son reducidos o removidos. De esta forma, se sugiere que la tasa de cambio de la forma estructural bajo distintos sistemas, está relacionada a la estabilidad estructural y reversibilidad del suelo. Algunos cambios en prácticas de manejo pueden llevar a cambios en la forma estructural, al alterar los stresses que se están aplicando al suelo o su estabilidad. La magnitud de los cambios de la forma estructural al remover los stresses es determinada por la reversibilidad de la estructura del suelo. La estructura del suelo es por lo tanto el resultado neto de la competencia de fuerzas degradativas y regenerativas mediadas por la capacidad de recuperación del suelo.

2.1.1.1 El sistema poroso del suelo

Una manera de entender la complejidad del funcionamiento del suelo es centrando la atención en su sistema poroso, en donde se cumplen todos los procesos físicos, químicos y biológicos (Gil, citado por Cano et al., 2003).

Russell (1971), considera que el término estructura del suelo puede ser usado desde el punto de vista de un grupo de propiedades concernientes con la distribución del espacio poroso del suelo, ya que este impacta directamente sobre el balance de agua (entradas y salidas), el funcionamiento hídrico (relaciones agua planta), la entrada y difusión de gases y calor, y el desarrollo y crecimiento de las raíces.

Pecorari (1998), agrupa al volumen poroso en dos conjuntos diferentes según su origen: i) la *porosidad textural*, que resulta del ensamble de las partículas elementales entre las cuales existe necesariamente un volumen de poros debido a su forma y rigidez; ii) la *porosidad estructural*, que es la porosidad resultante de la acción del clima, organismos biológicos y el laboreo del suelo. Mientras que los poros estructurales son más gruesos y continuos, los poros texturales tienen un diámetro pequeño y son menos continuos.

La porosidad total del suelo no es en general un buen indicador de la calidad del sistema poroso (Gradwell, 1960), siendo más precisas a estos efectos las características específicas del sistema poroso en términos de forma, tamaño, continuidad, distribución, estabilidad y reversibilidad. Algunas de estas características determinan la función de los poros, como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características funcionales del sistema poroso en relación al tamaño y estado de energía del agua (Gil, adaptado por Cano et al., 2003).

TIPO	Tamaño (micras)	Tensión (atm)	Función
Macroporos	>60	0,05	aireación; infiltración; conductividad
Mesoporos	60-10	0,05-0,33	Conducción lenta
Microporos	10-0,2	0,33-15	almcenaje
Microporos	<0,2	>15	agua no disponible

De todas las propiedades del suelo, la porosidad es tal vez la más fácil, frecuentemente y ampliamente alterada por las operaciones de labranza o manejo sin laboreo (Hamblin 1985, Gil 2001).

2.1.1.2 Los arreglos de sólidos en el suelo

Pecorari (1998), define la estructura del suelo enfocada desde los sólidos como la organización de las partículas sólidas a diferentes escalas. La arquitectura de la estructura del suelo puede ser analizada a partir de distintas dimensiones, que van desde 10^{-7} a 10^0 m (Kay, 1990). De esta forma, es posible estudiar desde niveles microscópicos de agregación a niveles macroscópicos de estructuras formadas por agrietamientos.

Las distintas partículas constitutivas de la textura del suelo (arena, limo y arcilla) están presentes en diferentes proporciones en los distintos suelos. Esta característica es muy difícil de alterar pero es importante conocerla ya que es determinante de los comportamientos estructurales de los suelos. Pecorari (1998), afirma que la textura es la base del funcionamiento de la estructura. La forma, el tamaño y la disposición espacial, debido al agrupamiento de las partículas, influyen sobre las clases de porosidad del material.

En suelos limosos, francos y arcillosos, debido a su actividad biológica y por procesos de expansión y contracción, las partículas minerales simples junto a materiales orgánicos tienden a formar unidades estructurales conocidas como

agregados (Tisdall 1994, Horn et al., citados por Cano et al. 2003); granos separados pueden ocurrir como una entidad en arenas o gravas. Los agregados se hallan separados de los agregados vecinos por planos de mayor fragilidad, pudiendo ser clasificados de acuerdo a su forma y arreglo en prismas, columnas, láminas, bloques angulares y subangulares, gránulos y migas (Kaplán et al. 1993, Koostira et al., citados por Cano et al. 2003).

Kay (1990) plantea una naturaleza jerárquica de la estructura del suelo, la que ejemplifica simulando la aplicación de stresses en aumento, de modo que los macroagregados pueden ser rotos progresivamente en microagregados, dominios, cuasicristales y finalmente en partículas primarias individuales del suelo.

Es de importancia señalar que la materia orgánica presenta efectos directos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Cuando se hace referencia a los efectos que provoca sobre las propiedades físicas del suelo, a medida que el contenido de materia orgánica aumenta, disminuye la densidad aparente. Sobre la estructura del suelo, presenta acción cementante, favoreciendo la formación de agregados y determinando la consistencia del suelo, con aumentos en los límites de plasticidad. Un aumento en el contenido de materia orgánica provoca incrementos de la macroporosidad y la aireación. También tiene un efecto de gran importancia en la capacidad de infiltración y retención de agua que causa el contenido de ésta en el suelo (Kiel, 1985).

2.1.2 Factores físicos del suelo que afectan la productividad de los cultivos

Las propiedades físicas que afectan directamente al crecimiento de un cultivo son: contenido de agua del suelo, disponibilidad de oxígeno, temperatura y resistencia mecánica (Letey, 1985).

La capacidad de almacenaje de agua del suelo, actúa como un buffer entre las adversidades climáticas y la producción del cultivo, siendo además un factor regulador de la temperatura, aireación y resistencia mecánica del suelo; condiciones físicas que afectan directamente al crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los efectos provocados por estas propiedades del suelo no actúan separadamente, y por tal motivo, resulta difícil cuantificarlos en forma individual (Maddalena, 1994).

2.1.2.1 Contenido de agua del suelo

El agua disponible depende de factores climáticos y de la capacidad del suelo en almacenarla y liberarla; la determinación de la disponibilidad está dada por el balance final entre las precipitaciones recibidas; el agua evaporada desde el suelo y la superficie vegetal; el agua infiltrada en el suelo y la que escurre en forma superficial y profunda. Este balance está determinado principalmente por la evapotranspiración potencial, la real, el exceso y déficit hídrico (Letey, 1985).

Los suelos presentan diferente capacidad de retención de agua y por lo tanto distintas capacidades de almacenaje. Cuando las texturas se hacen más finas, se incrementa la capacidad de retención o almacenaje de agua al igual que la marchitez permanente. Esto sucede por presentar mayor porcentaje total de material coloidal, mayor espacio poroso total y mayor adsorción en superficie de las partículas (Blevins et al., 1971), siendo explicado en detalle más adelante.

2.1.2.2 Oxígeno

Factores como la temperatura y los residuos orgánicos afectan marcadamente las reacciones biológicas que se producen en el suelo y son

determinantes del nivel de aire que presenta cada suelo en particular (Unger, 1988).

La aireación es una variable que actúa en conjunto con el agua y la temperatura, es muy difícil lograr un adecuado equilibrio para el crecimiento óptimo de cultivos, ya que existen otras variables que afectan directa e indirectamente el comportamiento de éstas en el suelo como resistencia mecánica, textura, densidad aparente, agregación y distribución del tamaño de poros (Maddalena, 1994).

Las plantas respiran consumiendo oxígeno y produciendo dióxido de carbono, por lo que es necesario un adecuado intercambio de gases entre la raíz y la atmósfera para un metabolismo óptimo de la planta, y este intercambio es frecuentemente llamado aireación. Aunque ambos, el O_2 y CO_2 están involucrados se hacen medidas mas frecuentemente sobre el O_2 asumiendo que el intercambio de CO_2 es adecuado cuando el intercambio de O_2 es adecuado (Letey, 1985). El oxígeno llega al sitio de respiración por difusión (movimiento siguiendo gradientes de concentración). La tasa de difusión de oxígeno (TDO) depende del gradiente de concentración y del coeficiente de difusión.

Las moléculas de oxígeno difunden desde la atmósfera hacia el suelo a través del espacio poroso, fundamentalmente a través de los poros mayores, por esto, conservar la estructura del suelo resulta importante para que se de una adecuada aireación. Los investigadores sugieren que un suelo debe tener un 10% de porosidad de aireación para que no se limite la proliferación de las raíces (Grable 1971, Baver 1973).

En un estudio realizado por Stolzy y Letey (1964), observaron como variaba la TDO luego de la irrigación del suelo. El primer día luego de la

irrigación la TDO fue considerada inadecuada para el crecimiento de las raíces y para todas las profundidades analizadas. A medida que transcurrían los días la TDO se fue incrementando sin ser limitante para el crecimiento de las raíces pero con el aumento de la profundidad la TDO disminuía. La compactación del suelo y el contenido de agua tienen un efecto directo sobre esta variable.

La compactación produce una disminución del espacio poroso, básicamente de los poros ocupados por aire, mayoritariamente macroporos (Carrasco, 1989). Debido a esto, un suelo compactado estará más predispuesto a la falta de O_2 .

El agregado de agua al suelo causa grandes descensos en la velocidad de difusión. El espacio poroso ocupado por agua se considera que no interviene significativamente en la difusión, ya que el oxígeno y el anhídrido carbónico difunden 10.000 veces más despacio en el agua que en el aire (Durán, 2000).

Para que las raíces tengan un buen suministro de oxígeno es importante la existencia de un sistema continuo de poros ocupados por aire; esto cobra mayor importancia en los suelos arcillosos (Cano et al., 2003).

Las propiedades que afectan la concentración de oxígeno en la raíz son: la difusividad de O_2 radial y longitudinal, la permeabilidad de la membrana, la tasa de absorción de O_2 , el diámetro de la raíz y la porosidad (Schumacher y Smucker, 1981).

2.1.2.3 Temperatura

Los procesos metabólicos son dependientes de la temperatura, por lo que ésta es un factor importante en la producción de cultivos (Letey, 1985). La temperatura del suelo es uno de los factores más importantes que controlan la actividad microbiana y los procesos implicados en el crecimiento de las plantas.

La absorción y pérdida de calor es determinada primero por la cantidad efectiva de radiación solar recibida por el suelo; ésta es muy dependiente del clima como también de factores como el color, pendiente, cubierta vegetal y el ángulo de incidencia de los rayos solares, siendo mayor la absorción cuando éstos son perpendiculares (Maddalena, 1994).

Cuando el contenido de humedad del suelo es elevado, la evaporación es el proceso que consume la mayor cantidad de energía, mientras que en condiciones secas, la mayor parte de la energía de radiación es utilizada para calentar el suelo y el aire adyacente (Ross et al., 1985).

La cubierta vegetal influye notablemente en la temperatura del suelo por la acción aislante de las plantas que lo cubren, esto toma mayor relevancia en los sistemas de siembra directa.

Es muy difícil, controlar la temperatura del suelo con técnicas de manejo, pero el contenido de agua es un factor determinante que actúa regulando las variables de aireación y temperatura del suelo.

2.1.2.4 Resistencia mecánica

Las plantas son afectadas directamente por lo que se denomina resistencia mecánica del suelo. Hace referencia a la dificultad de las raíces de las plantas en crecer en un suelo densamente compactado o también la dificultad que las semillas encuentren la emergencia a través de la superficie del suelo (Letey, 1985).

En otro orden, es necesario el conocimiento y la cuantificación de los cambios que se producen en la estructura del suelo por la compactación para realizar un adecuado manejo de suelo (Maddalena, 1994). Existe gran cantidad de factores que afectan la capacidad de fuerza ofrecida por el suelo siendo las

más importantes la distribución de tamaño de las partículas, el contenido de humedad y la porosidad o densidad aparente, en relación a la producción agrícola.

Hay tres componentes que actúan en el proceso de penetración: la presión ejercida por la punta de la raíz, la adhesión y la fricción de la corteza. Existen diferentes tipos de deformaciones producidas por las raíces, como así también fuerzas requeridas para dichas deformaciones (Barley et al., 1967).

Suelos con buenas condiciones físicas, presentan menores requerimientos de manejo y generalmente tienen un mayor rango no limitativo de agua. Dentro de las propiedades químicas del suelo, la materia orgánica provoca aumentos de aireación y drenaje interno del suelo. También presenta efectos directos e indirectos, sobre la capacidad de almacenaje de agua del suelo: a medida que aumenta el humus, también lo hace la capacidad de retención, hasta valores muy elevados de 160%. Suelos orgánicos pueden tener una capacidad de 300% (Kiel, 1985).

2.1.2.5 Interacciones entre los factores físicos

De las cuatro condiciones físicas del suelo relacionadas al crecimiento de las plantas, el agua es el factor dominante, los otros tres son afectados por el contenido de agua. La densidad aparente (DAP) y la distribución del tamaño de los poros afectan la relación entre el agua y ambas: aireación y resistencia mecánica. El aumento del contenido de agua decrece la aireación, lo que no es deseable pero disminuye la resistencia mecánica, lo cual sí es deseable. El efecto del agua en estos dos parámetros es intensificado por el aumento en la DAP y la presencia de pequeños poros. El rango óptimo del contenido de agua para el crecimiento vegetal ha sido generalmente considerado sobre la base de la disponibilidad de agua para la planta per se (Cano et al., 2003).

2.1.3 Dinámica del agua

El agua ocupa el espacio poroso del suelo, y es retenida en la matriz del suelo por varios tipos de fuerzas. Para extraer agua, una planta debe superar esas fuerzas, que son muy reducidas cuando el contenido de humedad es cercano a la saturación, y se incrementa a medida que el suelo se seca (Martino, 1999).

El parámetro importante que une el suelo al crecimiento de la planta no es el contenido de agua en el suelo sino que su potencial de agua. El potencial de agua se refiere a la energía con la que el agua es retenida por el suelo y consecuentemente a la energía que es necesaria para que el agua sea removida del suelo a la raíz de la planta. Diferentes tipos de suelo tienen diferentes cantidades de agua a un determinado potencial (Cano et al., 2003).

Existe una relación entre el contenido de agua en el suelo y su potencial para un suelo determinado y entonces es posible medir el contenido de agua en el suelo e inferir el valor del potencial de agua si la apropiada relación entre ambos es conocida (Letey, 1985). Dicha relación es modificada por el tipo de suelo y por el estado estructural del mismo (Gupta et al., 1989).

Del agua presente en el suelo solo una fracción puede ser utilizada por las plantas, es la que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. La capacidad de campo es la cantidad de agua máxima que el suelo puede retener luego de ser saturado, y corresponde a un potencial de matriz entre -10 y -50 kpa. El punto de marchitez permanente es el límite de tensión al cual la planta puede crecer, correspondiendo a un potencial de -1,5 Mpa (Letey 1985, Gupta et al. 1989). Estos límites son afectados por varios factores, y en general la cantidad de agua disponible es menor que la que surge de la diferencia entre capacidad campo y punto de marchitez. Debido a esto Letey (1985) definió el concepto de "rango no limitativo de disponibilidad de

agua" como la cantidad de agua retenida entre dos límites, el límite superior sería el contenido de humedad al cual la disponibilidad de oxígeno se vuelve insuficiente, en caso de que este valor fuera inferior al correspondiente a capacidad de campo. El límite inferior se define como el contenido de humedad al cual la resistencia mecánica del suelo impide el crecimiento de las raíces, en aquellas situaciones en que este valor resulte superior al correspondiente a marchitez permanente.

La presencia del rastrojo durante la estación de crecimiento puede incrementar los rendimientos de los cultivos al preservar la humedad del suelo (Wicks 1976, Lal 1978, Hoefler et al. 1978), incrementando también la densidad radical del cultivo (Lal, 1978).

En general, cuando el rastrojo permanece en superficie es menor el crecimiento del cultivo durante el primer mes que cuando se lo remueve, probablemente debido a que su presencia determina menores temperaturas. A pesar de ese menor crecimiento inicial se obtienen mayores rendimientos por la presencia de mayor cantidad de agua disponible en etapas posteriores de la estación de crecimiento (Hoefler et al., 1981). En resumen el efecto del rastrojo en la humedad del suelo, se produce principalmente a través del balance de agua.

2.1.3.1 Ganancia de agua en el suelo

La siembra directa con rastrojo en superficie mejora la conservación de agua del suelo, al favorecer la infiltración y disminuir la evaporación (Mannering y Meyer 1963, Greb et al. 1967, 1970, Blevins et al. 1971, Unger et al. 1971, Lal 1976), lo cual incrementa la cantidad de agua que queda disponible para el cultivo (Unger, 1978).

Con mayor cantidad de residuos en superficie es menor el escurrimiento, mayor la infiltración y la capacidad de acumulación de agua (Unger y Wiese, 1979). Asimismo, se protege el suelo del impacto de la lluvia reduciendo el encostramiento, lo que favorece la infiltración (Gulick et al., citados por Maddalena, 1994).

La sola presencia de los residuos de cosecha en superficie aumenta la infiltración, mientras que cuando son removidos esta puede llegar a ser más crítica que en el laboreo convencional. En la primera situación se determinaron aumentos de 10mm h^{-1} y en la segunda la reducción en la infiltración fue de 40% (Sigua et al., 1993). Similares resultados fueron determinados por Fortín y Pierce (1993).

La disminución en el escurrimiento de agua determinó un aumento en el contenido de agua del suelo. Es así que, Langdale et al. (1992), determinaron en siembra directa durante 17 años de doble cultivo, una reducción en el escurrimiento de 16,2 a 1,8% para un promedio de precipitación anual de 1260 mm.

Después de la lluvia, la superficie de suelo desnudo se seca rápidamente, mientras que con $4.000\text{Kg MS ha}^{-1}$ de rastrojo en superficie permanece húmeda por varios días (Unger, 1978). Sin embargo, no es de esperar que mejore la eficiencia de almacenaje de agua cuando los volúmenes de las precipitaciones son pequeños (Unger, 1976).

2.1.3.2 Pérdidas de agua del suelo

Las pérdidas de agua se pueden producir directamente a través de la evaporación desde el perfil, o indirectamente a través de la extracción por los

cultivos. Cuando los rastrojos permanecen en la superficie, disminuye principalmente la primera.

La curva de evaporación del agua del suelo se caracteriza por presentar tres etapas. En la primera, la tasa de pérdida es constante, el movimiento del agua del suelo es primariamente líquido, la evaporación es controlada por la demanda atmosférica. La segunda etapa es de corta duración, la tasa de evaporación desciende rápidamente, y es controlada por la superficie del suelo en proceso de secado. En la tercera, la evaporación es lenta pero constante, el movimiento es a través de la superficie seca del suelo principalmente por difusión de vapor y es controlada por el suelo (Bond y Willys, 1971).

El efecto del rastrojo sobre la pérdida de agua afecta principalmente la primera etapa (Anchieri y Magrini, 1981). Al incrementar la cantidad de residuo en superficie se reduce la tasa de evaporación y aumenta la duración de esta fase, resultando en una menor pérdida de agua en esta etapa (Bond y Willys, 1969, 1970).

Al analizar la incidencia de la segunda fase, la evaporación acumulada se iguala en el tiempo tanto para el suelo desnudo como para el rastrojo, por lo tanto, la cobertura solo retrasa el proceso permitiendo “esperar” la lluvia, aumentando la eficiencia de uso del agua (Bond y Willys, 1969).

La cantidad total de agua perdida después de un período de secado suficientemente largo fue similar en suelo desnudo o con rastrojo, independientemente de su volumen (Bond y Willys, 1969). Consecuentemente los residuos afectan la tasa de pérdida pero no impiden el secado del suelo (Wilhelm et al., 1986).

Los residuos de la superficie reducen la temperatura impidiendo la difusión de vapor, actúan como punto de condensación y absorción temporaria, también

reducen la velocidad del viento en la superficie afectando el secado, permitiendo una mayor eficiencia en el uso del agua (Greb 1966, Blevins et al. 1971).

La arquitectura del rastrojo afecta directamente el contenido de agua del suelo al disminuir la velocidad del viento en la superficie, el escurrimiento y la evaporación, e indirectamente al afectar la percolación, la conductividad por capilaridad y la temperatura del suelo (Smika, 1983).

En condiciones de siembra directa la humedad del suelo es un 10 a 15% mayor que con laboreo convencional en los primeros 8 cm, luego se diluyen, no destacándose diferencias a los 60 cm de profundidad (Belvins et al., 1971).

2.1.4 Capacidad de almacenaje de los suelos

La capacidad de almacenaje de agua del suelo sobre el que se realizó el estudio, perteneciente a la formación San Gabriel-Guaycurú, según la categorización realizada por Molino et al. (2001), presenta una capacidad de agua potencialmente disponible de 115,5 mm. Tiene como restricciones de la Unidad Cartográfica al almacenamiento de agua, la rocosidad y pedregosidad existente en dicha formación. Siendo utilizable un 80% del agua potencialmente disponible (92,4 mm), es considerada de clase media por estar en un rango entre 80-120 mm.

2.2 CULTIVOS DE COBERTURA

2.2.1 Aspectos generales de la cobertura

Los cultivos de cobertura se definen como aquellos que crecen específicamente para mantener el suelo cubierto, protegiéndolo de la erosión, evitando la pérdida de nutrientes por lavado y escurrimiento y, en caso de ser leguminosa, incorporando N al sistema. Se diferencian de una pastura porque no son de renta directa y crecen fuera de estación dentro de un sistema de siembra de cultivos anuales. Cuando la estación de crecimiento supera los 180 días libre de heladas, el cultivo de cobertura es sustituido por un cultivo de renta, cumpliendo con los mismos objetivos (Reeves et al. 1991, Calegari 1999).

La fecha de siembra y de eliminación del cultivo de cobertura queda definida por la cosecha de un cultivo y la siembra del próximo. Por ejemplo, la cosecha de un cultivo de verano fija la fecha de siembra del cultivo de cobertura invernal y la siembra del cultivo de verano posterior determina la fecha a partir de la cual debe iniciarse el barbecho químico para recargar con agua y nutrientes el perfil del suelo. El retraso de la fecha de siembra para alargar la estación de crecimiento de la cobertura no resulta en una buena práctica porque reduce el rendimiento del cultivo de renta (Mansoer et al., 1997).

Los cultivos de cobertura reducen la erosión del suelo, incrementan la infiltración de agua, retienen el agua del suelo, mejoran la estructura del suelo y favorecen la supresión de malezas (Teasdale 1996, Sarrantonio et al. 2003). Odland et al. (1938), pudo observar que en donde existió un cultivo de cobertura se sufrió menos la falta del agua que en donde no se utilizó un cultivo de cobertura.

Otra ventaja de los cultivos de cobertura, es lo referente al control de malezas que ejercen los mismos. Teasdale et al. (1993), estudiaron el efecto que ejerce el rastrojo en cuanto a la transmisión de la luz, temperatura y humedad del suelo. En dicho estudio encontraron que el rastrojo de los cultivos de cobertura puede disminuir el número de semillas germinadas a profundidades del suelo que están en el umbral de germinación. Una capa gruesa de rastrojo puede no solo inhibir la emergencia por reducir la luz a un nivel por debajo del punto de compensación, sino que también provee una barrera física para ser superada antes de que se agoten las reservas de la semilla. Este estudio también demuestra que la biomasa del cultivo de cobertura es el factor dominante en influenciar las condiciones del microambiente bajo el rastrojo y que la especie del cultivo de cobertura tiene una influencia menor.

El principal problema de esta práctica es el uso del agua ya que, si no existe recarga del perfil durante el período de barbecho posterior el cultivo de cobertura, podría transformarse en una limitante para el cultivo siguiente (Corak et al. 1991, Stute et al. 1995). De Bruin et al. (2005), reportó retrasos en el desarrollo fisiológico de la soja con una cobertura de centeno, dado principalmente por una gran reducción en el contenido de agua del suelo.

Esperar hasta tarde en el ciclo para controlar el cultivo de cobertura de centeno es benéfico desde el punto de vista ambiental, para darle tiempo a la gran inmovilización de N. Desde el punto de vista del manejo de malezas también se observan ventajas porque se aprovecha la supresión de crecimiento de las mismas por la biomasa del centeno. Sin embargo, incrementos en la acumulación de biomasa de centeno pueden resultar en una disminución en el contenido de agua del suelo, lo que puede provocar un pobre establecimiento y crecimiento de la soja (Eckert, 1988).

Los métodos para realizar control químico de la cobertura son efectivos, sin embargo lo incierto es el período crítico entre el control químico de la cobertura y la siembra de soja (Westgate et al., 2005).

2.2.2 Características del raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.)

El raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) es una especie forrajera de porte erecto que crece en la estación fría, con un extenso y fibroso sistema radicular (Sattell et al., 1998).

Hannaway et al. (1999), definen al raigrás anual como la especie más productiva de la estación fría en climas húmedos y con temperaturas entre 20 y 25 °C. Estas características permiten que el raigrás anual crezca bien en otoño y hasta principios de primavera.

El raigrás anual también puede ser utilizado para acumular el N residual del suelo durante el otoño e invierno, de esta forma se reducen las pérdidas de N cuando las lluvias provocan lixiviación de nitratos del suelo (Sattell et al., 1998).

Es muy importante el rol de esta especie en la conservación de suelos, ya que su sistema radicular denso y fibroso protege los agregados del suelo durante el invierno lo que resulta en una mejor estructura del suelo a la primavera siguiente (Hermawan et al., 1997).

El establecimiento del raigrás anual antes o inmediatamente después de la cosecha de soja presenta ventajas. Smith (2005), reportó que el rendimiento en grano de soja no es alterado por la interseembra (siembra en cobertura antes de cosechar la soja) de raigrás anual. Este autor evaluó la siembra en cobertura de raigrás en diferentes estados fenológicos de la soja, siendo el mejor momento para sembrar el raigrás cuando la soja se encuentra en R 6.5. En este

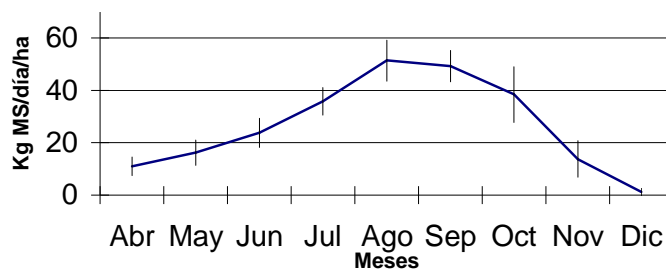
estado no se afecta el rendimiento de la soja, se obtiene un buen establecimiento y la mayor producción de materia seca de la cobertura.

El raigrás utilizado en el estudio es *Lolium multiflorum* c.v. LE 284 y los rendimientos promedio en nuestras condiciones son presentados en el cuadro 2.

