

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y GRANO DE SOJA (*Glicyne
max.*) BAJO PASTOREO.**

Por

**Ignacio BONJOUR RIVERO
Felipe BONILLA CEDREZ
Juan Andrés CLARAMUNT VILLAMIL**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2010**

Tesis aprobada por:

Director: Hoffman Esteban

Bianchi Giani

Boggiano Pablo

Fecha: 9/11/2010

Autores: Bonilla Cedrez Felipe
Bonjour Rivero Ignacio
Claramunt Villamil Juan Andrés

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por su apoyo constante durante estos años de trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IV
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	3
2.2. <u>ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE SOJA</u>	3
2.2.1. <u>Desarrollo del cultivo</u>	4
2.3. <u>PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CONSTRUCCIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO</u>	5
2.3.1. <u>Evolución y acumulación de biomasa</u>	5
2.3.2. <u>Construcción del rendimiento</u>	6
2.3.2.1 <u>Número de granos</u>	7
2.3.2.2. <u>Peso de granos</u>	8
2.3.3. <u>Período crítico para la definición del rendimiento</u>	9
2.3.4. <u>Efecto de la densidad sobre los componentes del rendimiento y características ecofisiológicas del cultivo de soja</u>	11
2.4. <u>RESPUESTA DE LA SOJA FRENTE AL STRESS</u>	12
2.4.1. <u>Etapa vegetativa</u>	12
2.4.2. <u>Etapa reproductiva</u>	14
2.5. <u>RESPUESTA DE LA SOJA A LA DEFOLIACIÓN</u>	15
2.5.1. <u>Defoliación simulada</u>	15
2.5.2. <u>Defoliación por lagartas desfoliadoras</u>	15
2.5.3. <u>Defoliación por pastoreo</u>	17
2.5.3.1. <u>Pastoreo con bovinos</u>	17
2.5.3.2. <u>Pastoreo con ovinos</u>	18
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	22
3.1 <u>DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</u>	22
3.1.1. <u>Ubicación</u>	22
3.1.2. <u>Manejo experimental</u>	22
3.1.3. <u>Diseño experimental</u>	23
3.2. <u>DETERMINACIONES</u>	24
3.2.1. <u>Determinaciones durante el ciclo del cultivo</u>	24

3.2.2. <u>Determinaciones a cosecha</u>	25
3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	26
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	27
4.1. <u>CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA</u>	27
4.2. EXPERIMENTO 1. RENDIMIENTO EN GRANO EN RESPUESTA AL MANEJO DE DOS POBLACIONES CONTRASTANTES PARA TRES CULTIVARES DE SOJA.....	29
4.2.1. <u>Rendimiento y componentes según la variedad</u>	32
4.2.2. <u>Rendimiento y componentes en función de la población</u>	33
4.2.3. <u>Efecto de la interacción variedad x población sobre el rendimiento de grano y sus componentes</u>	35
4.3. EXPERIMENTO 2. RENDIMIENTO EN RESPUESTA AL NÚMERO DE PASTOREOS PARA DOS POBLACIONES Y TRES CULTIVARES DE SOJA.....	37
4.3.1. <u>Introducción</u>	37
4.3.2. <u>Efecto del pastoreo sobre el rendimiento de grano y componentes</u>	37
4.3.3. <u>Efecto de la interacción variedad x pastoreo sobre el rendimiento en grano</u>	41
4.3.4. <u>Efecto promedio de la interacción población x pastoreos en rendimiento de grano</u>	41
4.3.5. <u>Efecto de la interacción variedad x población sobre el rendimiento en grano y componentes para los diferentes tratamientos de pastoreo</u>	42
4.3.5.1. Testigo sin pastoreo.....	42
4.3.5.2. Un pastoreo.....	44
4.3.5.3. Dos pastoreos.....	46
4.3.5.4. Tres pastoreos.....	47
4.4. EXPERIMENTO 3. INFLUENCIA DEL MANEJO DE LA POBLACIÓN Y EL CULTIVAR SOBRE LA PRODUCCIÓN Y DESAPARICIÓN DE BIOMASA DE SOJA BAJO PASTOREO CON CORDEROS PESADOS.....	49
4.4.1. <u>Introducción</u>	49
4.4.2. <u>Producción de biomasa total acumulada bajo pastoreo</u>	54
4.4.2.1. Efecto promedio de la variedad, población, e interacción variedad x población en la producción de biomasa total acumulada.....	55
4.4.3. <u>Desaparición de biomasa</u>	57
4.4.4. <u>Rebrote</u>	61
4.4.5. <u>Disponibilidad de biomasa en el momento 1</u>	64
4.4.6. <u>Desaparición de biomasa en el momento 1</u>	68
4.4.7. <u>Disponibilidad de biomasa en el momento 2</u>	72

4.4.8. <u>Desaparición de biomasa en el momento 2</u>	78
4.4.9. <u>Disponibilidad de biomasa en el momento 3</u>	81
4.4.10. <u>Desaparición de biomasa en el momento 3</u>	87
4.4.11. <u>Producción de Carne</u>	92
5. <u>CONCLUSIONES</u>	93
6. <u>CONSIDERACIONES FINALES</u>	94
7. <u>RESUMEN</u>	96
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	98

1. INTRODUCCIÓN

Las crisis forrajeras en el invierno, ya no son exclusivas en los esquemas intensivos de producción de carne, sino que también el verano aparece como un punto crítico en dichos sistemas. El elevado porcentaje de área mejorada, las altas cargas actuales y la poca área que se maneja en este momento del año debido a la reducción del área de pastoreo, ya sea por la elevada proporción del suelo destinado a cultivos de verano, o como consecuencia de que parte de la superficie está en barbecho para las siembras de otoño y/o invierno, posiciona a la capacidad de carga en el verano como un punto de elevada importancia que requiere de soluciones viables.

Cuando irrumpen en estos sistemas, esquemas de producción de carne en base a corderos pesados precoces, como el propuesto por la Facultad de Agronomía, en los cuales se concentran parte de las necesidades de forraje de calidad y cantidad en pleno verano, se crea una demanda adicional, que además requiere opciones que deben estar especialmente adaptadas a este tipo de animales. Por ello hoy la soja además de ser el principal cultivo para grano en el país, aparece como una opción de verdeo de verano para este tipo de sistemas a ser evaluada. Se adapta climáticamente a casi a todo el país, por su calidad forrajera (leguminosa) y por su elevada accesibilidad para corderos, el sector productivo ha comenzado a incorporarla, aún cuando la información necesaria para su manejo tanto a nivel nacional como internacional es escasa.

La Facultad de Agronomía desde hace tres años ha venido desarrollando una serie de trabajos preliminares que han permitido ir evacuando las carencias de información existentes en cuanto al uso del cultivo de soja como verdeo.

En el presente trabajo se plantea avanzar en la exploración de factores de manejo asociados con la producción de forraje y resistencia al pastoreo. Se pretende estudiar el impacto sobre la producción de forraje y grano de soja bajo pastoreo con corderos pesados. El objetivo general es evaluar el impacto sobre la respuesta al pastoreo de factores de manejo como cultivar, población y No. de pastoreos.

Los objetivos específicos son:

- 1- Evaluar cuales son las variables asociadas con la producción total de forraje.
- 2- Estudiar el impacto en la precocidad, capacidad de rebrote y producción total de forraje de variedades contrastantes en cuanto a largo de ciclo y hábito de crecimiento.
- 3- Evaluar la respuesta a la población, variedad e interacciones en cuanto a producción de grano y sus componentes.
- 4- Evaluar el efecto de pastoreos en la producción de grano.