Cuadro 2. Rendimiento promedio mensual de raigrás anual LE 284 (adaptado de García, 2003).

Meses	Rendimiento (Kg MS día ⁻¹ ha ⁻¹)
Abril	328
Mayo	501
Junio	713
Julio	1112
Agosto	1593
Setiembre	1478
Octubre	1191
Noviembre	412
Diciembre	35

Figura 1. Tasa de crecimiento de *Lolium multiflorum* (adaptado de García, 2003).



* Las barras verticales indican el desvío estándar

Por ser un gramínea anual presenta un modelo de producción estacional caracterizado por un pico primaveral en consecuencia del aumento de temperatura y de radiación en dicha estación y del pasaje a estado reproductivo. En la producción estacional hubo un importante efecto año, que

se visualiza en las magnitudes de los desvíos estándar así como las diferencias en los rendimientos máximos y mínimos observados (García, 2003).

2.2.3 Tiempo de barbecho

El tiempo de barbecho es el período que transcurre entre la aplicación de herbicida total y la siembra del cultivo siguiente. Haciendo una comparación con sistemas con laboreo, sería el tiempo entre el laboreo primario y la siembra (Ernst, 2000). Durante este período ocurre la muerte y la descomposición de los rastrojos de los cultivos, se acumula nitrógeno en el suelo, se recarga de agua el perfil, se producen sucesivas emergencias de malezas anuales y se prepara la sementera. Todos estos procesos son dependientes del tipo y cantidad de rastrojo presente, temperatura, humedad y fertilidad del suelo, aspectos que dependen de la época del año que se considere y sistema de producción utilizado.

El crecimiento vegetal previo a la siembra (enmalezamiento del barbecho) consume nitrógeno y agua que aporta el suelo por lo que el “período de barbecho” es determinante del aporte inicial para el cultivo.

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

En la siembra de cultivos de verano, el efecto del tiempo de barbecho se manifiesta sobre la humedad del suelo y la acumulación de nitratos. Para situaciones sin laboreo, el manejo del período de barbecho es determinante del resultado final sobre la humedad disponible. El efecto de la cobertura de

rastrojo es eliminado si el agua se pierde desde del suelo por transpiración. Estas situaciones se producen cuando existe crecimiento vegetal, ya sea este un cultivo (trigo, cebada), un verdeo o una pradera. En siembras tempranas sobre rastrojos de cultivos de verano del año anterior, la recarga de agua del suelo se produce durante el invierno, por lo que el manejo de barbecho debe tender a conservar el agua, reduciendo la evaporación (cobertura con rastrojo) y eliminando la transpiración (control de malezas). Sobre verdeos de invierno, se debe contemplar además, la recarga del agua consumida por el verdeo. Cuando los cultivos permanecen verdes hasta la cosecha, o cuando un cultivo de verano se siembra sobre un verdeo de invierno, es necesario tomar la decisión de iniciar el período de barbecho con la aplicación de herbicida. Cuanto más rápida se produce la muerte (efecto dosis) el “tiempo efectivo de barbecho” es mayor, lo que permite la recuperación del nivel de N-NO₃ en el suelo luego de cada evento de pérdida producido por lluvias excesivas. Cuando el tiempo de barbecho ocurre durante un período favorable para la descomposición es necesario un menor tiempo para descomponer la misma cantidad de residuos subterráneos (efecto momento de aplicación) (Ernst et al., 2002).

En la estación experimental EEA Paraná, desde 1995 se realizan ensayos para estudiar los efectos del barbecho químico en siembra de diferentes cultivos. Los resultados indican que se producen incrementos en el contenido de N y agua almacenados en el suelo al momento de la siembra y diferencias en la implantación de los cultivos y en el control de las malezas. La interacción de estos efectos produjo importantes aumentos en los rendimientos (Peltzer y Khan 1996, Peltzer et al. 1997, Peltzer 1999).

Cuando se considera solo el rendimiento en grano el “tiempo óptimo de barbecho” se ubica entre 40 y 60 días en la mayoría de las situaciones. Al

considerar el número de plantas logradas y su crecimiento inicial, los resultados mejores se obtuvieron con más de 60 días de barbecho, pero la compensación entre componentes de rendimiento redujo el efecto sobre el rendimiento en grano (Ernst et al., 2002).

2.2.4 Descomposición de la cobertura

La muerte de un cultivo o maleza que está creciendo permite que se inicie la descomposición de los residuos orgánicos subterráneos y cesa la absorción de N-NO₃ y agua (Ernst, 2000).

El mantenimiento de un nivel adecuado de materia orgánica es un factor importante en la sustentabilidad de los sistemas de producción, dada su relación con las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. De acuerdo con la cantidad y calidad de los rastrojos que se descomponen en la superficie del suelo, el mismo deberá mantener un equilibrio entre los procesos de entrada y salida de carbono para que el sistema sea sustentable a largo plazo (Ormeño et al., 2001).

La cobertura en la rotación resulta de interés no solo por el comportamiento de los residuos y su interacción con los diferentes cultivos, sino por el efecto acumulado en el tiempo sobre el contenido de materia orgánica del suelo, el agua del suelo, los nutrientes y las malezas. La disminución del aporte de rastrojos mediante secuencias de cultivos de alto margen económico, eliminar cobertura mediante labores a efectos de conseguir mejoras en la cama de siembra y la disponibilidad de nutrientes, pueden transformar la agricultura en un proceso de pérdidas de materia orgánica, condicionando la sustentabilidad del sistema de producción (Odland et al. 1938, Ormeño et al. 2001).

La velocidad de descomposición de residuos y los productos finales de la descomposición, dependen entre otros factores de la calidad de dichos residuos. Esta depende fundamentalmente de la relación carbono/nitrógeno (C/N) y del tipo de hidratos de carbono que presenta en su constitución. De ellos, la celulosa es fácilmente degradable por los microorganismos, le siguen la hemicelulosa y la lignina. Estos hidratos de carbono, de difícil descomposición, son precursores de compuestos orgánicos estables en el suelo. Los residuos con alta relación C/N constituyen un sustrato para el crecimiento de microorganismos. Sin embargo la cantidad de N necesaria para descomponer volúmenes importantes de rastrojo es limitante. Por lo tanto los microorganismos provocan una inmovilización parcial del N que luego se libera rápidamente a fines del barbecho quedando disponible para el cultivo. Estos procesos se modifican en función de factores ambientales como la temperatura, humedad y ubicación del rastrojo (Ormeño et al., 2001).

El tiempo mínimo de barbecho está determinado por el rastrojo a manejar, por lo que serán necesarios más días cuando se parte de un campo natural o un sorgo que cuando se lo hace a una soja o un cultivo de cobertura como raigrás o trigo (Ernst, 2000).

Durante el período de barbecho, también se produce la descomposición de las raíces del cultivo anterior; una vez finalizada ésta, es posible acumular N-NO₃ en el suelo hasta niveles considerados suficientes para los cultivos anuales aun sin laborear. La cantidad de residuos dentro del suelo, a diferencia de situaciones con laboreo, corresponde mayoritariamente a raíces, ya que la parte aérea no es incorporada (Ernst, 2000).

2.2.5 Efectos de los residuos de la cobertura

En los sistemas de siembra directa el manejo de los residuos de las cosechas es esencial para la protección de los recursos naturales como el agua y el suelo (Langdale et al., 1983), a los efectos de controlar el escurrimiento y disminuir el riesgo de erosión (Mannering et al., 1963). Los residuos en superficie protegen al suelo al absorber el impacto de las gotas de lluvia, disminuyendo el desplazamiento de partículas, y el encostramiento al evitar el sellado de los macroporos en superficie (Langdale et al. 1991, Ela et al. 1992).

El efecto de la Siembra Directa estaría principalmente determinado por la reducción del escurrimiento superficial aumentando la infiltración a través del perfil del suelo. Esta respuesta está asociada al área cubierta por los residuos. Es así que volúmenes de rastrojo de 1.000, 2.000 y 4.000 kg MS ha⁻¹ preservaron la estructura del suelo evitando el encostramiento (Mannering et al., 1963). Schertz (1988), por su parte destaca la presencia de un 30% de residuos en superficie disminuye un 50% la erosión eólica e hídrica en comparación a un suelo sin cobertura.

Similares resultados fueron destacados por Kenimer et al. (1987), quienes determinaron reducciones en las pérdidas de suelo del 98% en siembra directa en comparación con laboreo convencional.

En un suelo con 4% de pendiente la presencia de 5.000 Kg MS ha⁻¹ de paja de trigo que proporciona una cobertura del 86% reduce la erosión en un 96%, dependiendo del tiempo en que el rastrojo persiste en superficie (Lindwall et al., 1994). En general la bibliografía es consistente en señalar que la presencia de residuos tiene mayor efecto en reducir la erosión que el escurrimiento (Steiner, 1994).

Por ser un problema la erosión cuando hablamos de un sistema de agricultura continua de soja, definimos erosión como el arrastre de suelo superficial por lluvia.

Donde la erodabilidad de un suelo, factor inherente a él, es una propiedad muy compleja que depende tanto de su capacidad de infiltración como de su capacidad de resistir a la desagregación, transporte por las gotas de lluvia y escurrimiento (Wischmeier et al., 1969).

Las propiedades de un suelo, que contribuyen de forma significativa para afectar a las diferencias que se dan en pérdidas de suelo incluyen: porcentaje de arena, limo, arcilla y materia orgánica; ph, estructura y densidad aparente de la capa arable y del subsuelo; pendiente y concavidad de la loma; espacio poroso lleno de aire; efecto residual de los tapices de los cultivos anteriores; la agregación; material parental del suelo; y varias interacciones de estas variables. Algunas de estas variables afectan la capacidad del suelo al infiltrar lluvia y por consiguiente, determinan el monto y la tasa de escurrimiento (Wischmeier et al., 1969)

De todos ellos, el principal factor, en determinar la erodabilidad es la textura del suelo, siendo que suelos ricos en limo y pobres en arcilla son los más erodables. En general existe una relación negativa, tanto para el índice como para la materia orgánica, con la erodabilidad, es decir, a mayor valor de estos factores menor erodabilidad. Pero aclara el autor que estas relaciones pierden fuerza cuando la fracción arcilla se vuelve importante (Bottaro et al., 1999).

En cuanto al balance de radiación los residuos en superficie actúan como aislante térmico (Gupta et al., 1981), reduciendo la tasa de intercambio de calor entre el suelo y la atmósfera; aumentando el albedo (reflectividad de la luz) de

la superficie (Enz et al., 1988) y atenuando la velocidad del viento en la misma (Smika, 1983). También influyen en la disponibilidad de nutrientes, poblaciones de insectos, dinámica de malezas y degradación de herbicidas (Gupta et al., 1984).

En cultivos de verano, como girasol de segunda, Condón et al. (1995), observaron mejor implantación con rastrojo en superficie que sin rastrojo. Con rastrojo en superficie el cultivo se implantó mejor que con rastrojo en pie, no detectándose diferencias con la quema, ni con el laboreo. Posiblemente las altas temperaturas registradas determinaron menor implantación en estas dos situaciones.

Los factores que influyen en la temperatura del suelo son radiación, precipitación, humedad del suelo, temperatura del aire, evaporación textura, estructura, color, conductividad térmica, aspecto de la superficie, tipo y cantidad de cobertura del suelo, siendo todos estos factores afectados por los rastrojos dejados en superficie (Unger, 1978).

El régimen de temperatura del suelo bajo rastrojo es diferente de aquel de suelo desnudo (Mc Calla y Army, 1961). Las temperaturas frecuentemente son mas bajas con rastrojo en superficie, debido que reciben la mayor parte de la radiación directa y reflejan mas, actuando los residuos como capa aislante. El rastrojo se caracteriza además por su bajo calor específico y conductividad térmica, transmitiendo menor calor al suelo y disminuyendo la evaporación con lo cual el suelo permanece mas húmedo, aumentando su calor específico (Unger, 1988).

Al aumentar el volumen de rastrojo disminuye la cantidad de radiación incidente, que puede alcanzar la superficie del suelo (Tanner et al. 1990, Shen et al. 1990).

En condiciones de clima templado una tonelada de rastrojo de cultivo de invierno en superficie disminuye la temperatura promedio del suelo a 10 cm de profundidad en 0.15 a 0,3 °C (Allmaras et al., 1973). El rastrojo en superficie actúa principalmente disminuyendo la temperatura máxima, no las temperaturas mínimas del suelo, por lo que la acumulación de temperatura es menor (Fortín y Pierce, 1991).

En experimentos realizados en Tacuarembó de siembra directa y laboreo convencional se determinaron diferencias de 4 °C en las temperaturas máximas alcanzadas al nivel del suelo al aumentar los volúmenes de rastrojos (Pérez et al., 1993), entretanto en Mercedes la diferencia fue de 2 °C (Barreiro et al., 1994). Similares resultados fueron obtenidos por Fortín y Pierce (1993) donde en laboreo convencional se determinaron temperaturas superiores a 19 °C, mientras que con residuos en superficie la temperatura fue inferior a 16 °C.

El contenido de humedad del rastrojo afecta la temperatura del suelo. Cuando éste es alto, una importante proporción de la radiación incidente es utilizada para evaporar agua, y no para calentar el suelo (Martino, 1997).

En función a la arquitectura del rastrojo, los suelos con rastrojos en pie o vertical se calientan más rápidos que con los rastrojos en superficie u horizontal, y estos últimos pierden menos calor durante la noche por lo cual es menor su amplitud térmica (Fortín y Hamill, 1994). Sin embargo, Condón et al. (1995) no encontraron diferencias en temperaturas máximas entre el rastrojo en pie (41,3 °C) y en superficie (40,8 °C).

El rastrojo presente en forma vertical u horizontal, puede tener algún efecto en los componentes del balance de la energía. La mayor radiación que ingresa es más reflejada por el rastrojo vertical que por el rastrojo horizontal en la mañana temprana y a últimas horas de la tarde. Estas diferencias son más

perceptibles bajo condiciones secas que bajo condiciones húmedas. Es así que cuando el suelo está húmedo en el rastrojo vertical hay mayor pérdida de calor en la noche que en el rastrojo horizontal pero lo inverso ocurre bajo condiciones secas. Asimismo el rastrojo vertical mostró un mayor flujo de calor en días más largos que el rastrojo horizontal (Bristol, 1988).

Todas estas variaciones están determinadas por la manera que la radiación es interceptada y transmitida por las diferentes superficies. Sin embargo, en un corto período de tiempo, la presencia de cobertura de rastrojo es más importante que la arquitectura del rastrojo en el establecimiento del cultivo (Horton et al., 1994).

2.3 CARACTERÍSTICAS ECOCOFISIOLÓGICAS DE LA SOJA

El crecimiento, desarrollo y rendimiento de una planta de soja son el resultado de un determinado potencial genético varietal interactuando con el ambiente, en la medida que el ambiente va cambiando también lo hace el desarrollo de la planta. Todas las variedades tienen un potencial de rendimiento máximo que está genéticamente determinado y que sólo se lograría si las condiciones ambientales fueran perfectas. En los sistemas de producción no existen esas condiciones de crecimiento perfectas, la naturaleza provee la mayor parte de la influencia ambiental sobre el desarrollo y rendimiento de la soja. Los productores deben proveer el mejor ambiente de crecimiento posible al cultivo, para esto utilizan prácticas de manejo probadas como labranzas adecuadas, fertilización del suelo, elección de variedades y densidades adaptadas, control de malezas y plagas. Las combinaciones de estas prácticas varían con las diferentes situaciones y niveles de manejo.

2.3.1 Desarrollo del cultivo de soja

A continuación se presenta una descripción de los estados de desarrollo de la soja utilizando la escala propuesta por Fehr y Caviness (1971).

2.3.1.1 Germinación y emergencia.

La germinación comienza cuando la semilla, expuesta a las condiciones ambientales adecuadas (humedad y temperatura del suelo), absorbe el 50 % de su peso en agua. En primer lugar, la raíz primaria se elonga e incrementa su grosor, luego el hipocótilo se extiende dirigiéndose hacia la superficie del suelo, empuja los cotiledones y el epicótilo. Las raíces laterales comienzan a crecer desde la raíz principal y finalmente, los cotiledones emergen alcanzando el estadio V_E . Luego, la emergencia y el despliegue de hojas unifoliadas indican el inicio del estadio V_C cuando el meristema apical queda expuesto (Sadras et al., 2000).

Los nutrientes y las reservas de alimento en los cotiledones cubren las necesidades de la planta joven durante la emergencia y por 7 a 10 días después de V_E (estado V_1). Durante ese tiempo los cotiledones pierden el 70 % de su peso seco. Luego de V_1 la fotosíntesis de las hojas en desarrollo es suficiente para que la planta se mantenga a sí misma. Los siguientes estados aparecerán cada 5 días de V_C a V_5 y cada 3 días desde V_5 hasta poco después de R_5 , cuando se alcanza el número máximo de nudos (Ritchie et al., 2002).

2.3.1.2 Estados vegetativos.

El estado **V2** se caracteriza porque tres nudos tienen hojas con folíolos desplegados, el nudo unifoliado y los dos primeros nudos con hojas trifoliadas. Las raíces de la soja normalmente son infectadas por la bacteria

Bradyrhizobium japonicum que causa la formación de nódulos. Millones de estas bacterias se encuentran dentro de cada uno de éstos nódulos y proveen una buena parte del nitrógeno requerido por la planta de soja por el proceso de fijación biológica de nitrógeno. Luego se incrementa el número de nódulos formados y la cantidad de nitrógeno fijado hasta el estado **R5.5**, a partir del cual decrece bruscamente (Ritchie et al., 2002). Estos autores reportan que en este estadio las raíces laterales proliferan rápidamente entre los surcos en los primeros 15 cm del suelo y en V5 se entrecruzan completamente para espaciamientos entre hileras de 76 cm.

En **V3**, 4 nudos de la planta tienen hojas con folíolos desplegados y continúan los siguientes estados vegetativos nombrados por V seguido del número de nudos con hojas verdaderas que tienen folíolos desplegados.

Según Ritchie et al. (2002) en **V5** queda determinado el número total de nudos que una planta puede potencialmente producir. El número total potencial de nudos que puede producir una planta con hábito de crecimiento indeterminado es siempre mayor que el número actual de nudos que están completamente desarrollados (tienen una hoja en el nudo inmediato superior con los folíolos desplegados).

El estado **V6** se define cuando siete nudos tienen hojas con folíolos desplegados, mientras que las hojas unifoliadas y los cotiledones pueden haber senecido y caído de la planta. Los siguientes estados vegetativos aparecen cada 3 días.

2.3.1.3 Estados reproductivos

La entrada a la fase reproductiva en soja se caracteriza por el cambio de estado de un meristema axilar; posteriormente, la diferenciación progresa en los

restantes meristemas de la planta y cuando alcanza al meristema apical, cesa la diferenciación de hojas (Sadras et al., 2000).

Los estados reproductivos definen el inicio y la plenitud de las siguientes etapas: floración **R1** y **R2**; formación de vainas **R3** y **R4**; llenado de granos **R5** y **R6** y madurez **R7** y **R8**, respectivamente. El crecimiento vegetativo y la producción de nudos continúa a través de los estados reproductivos, en los cultivares indeterminados sobre el tallo principal y en los determinados sobre las ramas. En el estado **R5.5** la planta alcanza su máxima altura, número de nudos e índice de área foliar; se producen las mayores tasas de fijación biológica de nitrógeno, las que luego caen abruptamente; las semillas comienzan un período rápido de acumulación de materia seca y nutrientes. Después de **R5.5** la acumulación de materia seca y nutrientes de las hojas pecíolos y tallos se hace máxima y comienzan a redistribuirse de estos órganos a las semillas. El período de rápida acumulación de materia seca de la semilla se extiende hasta poco después de **R6.5**, período durante el cual la semilla alcanza el 80 % de su peso seco. Durante el llenado de granos, la semilla acumula la mitad del nitrógeno, fósforo y potasio que requiere, por redistribución de los órganos vegetativos de la planta y la otra mitad proviene del suelo y de la actividad de los nódulos. La tasa de acumulación de peso seco y nutrientes empieza a declinar poco después de **R6** en la planta entera y luego de **R6.5** en la semilla. El peso seco y la acumulación de nutrientes se hacen máximos en la planta entera poco después de **R6.5** y en la semilla en **R7** (Baigorri et al., 2000).

En **R7** cesa la acumulación de peso seco de la semilla ocurriendo la madurez fisiológica. La semilla de soja en madurez fisiológica tiene un 60 % de humedad y contiene todas las partes necesarias para comenzar la generación de la próxima planta de soja. A medida que las vainas y semillas maduran, las mismas son menos propensas a abortar. Como resultado, el número total de

vainas por planta y el número de semillas por vaina son gradualmente fijados por la madurez de la soja. En condiciones de estrés, el largo del período de rápida acumulación de materia seca puede reducir su extensión, determinando un menor tamaño de semilla y rendimiento (Baigorri et al., 2002).

La plenitud de madurez es el estado **R8**, que presenta el 95 % de las vainas con el color de madurez. Con un clima seco favorable, la soja pierde humedad rápidamente alcanzando valores menores a 15 % en un período de 5 a 10 días (Baigorri et al., 2002).

2.3.2 Crecimiento

El crecimiento vegetativo comienza cuando las plántulas alcanzan a autoabastecerse, a partir de la expansión de la primer hoja trifoliada, cuando la provisión de fotoasimilados satisface las necesidades de la planta y continúa hasta que finaliza la formación de tallos, hojas, y raíces aproximadamente cuando se inicia el llenado de granos en **R5**. Durante esta etapa se establece el sistema radicular y el aparato fotosintético que contribuirán a la formación y crecimiento de los frutos. El tallo principal presenta una altura variable y un número de nudos entre 14 y 20. La cantidad de nudos producidos a la madurez depende de la latitud, época y densidad de siembra, longitud del ciclo y hábito de crecimiento del cultivar. Las ramas tienen un número menor de nudos que el tallo principal (Baigorri et al., 2000).

Existen tres hábitos de crecimiento: determinado, semideterminado e indeterminado, dependiendo del cultivar. En los determinados, el tallo principal detiene la formación de nudos y crecimiento en altura poco después de iniciada la floración. Los semideterminados, después de la floración, forman un número de nudos intermedio presentando al igual que los determinados un ramillete terminal con numerosas flores. Los cultivares de crecimiento indeterminado,

luego de comenzar la floración continúan la producción de nudos sobre el tallo principal y en consecuencia su altura puede ser considerablemente mayor que la de cultivares determinados de la misma longitud de ciclo y fecha de floración (Baigorri, 2002).

La tasa de incremento en peso seco de la planta, inicialmente es muy lenta pero aumenta gradualmente a través de los estados vegetativos y **R1**, a medida que se desarrollan más hojas y aumenta la cobertura del suelo. Aproximadamente en **R2**, la tasa diaria de acumulación de peso seco por planta entera se hace máxima y casi constante hasta la etapa final de llenado de granos (poco después de R6), momento en el cual comienza a declinar y finalmente se detiene poco después de **R6.5**. Esta acumulación de peso seco ocurre inicialmente en las partes vegetativas de la planta, pero entre **R3 y R5.5** cambia gradualmente a las vainas y las semillas. El rendimiento producido por la planta de soja depende de la tasa y la duración de la acumulación de materia seca (Ritchie et al., 2002).

2.3.3 Influencia de los factores ambientales en el desarrollo y crecimiento

Es necesario caracterizar la influencia de los principales factores ambientales que determinan el desarrollo, crecimiento, generación del potencial de producción y concreción del mismo. Para el cultivo de soja los factores principales son el fotoperíodo y la temperatura. Otros factores que afectan el desarrollo son: la disponibilidad de agua y nitrógeno, calidad de luz, concentración atmosférica de CO₂ y radiación solar.

2.3.3.1 Fotoperíodo

Las hojas son los órganos de la planta en los que se recibe el estímulo fotoperiódico que inicia la transformación de los meristemas vegetativos en

reproductivos. En general los cultivares comerciales de soja pueden recibir el estímulo fotoperiódico cuando las hojas unifoliadas se encuentran totalmente expandidas y están desplegando la primer hoja trifoliada, debido a que en ese estado la planta posee un área foliar suficiente para recibir dicho estímulo. La soja es una especie de días cortos con respuesta cuantitativa. Esto significa que cada cultivar tiene un fotoperíodo crítico, por debajo del cual el período emergencia-floración no ve incrementada su duración por efecto fotoperiódico. Fotoperíodos más largos que el crítico retrasan la floración. El control fotoperiódico en soja ocurre hasta prácticamente la madurez (Baigorri et al., 2000).

Sadras et al. (2000) reconoce la existencia de una “fase juvenil” durante la cual las plantas no responden al fotoperíodo. Al finalizar esa fase juvenil (insensible) las plantas entran en una etapa inductiva, en la cual la iniciación del estado reproductivo se adelanta o se demora de acuerdo a las condiciones fotoperiódicas durante esta fase.

2.3.3.2 Temperatura

Otro factor de fundamental incidencia sobre el desarrollo es la temperatura. La duración de las fases o estados fenológicos medida en días, depende de la temperatura. La tasa de desarrollo aumenta linealmente con temperaturas entre las temperaturas base y óptima, luego declina en el rango entre las temperaturas óptima y máxima. Si la temperatura ambiente es inferior a la temperatura base o superior a la temperatura máxima, el desarrollo prácticamente se detiene. Existen diferencias intraespecíficas, pero un valor promedio de temperatura base para el período siembra-emergencia en soja es de 9,9 °C (Sadras et al., 2000).

Bajo fotoperíodos inductivos los procesos se hacen más lentos con temperaturas sub-óptimas y supra-óptimas. Las temperaturas bajo las cuales el proceso es más rápido varían entre los 26 y 34 °C diurnos y entre 22 y 30 °C nocturnos. Con días largos, la tasa de desarrollo de los órganos reproductivos se vuelve más lenta y las bajas temperaturas disminuyen el número de primordios reproductivos y su tasa de desarrollo, estimulándose el crecimiento vegetativo (Baigorri et al., 2002).

2.3.3.3 Estrés hídrico

Conocer el efecto de las deficiencias hídricas sobre la fisiología de los cultivos permite orientar el manejo para atenuar las pérdidas de rendimiento y calidad causadas por la sequía.

Uno de los factores abióticos más limitantes del rendimiento para la producción de secano es la disponibilidad hídrica. En la medida que se hace un manejo más eficiente del agua (barbecho, siembra directa, etc.), mayor es la expectativa de rendimiento. El estrés hídrico, reduce el número de estructuras reproductivas y modifica la tasa de desarrollo hasta antesis. La magnitud de este efecto varía con el momento, extensión e intensidad del estrés. La deficiencia de nutrientes, humedad u otras condiciones de estrés en general alargan la duración de las etapas vegetativas y acortan la duración de la etapas reproductivas (Baigorri et al., 2002).

Tres características de la sequía determinan sus efectos sobre los cultivos: intensidad, duración y momento de ocurrencia en relación con el estado de desarrollo del cultivo. Existen áreas que se ven frecuentemente afectadas por sequías estivales de duración e intensidad variables. Cuando las deficiencias hídricas son pronunciadas y duraderas, se genera en la planta una situación de estrés hídrico que afecta su normal funcionamiento. En soja, deficiencias

hídricas al comienzo de las etapas reproductivas disminuyen el área foliar y la eficiencia de conversión, aumentan el aborto de estructuras reproductivas. El aborto puede ser compensado total o parcialmente por la fijación de nuevos frutos, más granos por fruto, y/o por la producción de semillas más pesadas una vez aliviado el estrés. Nuevamente, la disminución del tamaño de la fuente fotosintética reduce el rendimiento de la soja en la medida que el cultivo sea afectado en la etapa más crítica posterior a R4. Sequías posteriores a R6 afectan principalmente el peso de los granos, mientras que aquellas que ocurren entre R5 y R6 (llenado temprano) afectan principalmente el número de granos fijados (Andrade et al., 2000).

2.3.4 Período crítico

Durante el ciclo del cultivo de soja, ocurren una serie importante de cambios morfológicos y fisiológicos que conducen a la diferenciación y el establecimiento de los órganos cosechables. Algunos períodos resultan particularmente críticos para la definición del número de granos, el componente que más explica la variación del rendimiento. Las condiciones ambientales que prevalezcan durante el período de crecimiento de vainas resultan relevantes en la definición del rendimiento del cultivo. Asimismo, características como el hábito de crecimiento, la capacidad de ramificación, las jerarquías intra-planta o la superposición de etapas imprime a esta especie una capacidad de reacción frente a condiciones adversas. El conocimiento de este tipo de respuestas permite diseñar estrategias para que aquellos eventos o períodos claves coincidan con las condiciones ambientales más favorables (Andrade et al., 2000).

El ambiente en el cual crece un cultivo ejerce una gran influencia sobre el desarrollo y rendimiento de las plantas. El estrés ambiental ocurrido en cualquier estado de desarrollo reducirá el rendimiento. Factores de estrés como

las deficiencias nutricionales, inadecuada humedad, daño de heladas, granizo, insectos o vuelco, causan las mayores reducciones de rendimiento cuando ocurren entre los estados R4 y poco después de R6. Entre estos estados, el período especialmente sensible al estrés es el comprendido entre R4.5 y R5.5. A medida que el desarrollo de la planta pasa el estado R6, la reducción potencial del rendimiento causada por el estrés decrece gradualmente hasta R7, en el cual el rendimiento ya no es afectado por el estrés. Los rendimientos más altos son obtenidos sólo cuando las condiciones ambientales son favorables en todos estos estados de crecimiento (Ritchie et al., 2002).

En el cultivo de soja, mediante la elección del Grupo de Madurez (GM) y fecha de siembra, es posible variar la longitud del ciclo del cultivo y la ubicación del período crítico. Las características ambientales en las que ocurre el período crítico, son determinantes de la tasa de crecimiento en esa etapa, la cual afecta en forma significativa el rendimiento en grano. En enero y febrero, en general, son los que presentan las mejores condiciones de temperatura y radiación solar para el crecimiento de cultivos de verano. Por otra parte, en dichos meses ocurren las máximas demandas atmosféricas por evapotranspiración y la disponibilidad hídrica es una de las características de mayor importancia en la determinación de la tasa de crecimiento del cultivo. Es posible adoptar diferentes estrategias de elección de GM y fecha de siembra, de acuerdo a las condiciones ambientales esperadas para el crecimiento y desarrollo del cultivo (Giménez, 2005).

Cuadro 3. Ubicación y duración del período crítico (R4-R6), en Paysandú años 03/04 (adaptado de Giménez, 2005).

GM	Ubicación	Duración (días)
Cortos	9/1/04 a 12/3/04	43
Medios	2/2/04 a 27/3/04	48
Largos	19/2/04 a 20/4/04	47

Cabe destacar que este ensayo fue sembrado el 21/10/03 y los GM cortos son III, IV y V cortos; GM medios son V medios, largos y VI; GM largos son VII y VIII.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EXPERIMENTO

3.1.1 Localización

El experimento se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, de la Facultad de Agronomía, en el Departamento de Paysandú, Latitud 32° 20" 57, Longitud 58° 02" 13. El trabajo de campo se realizó entre octubre de 2004 y mayo de 2005.

3.1.2 Suelo y antecedentes de la chacra

El suelo es un Argiudolls Typic (Durán et al., 1999), perteneciente a la Unidad San Manuel, Formación Fray Bentos. El ensayo se ubicó en el potrero 31 perteneciente al área experimental de cereales y cultivos industriales.

La soja de este experimento fue sembrada sobre un raigrás sembrado como cultivo de cobertura de invierno, anteriormente se había sembrado una soja sobre una pradera vieja con más de 5 años.

Tratamientos. El experimento consistió en un factorial de 3 cultivares de soja por 4 períodos de barbecho (aplicación de herbicida total a raigrás 66, 44, 24 y 7 días pre-siembra de soja) dispuestos en parcelas al azar con tres repeticiones. En el cuadro 4 se resumen las características agronómicas de los cultivares utilizados, en el cuadro 5 las fechas de inicio de los períodos de barbecho evaluados.

Cuadro 4. Características agronómicas de los cultivares

Características	Variedades		
	4303	6019	8000
Tipo de Crecimiento	Indeterminado	Determinado	Determinado
Días a Floración	40	69	82
Días a Maduración	133	165	180
Color de Pubescencia	Castaña	Castaña	Gris
Color de Flor	Púrpura	Blanca	Púrpura
Altura de Planta	78	106	118
Tipo de Planta	Compacta Muy Ramificada	Compacta Muy Ramificada	Compacta Muy Ramificada

Fuente: Nidera Semillas (2004)

Cuadro 5. Fechas de inicio de los períodos de barbecho

Fecha de aplicación de glifosato	Días hasta la siembra	Período de Barbecho
23 de agosto	66	60
14 de setiembre	44	40
4 de octubre	24	20
21 de octubre	7	0

3.1.3 Siembra

Se sembró el 28 de octubre de 2004 con 3 variedades de distintos grupos de madurez.

Para la siembra se utilizó una sembradora Semeato SHM-11 de siembra directa con 5 hileras a 52 cm de distancia. La semilla fue inoculada y curada, sembrada con una densidad de 28 semillas por metro lineal a una profundidad aproximada de 3,5 cm.

3.1.4 Manejo del experimento

Para iniciar los barbechos se utilizaron 3,8 kg ha^{-1} de glifosato en los momentos correspondientes al inicio de cada período de barbecho.

La siembra se realizó el 28 de octubre de 2004.

Luego de la siembra se hicieron aplicaciones periódicas de glifosato para el control de malezas, cuando fue necesario.

También se hicieron aplicaciones de insecticidas en diferentes momentos para controlar *Epinotia aporema*, Lagartas (*Anticarsia gemmatalis* y *Rachiplusia nu*) y Chinchas (*Piezodorus guildinii*).

Para controlar enfermedades de fin de ciclo se realizó una aplicación preventiva de fungicida.

El valor mínimo determinado de fósforo en el suelo a la siembra fue superior a 11ppm, por lo que no fue necesario corregir su disponibilidad con el agregado de fertilizante (Modelo de Facultad de Agronomía, 1998). Por tratarse de una leguminosa, no se corrigió la disponibilidad de N a la siembra.

3.1.5 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques en parcelas al azar con tres repeticiones. Cada bloque estaba compuesto por 12 parcelas de 64 m² (3,2 x 20 m) cada una.

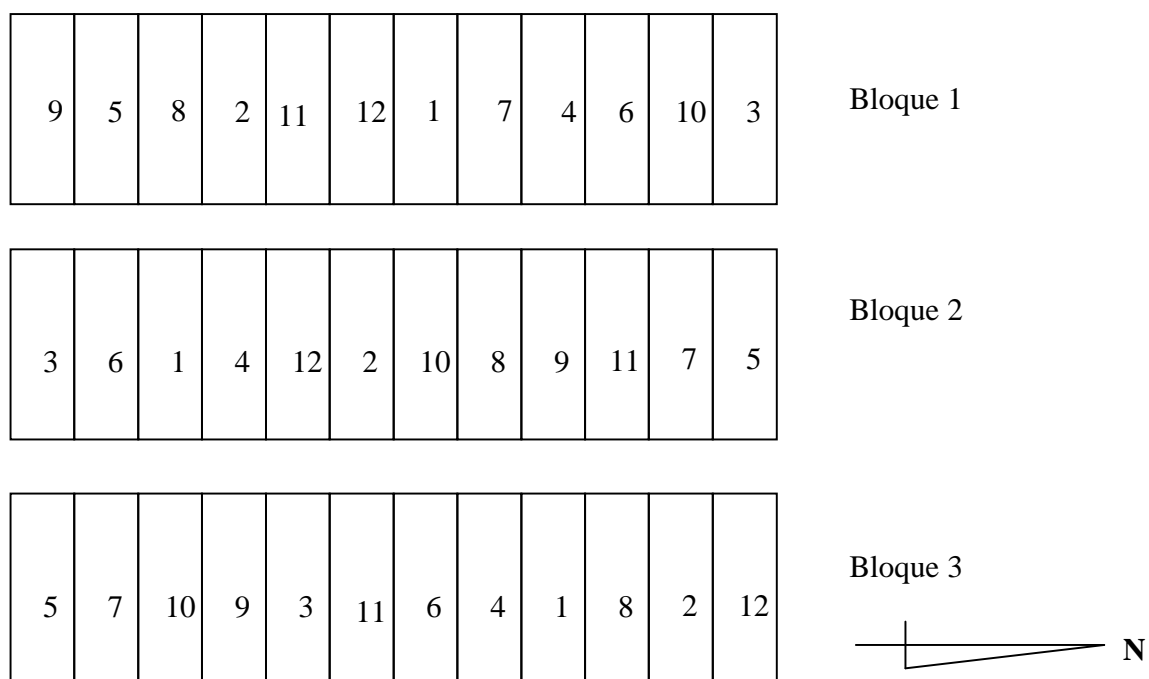


Figura 2. Croquis del experimento

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Barbecho	GM
1	60	IV
2	40	IV
3	20	IV
4	0	Testigo
5	60	VI
6	40	VI
7	20	VI
8	0	VI
9	60	VIII
10	40	VIII
11	20	VIII
12	0	VIII

3.2 DETERMINACIONES

3.2.1 A nivel de suelo

Desde que se inició el período de barbecho en cada tratamiento y durante el ciclo del cultivo se llevaron a cabo varias mediciones que serán explicadas a continuación:

Humedad gravimétrica, a la siembra se midió en los primeros 5 cm de profundidad con un calador de 2 cm de diámetro. Desde el inicio de cada barbecho y durante el desarrollo del cultivo se medía la evolución de la humedad en suelo de 0 a 70 cm de profundidad por medio de un calador hidráulico (las dimensiones del calador es de 18 x 100 mm). Las muestras tomadas se fraccionaban de 0 a 10, 10 a 20, 20 a 35, 35 a 50 y 50 a 70 cm, luego se pesaban en condiciones frescas (PF), se secaban en estufa a 105 °C durante 48 hs y se volvían a pesar (PS).

$$\text{Humedad Gravimétrica (\%)} = (\text{PF-PS})/\text{PS} \times 100$$

También se llevó a cabo la medición de la humedad en suelo por medio de una sonda de neutrones en un perfil de 0 a 70 cm a profundidades de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 cm. Esta medición se hizo colocando tubos de aluminio en el suelo por los cuales se bajaba la sonda hasta las distintas profundidades en los momentos de medir la humedad. La medición de la humedad de esta manera se realizó en 4 tratamientos (2, 4, 6 y 8).

Descripción de la sonda, modelo 503DR HYDROPROBE mide la humedad bajo la superficie de suelos y otros materiales usando una sonda que en su interior contiene una fuente de neutrones de alta energía y un detector de neutrones termalizados (desacelerados). La sonda es introducida dentro de un agujero previamente perforado y reforzado de 1,5 a 2 pulgadas de diámetro. Los átomos de hidrógeno presentes en el agua del suelo desaceleran los neutrones que chocan con ellos, lo cual permite que estos neutrones sean detectados. El valor de humedad es mostrado directamente, en las unidades de interés en un panel electrónico.

Describiendo el funcionamiento de la sonda, la misma utiliza la radiación emitida por una fuente radioactiva apropiadamente blindada (Americium-241/Beryllium, emisor de neutrones para medidas de humedad). Para determinar el contenido de humedad en el suelo, la fuente de Am-241/Be en el extremo de la sonda emite neutrones en el subsuelo bajo estudio. Los neutrones de alta energía emitidos se desaceleran por colisión con los átomos de hidrógeno del agua contenida en el material, y se convierten en neutrones de baja energía (termalizados ó desacelerados). Solo los neutrones de baja energía son vistos por el detector de Helio de que va provista la sonda, por lo que un material húmedo dará un conteo alto en un tiempo de prueba determinado, debido a su alto contenido en átomos de hidrógeno; un material

seco producirá un conteo bajo en el mismo período, dado que teniendo menor número de átomos de hidrógeno el número de neutrones desacelerados de baja energía será menor.

Cobertura Vegetal, se determinó el día de siembra (28/10/04) mediante una cuadrícula de 20 x 20 cm que estaba subdividida, donde se observa las proporciones de suelo cubierto y desnudo. Se hacían dos lecturas de cuadrícula por parcela.

Contenido de Materia Seca, se midió cortando la materia seca de una cuadrícula de 30 x 30 cm, el material cortado fue secado en estufa a 60 °C durante 48 horas y se pesó seco. Se realizaron 3 cortes por parcela al momento de la siembra (28/10/04).

Disponibilidad de nutrientes a la siembra, se realizó un análisis previo a la siembra de N-NO₃⁻ y P (Bray N°1) en suelo, tomando una muestra compuesta de 5 submuestras extraídas con un calador de 2 cm de diámetro y 20 cm de profundidad por parcela.

3.2.2 A nivel de planta

Implantación, se realizó un conteo de plantas en 2 m fijos por parcela en la hilera del medio de cada parcela. La determinación se realizó cada 2 días desde la emergencia hasta que se estabilizó el número de plantas por metro.

Conteo de Nódulos, el 15/11/04 se extrajeron 2 plantas por parcela (sólo para ciclo intermedio, tratamientos 5, 6, 7 y 8) con palas, tratando de sacar el sistema radicular imperturbado al menos en los primeros 20 cm. Las muestras se llevaron a laboratorio siendo colocadas en tachos con agua para separar la tierra de las raíces, quedando los nódulos adheridos a las raíces. Se

contabilizó el número y peso de nódulos en la raíz principal y secundarias por planta.

Fenología del cultivo y altura de planta, se determinó durante todo el desarrollo del cultivo en 10 plantas consecutivas por parcela el mismo sitio que se determinó la medición de la altura de planta, utilizando la escala propuesta por Fehr y Caviness (1971). Se realizó una vez por semana en los primeros 40 días y luego cada 3-4 días hasta la madurez fisiológica.

IAF, se realizaron las mediciones con un bastón digital (MODELO LAI-2000 –Plant Canopy Analyser) en todas las parcelas. En cada parcela se tomaron 2 medidas en diferentes momentos de desarrollo del cultivo (13/01/05, 29/01/05, 10/02/05, 23/02/05 y 11/03/05).

Temperatura de Hoja, la misma se realizó en todas las parcelas, y para la determinación de la misma se midió la temperatura de la hoja de cinco plantas por parcela. Para la medición de la misma se utilizó un Termómetro Infrarrojo UEI modelo INF-150.

Cosecha, se realizó en etapas de acuerdo a la maduración de los diferentes cultivares, tratando de que no se produzca desgrane y no cosechar material verde. Se utilizó una segadora AGRIA-WERKE D-7108, al ras del suelo cortando 3 surcos y 10 metros de largo por parcela para determinar el rendimiento por hectárea. Se analizó estadísticamente tomando dos grupos de datos: por un lado los 4 períodos de barbecho (60, 40, 20 y 0 días) de los grupos de madurez VI y VIII; por otro lado los tres grupos de madurez (IV, VI y VIII) con tres períodos de barbecho (60, 40 y 20 días).

Componentes del rendimiento. Se tomaron 2 metros lineales (representativos de la parcela) donde se midió la altura de inserción de la 1ª vaina. Las plantas de esos 2 metros fueron cortadas y llevadas a laboratorio para realizar la determinación de los componentes de rendimiento:

- _ Número de vainas por planta.
- _ Número de vainas de 0,1, 2 y 3 granos.
- _ Número de granos en vainas de 1, 2 y 3 granos.
- _ Número de granos sanos y dañados.
- _ Peso de 1.000 granos.
- _ Número de nudos y de ramas en el tallo principal.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

En la figura 1 se comparan las medias mensuales de temperatura para el período en que se realizó el experimento (04/05) y las medias mensuales de una serie de años desde 1964 hasta 1995. No existieron grandes diferencias en las temperaturas del período bajo estudio y la media de la serie histórica. Si bien en diciembre-enero fueron levemente superiores y en marzo-abril inferiores a la media histórica analizada, estas diferencias no son de mayor importancia.

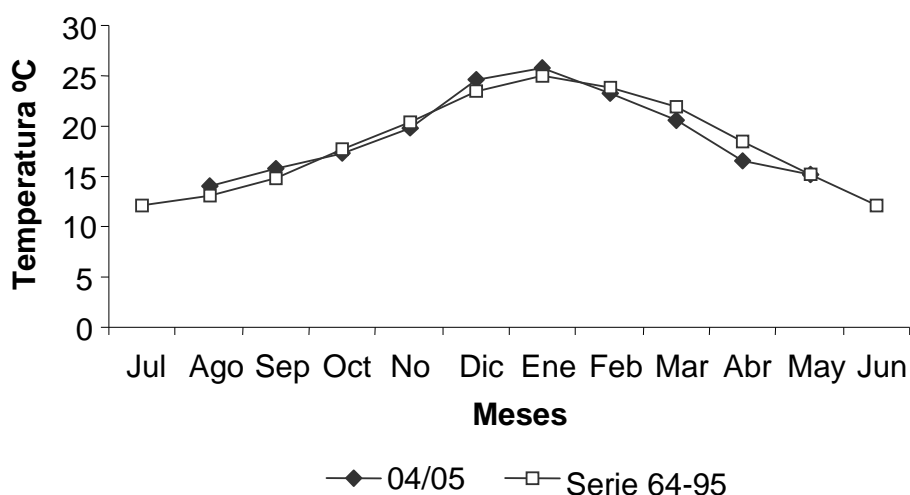


Figura 3. Comparación de temperaturas medias mensuales del período en estudio (04/05) con una serie histórica de 1964 a 1995.

Las precipitaciones medias mensuales durante el experimento (desde el inicio del primer barbecho y hasta el momento de cosecha del ciclo largo), también fueron comparadas con las precipitaciones promedio del mismo período de tiempo para la serie histórica desde 1964 hasta 1995 (figura 4).

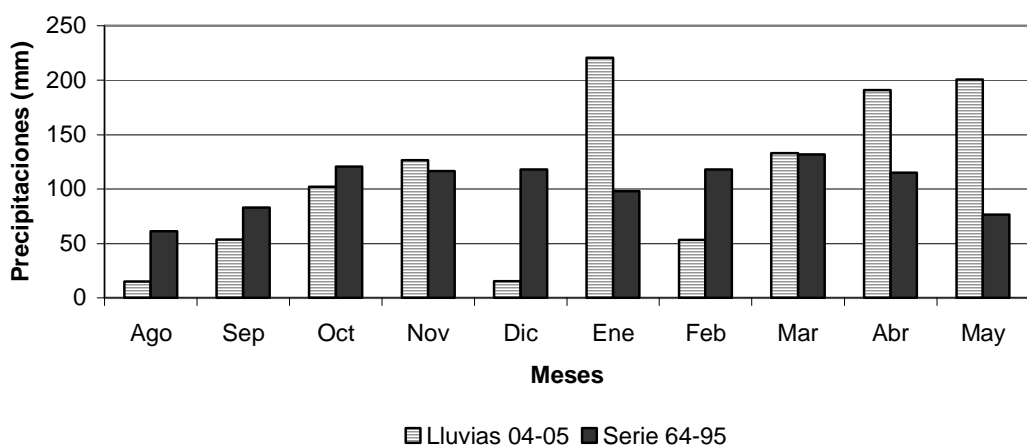


Figura 4. Comparación de precipitaciones medias mensuales del período en estudio (04/05) con una serie histórica de 1964 a 1995.

En los primeros meses (de agosto a diciembre) las precipitaciones fueron menores que la media de la serie (187 mm menos), marcándose mucho más esta diferencia en el mes de diciembre. En el mes de enero se registró un pico de precipitaciones, luego disminuyó en febrero nuevamente por debajo de la media histórica. Después de febrero, las precipitaciones aumentaron hasta igualar la media histórica, en abril y mayo fueron muy superiores a la media.

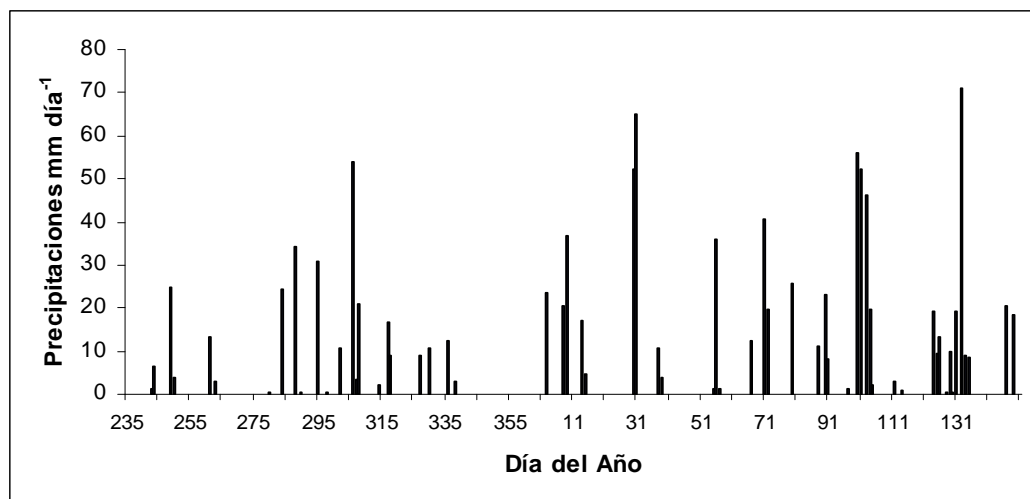
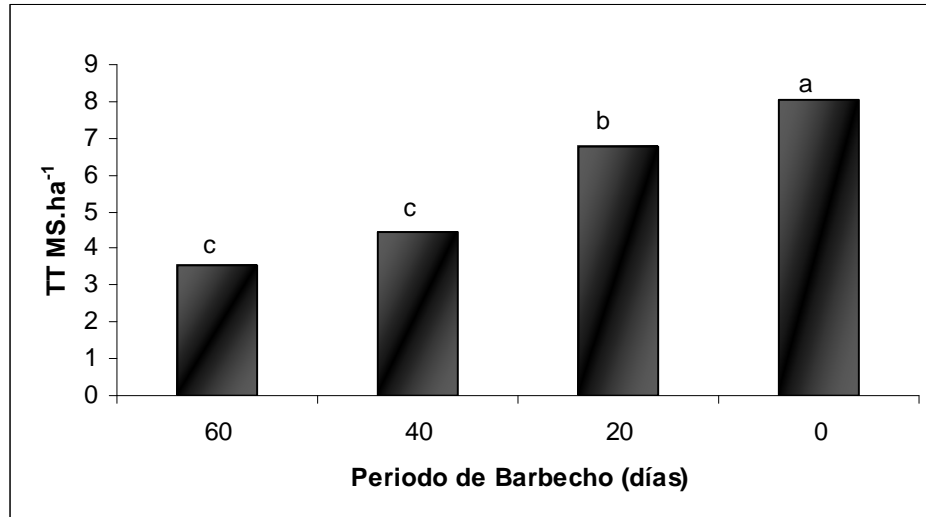


Figura 5. Precipitaciones diarias durante el período del experimento.

Se debe aclarar que en el pico de enero las precipitaciones se registraron en los últimos días del mes, llegando a 118 mm entre el 30 y 31 de enero (figura 5).

4.2 PRODUCCIÓN DE BIOMASA DEL CULTIVO DE COBERTURA

La cobertura de raigrás anual, además de ser una especie forrajera de alta productividad que se comporta muy bien en la estación fría como sostienen Sattell et al. (1998), Hannaway et al. (1999); estuvo expuesta a condiciones ambientales adecuadas para su crecimiento, desde mediados de abril hasta los momentos en que se realizó el control químico (DDA 240, 260, 280 y 300). Esto determinó que los rendimientos de materia seca de la cobertura fueran altos (figura 6), comparables a los rendimientos de 7,4 tt MS ha⁻¹ reportados por García (2003) para un año considerado bueno.



Diferencia mínima significativa ($DMS_{(0,10)}=1750$)

Figura 6. Producción de MS de la cobertura de raigrás anual según momento de control.

Los tratamientos con más días de barbecho (60 y 40) no presentaron diferencias significativas entre sí, en la producción de materia seca de raigrás obteniendo las menores producciones (3,2 y 4,0 tt MS ha⁻¹ respectivamente). Las situaciones de 20 días de barbecho se diferenciaron significativamente de las anteriores presentando un comportamiento intermedio en cuanto a la producción de materia seca (6,1 tt MS ha⁻¹). La mayor producción de materia seca (7,3 tt MS ha⁻¹) fue alcanzada por la cobertura de 0 días de barbecho, ya que fue la que tuvo más días de crecimiento. La biomasa del raigrás anual se incrementó a medida que el control fue retrasado. Estas diferencias en producción de materia seca se deben a que entre que se inician los primeros barbechos y la siembra, se dan las máximas tasas de crecimiento reportadas para esta especie (García, 2003). Durante los meses de agosto y setiembre cada día más que se permita crecer a la cobertura significan 0,051 tt MS ha⁻¹ más de rendimiento. En la literatura se encuentran resultados similares,

indicando que el control más temprano siempre dio lugar a una producción más baja de biomasa que el control tardío (Westgate et al., 2005).