Hipótesis: La Soja es una buena opción de verdeo de verano, ya que aporta calidad y cantidad de forraje que puede ser utilizada por corderos bajo pastoreo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se busca recopilar información existente sobre el cultivo de soja bajo pastoreo y la respuesta vegetal en producción de forraje y grano.

Interesa además conocer los mecanismos de respuesta del cultivo frente a déficit hídricos para así entender por qué esta especie es capaz de producir forraje de buena calidad y en cantidad mientras otras disminuyen mucho su producción bajo condiciones de estrés hídrico extremo.

De los trabajos realizados en Facultad de Agronomía durante tres años se concluyó que el cultivo presenta buena adaptación al pastoreo especialmente para condiciones extremas y que deberían evitarse retiros de más del 60% del área foliar en cada pastoreo (Bianchi, 2007).

Trabajando en la misma dirección Kalton et al., Rosas, Daugherty, Turnipseed citados por Wilcox (1987), concluyeron que bajos niveles de defoliación no implican reducciones de producción de grano independientemente de la fase del ciclo del cultivo en que es realizado.

El concepto anterior ha sido manejado en varias oportunidades por distintos investigadores y es clara la falta de información tanto nacional como extranjera.

2.2. ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE SOJA

El presente capítulo pretende describir características generales, ecofisiológicas y morfológicas del cultivo de soja para lograr una mejor comprensión de la respuesta vegetal al pastoreo.

La soja es una leguminosa de alto valor proteico, cercano al 35% en grano (19,56% para Piper y Morse, 1923 y 24% de PC en hoja según Villalobos, 2004), con un buen balance de aminoácidos esenciales utilizada en alimentación y producción de aceite. Su centro de origen se sitúa en el Extremo Oriente (China, Japón, Indochina) y se comercializa en todo el mundo, debido a sus múltiples usos (Padgett et al., 1995).

Es una planta herbácea anual, primavera-estival, cuyo ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses. Posee tallos rígidos y erectos, adquiere alturas variables, de 0,4 a 1,5 metros, según variedades y condiciones de cultivo. Tiene tendencia a encamarse, aunque existen variedades resistentes al vuelco.

Su sistema radicular puede alcanzar hasta un metro de profundidad y posee nódulos de rizobium fijadores de nitrógeno, en número variable (Padgette et al., 1995).

Posee hojas alternas, trifoliadas, excepto las basales, que son unifoliadas. Las flores se encuentran en inflorescencias racemosas, son de color blanquecino o púrpura, según la variedad. Su fruto es una vaina que contiene de tres a cuatro semillas. (Padgette et al., 1995).

Tiene un consumo de agua por cultivo de entre 500-600 mm durante el total del ciclo (Bordero, citado por Satorre et al., 2003). El estadio que presenta la mayor evapotranspiración, se sitúa en el máximo cuajado de vainas, con un 43% de la evapotranspiración total (Berlato y Bergamaschi, 1978).

Las temperaturas óptimas diurnas para fotosíntesis están comprendidas entre los 25 y 30°C y las temperaturas óptimas nocturnas para crecimiento se encuentran entre los 21 a 27°C. Asimismo, la ocurrencia de temperaturas inferiores a 21°C reducen el establecimiento de vainas y por debajo de 14°C no hay fijación de frutos (Kantolic et al., citado por Satorre et al., 2003). Con temperaturas por encima de los 40°C, Mann y Jaworski citados por Wilcox (1987), encontraron que la formación de vainas se reducía entre 57 y 71 %.

2.2.1. Desarrollo del cultivo

A lo largo del ciclo de vida de un cultivo, dos procesos principales tienen lugar en forma simultánea e independiente: 1- el crecimiento (acumulación de peso o materia seca) y 2- el desarrollo (cambios cualitativos de la actividad y fisiología en los meristemas que se asocian con cambios macroscópicos de la morfología) (Vega, 2006).

La duración de cada fase de desarrollo depende del genotipo y es afectada por la temperatura y el fotoperíodo. La temperatura determina la tasa de desarrollo. Dicha tasa aumenta linealmente con la temperatura en el rango térmico comprendido entre la temperatura base y la temperatura óptima (Ritchie y NeSmith, citados por Wilcox, 1987). En soja, la temperatura base varía entre 6 y 10°C (Jones et al., citados por Wilcox, 1987).

Es una especie de día corto, puesto que la floración tiende a retrasarse cuando la longitud del día es mayor que el fotoperíodo denominado crítico. La sensibilidad fotoperiódica de la soja comienza luego de finalizada la etapa juvenil o preinductiva y continúa durante toda la etapa reproductiva. El retraso de la iniciación floral favorece la formación de una mayor cantidad de nudos, y por lo tanto el número de sitios reproductivos (Grimm et al., citado por Satorre et al., 2003).

La clasificación de los grupos de soja por madurez se basa en la capacidad que tiene el cultivo de utilizar el ciclo de crecimiento de una región en forma eficiente. Se distinguen doce grupos de madurez que van del 00 hasta el X. A medida que se aumenta el número grupal, aumenta la sensibilidad al fotoperíodo y disminuye el fotoperíodo crítico (Vega, 2006).

Lo mencionado anteriormente es de suma importancia para el pastoreo, ya que el objetivo es producir forraje en cantidad y calidad. Esto ocurre en la fase vegetativa, aquí se producen hojas y tallos poco lignificados, por lo que se busca que esa fase se alargue, siendo además la etapa en que el cultivo resiste mejor el pastoreo. Para lograrlo sería fundamental utilizar materiales de ciclos largos sembrados en fechas tempranas (octubre) de forma tal de tener mayores oportunidades de pastoreo en fase vegetativa ya que en fase reproductiva baja la calidad y el cultivo es susceptible a la defoliación.

2.3. PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y CONSTRUCCIÓN DEL POTENCIAL DE RENDIMIENTO

2.3.1. Evolución y acumulación de biomasa

Según Dardanelli et al., citados por Satorre et al. (2003), la soja es un cultivo que tiene una producción de biomasa aérea de entre 5.400 y 10.800 kg.há⁻¹, mientras que Andrade et al. (2000) obtuvieron una producción de biomasa total acumulada que osciló entre 7.400 y 9.600 kg.há⁻¹.

Luego de que el cultivo se implanta, la producción de hojas se incrementa en forma casi lineal hasta final de floración, alcanzándose valores máximos de índice de área foliar (IAF) de 5-8. Luego, el IAF declina progresivamente durante el llenado del grano, por abscisión de las hojas inferiores, hasta alcanzar valores de 4-6 cerca de la madurez fisiológica. A igual densidad de siembra se logra un IAF mayor con menores distancias entre hileras. En dichas condiciones también es mayor la abscisión de hojas durante el llenado del grano (Weber et al., Ojima y Fukui, Buttery, citados por Wilcox, 1987).

La distribución de las hojas en la planta difiere marcadamente al compararse distancias estrechas entre hileras (30-50 cm) y poblaciones altas, contra espaciado amplio (75-100 cm) y poblaciones bajas. En el primer caso, la edad promedio foliar es menor a causa de que la cobertura más temprana del suelo produce una mayor abscisión de las hojas inferiores.

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) es una función lineal de la radiación interceptada (Shibles y Weber, citados por Wilcox, 1987), mientras que el IAF requerido para un 95% de intercepción de luz varía entre 3,1 y 4,5, dependiendo de la densidad de siembra y de la distribución espacial.