Las diferencias en cantidad de rastrojo a la siembra ($P < 0,10$) están dadas principalmente por dos factores: el estado fenológico del raigrás al momento de aplicado el glifosato en los distintos tratamientos (diferentes relaciones C/N) y el tiempo transcurrido desde la aplicación de glifosato hasta la siembra, lo que determinó una mayor descomposición del rastrojo en los tratamientos con más tiempo de barbecho. Los barbechos más largos tuvieron más tiempo para descomponer menos kilos de una biomasa con relación C/N más baja.

4.3 NUTRIENTES EN SUELO

Como se observa en el Cuadro 7, los tratamientos que presentaron los mayores niveles de nitratos en los primeros 20 cm fueron aquellos que tuvieron el período de barbecho más largo (40 y 60 días). Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Ranells y Waggar (1996), donde los residuos de los cultivos de cobertura han demostrado que pueden afectar la disponibilidad de N en suelo para el cultivo siguiente, causando un riesgo de inmovilización a corto plazo de N debido al alto cociente de C/N.

Cuadro 7. Concentración de nitratos en suelo de 0 a 20 cm de profundidad a la siembra (DDA 300) y en V2 (DDA 336).

DDA	300	336
Período de Barbecho	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻
	----- ppm -----	
60	13.2 a	24.6 a
40	6.1 b	18.2 ab
20	3.3 c	10.8 c
0	2.3 d	13.2 bc

Luego se libera rápidamente a fines del barbecho quedando disponible para el cultivo. Estos procesos se modifican en función de factores ambientales como la temperatura, humedad y ubicación del rastrojo (Ormeño et al., 2001). Los mayores niveles de nitrógeno en los tratamientos con períodos de barbecho más largo son explicados por un mayor tiempo de descomposición de los residuos presentes en los mismos, por lo cual presentaron un mayor grado de mineralización y mayor concentración del mismo en el suelo al momento de la siembra, manteniéndose esta misma tendencia en el muestreo realizado en DDA 336 ($P < 0,10$).

4.4 AGUA DISPONIBLE DEL SUELO DURANTE LOS PERÍODOS DE BARBECHO

El agua disponible del suelo depende de factores climáticos y de la capacidad del suelo para almacenarla y liberarla. La disponibilidad está dada por el balance final entre las precipitaciones recibidas, el agua evaporada desde el suelo y los vegetales; el agua infiltrada en el suelo y la que escurre en forma superficial y profunda. Este balance está determinado principalmente por la evapotranspiración potencial y real, y el exceso y déficit de agua (Letey, 1985).

Al iniciar el tratamiento de período de barbecho de 60 días (DDA 240), todos los tratamientos estaban en las mismas condiciones. En todos estaba creciendo la misma cobertura de raigrás que fue sembrada en la misma fecha (15/05/04). Teniendo en cuenta esto, no era de esperar que el Agua Disponible en suelo fuera diferente para algún tratamiento (Figura 7). En el total del perfil estudiado (0 a 70 cm de profundidad) había en promedio 93 mm de AD.

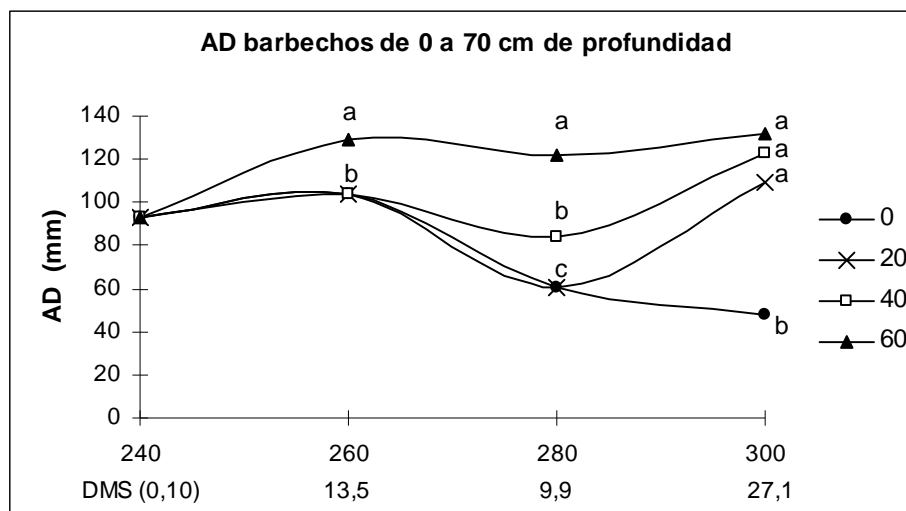


Figura 7. Contenido de Agua Disponible total del perfil de 0 a 70 cm de profundidad durante los períodos de barbecho (Ver análisis estadístico en ANEXO1).

El DDA 260 el tratamiento de 60 días tenía la cobertura de raigrás muerta por el herbicida desde 20 días atrás, de esta forma pudo comenzar a recargar el perfil pasando a tener 129 mm de AD. Por el contrario, en los demás tratamientos (40, 20 y 0 días) la cobertura tuvo 20 días más de crecimiento y consumo de agua, lo que determinó que el suelo tuviera 104 mm de AD. Durante ese periodo las precipitaciones alcanzaron los 36,6 mm, por lo que en el balance entre agua consumida por la cobertura y el agua aportada por la lluvia fue positivo como lo muestra el incremento de agua disponible (de 93 a 104 mm). Durante esos 20 días (240 a 260), el consumo promedio de agua por la cobertura fue de 1,25 mm día⁻¹.

Cuando se inició el barbecho de 20 días (DDA 280), el mayor contenido de AD lo seguía teniendo el tratamiento de 60 días con 122 mm, que en ese momento llevaba 40 días sin crecimiento vegetal. El de 40 días, llevaba 20 días sin crecimiento de la cobertura y tenía 84 mm de AD. En cambio, los tratamientos de 20 y 0 días aún tenían el raigrás consumiendo agua, por esto

presentaron el menor contenido de AD (60 mm). Durante los 20 días que van del DDA 260 a 280 el consumo promedio de agua del suelo por la cobertura fue de 2,2 mm día⁻¹.

El día de la siembra de soja (DDA 300), los tratamientos que presentaron más AD acumulada en el total del perfil de 0 a 70 cm de profundidad fueron el de 60, 40 y 20 días de barbecho (132, 122 y 109 mm respectivamente), no existiendo diferencias significativas entre los mismos. Esto se debió a que no hubo pérdidas de agua por consumo de la cobertura, permitiendo una mayor recarga producida por las precipitaciones en el período de 20 días antes de la siembra (60 mm). El caso en que se mantuvo creciendo la cobertura de raigrás hasta el día de la siembra (tratamiento 0 días), presentó la menor cantidad de AD en el total del perfil (48 mm), difiriendo significativamente ($P < 0,10$) con los tres restantes períodos de barbecho. De acuerdo con Corak et al. (1991), Stute et al. (1995), una desventaja importante de la utilización de cultivos de cobertura es el uso del agua, ya que si no existe recarga del perfil durante el período de barbecho posterior el cultivo de cobertura, podría transformarse en una limitante para el cultivo de soja.

Cuadro 8. Precipitaciones acumuladas en cada período de barbecho.

Período de Barbecho	PP Acumuladas (mm)
60	113,4
40	77,0
20	59,8
0	0

Las precipitaciones acumuladas desde la aplicación del control químico a la cobertura, fueron mayores en los tratamientos con más días de barbecho y menores en los barbechos cortos. Esto determinó que la recarga fuera mayor en los barbechos largos y menor en los cortos. Sin embargo, en la mejor

situación de recarga, con más mm de precipitaciones acumuladas (113,4 mm) y más días sin crecimiento ni consumo de agua por el raigrás (60 días) no fue suficiente para recargar totalmente el perfil de AD. En este caso la recarga fue del 88 % del potencial de AD (150 mm de 0 a 70 cm de profundidad) del suelo en estudio. Cabe mencionar que en el tratamiento cero día de barbecho, las precipitaciones fueron 113.4 mm (DDA 240 a DDA 300) y el AD pasó de 93 a 48 mm, por lo que se puede considerar que el consumo de agua por la cobertura fue de 158 mm de agua en el período mencionado. Esto supone un gasto promedio de 2.65 mm por día del cultivo de cobertura.

Las pérdidas de agua se pueden producir directamente a través de la evaporación desde el perfil, o indirectamente, a través de la extracción de los cultivos. Cuando los rastrojos permanecen en la superficie, disminuye principalmente la primera. Los barbechos que mantuvieron más kilos de materia seca en superficie al momento de la siembra, también tuvieron el menor contenido de agua disponible. En este caso los tratamientos intermedios (40 y 20 días) obtuvieron una cantidad de materia seca de la cobertura adecuada, sin llegar a ser la máxima y el contenido de agua disponible al día de la siembra fue muy similar a la mejor situación (60 días). La situación de 60 días de barbecho llegó a la siembra con la máxima cantidad de AD (132 mm), el menor contenido de materia seca de raigrás (3,2 tt MS ha⁻¹) y la mayor cantidad de precipitaciones acumuladas (113,4 mm). Por tener la menor cantidad de materia seca en superficie, este tratamiento debe haber presentado la máxima evaporación de agua del suelo; sin embargo al momento de la siembra tenía la mayor cantidad de agua disponible del suelo (0 a 70 cm de profundidad). Se debería deducir, que la materia seca producida en este caso por la cobertura (3,2 tt MS ha⁻¹) fue suficiente para favorecer la entrada del agua de las precipitaciones y reducir las pérdidas, al menos hasta el momento de la siembra.

Al incrementar la cantidad de residuo en superficie se reduce la tasa de evaporación y aumenta la duración de esta fase, resultando en una menor pérdida de agua en esta etapa (Bond y Willys 1969, 1970). Hoefler et al. (1981) el efecto de los residuos vegetales de la cobertura en humedad del suelo, se produce principalmente a través del balance de agua. (Mannering y Meyer 1963, Greb et al. 1967, 1970, Blevins et al. 1971, Unger et al. 1971, Lal 1976, Unger y Wiese 1979) estos autores sostienen que además de disminuir las pérdidas por evaporación, los residuos de la cobertura en superficie favorecen las entradas de agua en el suelo aumentando la infiltración y reduciendo el escurrimiento.

Para las condiciones de este experimento en particular y hasta el momento de la siembra, parece ser más importante la ausencia del cultivo de cobertura consumiendo el agua del suelo que los efectos benéficos del residuo en superficie para lograr obtener la mayor cantidad de agua disponible.

4.4.1 Análisis del AD en las diferentes profundidades del perfil

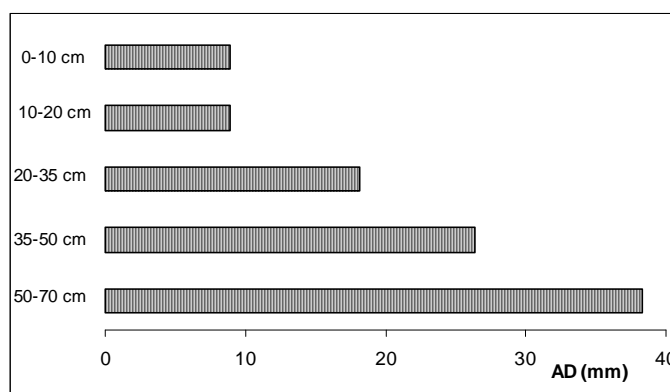


Figura 8. Contenido de Agua Disponible del suelo, de 0 a 70 cm de profundidad al inicio del PB 60 días, DDA 240.

El contenido de AD presentado en la figura 8 muestra la situación de inicio del experimento en el DDA 240.

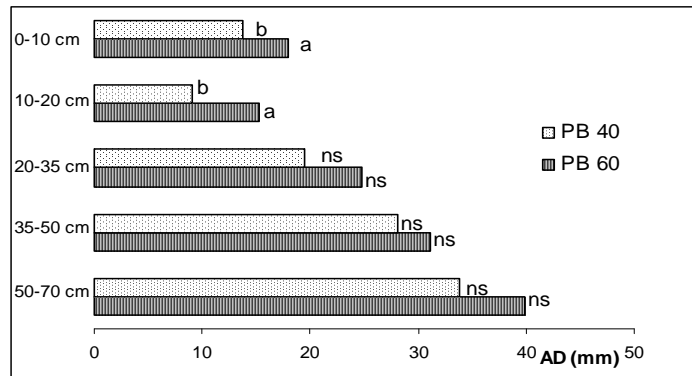


Figura 9. Contenido de Agua Disponible del suelo, de 0 a 70 cm de profundidad al inicio del PB 40 días, DDA 260 (Ver ANEXO 2).

El contenido de AD de los primeros dos estratos es significativamente mayor en el período de barbecho de 60 días frente al de 40 (figura 9), Entre el DDA 240 y 260, las precipitaciones fueron de 36,6 mm, apareciendo el agua acumulada por el tratamiento de 60 días de 0 a 20 cm de profundidad del perfil. En los siguientes estratos de 20 a 70 cm el período de barbecho de 60 días tiene un contenido de AD levemente superior al de 40 de 14,5 mm que estaría dado por el consumo de agua por parte de la cobertura, no siendo significativas las diferencias ($P < 0,10$).

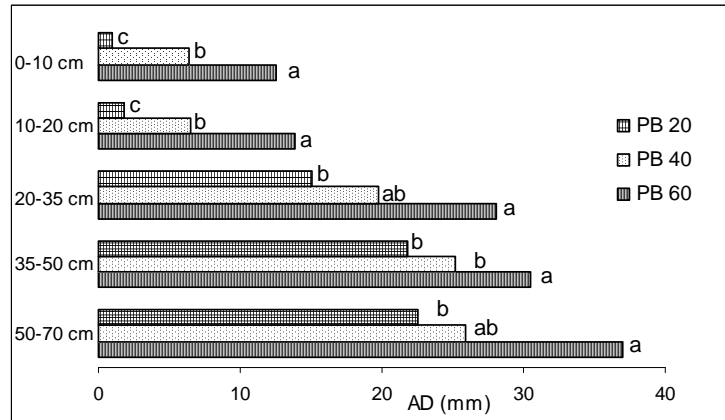


Figura 10. Contenido de Agua Disponible del suelo, de 0 a 70 cm de profundidad al inicio del PB 20 días, DDA 280 (Ver ANEXO 2).

En este momento el contenido de AD fue significativamente diferente en los distintos períodos de barbecho, registrándose 17,2 mm de lluvias en el período entre DDA 260 y 280, esta diferencia es más notoria en los dos primeros estratos del perfil del suelo (0 a 10 y 10 a 20 cm) (Fig. 8). Habiendo una diferencia de 23,5 mm de AD entre el PB 0 y 60 en los dos primeros estratos (0 a 20 cm) y de 36,2 mm en los siguientes estratos (20 a 70 cm).

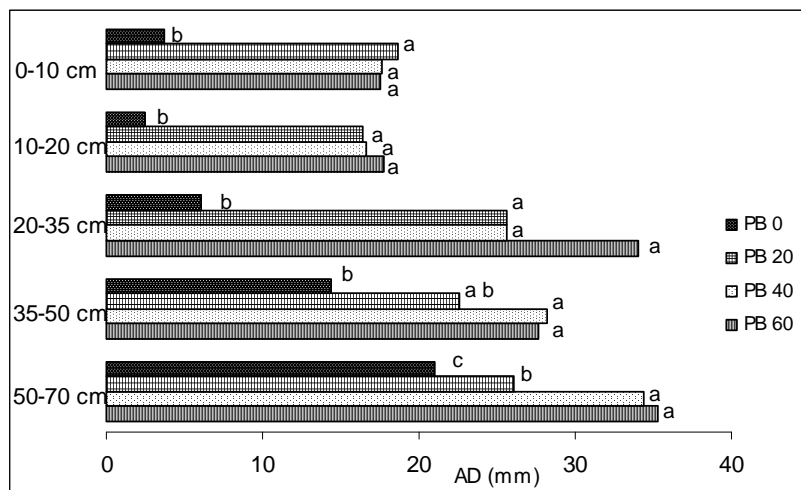


Figura 11. Contenido de Agua Disponible del suelo, de 0 a 70 cm de profundidad el día de siembra, DDA 300 (Ver ANEXO 2).

Entre el período 280 al 300 DDA se registraron precipitaciones de 59,8 mm, al momento de la siembra (DDA 300) el contenido de AD en los estratos de 0 a 35 cm de profundidad fue significativamente igual para los períodos de barbecho de 20, 40 y 60 días; y mayor al de 0 días, como la cobertura siguió creciendo provocando una disminución de agua disponible en los primeros estratos (figura 11). En los dos estratos inferiores (35 a 50 y 50 a 70 cm) el contenido de AD de los períodos de barbecho de 40 y 60 días fue igual entre ellos y superiores a los períodos de barbecho de 20 y 0 días. Estas diferencias fueron significativas ($P < 0,10$).

Al igual que lo reportado por Eckert (1988), los incrementos en la acumulación de biomasa de raigrás pueden resultar en una disminución en el contenido de agua del suelo, dado por el atraso del inicio del barbecho, lo que puede provocar un pobre establecimiento y crecimiento de la soja.

4.5 ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

4.5.1 Implantación

En el Cuadro 3 se presentan las densidades de plantas alcanzadas por los distintos grupos de madurez, altura y fenología según los distintos períodos de barbecho en DDA 328.

Cuadro 9. Densidades de plantas alcanzadas por los distintos grupos de madurez, altura y fenología según los distintos períodos de barbecho en DDA 328.

GM	Período de Barbecho	Densidad de Soja ^a	Altura ^a	Fenología ^a
	—DIAS—	—plantas m ² —	—cm—	
IV	60	30,8	6,1	1,6
	40	36,8	7,8	1,9
	20	39,0	8,8	1,7
	0	-	-	-
VI	60	26,8	7,4	1,8
	40	29,0	7,9	1,7
	20	30,6	11,0	1,8
	0	28,8	13,0	1,3
VIII	60	24,0	7,0	2,0
	40	32,6	8,0	1,9
	20	32,0	12,0	1,9
	0	26,2	12,0	1,7
<i>DMS (0.10)</i>				
<i>(TD × MG)</i>		8,4	2,1	0,3

^a DDA 328

Se observaron diferencias significativas ($P < 0,10$) en la altura de planta en los GM VI y VIII presentando una interacción con los períodos de barbecho (cuadro 9). En los barbechos cortos (0 y 20 días) la altura de planta fue mayor a causa de la intercepción de luz que realizan los residuos de la cobertura. Esta interacción se vió marcadamente en los grupos VI y VIII donde en promedio fue unos 4-4,5 cm más alto en los barbechos donde había más % de residuos en el

suelo. Hovermale et al. (1979) estudiando la respuesta de la soja a diferentes cantidades de residuos en superficie encontraron diferencias en la altura de planta de hasta 20 cm. Al aumentar el volumen de rastrojo disminuye la cantidad de radiación incidente que puede alcanzar la superficie del suelo (Tanner et al. 1990, Shen et al. 1990), lo que provoca que las plantas deban tener mayor altura para lograr captar la radiación.

En la fenología de los diferentes períodos de barbecho presentaron diferencias en los GM VI y VIII para los PB 60 y 0, habiendo un crecimiento más rápido, estado fenológico más avanzado, en el PB 60 que el PB 0, coincidiendo con Eckert (1988).

La deficiencia de nutrientes, humedad u otras condiciones de estrés en general alargan la duración de las etapas vegetativas y acortan la duración de la etapas reproductivas (Baigorri et al., 2002). Teniendo en cuenta esto, que el barbecho de 60 días tuvo más agua disponible en suelo que el de 0 días durante esta etapa inicial y que las precipitaciones recibidas fueron las mismas; resulta razonable que el que tuvo menos agua disponible (0 días) sea el que presentó estados fenológicos mas retrasados.

4.5.2 Nodulación

Las raíces de la soja normalmente son infectadas por la bacteria *Bradyrhizobium japonicum* que causa la formación de nódulos. Millones de estas bacterias se encuentran dentro de cada uno de éstos nódulos y proveen una buena parte del nitrógeno requerido por la planta de soja por el proceso de fijación biológica de nitrógeno (Ritchie et al., 2002). Para que esto ocurra deben estar presentes la bacteria y la planta, el proceso se ve favorecido por bajos niveles de nitratos en suelo.

Cuadro 10. Número y peso de nódulos en las raíces de soja en V2 (Ver ANEXO 3).

	Periodo de Barbecho			
	60	40	20	0
Promedio de N° nódulos Rp	11	15,17	19,83	20,50
Promedio de Peso gr. RP	0,11	0,20	0,15	0,27
Promedio de N° nódulos en Rs	31,50	53,17	30,33	35,00
Promedio de Peso gr. RS	0,22	0,28	0,17	0,18

Referencia: Rp o RP: Raíz primaria; Rs o RS: Raíz Secundaria

En el cuadro 10 se observan los valores del número y peso de nódulos por planta para los diferentes períodos de barbecho del GM VI. Las diferencias existentes entre los diferentes entre los períodos de barbecho no fueron significativas ($P < 0,10$).

Se esperaba que los tratamientos de período de barbecho más largo, como tuvieron mayor contenido de nitratos en suelo (DDA 300 y 336), presentaran menos cantidad de nódulos radiculares o que los mismos fueran de menor peso.

4.6 CRECIMIENTO Y DESARROLLO

4.6.1 Índice de área foliar

El índice de área foliar de la soja no presentó diferencias significativas ($P < 0,10$) entre los períodos de barbecho (datos no mostrados).

En algunos momentos (figura 12) se observaron diferencias significativas en el índice de área foliar entre los distintos GM, como era esperable teniendo en cuenta las diferencias genotípicas de los GM.

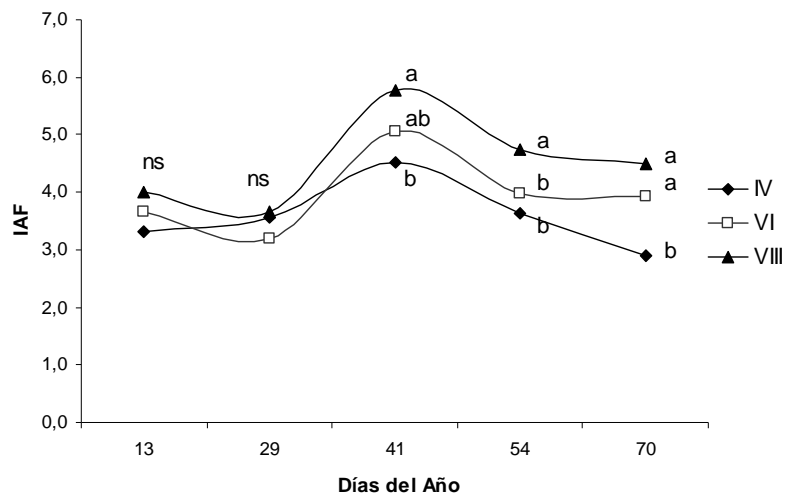


Figura 12. Evolución del índice área foliar a lo largo del desarrollo de los diferentes GM (promedio de barbecho, ver ANEXO 4).

El máximo IAF medido en los tres GM ocurrió el DDA 41, en ese momento el estado fenológico fue el siguiente: GM IV (R 4), GM VI (R 3) y GM VIII (R1).

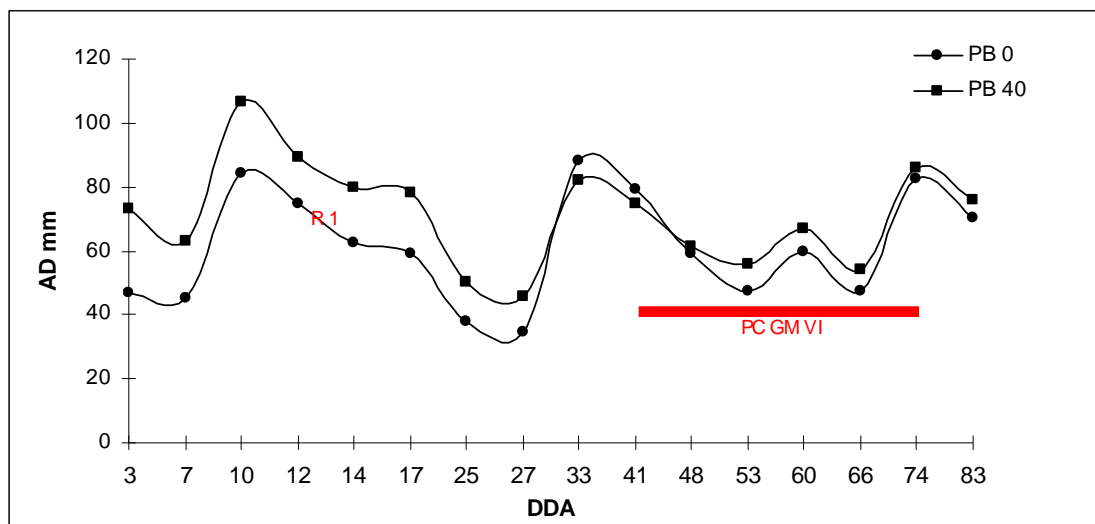
Baigorri et al. (2002) el crecimiento en altura cesa cuando entra en floración se diferencia entre los diferentes GM dado por la diferencia de hábitos de crecimiento donde el GM determinado cesa más temprano.

4.6.2 Agua disponible en el suelo

El contenido de agua disponible en los primeros estadios de la soja, no presentó diferencias significativas ($P < 0,10$) en los diferentes períodos de barbecho (datos no presentados) dado por la recarga del perfil los días previos a la siembra y luego de la siembra.

En los estadios avanzados de la soja, el contenido de agua disponible en el suelo del GM VI para los períodos de barbecho de 0 y 40 días, mostró algunas diferencias que no llegan a ser estadísticamente significativas ($P < 0,10$)

(figura 13). De todas formas, el PB 40 días siempre mantuvo una leve cantidad de AD superior al de 0 días, esta diferencia fue más notoria hasta el DDA 27.



PC = Período Crítico.