Hanway y Weber, citados por Wilcox (1987), encontraron que las tasas de crecimiento durante la fase lineal (hasta R1) oscilaban entre 8,8 y 14,9 gMS.m⁻².día⁻¹ según la variedad considerada, y datos de Andrade (1995) sitúan a la TCC en 18 gMS.m⁻².día⁻¹ entre los 40 y 80 días post-emergencia. No obstante las principales diferencias en el rendimiento se atribuyeron más a la longitud del llenado de grano que a la tasa de crecimiento diario.

2.3.2. Construcción del rendimiento

Como en todos los cultivos para grano, el rendimiento del cultivo de soja resulta de dos componentes principales: el número de granos que se establecen por unidad de área y su peso unitario. El número de granos se compone de varios subcomponentes.

Estos subcomponentes representan la cantidad de sitios potenciales para el establecimiento de los granos (número de nudos por unidad de área del cultivo), la fertilidad de estos sitios (número de vainas por nudo) y la fertilidad de los frutos (número de granos por vaina) (Kantolic et al., citados por Satorre et. al., 2003).

El número de nudos depende del número de plantas emergidas por unidad de área, cuántos nudos aparecen en el tallo principal de cada una de ellas, cuántas ramificaciones poseen y cuantos nudos tienen esas ramificaciones. Dentro de un amplio rango de condiciones y para la mayoría de situaciones agronómicas, el número de plantas establecidas por unidad de superficie tienen un efecto neutro sobre el número de granos y sobre el rendimiento, ya que una densidad menor de plantas es compensada por un número mayor de nudos de las ramificaciones o por un aumento de la fertilidad de cada nudo (Ramseur et al., citado por Satorre et al., 2003).

El número de vainas por nudo depende de cuantas inflorescencias se desarrollan en cada nudo y cuantas vainas se establecen en cada inflorescencia. Pueden encontrarse entre 1 y 20 vainas por nudo, existiendo alta variabilidad entre los nudos de la planta, entre genotipos y ante cambios de las condiciones ambientales (Board et al., citados por Satorre et al., 2003). El número de granos por vaina, tiene un grado de control genético importante (Egli, citado por Satorre et al., 2003). Una vaina puede contener entre 1 y 4 granos, raramente 5. Algunos genotipos tienen una alta proporción de vainas con tres lóculos fértiles, mientras que en otros predominan las vainas con dos lóculos (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

Dentro de las variedades de soja cultivadas tradicionalmente y para la mayor parte de las condiciones ambientales, el peso individual de los granos suele variar entre 140 y 220 mg (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

Las variaciones en el número de granos provocadas por variaciones ambientales en general están estrechamente asociadas con cambios en el rendimiento en un rango entre 1.000 y 3.500 granos.m⁻².

A continuación se describe como es la dinámica de la generación del rendimiento en soja y cuales son los principales efectos ambientales sobre los componentes del rendimiento, identificando cuál es el periodo crítico para su definición.

2.3.2.1 Número de granos

Para comprender su dinámica, es conveniente analizar separadamente cómo evoluciona cada uno de los subcomponentes que lo determinan y qué regulación ambiental puede existir sobre ellos.

Número de nudos: La aparición de nudos en el tallo principal comienza en emergencia y progresa hasta después de la floración, sobre todo en genotipos indeterminados. Cerca de floración comienza el crecimiento de las ramificaciones (Caffaro et al., citados por Satorre et al., 2003) que continúa durante gran parte del período reproductivo (Board y Settini, Hoogenboom et al., citados por Satorre et al., 2003).

El número de nudos diferenciados en el tallo principal depende principalmente de la sensibilidad al fotoperíodo y el hábito del crecimiento del genotipo (Raper y Kramer, citados por Satorre et al., 2003). Bajo condiciones de día largo, al promoverse la actividad vegetativa del meristema apical, se diferencian y aparecen más nudos en el tallo principal que bajo condiciones de día corto. En los genotipos indeterminados, al prolongarse la actividad vegetativa del ápice, sobre todo bajo condiciones poco inductivas, el número de nudos que aparecen luego de floración es mayor que en los genotipos determinados (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

El número de nudos diferenciados en las ramificaciones está asociado con las condiciones fotoperiódicas previas y posteriores a la floración (Board y Settini, citados por Satorre et al., 2003). La elongación de estos nudos está, además, condicionada por la tasa de crecimiento del cultivo y los factores ambientales que la regulan (Board et al., citados por Satorre et al., 2003). Así, la cantidad de recursos (agua, luz, nutrientes) disponibles en post-floración y las prácticas de manejo que modifican su disponibilidad o su oportunidad de utilización (fecha de siembra, densidad) tiene una marcada influencia en la cantidad de nudos que crecen en las ramas (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

Número de vainas por nudo: El número de vainas por nudo es el resultado de los fenómenos de generación y mortandad de flores. La generación incluye la iniciación de primordios florales, su posterior desarrollo y crecimiento hasta su transformación en estructuras florales maduras, la fecundación y el cuajado (Carlson citado por Satorre et al., 2003).

La soja, como la mayoría de las angiospermas, produce muchos más primordios florales de los que puede fijar: cada racimo puede tener hasta 30 flores pero menos del 30% llegan a producir vainas, aun bajo condiciones ambientales favorables.

El aborto puede ocurrir en cualquier momento desde la iniciación floral (R1), hasta después de la fecundación, siendo el estado pre-embionario (previo al alargamiento de las vainas) el más crítico para la supervivencia de los órganos reproductivos jóvenes (Westgate y Peterson citados por Satorre et al., 2003).

Cuando se restringen el ritmo de fotosíntesis y la tasa de crecimiento del cultivo, aumenta el aborto de flores y la abscisión de frutos disminuyendo el número de vainas por nudo (Heitholt et al., citados por Satorre et al., 2003). No obstante, la provisión de fotoasimilados no parece ser la única causa que restringe el número de vainas por nudo y es probable que estén involucrados otros mecanismos, que probablemente incluyan control hormonal (Bruening y Egli, citados por Satorre et al., 2003).

Debido a la fuerte dependencia del número de vainas por nudo de la tasa de crecimiento del cultivo, este subcomponente muestra una marcada variabilidad frente a cambios en el ambiente (Board et al., citados por Satorre et al., 2003).

Número de granos por vaina: Uno o más de los granos de una vaina pueden abortar antes de ingresar en su fase de llenado efectivo, modificando el número de granos logrados por vaina. Sin embargo, el número de granos por vaina es mucho más estable que los demás subcomponentes del número de granos ante variaciones ambientales (Egli, Board et al., citados por Satorre et al., 2003).

2.3.2.2. Peso de granos

Después de la fecundación sigue una fase de división y diferenciación celular. Durante esta fase, que dura entre 10 y 20 días, no se produce un aumento detectable del peso del grano. Posteriormente, la semilla acumula materia seca a un ritmo sostenido hasta madurez fisiológica, momento en el que cesa el crecimiento del grano. El peso final del grano puede describirse como una función de su tasa de crecimiento y de la duración del período de llenado. Ambos atributos están gobernados genéticamente y varían de acuerdo a las condiciones ambientales (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

Gran parte de las variaciones ambientales en el tamaño de la semilla pueden ser explicadas por cambios en la duración del período efectivo de llenado. Por ejemplo, las disminuciones en el peso de los granos causadas por deficiencias hídricas o nitrogenadas están más frecuentemente asociadas a un acortamiento del período de llenado que a cambios evidentes en la tasa de crecimiento de los granos (Egli, citado por Satorre et al., 2003).

2.3.3. Período crítico para la definición del rendimiento

Los subcomponentes del número de granos se definen desde la emergencia hasta que se determina la supervivencia de los granos de las últimas vainas que aparecen en el cultivo.

A su vez, el final de la aparición de nudos y la estabilización del número de granos se superponen parcialmente con la etapa de crecimiento de los granos. Sin embargo, no todo el ciclo resulta igualmente crítico para definir el rendimiento.

La posibilidad de que aparezcan hojas luego del comienzo de la floración, la gran cantidad de sitios potenciales donde se diferencian flores y la extensión del período de floración son todas características que le otorgan al cultivo una considerable tolerancia a condiciones adversas durante pre-floración. Sin embargo, a medida que avanza el ciclo esta tolerancia disminuye (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

La identificación de los períodos más críticos para la definición del rendimiento resultará del reconocimiento del período crítico para la definición del número de granos y de la parcial compensación que pueda realizar el peso de los granos (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

Shaw y Laing citados por Satorre et al. (2003) intentaron ilustrar esta situación mediante ensayos imponiendo deficiencias moderadas de agua, por corto período, en plantas cultivadas al aire libre. De esta forma, estimaron la sensibilidad del rendimiento al estrés producido en distintos estadios del desarrollo reproductivo. Sus resultados muestran en forma particular la compensación existente entre los componentes del rendimiento, lo cual contribuye en cierto modo, a configurar la estabilidad del rendimiento antes mencionada. Las deficiencias a principio de floración provocaron menos de un 10% de reducción del rendimiento. Hubo pérdida de flores y vainas pero la formación de más frutos en los nudos superiores casi compensó las pérdidas. A mitad de floración y comienzo de formación de vainas, la caída de éstas últimas fue considerable, pero se encontró parcialmente compensada por un aumento en el cuajado de granos y en el tamaño de los mismos.

Otros experimentos, que incluyen sombreo y defoliación, fueron enfocados a definir el momento del ciclo que resulta crítico para el establecimiento del número de granos, (Jiang y Egli, Board y Tan, Board, Jiang y Egli, citados por Satorre et al., 2003). En todos los casos los resultados fueron similares: el número de granos no se afecta si el estrés se produce antes de floración; a partir de ese momento, el sombreo o la defoliación reducen significativamente el número de granos. El final del período crítico no está unánimemente establecido: se ha estimado que finaliza 10 a 12 días después de R5 (Board y Tan, citados por Satorre et al., 2003) o puede prolongarse hasta el comienzo de R6 (Egli, citado por Satorre et al., 2003).

Existe una fuerte base experimental que demuestra que el número de granos del cultivo está limitado por la actividad de la fuente de fotoasimilados durante la etapa crítica R1-R5/R6 y no por la cantidad de destinos que se generan.

Los experimentos de sombreo y defoliación arriba mencionados, junto a otros que incluyen experimentos con enriquecimiento con dióxido de carbono (Hardman y Brun, citados por Satorre et al., 2003) y suplementación de luz (Schou et al., citados por Satorre et al., 2003) han permitido establecer que el número de granos está relacionado con la fotosíntesis del cultivo durante el período crítico.

Así, condiciones que optimicen la tasa de crecimiento del cultivo durante el período crítico, que refleja en parte su ritmo fotosintético, tienden a maximizar el número de vainas (Board y Tan, Board et al., citados por Satorre et al., 2003) y granos (Egli y Zhen-Wen, Jiang y Egli, Jiang y Egli, citados por Satorre et al., 2003) presentes en la madurez del cultivo.

Bajo un amplio rango de condiciones los dos componentes numéricos principales están inversamente relacionados, cultivares con un alto peso de granos tienden a tener menor número de granos. Sin embargo, las relaciones entre el peso y el número de granos frente a cambios en las condiciones ambientales no son directas (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

El número y peso de granos está claramente limitado por la disponibilidad de asimilados (Egli, citado por Satorre et al., 2003). Por lo tanto, cuando ocurren variaciones en la fotosíntesis durante el período crítico para la definición del número de granos y este es reducido, durante el posterior crecimiento de los granos puede aumentar la disponibilidad de asimilados por unidad de semilla y, consecuentemente, aumentará su ritmo de crecimiento y su peso final. A medida que va siendo fijado el número de granos las restricciones en la fotosíntesis pueden comprometer la disponibilidad de asimilados por semilla. Por lo tanto, las relaciones entre peso y número de granos dependen del momento y del grado de las limitaciones en la asimilación del carbono (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

Las restricciones en la tasa de crecimiento durante la primera parte del período reproductivo pueden ser compensadas por un aumento en el peso de los granos. Como consecuencia, el período R1-R3 no es generalmente crítico para el rendimiento. Limitaciones posteriores, durante la etapa R4-R6 tienen un efecto directo sobre el rendimiento al reducir el número de granos. Luego de R6, las reducciones en el rendimiento obedecen a un menor crecimiento de los granos (Kantolic et al., citados por Satorre et al., 2003).

2.3.4. Efecto de la densidad sobre los componentes del rendimiento y características ecofisiológicas del cultivo de soja

El cultivo de soja tiene una alta capacidad de compensar las variaciones en el número de plantas a través de modificaciones en el número de ramificaciones. Como consecuencia, la materia seca producida por unidad de superficie no difiere significativamente en un rango muy amplio de densidades de siembra. Sin embargo, la densidad óptima es muy variable entre años, incluso para un mismo genotipo en una misma localidad. Las principales variaciones son atribuibles a las condiciones ambientales; bajo condiciones de crecimiento adversas, la densidad óptima se incrementa (Kruk y Satorre, citados por Satorre et al., 2003)

Otros autores encontraron que ante variaciones en la densidad de plantas, el rendimiento.m⁻² es bastante estable en soja (Wells 1991, Carpenter y Board, citados por Satorre et al., 2003) mientras que la biomasa acumulada se modifica a diferentes densidades, yendo desde 741 gr.m⁻² con 7.7 pl.m⁻² a 974 gr.m⁻² con 30.4 pl.m⁻² (Valentinuz, citado por Satorre et al., 2003).

Con el aumento de la densidad de siembra, el número de nudos por unidad de área (vástago principal + ramificaciones) y el número de nudos reproductivos puede aumentar. Sin embargo, aunque el número de nudos reproductivos aumente es esperable que ese aumento sea proporcionalmente menor que el experimentado al considerar el total de estructuras. Asimismo, el número de nudos.m⁻² presentará pocas variaciones sobre un amplio rango de densidades, pues el número de vainas por nudo reproductivo se reduce con el aumento de la densidad. Esta dinámica de los componentes de rendimiento contribuye a que el rendimiento del cultivo presente pequeñas diferencias sobre un amplio rango de densidades (Kruk y Satorre, citados por Satorre et al., 2003).

En un análisis funcional del cultivo, varios trabajos han propuesto que el rendimiento por unidad de superficie es similar en un amplio rango de densidades debido a que la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) en la etapa temprana del período reproductivo resultó similar en las distintas densidades de siembra (Carpenter y Board, citados por Satorre et al., 2003). Esto estaría ligado al hecho que a bajas densidades de siembra, la tasa de asimilación neta (TAN) es mayor por efecto de una mayor eficiencia en la intercepción de radiación. Asimismo, la partición de materia seca hacia las

ramificaciones es mayor, como respuesta a cambios en la calidad lumínica que percibe el tallo principal y a la mayor eficiencia de intercepción del cultivo, resultando una mayor tasa relativa de expansión foliar (Board, citado por Satorre et al., 2003).