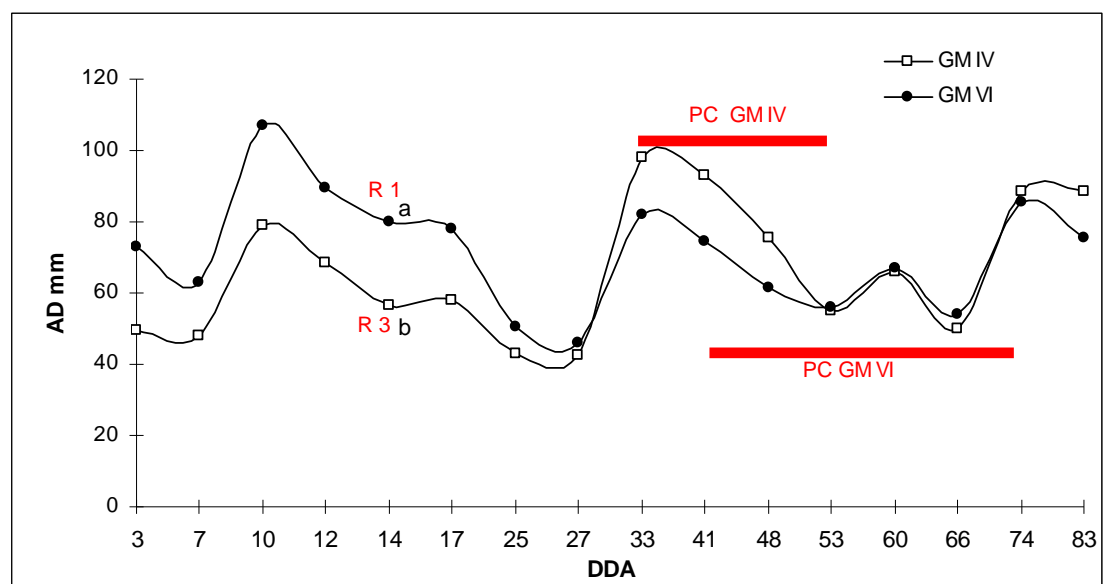
Figura 13. Contenido de Agua Disponible en suelo de 0 a 70 cm de profundidad del GM VI para los períodos de barbecho de 0 y 40 días (ver ANEXO 5).

Como se describió anteriormente el día de la siembra (DDA 300) el tratamiento de 40 días de barbecho tenía 122 mm de AD en el perfil de 0 a 70 cm de profundidad y 4tt ha^{-1} de materia seca de la cobertura de raigrás; mientras que el tratamiento de 0 días sólo tenía 48 mm de AD y $7,3\text{tt ha}^{-1}$ de materia seca. El mayor contenido de materia seca y menor contenido de agua, es debido al crecimiento de la cobertura durante 20 días más, se logra en base al consumo de agua del suelo.

El día 3 (figura 13), el tratamiento de 40 días de barbecho tenía 26 mm de AD en suelo más que el tratamiento de 0 días. Las precipitaciones acumuladas durante el período de DDA 300 a 3 fueron de 176,4 mm.

Cuando analizamos el contenido de AD en el perfil de 0 a 70 cm de profundidad (figura 14) para un mismo período de barbecho (40 días) y dos GM

(IV y VI); observamos que desde el inicio del análisis hasta el DDA 27 el GM VI tuvo mayor contenido de AD que el GM IV, estas diferencias fueron significativas solamente el DDA 17 ($P < 0,10$). Luego, entre los DDA 33 y 53 la situación se invierte teniendo mayor contenido de AD el GM IV, no siendo significativas estas diferencias. Como era de esperar, se evidencia un mayor consumo temprano de AD por parte del GM IV hasta DDA 27. Debido a que su ciclo es más corto, el desarrollo radicular probablemente ocurra en la misma etapa fenológica pero más temprano en el tiempo que el GM VI, al momento que el GM IV está en R3 el GM VI recién está en R1 (DDA 14).



PC = Período Crítico.

Figura 14. Contenido de Agua Disponible en suelo de 0 a 70 cm de profundidad de los GM IV y VI, del período de barbecho de 40 días (ver ANEXO 6).

Otra observación a destacar es que al inicio del período crítico del GM IV el contenido de AD fue el más bajo observado en este análisis (46 mm),

mientras que el GM VI inició su período crítico con un contenido de AD mucho mayor (82 mm).

4.6.2.1 Análisis del AD en las diferentes profundidades del perfil en los períodos de barbecho de 0 y 40 días.

En todas las fechas analizadas desde el DDA 3 hasta la 83, el contenido de AD en el suelo analizado por estratos de 10 cm desde la superficie hasta los 70 cm de profundidad, no presentan diferencias significativas ($P < 0,10$) entre los períodos de barbecho de 0 y 40 días para el GM VI.

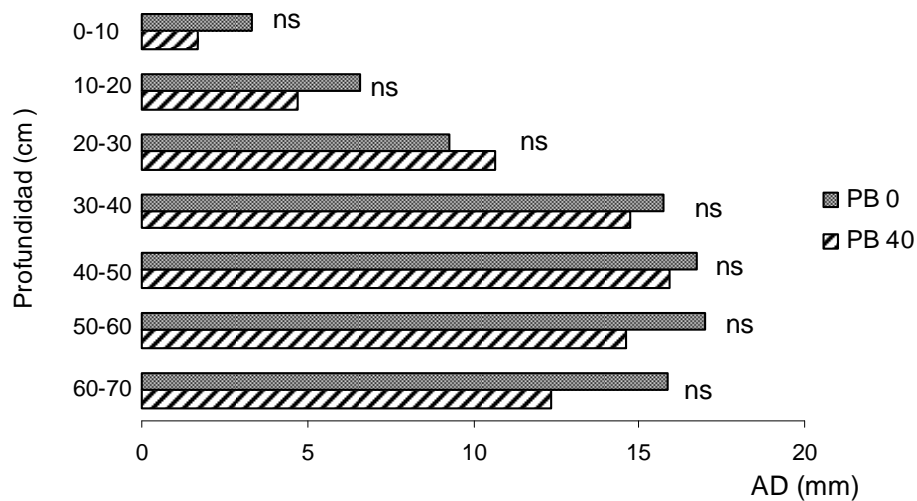


Figura 15. Contenido de Agua Disponible del suelo en el DDA 41 (inicio del período crítico del GM VI) de 0 a 70cm de profundidad en estratos de 10cm para los PB 0 y 40 días (ver ANEXO 7).

Al inicio del período crítico del GM VI, DDA 41 (figura 15) el tratamiento de 0 días de barbecho en todo el perfil de 0 a 70 cm de profundidad tenía un contenido de AD levemente superior al de 40 días de 9,8 mm. Habiendo una diferencia de mm similares en los estratos de 0-20 cm y de 50-70 cm, 2 mm más en cada estrato entre 0-20 y entre 50-70 hay unos 3 mm en promedio.

Por el contrario al final del período crítico (DDA 74, figura 16) en los estratos superiores de 0-20 cm el PB 40 tuvo mayor contenido de AD de 2,5 mm en promedio en cada estrato. En ese mismo momento en los estratos inferiores de 50 a 70 cm se mantuvo el mayor contenido de AD de 3 mm en promedio en cada estrato del tratamiento de 40 días de barbecho. Pero en todo el perfil de 0 a 70 cm se disminuyó la diferencia entre los diferentes períodos de barbecho, siendo mayor el de PB 0 que el de PB 40 (2,2 mm), sin llegar a ser significativo ($P < 0,10$).

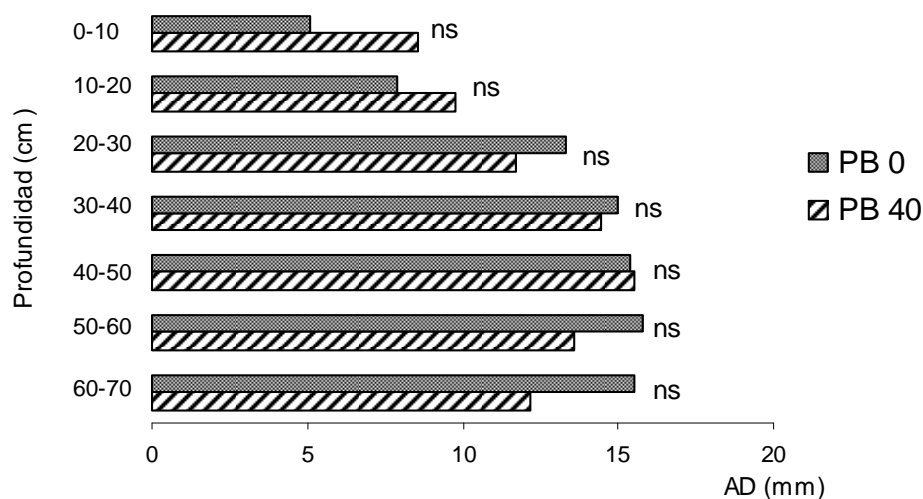


Figura 16. Contenido de Agua Disponible del suelo en el DDA 74 (final del período crítico del GM VI) de 0 a 70 cm de profundidad en estratos de 10 cm para los PB 0 y 40 días (ver ANEXO 8).

4.6.2.2 Análisis del AD en las diferentes profundidades del perfil en los grupos de madurez IV y VI.

El contenido de AD en profundidad (0 a 70 cm) medido en estratos de 10 cm se presenta en la figura 17. Se observa que existió interacción entre las variables de GM y profundidad, en los estratos de 20 a 40 cm. El GM IV en esta fecha (DDA 17) presentó un menor contenido de AD que el GM VI, en los estratos de 20 a 40 cm de profundidad, siendo estas diferencias significativas ($P < 0,10$).

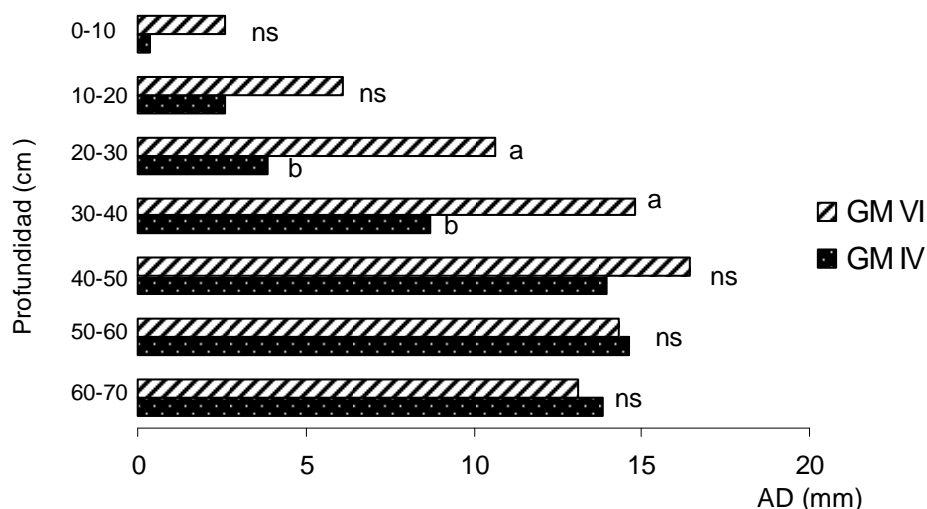


Figura 17. Contenido de Agua Disponible en el suelo del período de barbecho de 40 días y los grupos de madurez IV y VI; el DDA 17 (ver ANEXO 9).

La interacción entre las variables GM x profundidad que el GM IV afectó el contenido de AD de 20 a 40 cm de profundidad (DDA 17), reduciendo el mismo significativamente. Esto determina, que en ese momento y profundidad el GM IV (estado fenológico R3) absorbió y consumió más agua del suelo que el GM VI (R1).

La condiciones a las que está expuesto el cultivo durante el período crítico son determinantes del rendimiento en grano que se puede obtener de un cultivo, por esto se analizan las condiciones de disponibilidad hídrica en suelo al momento de inicio y fin de los períodos críticos de los GM IV y VI (figuras 17 y 18 respectivamente).

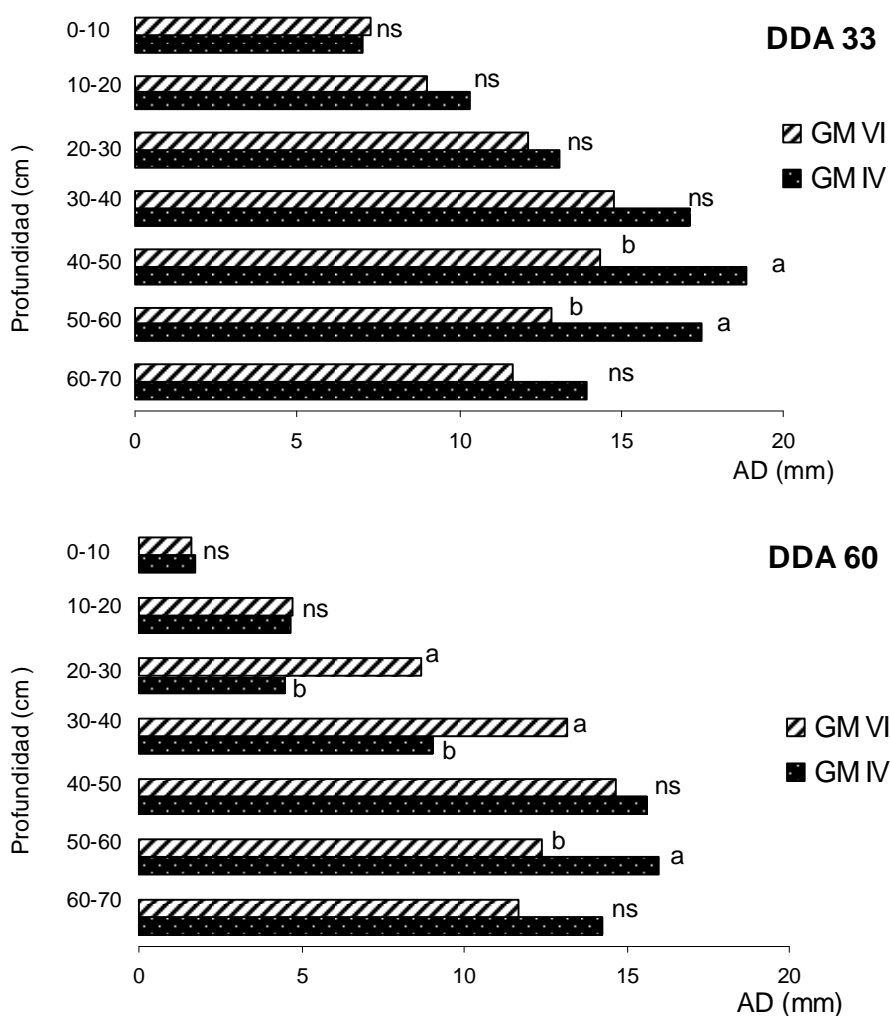


Figura 18. Contenido de Agua Disponible en suelo de los GM IV y VI, al inicio y fin del período crítico del GM IV (DDA 33 y 60) de 0 a 70 cm de profundidad en estratos de 10 cm (ver ANEXO 10).

No existieron diferencias significativas ($P < 0,10$) en los contenidos de AD por profundidades entre los GM IV y VI en los DDA 33, 60, 41 y 74.

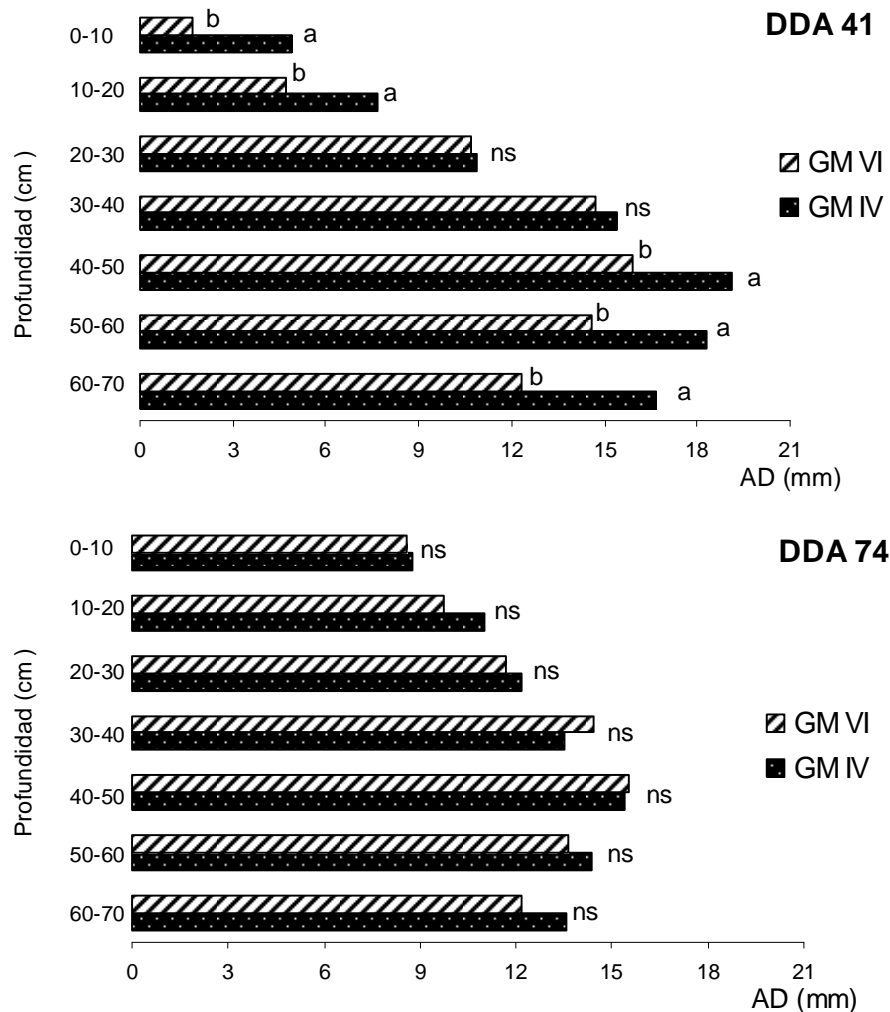


Figura 19. Contenido de Agua Disponible en suelo de los GM IV y VI, al inicio y fin del período crítico del GM VI (DDA 41 y 74) de 0 a 70 cm de profundidad en estratos de 10 cm (ver ANEXO 11).

En el período crítico del GM IV, el contenido de agua en suelo fue menor que durante el período crítico del GM VI, debido al rápido crecimiento y absorción de agua del ciclo corto. El GM VI con un período crítico más extenso

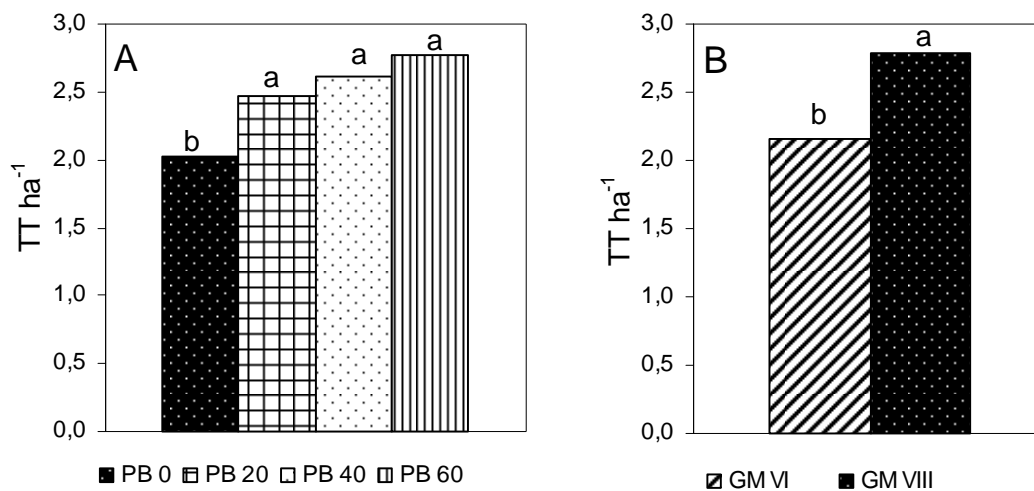
(aproximadamente 10 días), estuvo expuesto a algunas precipitaciones que llegaron tarde para el GM IV. Teniendo en cuenta esto, sería dable esperar que las condiciones de disponibilidad hídrica en suelo hayan afectado en forma negativa al rendimiento en grano del GM IV frente al GM VI. Las características ambientales en las que ocurre el período crítico, son determinantes de la tasa de crecimiento en esa etapa, la cual afecta en forma significativa el rendimiento en grano (Giménez, 2005). El estrés ambiental ocurrido en cualquier estado de desarrollo reduce el rendimiento, la falta de humedad causa las mayores reducciones de rendimiento cuando ocurren entre los estados R4 y poco después de R6. A medida que el desarrollo de la planta pasa el estado R6, la reducción potencial del rendimiento causada por el estrés decrece gradualmente hasta R7, en el cual el rendimiento ya no es afectado por el estrés (Ritchie et al., 2002).

4.6.3 Rendimiento

Analizando los períodos de barbecho (figura 20-A), el rendimiento de los tratamientos de 60, 40 y 20 días resultaron estadísticamente iguales entre sí y mayores al de 0 días ($P < 0,10$). A pesar de que no todos los tratamientos difirieron significativamente entre sí, se observa una tendencia de aumento en el rendimiento al aumentar el período de barbecho.

Entre los GM VI y VIII (figura 20-B), se encontraron diferencias significativas ($P < 0,10$) de rendimiento en favor del GM largo. En este caso el rendimiento del GM VIII fue $0,62 \text{ tt ha}^{-1}$ mayor a el GM VI.

En la figura anterior se observa un rendimiento significativamente mayor del GM VIII ($2,86 \text{ tt ha}^{-1}$) en comparación con los GM IV y VI ($2,19$ y $2,37 \text{ t ha}^{-1}$ respectivamente) los cuales fueron iguales entre si ($P < 0,10$).



A_ Según los 4 períodos de barbecho. **B**_ Según los GM VI y VIII

Figura 20. Rendimiento de soja en grano en tt ha⁻¹ (ver ANEXO 12).

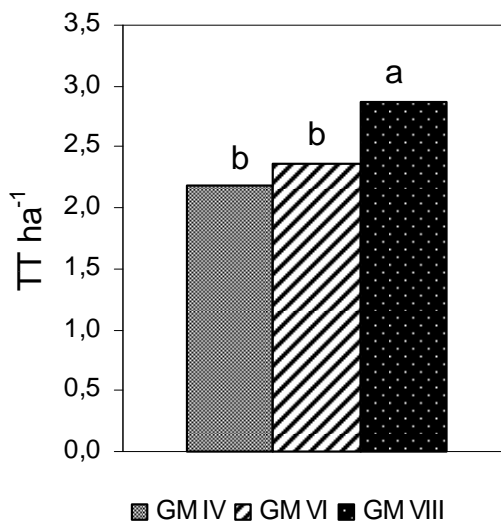


Figura 21. Rendimiento en grano tt ha⁻¹ según GM (ver ANEXO 13)

En los tratamientos se encontraron diferencias significativas entre los períodos de barbecho y entre los GM, pero no existió interacción entre GM y Barbecho.

EL GM IV (figura 21) presentó los rendimientos de soja más bajos, probablemente debido a la primavera seca y verano temprano, esto podría comprometer los rendimientos de estos grupos tan cortos. Por otra parte, el GM VIII presentó mejores rendimientos que el VI, posiblemente por las mejores condiciones ambientales durante el período crítico.

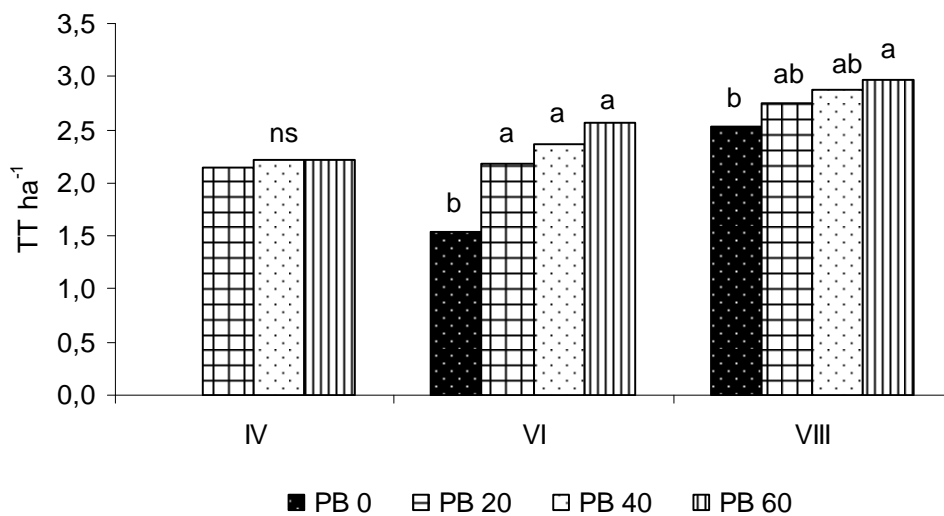


Figura 22. Rendimiento en grano de los diferentes periodos de barbechos según el grupo de madurez

En cuanto a la figura 22, se encontraron diferencias significativas en los GM VI y VIII ($P < 0,10$) entre los diferentes periodos de barbecho. Observándose que el GM VI se encontraron diferencias entre el PB 0 y los demás (PB 20, 40 y 60) siendo esta diferencia superior a $0,442 \text{ tt ha}^{-1}$, mientras que el GM VIII

presenta diferencias de menor grado, destacándose la mayor diferencia entre el PB 0 (2,520 tt ha⁻¹) y PB 60 (2,972 tt ha⁻¹). Para el GM IV no se encontraron diferencias significativas entre los distintos periodos de barbecho ($P < 0,10$).

Excluyendo el GM IV, por no poseer el PB 0, se puede decir que se observan diferencias significativas entre el PB 0 y los demás, siendo el GM VI el que es más afectado por los distintos periodos de barbecho. El PB 0 es el barbecho que hace ser diferente entre los distintos periodos de barbecho, mientras que entre los otros periodos sea 20, 40 o 60 días no presente diferencias entre si ($P < 0,10$), acompañado por un aumento de rendimiento a medida que el periodo de barbecho se alarga.

4.6.3.1 Componentes del rendimiento

En el cuadro 11 se presentan los componentes de rendimiento y el resultado del análisis estadístico que determina las interacciones GM x PB ($P < 0,10$).

Las variables: Plantas por metro, Nudos por planta, Vainas de 1 grano y Número de granos de vainas de 1 grano; no fueron afectadas por la interacción de GM x PB significativamente. Por el contrario, la interacción de GM x PB afectó de forma significativa a las demás variables que determinan la composición del rendimiento.

Cuadro 11. Componentes del rendimiento (ver ANEXO 14).