2.4. RESPUESTA DE LA SOJA FRENTE AL STRESS

Es sabido que una situación de stress puede generarse por diversos motivos relacionados a factores bióticos o abióticos. Este capítulo dará a conocer la respuesta que tiene el cultivo frente a diferentes tipos de stress poniendo especial énfasis en el hídrico, ya que es el primero en importancia para un cultivo de verano en Uruguay. También el pastoreo expone a la soja a una situación de stress; la respuesta vegetal será tratada en profundidad en el próximo capítulo.

Los efectos del estrés hídrico en las plantas incluyen entre otras respuestas: cierre estomático, tasa de asimilación de CO₂ y potencial agua de las hojas. En la generalidad de los casos, la Soja es más sensible a la deficiencia que al exceso hídrico cuando es evaluada por la producción de granos (Santos et al., 1989).

La respuesta estomática es compleja y se relaciona con: cambios en el potencial de agua de la hoja, señales hormonales producidas por las raíces que crecen en suelo seco, la humedad atmosférica y las interacciones entre estas variables. Las especies con alta sensibilidad estomática, como la soja, que mantienen así un potencial elevado, reciben la clasificación de isohídricas. A diferencia de la soja existen especies anisohídricas, con estomas menos sensibles (girasol y algodón), éstas mantienen una alta conductancia mientras el potencial de agua cae. En este tipo de especies, el mantenimiento de alta conductancia aún en situaciones de sequía severa es vital para mantener baja la temperatura del canopy (Dardanelli et al., citados por Satorre et al., 2003). Salinas et al., (1989) reportó cierre estomático en soja a un nivel de humedad del suelo de 10% Hg (Humedad gravimétrica). No se encontró información al respecto sobre otras leguminosas forrajeras.

2.4.1. Etapa vegetativa

El crecimiento de la planta depende: del área foliar disponible para realizar fotosíntesis, eficiencia de esa área foliar y duración de la misma. Estos y otros procesos son afectados por el stress hídrico. De este modo, la fotosíntesis total en plantas estresadas decrece por reducciones en el valor de fijación de carbono por unidad de área foliar resultado del prematuro cierre de estomas y por reducciones en la superficie fotosintética causada por una disminución en la elongación de las hojas y activación de la senescencia foliar. La conductancia estomática y los valores de fotosíntesis y transpiración decrecen simultáneamente en plantas de soja con stress hídrico (Raper y Kramer, citados por Satorre et al., 2003).

Los potenciales hídricos de hojas inferiores a $-0,5$ MPa, afectarían la formación de clorofila (Alberte et al. citados por Wilcox, 1987) y cercanos a $-1,0$ MPa causan desorganización en la estructura de los cloroplastos (Vieira da Silva et al., Mohanty y Boyer citados por Wilcox, 1987). Esto reduce tanto el transporte de electrones como la fotofosforilación cíclica y no-cíclica. También provoca descensos en la actividad de la ribulosa difosfato carboxilasa y otras importantes enzimas involucradas en la asimilación del carbono.

La tasa fotosintética declina rápidamente cuando los potenciales hídricos de hoja alcanzan valores de $-1,8$ MPa. Los efectos del stress hídrico en la tasa fotosintética son reversibles a potenciales hídricos de hoja en el entorno de $-1,6$ MPa o menos en condiciones de cámara de crecimiento en ausencia de otros estreses (Mohanty y Boyer, Cure et al., citados por Wilcox, 1987).

La respiración decrece también junto con el potencial hídrico de hoja, pero en diferente patrón que la fotosíntesis. La fotosíntesis decrece más por stress hídrico que la respiración, y sobre ésta última tienen mayor impacto las altas temperaturas (Raper y Kramer, citados por Satorre et al., 2003).

Frente a condiciones de stress hídrico la traslocación se ve disminuida ya que posee estrecha relación con la fotosíntesis. Wardlaw citados por Wilcox (1987), concluyó que la velocidad de traslocación no se ve afectada siempre y cuando el potencial hídrico no alcance valores tan bajos como $-2,0$ a $-3,0$ MPa.

Otros datos (Hsiao y Acevedo, Eavis y Taylor, Osmod y Raper citados por Wilcox, 1987) también pueden ser interpretados para indicar un absoluto incremento en la traslocación de asimilados a las raíces durante un leve stress hídrico en el brote.

La importancia del stress hídrico alterando el tamaño de las células y los tejidos es frecuentemente subestimada en relación a los efectos directos en la actividad metabólica. La expansión de células y hojas son más sensibles al stress hídrico que la tasa fotosintética, y de hecho, una disminución en la tasa de elongación de hojas generalmente es la primera evidencia visible de un déficit hídrico establecido. De esta forma, un pequeño stress de $-0,2$ a $-0,8$ Mpa no afecta la tasa fotosintética corriente pero puede tener un gran impacto en el crecimiento de la planta, especialmente si el stress ocurre temprano en el desarrollo, por una reducción irreversible en la superficie foliar total disponible para la fotosíntesis (Raper y Kramer, citados por Satorre et al., 2003).

Según Huang et al., citados por Wilcox (1987), el stress hídrico reduce la fijación de nitrógeno. Parte de la reducción puede ser atribuida a la poca disponibilidad de los fotosintatos para la traslocación hacia los nódulos, y parte es un efecto directo sobre el potencial hídrico dentro de los nódulos. La actividad de fijación de N_2 de los nódulos se reduce al decrecer el potencial hídrico (Huang et al., citados por Wilcox, 1987), y cesa irreversiblemente en nódulos distintos cuando el peso fresco cae por debajo de 80 % del

peso totalmente turgente (Sprent, citados por Wilcox, 1987). Tal vez, las alteraciones físicas de los nudos causadas por el stress hídrico (Parkhurt y Sprent, citados por Wilcox, 1987), son responsables del retraso en la recuperación de la actividad nodular.

En síntesis, se puede afirmar que el estrés hídrico causa en primera instancia una disminución en la expansión celular y por lo tanto en el crecimiento de las hojas. Esto trae aparejado una disminución en la fotosíntesis total.

En segunda instancia y a déficit un poco más severos, la tasa fotosintética se ve mermada no sólo por una disminución en la conductancia estomática que reduce el intercambio gaseoso, sino también por una alteración a nivel enzimático que modifica la estructura cloroplástica y la actividad de la clorofila.

A potenciales hídricos aún más negativos (-2,0 a -3,0) se ve afectada además la traslocación de asimilados, lo que tiene consecuencias directas sobre la fijación de nitrógeno mencionada en párrafos anteriores. De esta manera, el futuro nivel proteico de la planta se verá limitado.

2.4.2. Etapa reproductiva

La etapa reproductiva en el crecimiento de la planta es particularmente sensible al stress hídrico (Beg y Turner, citados por Wilcox, 1987), y la soja no es la excepción (Doss et al., Martin et al., citados por Wilcox, 1987). La mayor porción de la variación en rendimiento de soja puede ser atribuida estadísticamente a las variaciones estacionales en la caída de lluvias durante floración y fructificación (Runge y Odell, Thompson citados por Wilcox, 1987).

La abscisión de flores, vainas y granos de plantas bajo stress, así como también la reducción en el tamaño del grano son una respuesta a dicho stress a través de efectos en la hoja sobre la tasa fotosintética, decreciendo así la concentración de asimilados en los pools vegetativos (Raper y Kramer, citados por Satorre et al., 2003).

Sin duda, la traslocación hacia fosas reproductivas podría ser la responsable del descenso en la concentración de asimilados de pools vegetativos que ocurre durante un stress hídrico (Cure et al., citados por Wilcox, 1987). Si el stress es remediado antes del llenado de grano, la fotosíntesis puede recobrase, el crecimiento puede reanudarse y los granos que quedan pueden continuar el desarrollo de un tamaño normal (Sionit y Kramer, Patterson et al., citados por Wilcox, 1987).

2.5. RESPUESTA DE LA SOJA A LA DEFOLIACIÓN

En los capítulos anteriores se describieron aspectos generales del cultivo de soja, abarcando desde su morfología, fisiología, producción, hasta respuestas del cultivo frente a stress. En el presente capítulo se persigue el objetivo de profundizar en la respuesta a la defoliación ya sea por pastoreo, insectos, o simulada.

2.5.1. Defoliación simulada

Fehr et al., citados por Wilcox (1987), reportaron que el rendimiento de cultivares determinados fue más afectado que el de cultivares indeterminados, con defoliaciones del 100% entre R2 y R6. Para defoliaciones del 50%, la pérdida promedio de rendimiento fue similar para ambos tipos de cultivares, determinados (33%) e indeterminados (34%); aunque existió una interacción significativa con la etapa de crecimiento. Tal remoción del área foliar retrasa el alcance del IAF crítico (3,5) limitando la intercepción de luz y la acumulación de MS.

Singer y Meek citados por Singer y Meek (2004) condujeron un experimento en The Rutgers University Snyder Research and Extension Farm, Pittstown-USA, donde cuantificaron la respuesta en rendimiento a la variedad, distancia entre hileras y remoción simulada de biomasa.

De esta forma, encontraron que para el promedio de variedades y distancias entre hilera la defoliación en estadio vegetativo temprano generó una pérdida en rendimiento de 37%, en medio vegetativo-reproductivo temprano 25%, en reproductivo 79% y en vegetativo-reproductivo 89%.

Turnipseed, Kogan y Turnipseed citados por Wilcox (1987), revisaron literatura sobre daño simulado, donde la mayoría de los estudios muestran que la soja presenta la más alta tolerancia a la defoliación antes de R3. En general, las plantas se recuperaron de pérdidas de área foliar superiores al 30 % sin efectos notables sobre el rendimiento.

2.5.2. Defoliación por lagartas desfoliadoras

La soja es conocida por su resistencia a este tipo de daño pero el rendimiento en grano y la calidad pueden caer si el daño excede el nivel de tolerancia. En base a estas afirmaciones se revisaron diversos trabajos que muestran el efecto de distintos niveles de defoliación sobre el rendimiento y los momentos en que éste último se ve más o menos perturbado.

Poston et al., citados por Wilcox (1987), definen tres tipos principales de respuesta de las plantas ante el daño de insectos: (1) respuesta susceptible, (2) respuesta tolerante, y (3) respuesta sobrecompensatoria. La soja exhibe una respuesta susceptible ante insectos que se alimentan de granos y vainas luego de los estadios R4 y R5. Una respuesta sobrecompensatoria ocurre cuando las plantas son moderadamente defoliadas (20-30 %) luego de R1. Adicionalmente, se probó que para niveles de retiro de pimpollos de flor tan bajos como 50% anteriormente a R3, la soja es usualmente tolerante.

Según Kalton et al., Rosas, Daugherty, Turnipseed, citados por Wilcox (1987), bajos niveles de defoliación no implican reducciones de producción, independientemente de la fase del ciclo del cultivo en que es realizado, afirmando lo dicho en el párrafo anterior.

Teniendo en cuenta tales resultados se podría concluir que, 50 % de defoliación fuera del período crítico para definición del rendimiento (Camery y Weber, Gould, Daugherty, Turnipseed, citados por Wilcox, 1987) parecería no estar alejado de lo que es el nivel crítico de tolerancia al daño por lagartas. De esta manera, si el daño se produce a partir de la formación de vainas (Gazzoni, citado por Wilcox, 1987), se verifica una clara reducción del rendimiento.

En resumen, bajo la mayoría de las condiciones experimentales y a todos los estadios de crecimiento, no se esperan reducciones en el rendimiento por debajo del 20 % de defoliación. Después de R2 y antes de R6 no hay una reducción significativa del rendimiento a niveles de defoliación por debajo del 30 %.

Gazzoni y Mino citados por Wilcox (1987) concluyeron que el estadio de crecimiento fue más importante que el nivel de defoliación. En cuanto al estadio se verificó que la soja se recupera muy bien en defoliaciones practicadas hasta floración y que la fase más crítica para la pérdida de área foliar es el llenado de vainas.

Los componentes más importantes en la reducción del rendimiento fueron el número de vainas por planta y el peso del grano, en cuanto al número de grano por vaina, este tuvo menor importancia.

2.5.3. Defoliación por pastoreo

La soja ha tenido un lugar importante entre los cultivos para pastorear en otras partes del mundo (Argentina y EEUU). Valorada por su alto contenido de proteína, presenta una clara ventaja para la alimentación de animales frente a otros cultivos con menos Nitrógeno como el Sorgo o el Maíz. Además, la gran flexibilidad en su fecha de maduración hace posible tener una sucesión de forraje a través de todo el verano. Estas y otras características como la palatabilidad a diferentes estadios de desarrollo y la facilidad de manejo hacen de la Soja un excelente cultivo para pastorear (Piper y Morse, 1923).

Los antecedentes que hay sobre el tema son realmente escasos aunque sería de esperar, que se realicen más trabajos ya que la soja parece ser una alternativa válida de forraje estival que aporta cantidad y calidad, permite realizar un adecuado control de malezas, no requiere de la aplicación de nitrógeno y deja un rastrojo de fácil manejo.

2.5.3.1. Pastoreo con bovinos

Romero citado por Romero (2006), en experimentos realizados en INTA Rafaela, utilizando bovinos de leche, propuso pastorear en franjas diarias y efectuar el primer aprovechamiento cuando las plantas tienen entre 45 y 60 cm de altura. El autor concluyó que el No. de pastoreos puede variar entre años y según la intensidad de consumo de hoja. El mayor No. de pastoreos se logró con 45cm de altura - baja utilización de hojas (40%) y el menor con 60cm de altura - alta utilización de hojas (70%), siendo intermedio para los restantes. El tratamiento con baja utilización de hoja permitió realizar dos pastoreos más que el de alta utilización, lo que determinó una mayor desaparición de forraje para el primero en el ciclo de cultivo (8400 vs 5400 kg/ha materia seca).

En los tratamientos que incluyeron alta intensidad de utilización de hojas la composición antes del pastoreo fue aproximadamente 35 % de tallo, 60 % de hojas y 15 % de vainas y luego del mismo 70 % de tallo y 30 % de hojas, mientras que en los de baja intensidad de utilización de hojas indicó 40 % de tallo, 50 % de hojas y 10 % de vainas a la entrada de los animales y 55 % de tallo y 45 % de hoja a la salida. El contenido de proteína en planta alcanzó valores altos que variaron en el periodo del cultivo entre 16 y 18%.