	Grupo de Madurez	Periodos de Barbechos				DMS (0,10)				
		0	20	40	60					
Plantas m ²	IV	-	31	29	23					
	VI	26	31	22	18	ns				
	VIII	27	28	21	16					
Nudos Planta ⁻¹	IV	-	12	12	15					
	VI	13	13	10	12	ns				
	VIII	15	15	14	14					
Ramas Planta ⁻¹	IV	-	4	a (a)	3	b (ab)	3	c (b)		
	VI	4	a (b)	4	a (b)	6	a (a)	5	b (ab)	1,385
	VIII	5	a (b)	4	a (b)	5	a (b)	7	a (a)	
Vainas (0 Grano)	IV	-	1	b (a)	3	a (a)	1	b (a)		
	VI	7	a (a)	4	a (ab)	3	a (b)	3	b (b)	3,031
	VIII	7	a (b)	5	a (b)	5	a (b)	11	a (a)	
Vainas (1Grano)	IV	-	5		7			8		
	VI	12		11		14		14	ns	
	VIII	9		9		15		19		
Vainas (2 Granos)	IV	-	14	b (b)	18	c (ab)	29	b (a)		
	VI	27	a (ab)	23	b (b)	37	b (a)	35	b (ab)	11,517
	VIII	39	a (c)	42	a (c)	53	a (b)	91	a (a)	
Vainas (3 Granos)	IV	-	11	a (b)	12	b (b)	25	a (a)		
	VI	12	a (bc)	9	a (c)	17	a (a)	15	b (ab)	3,068
	VIII	4	b (b)	4	b (b)	3	c (b)	7	c (a)	
Vainas (1 Grano)	IV	-	3		5			6		
	VI	7		8		10		9	ns	
	VIII	5		6		12		17		
Numero de Granos Vainas ⁻¹ (por Planta)	IV	-	18	b (a)	22	b (a)	35	b (a)		
	VI	29	a (a)	29	b (a)	51	b (a)	38	b (a)	35,272
	VIII	50	a (c)	67	a (bc)	88	a (b)	172	a (a)	
Vainas (3 Granos)	IV	-	20	a (b)	19	ab (b)	48	a (a)		
	VI	13	a (b)	17	ab (b)	34	a (a)	21	b (ab)	13,303
	VIII	6	a (a)	7	b (a)	8	b (a)	16	b (a)	
Vainas (1 Grano)	IV	-	194	a (a)	186	a (ab)	172	b (b)		
	VI	193	a (b)	196	a (b)	202	a (b)	218	a (a)	17,398
	VIII	176	a (a)	173	b (ab)	161	b (ab)	159	b (b)	
Peso de Mil Granos (gr)	IV	-	187	a (a)	182	a (a)	167	b (b)		
	VI	182	a (b)	187	a (b)	189	a (b)	205	a (a)	14,882
	VIII	162	b (a)	154	b (a)	161	b (a)	157	b (a)	
Vainas (3 Granos)	IV	-	166	a (a)	179	a (a)	163	b (a)		
	VI	180	a (b)	180	a (b)	178	a (b)	202	a (a)	17,060
	VIII	174	a (a)	168	a (ab)	158	b (ab)	155	b (b)	
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	IV		2281		2415		3347			
	VI	2345		3070		3987		2473		
	VIII	2744		3596		3710		5204		

Referencia: letras iguales no difieren estadísticamente (P<0,10), para un mismo periodo de barbecho en los diferentes GM son las letras sin paréntesis, y para un GM en los diferentes PB son las letras con paréntesis.

$$\text{Rendimiento} = \text{Plta.m}^2 \times \text{N}^\circ \text{ Grano Sano} \times \text{Peso Grano Sano}$$

Con respecto a los componentes de rendimiento, podemos decir que en el GM VIII el rendimiento del barbecho de 60 días ($5,2 \text{ tt ha}^{-1}$) fue un 46% mayor que el de 0 días ($2,8 \text{ tt ha}^{-1}$). Las diferencias más notorias entre ambos en cuanto a los componentes de rendimiento fueron: el número de plantas m^2 (27 en 0 días vs., 16 para 60 días) 40% menos en el barbecho largo; el número de vainas de 2 granos planta^{-1} (39 vs., 91) 57% mas; y el número de granos en vainas de 2 granos planta^{-1} (50 vs., 172) 70% más. Lo que incidió junto con un similar peso de grano en vainas de 2 granos a manifestar las diferencias de rendimiento en los distintos períodos de barbecho (0 y 60 días) para el GM VIII.

En cambio, en el PB 60 y los GM IV y VIII, el rendimiento en grano fue de $3,3 \text{ tt ha}^{-1}$ y $5,2 \text{ tt ha}^{-1}$ respectivamente (36% mayor). Las mayores diferencias en cuanto a los componentes de rendimiento fueron: el número de plantas/ m^2 (23 vs., 16) 30% menos; el número de vainas de 2 granos. planta^{-1} (29 vs., 91) 68% mas; el número de vainas de 3 granos. planta^{-1} (25 vs., 7) 72% menos; el número de granos en vainas de 2 granos. planta^{-1} (35 vs., 172) 80% mas; y el número de granos en vainas de 3 granos. planta^{-1} (48 vs., 16) 67% menos. Teniendo en cuenta que el peso de grano en vainas de 2 y de 3 granos no varió en gran medida, esto determinó las diferencias de rendimiento en los GM IV y VIII para el PB 60.

En las vainas formadas en todos los casos hubo interacción entre el barbecho y el GM ($P < 0,10$). Observándose un incremento de vainas formadas para los GM más largos y períodos de barbecho más largo.

En cuanto al número de vainas con 0 grano formado (vainas vacías) a medida que aumenta el barbecho disminuye el número, y cuando el barbecho se mantiene constante se ve que cuanto más largo es el ciclo (GM VIII) mayor es la producción de vainas vacías. En el caso de las vainas con 2 y 3 granos formados hubo interacción entre el GM y el período de barbecho ($P < 0,10$),

habiendo una respuesta a mayor largo de barbecho y mayor largo de ciclo de producción. Mientras que en las vainas con 1 grano formado no hubo interacción, observándose un aumento a mayor largo del barbecho y menor a mayor largo del ciclo.

Mientras que en el número de granos que completaron el desarrollo, es decir hasta la madurez fisiológica, tuvo una interacción entre el GM y el período de barbecho habiendo un aumento a mayor GM y mayor período de barbecho.

5. CONCLUSIONES

- En el tratamiento en el cual se mató el raigrás el mismo día de la siembra de soja (PB 0), había menos cantidad de agua disponible en el suelo en comparación con el control temprano de raigrás (PB 60) el cual presentó 84 mm más de agua disponible.
- A los 30 días posteriores a la siembra el perfil del suelo fue recargado en los estratos superficiales pero no en profundidad por las precipitaciones (140 mm). Probablemente las diferencias en los rendimientos se debieran a ese menor contenido de agua disponible en profundidad.
- Los efectos de los períodos de barbecho en los grupos de madurez largos fueron minimizados por las precipitaciones tardías que ocurrieron (DDA 60-90). Por otro lado el período de barbecho afectó el contenido de agua disponible en el suelo a la siembra en el GM VI cuyo período crítico ocurrió durante DDA 30-60. Como se mostró anteriormente durante el período crítico de GM VI (figura 11), el contenido de AD bajó de 88 mm al inicio a 47 mm en DDA 53 y al final del período crítico las precipitaciones provocaron un aumento de 13 mm que no alcanzó a recargar totalmente el AD del suelo.
- Dentro de las variables que componen el rendimiento, las más perjudicadas fueron el número de vainas y de granos formados, existiendo diferencias por los distintos momentos de control químico del raigrás.

- Para las condiciones de Uruguay, un cultivo de cobertura de raigrás de alta producción de materia seca (más de 7 tt ha⁻¹) que se demora su control químico, puede reducir el contenido de agua disponible del suelo, al punto de comprometer con ello el rendimiento del cultivo de renta, en este caso la soja.

6. RESUMEN

El raigrás anual (*Lolium multiflorum* L.) utilizado como cultivo de cobertura en una rotación soja [*Glycine max* (L.) Merr.]– barbecho, protege al sistema frente a la erosión y adiciona carbono al suelo. Sin embargo, el uso del agua por estos cultivos de cobertura podría disminuir el rendimiento subsiguiente de la soja. Se llevó a cabo un estudio de campo en un suelo arcilloso (Argisol Típico) en el Oeste de Uruguay para desarrollar un sistema de labranza conservacionista para la producción de soja. Evaluamos efectos de fechas de terminación del raigrás (inicio del barbecho) y grupos de madurez de soja sobre el contenido de agua del suelo durante todo el ciclo y los rendimientos de soja. Estudiamos cuatro fechas de inicio del barbecho (0, 20, 40 y 60 días antes de la siembra de soja). Los tres grupos de madurez de soja incluidos fueron corto, medio y largo (IV, VI y VIII respectivamente). Al momento de la siembra, el barbecho químico corto (0 días) presentó el menor contenido de agua disponible del suelo (promediando de 0 a 70 cm de profundidad 48 mm) y la mayor cantidad de materia seca producida por la cobertura (7,3 tt MS ha⁻¹). El sistema radicular del raigrás extrajo agua del suelo hasta 70 cm de profundidad al momento de la siembra y en el tratamiento de barbecho químico corto (0 días), el contenido de agua del perfil de suelo bajo estudio nunca se logró recargar. El grupo VIII alcanzó los mayores rendimientos (2.78 tt ha⁻¹). Se encontró una interacción entre el período de barbecho y el tipo de soja. Para los grupos VI y VIII hubo un efecto positivo de la longitud del período de barbecho sobre el rendimiento de soja. Sin embargo, para el grupo IV no existió ningún efecto sobre los rendimientos. Aquellos sistemas de producción soja-barbecho, en los que se incluye el raigrás anual como cultivo de cobertura deben esperar menores rendimientos de soja si retrasan el control químico para iniciar el barbecho.

Palabras clave: *Lolium mutiflorum* L., *Glycine max* (L.) Merr., contenido de agua del suelo, cultivos de cobertura, barbecho.

7. SUMMARY

Growing annual ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) as a cover crop in a soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]–fallow system provides protection against erosion while adding carbon to the soil. Nevertheless, water use by these cover crops could decrease subsequent soybean yield. We conducted a field study on a clay loam (Typic Argiudol) in western Uruguay to develop a conservation tillage system for soybean production. We evaluated ryegrass termination date and soybean maturity group effects on soil water content over entire cycle and soybean yields. Four termination dates (0, 20, 40, and 60 days before soybean planting) were studied. Soybean maturity groups included were short, medium and long (IV, VI, and VIII, respectively). The short chemical fallow (0 days) presented the lowest soil water content (averaged over 0-0,7-m depth) at soybean planting (48 mm) and the highest dry matter content (7,3 tt MS ha⁻¹). Soil water extraction by ryegrass rooting was as deep as 0.70-m at planting date and under the short chemical fallow treatment (0 days) the soil was never been able to replenish the water content of the soil profile under study. Group VIII has the highest yields (2.78 tt ha⁻¹). An interaction between termination date and soybean type was detected. For group VI and VIII soybeans there was positive effect of fallow length on yield. However, for group IV there was no effect on yields. In those production systems soybean-fallow which include annual ryegrass as a cover crop can expect lower soybean yield if they delay herbicide application.

Keywords: *Lolium multiflorum* L., *Glycine max* (L.) Merr., soil water content, cover crops, fallow.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ANDRADE, F.H.; SADRAS, V.O. 2000. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. In: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Balcarce, INTA/Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. pp. 89-193.
2. _____.; AGUIRREZÁBAL, L.A.N.; RIZZALLI, R.H. 2000. Crecimiento y rendimiento comparados. In: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Balcarce, INTA/Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. pp. 61-91.
3. AYERS, P.D.; PERUMPRAL, J.V. 1982. Moisture and density effect on cone index. Transactions of the ASAE. 25: 1169-1172.
4. BAIGORRI, H.E. 2000. Notas del traductor; como se desarrolla una planta de soja. Márcos Juárez, Argentina, INTA. 10 p. (faltan páginas)
5. _____.; CROATTO, D.R. 2002. Manejo del cultivo de soja en Argentina. Lugar de publicación, INTA. 12 p.
6. BARLEY, K.P.; GREACEN, E.L. 1967. Mechanical resistance influence in the root growth. Advances in Agronomy. 19: 1-43.
7. BARREIRO, B.; MAZZILLI, A. 1994. Evaluación del primer año de una rotación agrícola con siembra directa en dos suelos. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 94 p.
8. BAUER, T.L. 1989 Use the allelopathic and mulch properties of rye a method of weed control in soybean. M.S. thesis. Madison, WI, United States. University of Wisconsin. 32 p.

9. BLEVINS, R.L.; COOK, D. PHILLIPS, S.H.; PHILLIPS, R.E. 1971. Influence of no- tillage on soil moisture. *Agronomy Journal*. 63: 593-596.
10. BOND, J.J.; POWER, J.F.; WILLIS, W.O. 1971. Tillage and crop residue management during seedbed preparation for continuous spring wheat. *Agronomy Journal*. 63: 789-793.
11. _____.; WILLIS, W.O. 1969. Soil water evaporation; surface rate and placement effects. *Soil Science Society of America Proceedings*. 33: 445-448.
12. _____.; _____. 1970. Soil water evaporation; first stage drying as influenced by surface residue and evaporation potential. *Soil Science Society of America Proceedings*. 34: 924-928.
13. _____. 1971. Soil water evaporation; long term drying as influenced by surface residue and evaporation potential. *Soil Science Society of America Proceedings*. 35: 984-987.
14. BORDOLI, J. 1997. Dinámica de nutrientes y fertilización en siembra directa. In: *Curso de Actualización sobre Siembra Directa y Conservación de Suelos* (1997, Cerro Largo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 25-30.
15. BOTTARO, R.; POLLERO, A. 1999. Implantación, producción y utilización de verdeos de invierno bajo diferentes intensidades de laboreos, niveles de fertilización nitrogenada y sistemas de rotaciones en Lomadas del Este. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 114 p.

16. CALEGARI, A. 1999. Uso de abonos verdes y rotación de cultivos en el sistema de siembra directa. In: Díaz Rossello, R. coord. Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, PROCISUR. pp. 365-386
17. CANO, J.D.; PERE, O.D. 2003. Efecto de la dosis de glifosato aplicada sobre la calidad de la cama de siembra, implantación y crecimiento inicial de trigo sembrado sin laboreo. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 105 p.
18. CONDÓN, F.; GHELFI, J; PONS, C. 1995. Manejo de rastrojo de cebada para la siembra de girasol de segunda. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.
19. CORAK, S.J.; FRYE, W.W.; SMITH, M.S. 1991. Legume and nitrogen fertilizer effects on soil water and corn production. Soil Science Society of America Journal. 55: 1395-1400.
20. DE BRUIN, J.L.; PORTER, P.M.; JORDAN, N.R. 2005. Use of rye cover crop following corn in rotation with soybean in the Upper Midwest. Agronomy Journal. 97: 587-598.
21. DURÁN, A.; CALIFRA, A.; MOLFINO, J.H. 1999. Suelos del Uruguay según Soil Taxonomy. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 14 p. Consultado 18 ago. 2006 (ejemplo de cómo debe ponerse la fecha). Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/suelosROU.pdf>
22. ECKERT, D.J. 1988. Rye cover crops for no-tillage corn and soybean production. Journal Production Agriculture. 1:207-210.

23. ENZ, J.W.; BRUN, L.J.; LARSEN, J.K. 1988. Evaporation and energy balance for bare and stubble covered soil. *Agriculture of Forest Meteorology*. 43(1): 59-70.
24. ERNST, O. 2000. Siembra sin laboreo, manejo del período de barbecho. *Cangué*. no. 20: 19-21.
25. _____. 2001. Siembra sin laboreo; importancia del manejo del barbecho. *In: Jornada Nacional de Siembra Directa (9ª., 2001, Paysandú)*. Resumen de trabajos. Montevideo, AUSID. pp. 11-15.
26. _____. 2004. Leguminosas como cultivo de cobertura. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. 21:1-10.
27. FORTIN, M.C.; PIERCE, F.J. 1991. Retardation of corn vegetative development. *Agronomy Journal*. 83: 258-263.
28. GARCIA, J.A. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 35 p. (Serie Técnica no. 133).
29. GARCIA PRÉCHAC, F. 1992a. Conservación de suelos; guía para la toma de decisiones en conservación de suelos, 3ª aproximación. Montevideo, INIA. 63 p. (Serie Técnica no. 26)
30. _____. 1992b. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. *Investigaciones Agronómicas*. 1(6): 127-140.
31. _____. 1997. Aspectos básicos del comportamiento de suelos en siembra directa: propiedades físicas. *In: Curso de Actualización sobre Siembra Directa y Conservación de Suelos (1997, Cerro Largo, Uruguay)*. Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 11-23.

32. GIMÉNEZ, L. 2005. Estudio fenológico de diferentes grupos de madurez en soja ante variaciones ambientales producidas por fecha de siembra y localidad. In: Jornada Técnica de Cultivos de Verano (2005, La Estanzuela, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 13-18 (Actividades de Difusión no. 417).
33. GUPTA, S.C.; RADKE, J.K.; LARSON, W.E. 1981. Predicting temperatures of bare and residue covered soils with and without a corn crop. Soil Science Society of America Journal. 58:1539-1546.
34. _____.; LARSON, W.E.; ALLAMARAS, R.R. 1984. Predicting soil temperatures and soil heat flux under different tillage-surface residue conditions. Soil Science Society of America Journal. 48: 223-232.
35. _____.; SHARMA, P.P.; DEFRANCHI, S.A. 1989. Compaction effects on soil structure. Advances in Agronomy. 42: 311-338.
36. HAMBLIN, A.P. 1985. The influence of soil structure on water movement, crop rot growth, and water uptake. Advances in Agronomy. 38: 95-157.
37. HANNAWAY, D.B.; FRANSEN, S.C.; CROPPER, J.B.; CHANEY, M.; GRIGGS, T.C.; HALSE, R.R.; HART, J.M.; CHEEKE, P.R.; HANSEN, D.; KLINGER, R.; LANE, W. 1999. Annual ryegrass. PNW 501. Corvallis, OR, Oregon State University. 23 p.
38. HARTGE, K.M; BHONE, H.; SCHREY, H.P.; EXTRE, H. 1985. Penetrometer measurements for scening soil physical variability. Soil and Tillage Research. 5: 343-350.

39. HERMAWAN, B.; BOMKE, A.A. 1997. Effects of winter cover crops and successive spring tillage on soil aggregation. *Soil and Tillage Research*. 44:109-120.
40. HORTON, R.; KLUITENBERG, G.J.; BRISTOL, K.L. 1994. Surface crop residue effects on the soil surface energy balance. In: Unger, P.W. ed. *Managing agricultural residues*. Boca Raton, Lewis. pp.143-162.
41. JAURECHE, G.; PINEDO, G; SILVEIRA, A.M. 1999. Alternativas sustentables para incrementar la productividad en suelos de lomadas del este. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 163 p.
42. KARLEN, D.L.; VARVEL, G.E.; BULLOCK, D.G.; CRUSE, R.M. 1994. Crop rotations for the 21st century. *Advances in Agronomy*. 53: 22-31.
43. KAY, B.D. 1990. Rates of changes of soil structure. *Advances of Soil Science*. 12:1-52.
44. KIEL, E.J. 1985. Fertilizantes orgánicos. Piracicaba, SP, *Ceres*. pp. 28-43.
45. LANGDALE, G.W.; PERKINS, H.F.; BARNETT, A.P.; READON, J.C.; WILSON, R.L. 1983. Soil and nutrient runoff losses with in-row chisel-planted soybean. *Journal of Soil and Water Conservation*. 38: 297-301.
46. _____.; BLEVINS, R.L.; KARLEN, D.L.; MCCOLL, D.K.; NEARING, M.A.; SKIDMORE, E.L.; THOMAS, A.W.; TYLER, D.D.; WILLIAMS, J.R. 1991. Cover crops effects on soil erosion by wind water. In: Hargrove, W.L. ed. *Cover crops for clean water*. Ankeny, Iowa, Soil and Water Conservation Society. pp. 15-22.

47. _____.; MILLS, W.C.; THOMAS, A.W. 1992. Use of conservation tillage to retard erosion effects of large storms. *Journal of Soil and Water Conservation*. 47:257-260.
48. LETEY, J. 1985. Relationship between soil properties and crop production. *Advances of Soil Science*. 1: 273-294.
49. MADDALENA, M.A. 1994 Propiedades físicas del suelo en siembra directa y laboreo convencional y sus efectos sobre el desarrollo de trigo. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.
50. MANNERING, J.V.; MEYER, L.D. 1963. Effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. *Soil Science Society of America Proceedings*. 27: 84-86.
51. MANSOER, Z.; REEVES, D.W.; WOOD, C.W. 1997. Suitability of sun hemp as an alternative late-summer legume cover crop. *Soil Science Society of America Journal*. 61: 246-253.
52. MARTINO, D.L.; SHAYKEWICH, C.F. 1994. Root penetration profiles of wheat and barley as affected by soil penetration resistance in field conditions. *Canadian Journal of Soil Science*. 74:193-200.
53. MARTINO, D. 1994. Algunos factores de manejos. Montevideo, INIA. 14 p. (Boletín de Divulgación no.47).
54. _____. 1997a. Siembra directa en los sistemas agrícola-ganaderos del litoral. In: Curso de Actualización sobre Siembra Directa y Conservación de Suelos (1997, Cerro Largo, Uruguay). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. pp. 41-58.

55. _____. 1997b. Siembra directa en los sistemas agrícola-ganaderos del litoral. Montevideo, INIA. 6 p. (Serie Técnica no. 82).
56. _____. 1999. Manejo de las restricciones físicas del suelo en sistemas de siembra directa. (en línea). In: Curso de Actualización Siembra sin Laboreo de Cultivos y Pasturas (1999, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, Facultad de Agronomía. 34 p. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/eemac>
57. McCALLA, T.M.; ARMY, T.J. 1961. Stubble mulch farming. *Advances in Agronomy*. 13: 188-190.
58. MOLFINO, J.H.; CALIFRA, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay; segunda aproximación. (en línea). Montevideo, MGAP. División Suelos y Agua. Dirección de Recursos Renovables. Consultado 18 ago. 2006. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/renare>.
59. MONDON, M.; OYENAR, J.R.. 1998. Efecto de herbicidas preemergentes en siembra directa de cultivos de verano con diferentes volúmenes de rastrojo y niveles de precipitación. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 59 p.
60. ODLAND, T.E.; KNOBLAUCH, H.C. 1938. The value of cover crops in continuous corn culture. *Journal America Society Agronomy*. 30:22-29.
61. ORMEÑO, O.; QUIROGA, A. 2001. Cobertura; aspectos del manejo en relación con la conservación de los suelos y el agua. INTA. Boletín de Divulgación Técnica no. 72. 32 p.

62. PECORARI, C. 1998. Guía conceptual para elaborar metodologías de evaluaciones físicas de suelos. In: Panigatti, J.L.; Marelli, H.; Buschiazzo, D.; Gil, R. eds. Siembra directa. Buenos Aires, Hemisferio Sur. pp. 35-72.
63. PÉREZ GOMAR, E.; GARCÍA PRECHAC, F. 1993. Manejo de suelos arenosos en Tacuarembó. Montevideo, INIA. 22 p. (Serie Técnica no. 33).
64. REEVES, D.W.; TOUCHTON, J.T. 2001. Influence of fall tillage and cover crops on soil water and nitrogen use efficiency of corn grow on a Coastal Plain soil. In: International Conference on Cover Crops for Clean Water (1991, Jackson). Proceedings. Ankeny, IA, TN Soil and Water Conservation Society. pp. 76-77.
65. RUSSELL, E.W. 1971. Soil structure; its maintenance and impromevent. *Journal of Soil Science*. 22 (2): 197-151.
66. SADRAS, V.O.; FERREIRO, M.; GUTHEIM, F.; KANTOLIC, A.G. 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. In: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Balcarce, INTA/Facultad de Ciencias Agrarias UNMP. pp. 29-60.
67. SARRANTONIO, M.; GALLANDT, E. 2003. The role of cover crops in North American cropping systems. *Journal of. Crop Production*. 8:53-74.
68. SATTELL, R.; DICK, R.; KAROW, R.; MCGRATH, D.; PEACHY, E. 1998. Annual ryegrass. Corvallis, OR, Oregon State University. Extension Service EM 8691. 12 p.

69. SAWCHIK, J.; CERETTA, S. 2005. Consumo de agua por sojas de distintos grupos de madurez en diferentes ambientes de producción. In: Jornada Técnica de Cultivos de Verano (2005, La Estanzuela, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 41-45 (Actividades de Difusión no. 417).
70. SCHERTZ, D.L. 1988. Conservation tillage; an analysis of acreage projections in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation*. 43: 256-258.
71. SHEN, Y.; TANNER, C.B. 1990. Radiative and conductive transport of heat through flail-chopped corn residue. *Soil Science Society of America Journal*. 54: 653-658.
72. SMIKA, D.E. 1983. Soil water change as related to position of wheat straw mulch on the soil surface. *Soil Science Society of America Journal*. 47: 988-991.
73. SMITH, L. 2005. Overseeding annual ryegrass and cereal rye into soybean for winter forage and as a cover crop for weed control and soil conservation. Thesis Master of Science. Columbia, United States. University of Missouri-Columbia. Faculty of the Graduate School. 53 p.
74. STUTE, J.K.; PONSER, J.L. 1995. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. *Agronomy Journal*. 87:1063-1069.
75. TANNER, C.B.; SHEN, Y. 1990. Solar-radiation transmittance of flail-chopped corn residue layer. *Soil Science Society of America Journal*. 54: 650-652.

76. TEASDALE, J.R.; MOHLER, C.L. 1993. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agronomy Journal*. 85: 673-680.
77. _____. 1996. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Journal of Production Agriculture*. 9: 475-479.
78. TISDALL, J.M. 1994. Possible role of soil microorganisms in aggregation in soils. *Plant and Soil*. 159: 115-121.
79. UNGER, P.W.; ALLEN, R.R.; WIESE, A.F. 1971. Tillage and herbicides for surface residue maintenance, weed control, and water conservation. *Journal of Soil and Water Conservation*. 26: 147-150.
80. _____. 1976. Surface residue, water application, and soil texture effects on water accumulation. *Soil Science Society America Journal*. 40: 298-300.
81. _____. 1978. Straw mulch effects on soil temperatures and sorghum germination and growth. *Agronomy Journal*. 70: 858-864.
82. _____. 1979. Managing irrigated winter wheat residues for water storage and subsequent dryland grain sorghum production. *Soil Science Society America Journal*. 43: 582-588.
83. _____. 1988. Residue management effects on soil temperatures. *Soil Science Society America Journal*. 52: 1777-1782.
84. WESTGATE, L.R.; SINGER, J.W.; KOLER, K.A. 2005. Method and timing of rye control affects soybean development and resource utilization. *Agronomy Journal*. 97: 806-816.

85. WILLIAMS, J.; SHAYKEWICH, C.F. 1970. The influence of soil water matric potential on the strength properties of unsaturated soil. Soil Science Society of America Proceedings. 34: 835-840.
86. WISCHMEIER, W.H.; MANNERING J.V. 1969. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Science Society of America Proceedings. 33(1): 131-137.