Otro aspecto a considerar fue el comportamiento de sojas de diferente longitud de ciclo con distintos niveles de asignación de hoja para el consumo. A tal efecto se diseñó un ensayo cuyos tratamientos combinaron dos cultivares: un Grupo 8 y un grupo 6, con dos niveles de asignación: 15 y 30 kg MS hoja.animal⁻¹.día⁻¹. El aprovechamiento se realizó con vacas Holando de 550 kg, en rotativo de franjas diarias. La cantidad de pastoreos varió entre cultivares, tres para el de Grupo 8 y dos para el 6. No se registraron

variaciones entre niveles de asignación de hoja dentro de cada cultivar. La disponibilidad total fue de 5.445 kg.ha⁻¹ de MS de hoja para el del grupo 8 y 4.542 para el del 6. Tampoco se observaron diferencias entre asignaciones de hoja (4.867 kg.ha⁻¹ de MS vs. 5.120 para 15 y 30 kg MS.animal⁻¹.día⁻¹, respectivamente). No hubo diferencias significativas en los consumos de MS entre cultivares (13,5 vs. 11,7 kg MS.animal⁻¹.día⁻¹ para grupo 6 y 8, respectivamente) ni entre asignaciones (12,1 vs. 13,1 para 15 y 30 kg MS.animal⁻¹.día⁻¹). Si bien no se encontraron diferencias, se observó mayor tendencia a consumir el cultivar de grupo 6, atribuible a diferentes características físicas de las hojas. No existió variación en los parámetros de calidad (Romero citado por Romero, 2006).

Concluyendo acerca del trabajo de Romero (2006), puede establecerse que la altura de inicio del pastoreo e intensidad de utilización de hojas tienen una gran influencia sobre la producción de MS. Desde el punto de vista productivo, las mayores producciones se logran cuando el pastoreo se inicia alrededor de 45 cm y con la más baja intensidad de utilización de hojas. Para este fin, se deberían seleccionar genotipos de ciclo largo (Grupo 7 - 8), para un mayor período de utilización. Sembrar a 35 cm entre surco para lograr tallos finos y de mayor calidad.

2.5.3.2. Pastoreo con ovinos

En un ensayo realizado en INIA La Estanzuela Ceretta y Sastre (2007) evaluaron diferentes cultivares de soja de ciclo largo (GM7-GM8) bajo pastoreo con ovinos. La utilización de forraje ofrecido fue de 63% realizando dos pastoreos, el primero en V7 y el segundo en R2. La siembra se realizó el 19 de octubre con un intervalo emergencia – primer pastoreo de 60 días con un disponible de 3.950 kg.ha⁻¹. El nivel de defoliación fue de 80-90% lo que provocó que, partiendo de un remanente de 1.400 kg.ha⁻¹, hubiera que esperar 40 días para realizar el segundo pastoreo en R2 con una disponibilidad de 4.000 kg.ha⁻¹. En éste ensayo no se detectaron diferencias significativas en producción de materia seca entre los diferentes cultivares evaluados.

Los autores concluyen que, probablemente con menor grado de defoliación se hubiera promovido un rebrote más rápido, acortando el intervalo entre pastoreos y permitiendo mayor número de cortes.

Por otra parte, a partir de los experimentos de pastoreo con corderos en Facultad de Agronomía en los años 2004, 2005 y 2006 (Bianchi, 2007), bajo severo estrés hídrico con cultivares que no serían los más adaptados (sobre todo para los dos primeros años), en fechas de siembra siempre tardías, se encontró que desde el punto de vista vegetal, la soja presenta una muy buena adaptación al pastoreo especialmente para condiciones extremas. También concluyeron que para un óptimo manejo del pastoreo, lo conveniente es evitar retirar más del 60 % del área foliar en cada pastoreo. Además se consideró como una muy buena opción para pastoreo en general y especialmente adaptada para corderos, ya que estos no remueven puntos de crecimiento al pastorear, restando evaluar la relevancia de algunos problemas de empastamiento.

Los autores del trabajo anterior aconsejan manejar altas cargas instantáneas, compatibles con la muy buena capacidad de rebrote y las altas tasas de crecimiento de materia seca que manifiesta el cultivo (superiores a $80 \text{ kg.há}^{-1}.\text{día}^{-1}$), sobre todo en situaciones donde se eviten defoliaciones severas, retirando los animales con al menos 40 % del área foliar remanente. En el primer año de evaluación utilizaron una variedad transgénica de ciclo corto, con una población de 14-15 plantas. m^{-2} , sembrada a una distancia entre hileras de 35 cm. El pastoreo fue en franjas, extendiéndose por 30 días, con períodos de ocupación que fluctuaron entre 2-4 días. A los 47 días post-siembra con el cultivo en R1-R2, inicio de floración, la disponibilidad fue $1000 \text{ kg MS.ha}^{-1}$ con una relación hoja/tallo = 1,70; 16 días después, con el cultivo en R3, la disponibilidad fue $3.300 \text{ kg MS.ha}^{-1}$ con una relación hoja/tallo = 0,89. El rebrote luego del primer pastoreo, a 75 días post-siembra tuvo una disponibilidad de $1.150 \text{ kg MS.ha}^{-1}$ y una relación hoja/tallo= 0,81. La tasa de crecimiento post-pastoreo varió según la estrategia de defoliación, alcanzando valores de 35 y $84 \text{ Kg MS.há}^{-1}.\text{día}^{-1}$ cuando la misma fue de 100 y 50% respectivamente. El número de plantas. ha^{-1} disminuyó en 18 y 44% cuando el criterio de defoliación fue de 50 y 100% respectivamente.

En el segundo año de evaluación a 45 días post-siembra, con el cultivo en estado V8, la disponibilidad fue de $1.400 \text{ kg MS.ha}^{-1}$ y una relación hoja/tallo de 1,16. Al momento del segundo pastoreo y posterior al de 50% de área foliar remanente, tras 30 días de rebrote con una tasa diaria de 70 kg MS.ha^{-1} se llegó a un disponible de $3.500 \text{ kg MS.ha}^{-1}$.

En el tercer año de evaluación al igual que en los dos años anteriores, durante el desarrollo del cultivo se registraron escasas precipitaciones y temperaturas diarias que superaron los 30°C . El primer pastoreo, 48 días post-siembra, tuvo una disponibilidad de $2.100 \text{ kg MS.ha}^{-1}$ con una tasa de crecimiento de $45 \text{ kg MS.há}^{-1}.\text{día}^{-1}$ y se retiraron 542 Kg.há^{-1} de biomasa.

Al momento del segundo pastoreo tras 28 días de rebrote la disponibilidad fue de 4.000 kg MS.ha⁻¹ y la tasa de crecimiento 96 kg MS.há⁻¹.día⁻¹, retirándose esta vez 1355 Kg.há⁻¹ de biomasa. En R4 con vainas de 2 cm de largo en uno de los 4 nudos superiores (del tallo principal) con hojas completamente desarrolladas, tras 100 días post-siembra y 53 días post-primer pastoreo se constató una disponibilidad de 6.150 kg MS.ha⁻¹.

Con estos primeros tres años de ensayos, 2004, 2005 y 2006, Hoffman, citado por Bianchi (2007) pudo concluir que tanto para el cultivo como para el desempeño animal, resultaría más seguro evitar defoliaciones totales. Siguiendo la estrategia de defoliación menos severa, se lograron producciones de carne.ha⁻¹ (80 Kg.há⁻¹ en dos pastoreos) que cubrieron el costo del cultivo y se logró la terminación de los corderos. También marcan como fundamental una adecuada elección del genotipo, permitiendo así potencializar el uso del cultivo en pastoreo.