9. ANEXOS

ANEXO 1- Contenido de Agua Disponible total del perfil de 0 a 70 cm durante los períodos de barbecho.

DDA 260

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	14	17.03	0.0010

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	40	104.22	4.2642	14	24.44	<.0001
bar	60	129.11	4.2642	14	30.28	<.0001

DDA 280

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	2	22	41.43	<.0001

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	20	60.5556	4.8093	22	12.59	<.0001
bar	40	83.8889	4.8093	22	17.44	<.0001
bar	60	121.89	4.8093	22	25.34	<.0001

DDA 300

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	3	6	11.65	0.0065

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	48.0000	11.0855	6	4.33	0.0049
bar	20	109.00	11.0855	6	9.83	<.0001
bar	40	122.33	11.0855	6	11.04	<.0001
bar	60	132.33	11.0855	6	11.94	<.0001

ANEXO 2- Contenido de Agua Disponible del suelo, de 0 a 70 cm de profundidad al inicio del PB 40 días.

DDA 260**De 0-10 cm**

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	14	15.06	0.0017

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	40	13.7333	0.7856	14	17.48	<.0001
bar	60	18.0444	0.7856	14	22.97	<.0001

De 10-20 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	14	11.61	0.0042

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	40	9.1000	1.4283	14	6.37	<.0001
bar	60	15.1778	1.4283	14	10.63	<.0001

De 20-35 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	14	1.68	0.2158

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	40	19.4111	3.1547	14	6.15	<.0001
bar	60	24.8556	3.1547	14	7.88	<.0001

De 35-50 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	14	1.55	0.2336

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	40	28.1000	1.7481	14	16.07	<.0001
bar	60	31.1778	1.7481	14	17.84	<.0001

De 50-70 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	14	10.73	0.0055

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	40	33.8667	2.7637	14	12.25	<.0001
bar	60	39.8333	2.7637	14	14.41	<.0001

DDA 280
De 0-10 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	2	22	30.05	<.0001

Least Squares Means

Effect	bar	Standard		DF	t Value	Pr > |t|
		Estimate	Error			
bar	20	0.9889	1.1100	22	0.89	0.3826
bar	40	6.4444	1.1100	22	5.81	<.0001
bar	60	12.4889	1.1100	22	11.25	<.0001

De 10-20 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	2	22	51.94	<.0001

Least Squares Means

Effect	bar	Standard		DF	t Value	Pr > |t|
		Estimate	Error			
bar	20	1.8000	0.8419	22	2.14	0.0439
bar	40	6.5444	0.8419	22	7.77	<.0001
bar	60	13.8444	0.8419	22	16.45	<.0001

De 20-35 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	2	21	7.25	0.0040

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	20	14.7980	3.8193	21	3.87	0.0009
bar	40	19.7667	3.7142	21	5.32	<.0001
bar	60	28.1000	3.7142	21	7.57	<.0001

De 35-50 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	2	22	7.78	0.0028

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	20	21.7667	1.5935	22	13.66	<.0001
bar	40	25.2333	1.5935	22	15.84	<.0001
bar	60	30.5000	1.5935	22	19.14	<.0001

De 50-70 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	2	22	10.04	0.0008

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	20	22.5111	3.5491	22	6.34	<.0001
bar	40	25.8444	3.5491	22	7.28	<.0001
bar	60	36.9444	3.5491	22	10.41	<.0001

DDA 300**De 0-10 cm**

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	3	6	10.07	0.0093

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	3.7000	2.6164	6	1.41	0.2070
bar	20	18.6667	2.6164	6	7.13	0.0004
bar	40	17.7000	2.6164	6	6.77	0.0005
bar	60	17.5333	2.6164	6	6.70	0.0005

De1 0-20 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	3	6	28.68	0.0006

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	2.5000	1.3521	6	1.85	0.1139
bar	20	16.4333	1.3521	6	12.15	<.0001
bar	40	16.6000	1.3521	6	12.28	<.0001
bar	60	17.7667	1.3521	6	13.14	<.0001

De 20-35 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	3	6	5.60	0.0357

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Standard Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	6.1000	5.0066	6	1.22	0.2688
bar	20	25.6000	5.0066	6	5.11	0.0022
bar	40	25.5667	5.0066	6	5.11	0.0022
bar	60	34.0667	5.0066	6	6.80	0.0005

De 35-50 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num	Den	F Value	Pr > F
	DF	DF		
bar	3	6	1.41	0.3282

Effect	bar	Least Squares Means		DF	t Value	Pr > |t|
		Estimate	Standard Error			
bar	0	14.3000	5.4094	6	2.64	0.0384
bar	20	22.5333	5.4094	6	4.17	0.0059
bar	40	28.1667	5.4094	6	5.21	0.0020
bar	60	27.6333	5.4094	6	5.11	0.0022

De 50-70 cm

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num	Den	F Value	Pr > F
	DF	DF		
bar	3	6	8.58	0.0137

Effect	bar	Least Squares Means		DF	t Value	Pr > |t|
		Estimate	Standard Error			
bar	0	20.9333	2.4202	6	8.65	0.0001
bar	20	26.0000	2.4202	6	10.74	<.0001
bar	40	34.4000	2.4202	6	14.21	<.0001
bar	60	35.2667	2.4202	6	14.57	<.0001

ANEXO 3- Número y peso de nódulos en las raíces de soja.

Número de nódulos.

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	6	1.79	0.2487

Least Squares Means

Effect	Bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0	20.5000	3.4480	6	5.95	0.0010
Bar	20	19.8333	3.4480	6	5.75	0.0012
Bar	40	15.1667	3.4480	6	4.40	0.0046
Bar	60	11.0000	3.4480	6	3.19	0.0188

Peso de nódulos.

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	6	2.52	0.1550

Least Squares Means

Effect	Bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0	0.1783	0.03331	6	5.35	0.0017
Bar	20	0.1693	0.03331	6	5.08	0.0023
Bar	40	0.2792	0.03331	6	8.38	0.0002
Bar	60	0.2157	0.03331	6	6.47	0.0006

ANEXO 4- Evolución del índice área foliar a lo largo del desarrollo de los diferentes GM (promedio de barbecho).

DDA 13

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	20	1.15	0.3536
GM	2	20	0.89	0.4272
Bar*GM	5	20	0.36	0.8724

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard		DF	t Value	Pr > |t|
			Estimate	Error			
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		3.9344	0.3635	20	10.82	<.0001
Bar	40		3.7933	0.3635	20	10.44	<.0001
Bar	60		3.1200	0.3635	20	8.58	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	3.6583	0.3195	20	11.45	<.0001
GM		8	4.0050	0.3195	20	12.54	<.0001
Bar*GM	0	6	3.6900	0.6104	20	6.05	<.0001
Bar*GM	0	8	4.3733	0.6104	20	7.17	<.0001
Bar*GM	20	4	3.3233	0.6104	20	5.44	<.0001
Bar*GM	20	6	4.1467	0.6104	20	6.79	<.0001
Bar*GM	20	8	4.3333	0.6104	20	7.10	<.0001
Bar*GM	40	4	3.3467	0.6104	20	5.48	<.0001
Bar*GM	40	6	3.7600	0.6104	20	6.16	<.0001
Bar*GM	40	8	4.2733	0.6104	20	7.00	<.0001
Bar*GM	60	4	3.2833	0.6104	20	5.38	<.0001
Bar*GM	60	6	3.0367	0.6104	20	4.98	<.0001
Bar*GM	60	8	3.0400	0.6104	20	4.98	<.0001

DDA 29

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	20	1.07	0.3849
GM	2	20	1.14	0.3398
Bar*GM	5	20	0.29	0.9152

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	
Bar	20		3.4856	0.3283	20	10.62	<.0001
Bar	40		3.6478	0.3283	20	11.11	<.0001
Bar	60		3.6067	0.3283	20	10.99	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	
GM		6	3.1867	0.3015	20	10.57	<.0001
GM		8	3.6667	0.3015	20	12.16	<.0001
Bar*GM	0	6	2.4767	0.4926	20	5.03	<.0001
Bar*GM	0	8	3.4233	0.4926	20	6.95	<.0001
Bar*GM	20	4	3.4067	0.4926	20	6.92	<.0001
Bar*GM	20	6	3.4267	0.4926	20	6.96	<.0001
Bar*GM	20	8	3.6233	0.4926	20	7.35	<.0001
Bar*GM	40	4	3.8600	0.4926	20	7.84	<.0001
Bar*GM	40	6	3.4067	0.4926	20	6.92	<.0001
Bar*GM	40	8	3.6767	0.4926	20	7.46	<.0001
Bar*GM	60	4	3.4400	0.4926	20	6.98	<.0001
Bar*GM	60	6	3.4367	0.4926	20	6.98	<.0001
Bar*GM	60	8	3.9433	0.4926	20	8.00	<.0001

DDA 41

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	20	0.70	0.5642
GM	2	20	2.78	0.0858
Bar*GM	5	20	0.41	0.8366

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	
Bar	20		4.9944	0.4328	20	11.54	<.0001
Bar	40		5.6256	0.4328	20	13.00	<.0001
Bar	60		4.8667	0.4328	20	11.24	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	
GM		6	5.0542	0.3796	20	13.31	<.0001
GM		8	5.7817	0.3796	20	15.23	<.0001
Bar*GM	0	6	4.9333	0.7302	20	6.76	<.0001
Bar*GM	0	8	5.5233	0.7302	20	7.56	<.0001
Bar*GM	20	4	4.4000	0.7302	20	6.03	<.0001
Bar*GM	20	6	5.2067	0.7302	20	7.13	<.0001
Bar*GM	20	8	5.3767	0.7302	20	7.36	<.0001
Bar*GM	40	4	4.9800	0.7302	20	6.82	<.0001
Bar*GM	40	6	5.8500	0.7302	20	8.01	<.0001
Bar*GM	40	8	6.0467	0.7302	20	8.28	<.0001
Bar*GM	60	4	4.1933	0.7302	20	5.74	<.0001
Bar*GM	60	6	4.2267	0.7302	20	5.79	<.0001
Bar*GM	60	8	6.1800	0.7302	20	8.46	<.0001

DDA 54

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	20	1.67	0.2047
GM	2	20	3.82	0.0394
Bar*GM	5	20	1.54	0.2234

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	
Bar	20		3.8122	0.2897	20	13.16	<.0001
Bar	40		3.8211	0.2897	20	13.19	<.0001
Bar	60		4.5100	0.2897	20	15.57	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	
GM		6	3.9833	0.2509	20	15.88	<.0001
GM		8	4.7467	0.2509	20	18.92	<.0001
Bar*GM	0	6	3.7400	0.5017	20	7.45	<.0001
Bar*GM	0	8	5.6633	0.5017	20	11.29	<.0001
Bar*GM	20	4	3.5067	0.5017	20	6.99	<.0001
Bar*GM	20	6	3.5533	0.5017	20	7.08	<.0001
Bar*GM	20	8	4.3767	0.5017	20	8.72	<.0001
Bar*GM	40	4	3.8500	0.5017	20	7.67	<.0001
Bar*GM	40	6	3.9167	0.5017	20	7.81	<.0001
Bar*GM	40	8	3.6967	0.5017	20	7.37	<.0001
Bar*GM	60	4	3.5567	0.5017	20	7.09	<.0001
Bar*GM	60	6	4.7233	0.5017	20	9.41	<.0001
Bar*GM	60	8	5.2500	0.5017	20	10.46	<.0001

DDA 70

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	20	0.20	0.8927
GM	2	20	11.75	0.0004
Bar*GM	5	20	1.14	0.3744

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		3.8944	0.2986	20	13.04	<.0001
Bar	40		3.7956	0.2986	20	12.71	<.0001
Bar	60		3.6333	0.2986	20	12.17	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	3.9367	0.2738	20	14.38	<.0001
GM		8	4.4825	0.2738	20	16.37	<.0001
Bar*GM	0	6	3.6267	0.4505	20	8.05	<.0001
Bar*GM	0	8	4.7900	0.4505	20	10.63	<.0001
Bar*GM	20	4	2.6867	0.4505	20	5.96	<.0001
Bar*GM	20	6	4.2500	0.4505	20	9.43	<.0001
Bar*GM	20	8	4.7467	0.4505	20	10.54	<.0001
Bar*GM	40	4	3.3200	0.4505	20	7.37	<.0001
Bar*GM	40	6	4.1700	0.4505	20	9.26	<.0001
Bar*GM	40	8	3.8967	0.4505	20	8.65	<.0001
Bar*GM	60	4	2.7033	0.4505	20	6.00	<.0001
Bar*GM	60	6	3.7000	0.4505	20	8.21	<.0001
Bar*GM	60	8	4.4967	0.4505	20	9.98	<.0001

ANEXO 5- Contenido de Agua Disponible en suelo de 0 a 70 cm de profundidad del GM VI para los períodos de barbecho de 0 y 40 días.

DDA 3

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	15.04	0.0605

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	46.8333	9.2650	2	5.05	0.0370
bar	40	73.0667	9.2650	2	7.89	0.0157

DDA 7

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	5.76	0.1384

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	45.3333	6.6867	2	6.78	0.0211
bar	40	63.0000	6.6867	2	9.42	0.0111

DDA 10

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	21.85	0.0428

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	84.3667	6.0893	2	13.85	0.0052
bar	40	106.87	6.0893	2	17.55	0.0032

DDA 12

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	2.93	0.2289

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	74.6667	6.7212	2	11.11	0.0080
bar	40	89.3000	6.7212	2	13.29	0.0056

DDA 14

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	14.00	0.0646

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	62.2667	5.8331	2	10.67	0.0087
bar	40	79.9000	5.8331	2	13.70	0.0053

DDA 17

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	3.51	0.2019

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	59.0000	7.7246	2	7.64	0.0167
bar	40	78.0333	7.7246	2	10.10	0.0097

DDA 25

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	3.78	0.1913

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	38.0333	6.4862	2	5.86	0.0279
bar	40	50.2667	6.4862	2	7.75	0.0162

DDA 27

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	4.81	0.1595

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	34.3667	6.0555	2	5.68	0.0297
bar	40	45.8333	6.0555	2	7.57	0.0170

DDA 33

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	0.32	0.6285

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	88.0333	7.5241	2	11.70	0.0072
bar	40	82.1000	7.5241	2	10.91	0.0083

DDA 41

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	0.21	0.6898

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	79.2000	7.0499	2	11.23	0.0078
bar	40	74.6000	7.0499	2	10.58	0.0088

DDA 48

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	0.10	0.7800

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	59.3333	4.8037	2	12.35	0.0065
bar	40	61.5000	4.8037	2	12.80	0.0060

DDA 53

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	1.25	0.3791

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	47.5667	5.2183	2	9.12	0.0118
bar	40	55.8333	5.2183	2	10.70	0.0086

DDA 60

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	0.44	0.5744

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	59.6333	7.7952	2	7.65	0.0167
bar	40	66.9667	7.7952	2	8.59	0.0133

DDA 66

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	1.63	0.3298

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	47.6000	3.5621	2	13.36	0.0056
bar	40	54.0333	3.5621	2	15.17	0.0043

DDA 74

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	0.03	0.8816

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	82.8000	12.3040	2	6.73	0.0214
bar	40	85.7333	12.3040	2	6.97	0.0200

DDA 83

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	0.10	0.7800

Least Squares Means

Effect	bar	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
bar	0	70.3333	11.8975	2	5.91	0.0274
bar	40	75.7000	11.8975	2	6.36	0.0238

ANEXO 6- Contenido de Agua Disponible en suelo de 0 a 70 cm de profundidad de los GM IV y VI, del período de barbecho de 40 días.

DDA 3

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	9.05	0.0950

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	49.7000	6.4844	2	7.66	0.0166
gm	6	73.0667	6.4844	2	11.27	0.0078

DDA 7

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	13.64	0.0661

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	47.7333	4.2305	2	11.28	0.0078
gm	6	63.0000	4.2305	2	14.89	0.0045

DDA 10

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	9.80	0.0887

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	79.1667	6.2574	2	12.65	0.0062
gm	6	106.87	6.2574	2	17.08	0.0034

DDA 12

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	14.44	0.0628

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	68.3333	4.2179	2	16.20	0.0038
gm	6	89.3000	4.2179	2	21.17	0.0022

DDA 14

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	14.41	0.0629

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	56.6667	5.3776	2	10.54	0.0089
gm	6	79.9000	5.3776	2	14.86	0.0045

DDA 17

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	283.85	0.0035

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	57.9333	1.4111	2	41.06	0.0006
gm	6	78.0333	1.4111	2	55.30	0.0003

DDA 25

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	5.34	0.1470

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	42.9000	2.2540	2	19.03	0.0027
gm	6	50.2667	2.2540	2	22.30	0.0020

DDA 27

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	0.89	0.4447

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	42.7000	2.6883	2	15.88	0.0039
gm	6	45.8333	2.6883	2	17.05	0.0034

DDA 33

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	2.40	0.2612

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	97.7667	7.1465	2	13.68	0.0053
gm	6	82.1000	7.1465	2	11.49	0.0075

DDA 41

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	5.14	0.1515

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	92.9000	5.7058	2	16.28	0.0038
gm	6	74.6000	5.7058	2	13.07	0.0058

DDA 48

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	13.13	0.0685

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	75.6000	2.7520	2	27.47	0.0013
gm	6	61.5000	2.7520	2	22.35	0.0020

DDA 53

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	0.02	0.9029

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	54.9333	4.6133	2	11.91	0.0070
gm	6	55.8333	4.6133	2	12.10	0.0068

DDA 60

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	0.02	0.8996

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	65.8000	5.7809	2	11.38	0.0076
gm	6	66.9667	5.7809	2	11.58	0.0074

DDA 66

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	0.64	0.5067

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	49.9333	3.6145	2	13.81	0.0052
gm	6	54.0333	3.6145	2	14.95	0.0044

DDA 74

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	0.04	0.8687

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	88.7333	11.3277	2	7.83	0.0159
gm	6	85.7333	11.3277	2	7.57	0.0170

DDA 83

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	0.64	0.5067

Least Squares Means

Effect	gm	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3	88.4000	11.1975	2	7.89	0.0157
gm	6	75.7000	11.1975	2	6.76	0.0212

ANEXO 7- Contenido de Agua Disponible del suelo en el DDA 41 (inicio del período crítico del GM VI), de 0 a 70cm de profundidad en estratos de 10cm para los PB 0 y 40 días.

DDA 41

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
bar	1	2	1.37	0.3629
prof	6	12	20.71	<.0001
bar*prof	6	11	0.38	0.8783

Least Squares Means

Effect			Standard		DF	t Value	Pr > |t|
	bar	prof	Estimate	Error			
bar	0		12.0661	0.8614	2	14.01	0.0051
bar	40		10.6571	0.8432	2	12.64	0.0062
prof		1	2.5000	1.2575	12	1.99	0.0701
prof		2	5.6667	1.2575	12	4.51	0.0007
prof		3	9.9667	1.2575	12	7.93	<.0001
prof		4	15.2167	1.2575	12	12.10	<.0001
prof		5	16.3167	1.2575	12	12.98	<.0001
prof		6	15.7833	1.2575	12	12.55	<.0001
prof		7	14.0814	1.4007	12	10.05	<.0001
bar*prof	0	1	3.3333	1.7784	11	1.87	0.0877
bar*prof	0	2	6.6000	1.7784	11	3.71	0.0034
bar*prof	0	3	9.2667	1.7784	11	5.21	0.0003
bar*prof	0	4	15.7333	1.7784	11	8.85	<.0001
bar*prof	0	5	16.7333	1.7784	11	9.41	<.0001
bar*prof	0	6	16.9667	1.7784	11	9.54	<.0001
bar*prof	0	7	15.8295	2.1646	11	7.31	<.0001
bar*prof	40	1	1.6667	1.7784	11	0.94	0.3688
bar*prof	40	2	4.7333	1.7784	11	2.66	0.0221
bar*prof	40	3	10.6667	1.7784	11	6.00	<.0001
bar*prof	40	4	14.7000	1.7784	11	8.27	<.0001
bar*prof	40	5	15.9000	1.7784	11	8.94	<.0001
bar*prof	40	6	14.6000	1.7784	11	8.21	<.0001
bar*prof	40	7	12.3333	1.7784	11	6.94	<.0001

ANEXO 8- Contenido de Agua Disponible del suelo en el DDA 74 (final del período crítico del GM VI) de 0 a 70 cm de profundidad en estratos de 10 cm para los PB 0 y 40 días.

DDA 74

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num	Den	F Value	Pr > F
	DF	DF		
bar	1	2	0.02	0.9052
prof	6	12	4.69	0.0111
bar*prof	6	11	0.61	0.7217

Least Squares Means

Effect	bar	prof	Standard		DF	t Value	Pr > |t|
			Estimate	Error			
bar	0		12.5708	1.7363	2	7.24	0.0185
bar	40		12.2429	1.7213	2	7.11	0.0192
prof		1	6.8000	1.8740	12	3.63	0.0035
prof		2	8.8000	1.8740	12	4.70	0.0005
prof		3	12.4833	1.8740	12	6.66	<.0001
prof		4	14.7333	1.8740	12	7.86	<.0001
prof		5	15.4833	1.8740	12	8.26	<.0001
prof		6	14.6833	1.8740	12	7.84	<.0001
prof		7	13.8644	2.0363	12	6.81	<.0001
bar*prof	0	1	5.0667	2.6144	11	1.94	0.0787
bar*prof	0	2	7.8667	2.6144	11	3.01	0.0119
bar*prof	0	3	13.3000	2.6144	11	5.09	0.0004
bar*prof	0	4	15.0333	2.6144	11	5.75	0.0001
bar*prof	0	5	15.4333	2.6144	11	5.90	0.0001
bar*prof	0	6	15.7667	2.6144	11	6.03	<.0001
bar*prof	0	7	15.5288	3.0617	11	5.07	0.0004
bar*prof	40	1	8.5333	2.6144	11	3.26	0.0075
bar*prof	40	2	9.7333	2.6144	11	3.72	0.0034
bar*prof	40	3	11.6667	2.6144	11	4.46	0.0010
bar*prof	40	4	14.4333	2.6144	11	5.52	0.0002
bar*prof	40	5	15.5333	2.6144	11	5.94	<.0001
bar*prof	40	6	13.6000	2.6144	11	5.20	0.0003
bar*prof	40	7	12.2000	2.6144	11	4.67	0.0007

ANEXO 9-Contenido de Agua Disponible en el suelo del período de barbecho de 40 días y los grupos de madurez IV y VI; el DDA 17

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	22.21	0.0422
prof	6	12	37.45	<.0001
gm*prof	6	12	3.17	0.0421

Least Squares Means

Effect	gm	prof	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3		8.2762	0.4506	2	18.37	0.0030
gm	6		11.1476	0.4506	2	24.74	0.0016
prof		1	1.4667	0.8785	12	1.67	0.1209
prof		2	4.4000	0.8785	12	5.01	0.0003
prof		3	7.2333	0.8785	12	8.23	<.0001
prof		4	11.7333	0.8785	12	13.36	<.0001
prof		5	15.2167	0.8785	12	17.32	<.0001
prof		6	14.4667	0.8785	12	16.47	<.0001
prof		7	13.4667	0.8785	12	15.33	<.0001
gm*prof	3	1	0.3667	1.1923	12	0.31	0.7637
gm*prof	3	2	2.6667	1.1923	12	2.24	0.0451
gm*prof	3	3	3.8333	1.1923	12	3.22	0.0074
gm*prof	3	4	8.6667	1.1923	12	7.27	<.0001
gm*prof	3	5	14.0000	1.1923	12	11.74	<.0001
gm*prof	3	6	14.6000	1.1923	12	12.25	<.0001
gm*prof	3	7	13.8000	1.1923	12	11.57	<.0001
gm*prof	6	1	2.5667	1.1923	12	2.15	0.0524
gm*prof	6	2	6.1333	1.1923	12	5.14	0.0002
gm*prof	6	3	10.6333	1.1923	12	8.92	<.0001
gm*prof	6	4	14.8000	1.1923	12	12.41	<.0001
gm*prof	6	5	16.4333	1.1923	12	13.78	<.0001
gm*prof	6	6	14.3333	1.1923	12	12.02	<.0001
gm*prof	6	7	13.1333	1.1923	12	11.02	<.0001

ANEXO 10- Contenido de Agua Disponible en suelo de los GM IV y VI, al inicio y fin del período crítico del GM IV (DDA 33 y 60) de 0 a 70 cm de profundidad en estratos de 10 cm

DDA 33

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	2.42	0.2602
prof	6	12	21.56	<.0001
gm*prof	6	12	1.46	0.2725

Least Squares Means

Effect			Standard		DF	t Value	Pr > |t|
	gm	prof	Estimate	Error			
gm	3		13.9810	1.0198	2	13.71	0.0053
gm	6		11.7381	1.0198	2	11.51	0.0075
prof		1	7.1667	0.9965	12	7.19	<.0001
prof		2	9.6833	0.9965	12	9.72	<.0001
prof		3	12.6333	0.9965	12	12.68	<.0001
prof		4	15.9500	0.9965	12	16.01	<.0001
prof		5	16.5833	0.9965	12	16.64	<.0001
prof		6	15.1833	0.9965	12	15.24	<.0001
prof		7	12.8167	0.9965	12	12.86	<.0001
gm*prof	3	1	7.0333	1.4092	12	4.99	0.0003
gm*prof	3	2	10.3667	1.4092	12	7.36	<.0001
gm*prof	3	3	13.1000	1.4092	12	9.30	<.0001
gm*prof	3	4	17.1000	1.4092	12	12.13	<.0001
gm*prof	3	5	18.8333	1.4092	12	13.36	<.0001
gm*prof	3	6	17.4667	1.4092	12	12.39	<.0001
gm*prof	3	7	13.9667	1.4092	12	9.91	<.0001
gm*prof	6	1	7.3000	1.4092	12	5.18	0.0002
gm*prof	6	2	9.0000	1.4092	12	6.39	<.0001
gm*prof	6	3	12.1667	1.4092	12	8.63	<.0001
gm*prof	6	4	14.8000	1.4092	12	10.50	<.0001
gm*prof	6	5	14.3333	1.4092	12	10.17	<.0001
gm*prof	6	6	12.9000	1.4092	12	9.15	<.0001
gm*prof	6	7	11.6667	1.4092	12	8.28	<.0001

DDA 60

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	0.02	0.9048
prof	6	12	22.10	<.0001
gm*prof	6	12	2.36	0.0974

Least Squares Means

Effect			Standard		DF	t Value	Pr > |t|
	gm	prof	Estimate	Error			
gm	3		9.4048	0.8419	2	11.17	0.0079
gm	6		9.5619	0.8419	2	11.36	0.0077
prof		1	1.6667	1.1894	12	1.40	0.1865
prof		2	4.7000	1.1894	12	3.95	0.0019
prof		3	6.6000	1.1894	12	5.55	0.0001
prof		4	11.1000	1.1894	12	9.33	<.0001
prof		5	15.1667	1.1894	12	12.75	<.0001
prof		6	14.1833	1.1894	12	11.92	<.0001
prof		7	12.9667	1.1894	12	10.90	<.0001
gm*prof	3	1	1.7333	1.6101	12	1.08	0.3029
gm*prof	3	2	4.6667	1.6101	12	2.90	0.0134
gm*prof	3	3	4.5000	1.6101	12	2.79	0.0162
gm*prof	3	4	9.0333	1.6101	12	5.61	0.0001
gm*prof	3	5	15.6333	1.6101	12	9.71	<.0001
gm*prof	3	6	16.0000	1.6101	12	9.94	<.0001
gm*prof	3	7	14.2667	1.6101	12	8.86	<.0001
gm*prof	6	1	1.6000	1.6101	12	0.99	0.3400
gm*prof	6	2	4.7333	1.6101	12	2.94	0.0124
gm*prof	6	3	8.7000	1.6101	12	5.40	0.0002
gm*prof	6	4	13.1667	1.6101	12	8.18	<.0001
gm*prof	6	5	14.7000	1.6101	12	9.13	<.0001
gm*prof	6	6	12.3667	1.6101	12	7.68	<.0001
gm*prof	6	7	11.6667	1.6101	12	7.25	<.0001

ANEXO 11- Contenido de Agua Disponible en suelo de los GM IV y VI, al inicio y fin del período crítico del GM VI (DDA 41 y 74) de 0 a 70 cm de profundidad en estratos de 10 cm

DDA 41

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num Den		F Value	Pr > F
	DF	DF		
gm	1	2	5.09	0.1528
prof	6	12	41.31	<.0001
gm*prof	6	12	0.85	0.5591

Least Squares Means

Effect	gm	prof	Standard		DF	t Value	Pr > |t|
			Estimate	Error			
gm	3		13.2571	0.8151	2	16.26	0.0038
gm	6		10.6571	0.8151	2	13.07	0.0058
prof		1	3.2667	0.9713	12	3.36	0.0056
prof		2	6.2000	0.9713	12	6.38	<.0001
prof		3	10.7667	0.9713	12	11.08	<.0001
prof		4	15.0333	0.9713	12	15.48	<.0001
prof		5	17.5000	0.9713	12	18.02	<.0001
prof		6	16.4333	0.9713	12	16.92	<.0001
prof		7	14.5000	0.9713	12	14.93	<.0001
gm*prof	3	1	4.8667	1.3737	12	3.54	0.0040
gm*prof	3	2	7.6667	1.3737	12	5.58	0.0001
gm*prof	3	3	10.8667	1.3737	12	7.91	<.0001
gm*prof	3	4	15.3667	1.3737	12	11.19	<.0001
gm*prof	3	5	19.1000	1.3737	12	13.90	<.0001
gm*prof	3	6	18.2667	1.3737	12	13.30	<.0001
gm*prof	3	7	16.6667	1.3737	12	12.13	<.0001
gm*prof	6	1	1.6667	1.3737	12	1.21	0.2484
gm*prof	6	2	4.7333	1.3737	12	3.45	0.0048
gm*prof	6	3	10.6667	1.3737	12	7.77	<.0001
gm*prof	6	4	14.7000	1.3737	12	10.70	<.0001
gm*prof	6	5	15.9000	1.3737	12	11.57	<.0001
gm*prof	6	6	14.6000	1.3737	12	10.63	<.0001
gm*prof	6	7	12.3333	1.3737	12	8.98	<.0001

DDA 74

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
gm	1	2	0.04	0.8688
prof	6	12	5.11	0.0080
gm*prof	6	12	0.16	0.9837

Least Squares Means Standard

Effect	gm	prof	Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
gm	3		12.6714	1.6197	2	7.82	0.0159
gm	6		12.2429	1.6197	2	7.56	0.0171
prof		1	8.6667	1.4909	12	5.81	<.0001
prof		2	10.3833	1.4909	12	6.96	<.0001
prof		3	11.9167	1.4909	12	7.99	<.0001
prof		4	13.9500	1.4909	12	9.36	<.0001
prof		5	15.4500	1.4909	12	10.36	<.0001
prof		6	13.9667	1.4909	12	9.37	<.0001
prof		7	12.8667	1.4909	12	8.63	<.0001
gm*prof	3	1	8.8000	2.1084	12	4.17	0.0013
gm*prof	3	2	11.0333	2.1084	12	5.23	0.0002
gm*prof	3	3	12.1667	2.1084	12	5.77	<.0001
gm*prof	3	4	13.4667	2.1084	12	6.39	<.0001
gm*prof	3	5	15.3667	2.1084	12	7.29	<.0001
gm*prof	3	6	14.3333	2.1084	12	6.80	<.0001
gm*prof	3	7	13.5333	2.1084	12	6.42	<.0001
gm*prof	6	1	8.5333	2.1084	12	4.05	0.0016
gm*prof	6	2	9.7333	2.1084	12	4.62	0.0006
gm*prof	6	3	11.6667	2.1084	12	5.53	0.0001
gm*prof	6	4	14.4333	2.1084	12	6.85	<.0001
gm*prof	6	5	15.5333	2.1084	12	7.37	<.0001
gm*prof	6	6	13.6000	2.1084	12	6.45	<.0001
gm*prof	6	7	12.2000	2.1084	12	5.79	<.0001

ANEXO 12- Rendimiento de soja en grano en tt ha -1

A-Según los 4 periodos de barbecho

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	2	15	0.92	0.4197
GM	2	15	13.49	0.0004
Bar*GM	4	15	0.07	0.9902

Least Squares Means Standard

Effect	Bar	GM	Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	20		2354.11	172.63	15	13.64	<.0001
Bar	40		2483.56	172.63	15	14.39	<.0001
Bar	60		2540.76	177.55	15	14.31	<.0001
GM		4	2191.00	172.63	15	12.69	<.0001
GM		6	2322.54	177.55	15	13.08	<.0001
GM		8	2864.89	172.63	15	16.60	<.0001
Bar*GM	20	4	2136.33	220.21	15	9.70	<.0001
Bar*GM	20	6	2180.00	220.21	15	9.90	<.0001
Bar*GM	20	8	2746.00	220.21	15	12.47	<.0001
Bar*GM	40	4	2213.33	220.21	15	10.05	<.0001
Bar*GM	40	6	2360.33	220.21	15	10.72	<.0001
Bar*GM	40	8	2877.00	220.21	15	13.06	<.0001
Bar*GM	60	4	2223.33	220.21	15	10.10	<.0001
Bar*GM	60	6	2427.29	252.99	15	9.59	<.0001
Bar*GM	60	8	2971.67	220.21	15	13.49	<.0001

B-Según los grupos de madurez VI y VIII

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	13	6.08	0.0081
GM	1	13	26.05	0.0002
Bar*GM	3	13	0.90	0.4669

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard		DF	t Value	Pr > |t|
			Estimate	Error			
Bar	0		2026.17 b	160.58	13	12.62	<.0001
Bar	20		2463.00 a	160.58	13	15.34	<.0001
Bar	40		2618.67 a	160.58	13	16.31	<.0001
Bar	60		2726.96 a	172.75	13	15.79	<.0001
GM		6	2138.73 b	139.45	13	15.34	<.0001
GM		8	2778.67 a	135.77	13	20.47	<.0001
Bar*GM	0	6	1532.33	201.23	13	7.61	<.0001
Bar*GM	0	8	2520.00	201.23	13	12.52	<.0001
Bar*GM	20	6	2180.00	201.23	13	10.83	<.0001
Bar*GM	20	8	2746.00	201.23	13	13.65	<.0001
Bar*GM	40	6	2360.33	201.23	13	11.73	<.0001
Bar*GM	40	8	2877.00	201.23	13	14.30	<.0001
Bar*GM	60	6	2482.25	238.17	13	10.42	<.0001
Bar*GM	60	8	2971.67	201.23	13	14.77	<.0001

ANEXO 13- Rendimiento en grano tt ha⁻¹ según GM

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	6.22	0.0040
GM	2	19	20.64	<.0001
Bar*GM	5	19	0.59	0.7095

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		2354.11	161.21	19	14.60	<.0001
Bar	40		2483.56	161.21	19	15.41	<.0001
Bar	60		2546.80	166.36	19	15.31	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	2129.52	156.87	19	13.58	<.0001
GM		8	2778.67	153.81	19	18.07	<.0001
Bar*GM	0	6	1532.33	211.26	19	7.25	<.0001
Bar*GM	0	8	2520.00	211.26	19	11.93	<.0001
Bar*GM	20	4	2136.33	211.26	19	10.11	<.0001
Bar*GM	20	6	2180.00	211.26	19	10.32	<.0001
Bar*GM	20	8	2746.00	211.26	19	13.00	<.0001
Bar*GM	40	4	2213.33	211.26	19	10.48	<.0001
Bar*GM	40	6	2360.33	211.26	19	11.17	<.0001
Bar*GM	40	8	2877.00	211.26	19	13.62	<.0001
Bar*GM	60	4	2223.33	211.26	19	10.52	<.0001
Bar*GM	60	6	2445.41	244.56	19	10.00	<.0001
Bar*GM	60	8	2971.67	211.26	19	14.07	<.0001

ANEXO 14- Componentes del rendimiento

Plantas por metro²

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	21.32	<.0001
GM	2	19	13.10	0.0003
Bar*GM	5	19	0.49	0.7784

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		16.6667	0.8375	19	19.90	<.0001
Bar	40		12.8313	0.8801	19	14.58	<.0001
Bar	60		9.7778	0.8375	19	11.68	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	12.5401	0.8000	19	15.68	<.0001
GM		8	12.0833	0.7738	19	15.62	<.0001
Bar*GM	0	6	13.6667	1.2338	19	11.08	<.0001
Bar*GM	0	8	14.3333	1.2338	19	11.62	<.0001
Bar*GM	20	4	19.3333	1.2338	19	15.67	<.0001
Bar*GM	20	6	16.0000	1.2338	19	12.97	<.0001
Bar*GM	20	8	14.6667	1.2338	19	11.89	<.0001
Bar*GM	40	4	16.3333	1.2338	19	13.24	<.0001
Bar*GM	40	6	11.1604	1.4769	19	7.56	<.0001
Bar*GM	40	8	11.0000	1.2338	19	8.92	<.0001
Bar*GM	60	4	11.6667	1.2338	19	9.46	<.0001
Bar*GM	60	6	9.3333	1.2338	19	7.56	<.0001
Bar*GM	60	8	8.3333	1.2338	19	6.75	<.0001

Nudos por planta

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	2.05	0.1403
GM	2	19	5.31	0.0147
Bar*GM	5	19	0.96	0.4660

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		13.3333	0.8116	19	16.43	<.0001
Bar	40		11.4083	0.8705	19	13.11	<.0001
Bar	60		13.7778	0.8116	19	16.98	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	11.4729	0.7553	19	15.19	<.0001
GM		8	14.5833	0.7175	19	20.32	<.0001
Bar*GM	0	6	13.0000	1.3451	19	9.66	<.0001
Bar*GM	0	8	15.0000	1.3451	19	11.15	<.0001
Bar*GM	20	4	12.3333	1.3451	19	9.17	<.0001
Bar*GM	20	6	12.6667	1.3451	19	9.42	<.0001
Bar*GM	20	8	15.0000	1.3451	19	11.15	<.0001
Bar*GM	40	4	12.3333	1.3451	19	9.17	<.0001
Bar*GM	40	6	7.8915	1.6433	19	4.80	0.0001
Bar*GM	40	8	14.0000	1.3451	19	10.41	<.0001
Bar*GM	60	4	14.6667	1.3451	19	10.90	<.0001
Bar*GM	60	6	12.3333	1.3451	19	9.17	<.0001
Bar*GM	60	8	14.3333	1.3451	19	10.66	<.0001

Ramas por planta

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	1.46	0.2582
GM	2	19	13.13	0.0003
Bar*GM	5	19	3.24	0.0278

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	
Bar	20		4.1111	0.4237	19	9.70	<.0001
Bar	40		4.8718	0.4483	19	10.87	<.0001
Bar	60		4.7778	0.4237	19	11.28	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	
GM		6	5.1538	0.4016	19	12.83	<.0001
GM		8	5.1667	0.3863	19	13.38	<.0001
Bar*GM	0	6	4.3333	0.6495	19	6.67	<.0001
Bar*GM	0	8	5.0000	0.6495	19	7.70	<.0001
Bar*GM	20	4	3.6667	0.6495	19	5.65	<.0001
Bar*GM	20	6	4.3333	0.6495	19	6.67	<.0001
Bar*GM	20	8	4.3333	0.6495	19	6.67	<.0001
Bar*GM	40	4	3.0000	0.6495	19	4.62	0.0002
Bar*GM	40	6	6.9487	0.7841	19	8.86	<.0001
Bar*GM	40	8	4.6667	0.6495	19	7.19	<.0001
Bar*GM	60	4	2.6667	0.6495	19	4.11	0.0006
Bar*GM	60	6	5.0000	0.6495	19	7.70	<.0001
Bar*GM	60	8	6.6667	0.6495	19	10.26	<.0001

Vainas de 0 grano formadas

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	1.08	0.3809
GM	2	19	9.70	0.0013
Bar*GM	5	19	2.82	0.0453

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		3.5556	0.8944	19	3.98	0.0008
Bar	40		4.1339	0.9522	19	4.34	0.0004
Bar	60		4.8889	0.8944	19	5.47	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	4.5171	0.8413	19	5.37	<.0001
GM		8	6.9167	0.8049	19	8.59	<.0001
Bar*GM	0	6	6.6667	1.4202	19	4.69	0.0002
Bar*GM	0	8	7.0000	1.4202	19	4.93	<.0001
Bar*GM	20	4	1.3333	1.4202	19	0.94	0.3596
Bar*GM	20	6	4.3333	1.4202	19	3.05	0.0066
Bar*GM	20	8	5.0000	1.4202	19	3.52	0.0023
Bar*GM	40	4	3.3333	1.4202	19	2.35	0.0299
Bar*GM	40	6	4.0683	1.7252	19	2.36	0.0292
Bar*GM	40	8	5.0000	1.4202	19	3.52	0.0023
Bar*GM	60	4	1.0000	1.4202	19	0.70	0.4899
Bar*GM	60	6	3.0000	1.4202	19	2.11	0.0481
Bar*GM	60	8	10.6667	1.4202	19	7.51	<.0001

Vainas de 1 grano formadas

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	6.25	0.0039
GM	2	19	14.86	0.0001
Bar*GM	5	19	1.32	0.2969

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard		DF	t Value	Pr > |t|
			Estimate	Error			
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		8.2222	1.0507	19	7.83	<.0001
Bar	40		12.4444	1.1349	19	10.96	<.0001
Bar	60		13.5556	1.0507	19	12.90	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	13.0833	0.9652	19	13.56	<.0001
GM		8	12.8333	0.9100	19	14.10	<.0001
Bar*GM	0	6	12.0000	1.8199	19	6.59	<.0001
Bar*GM	0	8	9.0000	1.8199	19	4.95	<.0001
Bar*GM	20	4	4.6667	1.8199	19	2.56	0.0190
Bar*GM	20	6	10.6667	1.8199	19	5.86	<.0001
Bar*GM	20	8	9.3333	1.8199	19	5.13	<.0001
Bar*GM	40	4	7.0000	1.8199	19	3.85	0.0011
Bar*GM	40	6	16.0000	2.2290	19	7.18	<.0001
Bar*GM	40	8	14.3333	1.8199	19	7.88	<.0001
Bar*GM	60	4	8.3333	1.8199	19	4.58	0.0002
Bar*GM	60	6	13.6667	1.8199	19	7.51	<.0001
Bar*GM	60	8	18.6667	1.8199	19	10.26	<.0001

Vainas de 2 granos formadas

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	16.91	<.0001
GM	2	19	52.19	<.0001
Bar*GM	5	19	6.20	0.0014

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		26.3333	3.4655	19	7.60	<.0001
Bar	40		38.2321	3.6769	19	10.40	<.0001
Bar	60		51.6667	3.4655	19	14.91	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	32.2574	3.2737	19	9.85	<.0001
GM		8	56.1667	3.1413	19	17.88	<.0001
Bar*GM	0	6	27.3333	5.3989	19	5.06	<.0001
Bar*GM	0	8	38.3333	5.3989	19	7.10	<.0001
Bar*GM	20	4	14.3333	5.3989	19	2.65	0.0156
Bar*GM	20	6	23.0000	5.3989	19	4.26	0.0004
Bar*GM	20	8	41.6667	5.3989	19	7.72	<.0001
Bar*GM	40	4	17.6667	5.3989	19	3.27	0.0040
Bar*GM	40	6	43.6964	6.5374	19	6.68	<.0001
Bar*GM	40	8	53.3333	5.3989	19	9.88	<.0001
Bar*GM	60	4	28.6667	5.3989	19	5.31	<.0001
Bar*GM	60	6	35.0000	5.3989	19	6.48	<.0001
Bar*GM	60	8	91.3333	5.3989	19	16.92	<.0001

Vainas de 3 granos formadas

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	15.47	<.0001
GM	2	19	60.62	<.0001
Bar*GM	5	19	9.00	0.0002

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		8.1111	0.8704	19	9.32	<.0001
Bar	40		11.9524	0.9330	19	12.81	<.0001
Bar	60		15.6667	0.8704	19	18.00	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	14.0476	0.8110	19	17.32	<.0001
GM		8	4.8333	0.7709	19	6.27	<.0001
Bar*GM	0	6	11.6667	1.4371	19	8.12	<.0001
Bar*GM	0	8	4.3333	1.4371	19	3.02	0.0071
Bar*GM	20	4	10.6667	1.4371	19	7.42	<.0001
Bar*GM	20	6	9.3333	1.4371	19	6.49	<.0001
Bar*GM	20	8	4.3333	1.4371	19	3.02	0.0071
Bar*GM	40	4	12.3333	1.4371	19	8.58	<.0001
Bar*GM	40	6	20.1905	1.7550	19	11.50	<.0001
Bar*GM	40	8	3.3333	1.4371	19	2.32	0.0317
Bar*GM	60	4	24.6667	1.4371	19	17.16	<.0001
Bar*GM	60	6	15.0000	1.4371	19	10.44	<.0001
Bar*GM	60	8	7.3333	1.4371	19	5.10	<.0001

Nº de granos en vainas de 1 grano

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	3.88	0.0255
GM	2	19	7.72	0.0035
Bar*GM	5	19	1.49	0.2399

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		6.1111	1.3053	19	4.68	0.0002
Bar	40		9.3333	1.4098	19	6.62	<.0001
Bar	60		10.3333	1.3053	19	7.92	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	8.5833	1.1990	19	7.16	<.0001
GM		8	10.3333	1.1304	19	9.14	<.0001
Bar*GM	0	6	6.6667	2.2608	19	2.95	0.0082
Bar*GM	0	8	5.3333	2.2608	19	2.36	0.0292
Bar*GM	20	4	3.3333	2.2608	19	1.47	0.1567
Bar*GM	20	6	8.3333	2.2608	19	3.69	0.0016
Bar*GM	20	8	6.6667	2.2608	19	2.95	0.0082
Bar*GM	40	4	4.6667	2.2608	19	2.06	0.0529
Bar*GM	40	6	11.0000	2.7689	19	3.97	0.0008
Bar*GM	40	8	12.3333	2.2608	19	5.46	<.0001
Bar*GM	60	4	5.6667	2.2608	19	2.51	0.0214
Bar*GM	60	6	8.3333	2.2608	19	3.69	0.0016
Bar*GM	60	8	17.0000	2.2608	19	7.52	<.0001

Nº de granos en vainas de 2 granos

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	5.88	0.0051
GM	2	19	20.35	<.0001
Bar*GM	5	19	3.44	0.0220

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		38.1111	9.5350	19	4.00	0.0008
Bar	40		56.5000	10.2990	19	5.49	<.0001
Bar	60		81.6667	9.5350	19	8.56	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	38.8750	8.7585	19	4.44	0.0003
GM		8	94.0833	8.2576	19	11.39	<.0001
Bar*GM	0	6	29.3333	16.5151	19	1.78	0.0917
Bar*GM	0	8	49.3333	16.5151	19	2.99	0.0076
Bar*GM	20	4	18.0000	16.5151	19	1.09	0.2894
Bar*GM	20	6	29.0000	16.5151	19	1.76	0.0952
Bar*GM	20	8	67.3333	16.5151	19	4.08	0.0006
Bar*GM	40	4	22.3333	16.5151	19	1.35	0.1922
Bar*GM	40	6	59.5000	20.2268	19	2.94	0.0084
Bar*GM	40	8	87.6667	16.5151	19	5.31	<.0001
Bar*GM	60	4	35.3333	16.5151	19	2.14	0.0456
Bar*GM	60	6	37.6667	16.5151	19	2.28	0.0343
Bar*GM	60	8	172.00	16.5151	19	10.41	<.0001

Nº de granos en vainas de 3 granos

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	3.32	0.0421
GM	2	19	7.72	0.0035
Bar*GM	5	19	2.74	0.0497

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		14.6667	3.6143	19	4.06	0.0007
Bar	40		22.0235	3.9010	19	5.65	<.0001
Bar	60		28.3333	3.6143	19	7.84	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	22.3510	3.3254	19	6.72	<.0001
GM		8	9.2500	3.1379	19	2.95	0.0083
Bar*GM	0	6	12.6667	6.2285	19	2.03	0.0562
Bar*GM	0	8	6.3333	6.2285	19	1.02	0.3220
Bar*GM	20	4	20.3333	6.2285	19	3.26	0.0041
Bar*GM	20	6	16.6667	6.2285	19	2.68	0.0149
Bar*GM	20	8	7.0000	6.2285	19	1.12	0.2751
Bar*GM	40	4	19.3333	6.2285	19	3.10	0.0058
Bar*GM	40	6	39.0705	7.6280	19	5.12	<.0001
Bar*GM	40	8	7.6667	6.2285	19	1.23	0.2334
Bar*GM	60	4	48.0000	6.2285	19	7.71	<.0001
Bar*GM	60	6	21.0000	6.2285	19	3.37	0.0032
Bar*GM	60	8	16.0000	6.2285	19	2.57	0.0188

Peso de 1000 granos en vainas de 1 grano

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	0.24	0.8689
GM	2	19	17.01	<.0001
Bar*GM	5	19	2.45	0.0711

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		187.67	4.7031	19	39.90	<.0001
Bar	40		182.61	5.0799	19	35.95	<.0001
Bar	60		182.89	4.7031	19	38.89	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	201.88	4.3201	19	46.73	<.0001
GM		8	167.25	4.0730	19	41.06	<.0001
Bar*GM	0	6	192.67	8.1460	19	23.65	<.0001
Bar*GM	0	8	176.00	8.1460	19	21.61	<.0001
Bar*GM	20	4	193.67	8.1460	19	23.77	<.0001
Bar*GM	20	6	196.00	8.1460	19	24.06	<.0001
Bar*GM	20	8	173.33	8.1460	19	21.28	<.0001
Bar*GM	40	4	186.00	8.1460	19	22.83	<.0001
Bar*GM	40	6	200.50	9.9768	19	20.10	<.0001
Bar*GM	40	8	161.33	8.1460	19	19.81	<.0001
Bar*GM	60	4	172.00	8.1460	19	21.11	<.0001
Bar*GM	60	6	218.33	8.1460	19	26.80	<.0001
Bar*GM	60	8	158.33	8.1460	19	19.44	<.0001

Peso de 1000 granos en vainas de 2 granos

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	0.06	0.9811
GM	2	19	19.40	<.0001
Bar*GM	5	19	2.24	0.0923

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0		Non-est	.	.	.	.
Bar	20		176.11	4.0229	19	43.78	<.0001
Bar	40		175.78	4.3452	19	40.45	<.0001
Bar	60		176.22	4.0229	19	43.81	<.0001
GM		4	Non-est	.	.	.	.
GM		6	189.67	3.6952	19	51.33	<.0001
GM		8	158.50	3.4839	19	45.49	<.0001
Bar*GM	0	6	182.33	6.9678	19	26.17	<.0001
Bar*GM	0	8	162.33	6.9678	19	23.30	<.0001
Bar*GM	20	4	187.33	6.9678	19	26.89	<.0001
Bar*GM	20	6	186.67	6.9678	19	26.79	<.0001
Bar*GM	20	8	154.33	6.9678	19	22.15	<.0001
Bar*GM	40	4	181.67	6.9678	19	26.07	<.0001
Bar*GM	40	6	185.00	8.5338	19	21.68	<.0001
Bar*GM	40	8	160.67	6.9678	19	23.06	<.0001
Bar*GM	60	4	167.33	6.9678	19	24.02	<.0001
Bar*GM	60	6	204.67	6.9678	19	29.37	<.0001
Bar*GM	60	8	156.67	6.9678	19	22.48	<.0001

Peso de 1000 granos en vainas de 3 granos

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Bar	3	19	0.17	0.9136
GM	2	19	6.95	0.0054
Bar*GM	5	19	2.45	0.0713

Least Squares Means

Effect	Bar	GM	Standard Estimate	Error	DF	t Value	Pr > |t|
Bar	0	Non-est		.	.	.	.
Bar	20		171.44	4.8677	19	35.22	<.0001
Bar	40		170.97	5.2122	19	32.80	<.0001
Bar	60		173.33	4.8677	19	35.61	<.0001
GM		4	Non-est		.	.	.
GM		6	184.64	4.5418	19	40.65	<.0001
GM		8	163.75	4.3214	19	37.89	<.0001
Bar*GM	0	6	180.33	7.9911	19	22.57	<.0001
Bar*GM	0	8	174.00	7.9911	19	21.77	<.0001
Bar*GM	20	4	166.00	7.9911	19	20.77	<.0001
Bar*GM	20	6	180.00	7.9911	19	22.52	<.0001
Bar*GM	20	8	168.33	7.9911	19	21.07	<.0001
Bar*GM	40	4	178.67	7.9911	19	22.36	<.0001
Bar*GM	40	6	176.24	9.7524	19	18.07	<.0001
Bar*GM	40	8	158.00	7.9911	19	19.77	<.0001
Bar*GM	60	4	163.33	7.9911	19	20.44	<.0001
Bar*GM	60	6	202.00	7.9911	19	25.28	<.0001
Bar*GM	60	8	154.67	7.9911	19	19.35	<.0001