Por otro lado Alonso et al. (2007) en el campo experimental del SUL en Cerro Colorado-Florida, realizaron evaluaciones del cultivo como forrajera de verano pastoreada con corderos pesados. La soja fue sembrada a fines de noviembre de 2004, empleándose un material de ciclo largo como la A 7053. El período de utilización de la soja fue desde el 28 de enero (62 días post-siembra), hasta el 17 de abril de 2005, resultando en un período total de pastoreo de 79 días.

El primer pastoreo lo realizaron cuando el cultivo se encontraba en V8, alcanzando una altura entorno a los 35 cm. y una disponibilidad promedio de 1.800 kg. MS.há⁻¹. La tasa de crecimiento del cultivo desde la siembra a inicio de floración fue de 34 kg de MS.há⁻¹.día⁻¹.

El manejo del pastoreo fue de carga continua, administrado en tres parcelas, utilizando, para realizar el cambio de parcela el criterio de grado de defoliación sugerido por Hoffman, citado por Bianchi (2007). El cambio de parcela se realizó en base a la apreciación visual, cuando el grado de defoliación estimado correspondía a un 50-60 % de la disponibilidad a la entrada.

Posteriormente, la tasa de crecimiento del cultivo, desde plena floración, ocurrida el 10 de febrero, hasta plena formación de vainas, registrada el 10 de marzo, fue de 160 kg MS.há⁻¹.día⁻¹. La plena formación de vainas fue definida como el momento en que se encuentran vainas con 2 cm. de largo sobre la parte superior del tallo principal. Considerando el período desde la siembra hasta el último pastoreo, la tasa de crecimiento media fue de 93 kg. MS.há⁻¹.día⁻¹.

El rebrote en cada parcela no sólo estuvo relacionado a las diferentes cargas utilizadas y grado de defoliación alcanzado, sino también al momento del ciclo de cultivo en que se realizó dicho pastoreo.

Parcelas que tuvieron similar tiempo de descanso e intensidad de defoliación presentaron diferente rebrote, debido al diferente estado de desarrollo de la planta al momento de pastoreo. Se establecieron así dos periodos, el primero, que abarcó desde el inicio del pastoreo en estado vegetativo hasta la plena floración y un segundo período que va desde el comienzo de formación de las vainas en adelante.

Realizar el pastoreo o la defoliación en el primer período permitió producir rebrotes que superaron en un 100% el residuo del primer pastoreo, mientras que cuando el pastoreo se realizó luego de la presencia de vainas, los rebrotes fueron inferiores al residuo.

La altura del forraje al inicio del pastoreo en cada parcela, condicionó la altura final, ya que las parcelas que se pastorearon primero y por lo tanto tenían menor altura, fueron las que al finalizar el ensayo presentaron las alturas más bajas. El forraje remanente se caracterizó por presentar en su estrato inferior una mayor proporción de hojas y el estrato superior una mayor proporción de tallos y pecíolos debido a que los corderos seleccionaron principalmente los folíolos del estrato superior (Alonso et al., 2007).

Parecería ser que desapariciones de forraje no mayores al 50% en etapas previas a floración con plantas entre V7 y V8 aseguran más pastoreos por mejores condiciones de rebrote y mayor producción de forraje en el ciclo del cultivo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

3.1.1. Ubicación

El experimento se localizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, en el departamento de Paysandú-Uruguay. El mismo se llevó a cabo entre Noviembre de 2006 y Mayo de 2007. El suelo sobre el que se desarrolló corresponde a un Brunosol Eutrítico de la formación Fray Bentos y grupo CONEAT 11.3, perteneciente a la Unidad San Manuel (Altamirano et al., 1976).

La variabilidad existente dentro de una misma chacra es importante, por este motivo, la selección del lugar destinado al ensayo toma gran relevancia. El área experimental utilizada fue la mejor parte de la chacra, tomando como criterio de selección el estado del cultivo anterior. Lo mencionado anteriormente y el régimen de precipitaciones en el período de cultivo, explican en gran medida los resultados obtenidos en rendimiento.

3.1.2. Manejo experimental

El cultivo se sembró el 23 de Noviembre con un período de barbecho previo de 45 días. Se utilizó una sembradora Semeato SHM 13 y una distancia entre hileras de 0,25 mts.

El muestreo de suelo se efectuó el 8 de Noviembre, el resultado fue de 12 ppm de Fósforo Bray No.1, realizándose así una fertilización basal con 40 Kg de fertilizante 7-40.

Durante el desarrollo del cultivo fue necesaria la aplicación de agroquímicos para control de malezas, insectos y enfermedades. Este manejo se presenta en el cuadro 1 de forma de ilustrar las distintas instancias de control según los estadios del cultivo y en tiempo calendario. Se puso especial énfasis en mantener el ensayo libre de plagas, ya que se encontraba en medio de una chacra sin aplicaciones, por esta razón las mismas fueron realizadas con umbrales muy bajos.

Cuadro 1. Control de malezas, insectos y enfermedades.

Fecha	Rango	Situación	Producto
28/12/2006	V4-V5	1,21 larvas de epinotia.pl ⁻¹ atacada (27% de incidencia)	Intrepid ¹ + Panzer ⁷
30/01/2007	V8-R1	15 lagartas chicas.m ⁻¹ Manchas foliares	Intrepid ¹ +Opera ² + Engeo ³
15/02/2007	R2-R3	0,5lagartas grandes.m ⁻¹ ,0,5 chinches	Lorsban ⁴ +Engeo ⁵
23/02/2007	R3-R4	0,4 Chinches* .m ⁻¹	Connect ⁶
01/03/2007	R3-R4	0,3 Chinches*.m ⁻¹	Connect ⁶ + Panzer ⁷

Dosis: 1. 150 cc.há⁻¹,2. 500 cc.há⁻¹, 3. 200 cc.há⁻¹, 4. 1.2 Lt.há⁻¹, 5. 100 cc. há⁻¹, 6. 500 cc.há⁻¹, 7. 2 Lt.há⁻¹

* Nivel Crítico: > 1 Chinche/m

Nota: Tener en cuenta que el nivel crítico es bajo al tener una distancia entre hilera reducida (0,25 m).

El momento de ingreso de los corderos a pastorear estuvo definido por la cobertura alcanzada por el cultivo. Se ingresó cuando esta alcanzó valores cercanos al 100% retirando los animales cuando se llegó al 50% lo cual fue definido por apreciación visual. Este criterio es el sugerido por Hoffman et. al., citado por Bianchi (2007).

Los corderos utilizados tenían un peso promedio de 50 Kg al ingreso y eran cruza Corriedale con razas carniceras (Southdown, Poll Dorset y Texel). Se utilizó una carga de 35 corderos/ha en cada momento de pastoreo. El horario de pastoreo estuvo delimitado entre las 18 y las 7 hs del día siguiente.

3.1.3. Diseño experimental

Fueron conducidos 3 experimentos en diseño Completamente Aleatorizado (CA), donde los tratamientos fueron constituidos por un factorial de 3 variedades (A7321, A8000 y SPS 8x0) con 2 poblaciones (P1 y P2) y 3 repeticiones.

Los experimentos se dividieron de la siguiente manera:

Experimento No.1: Rendimiento en grano en respuesta al manejo de dos poblaciones contrastantes para tres cultivares de soja.

Experimento No.2: Rendimiento en respuesta al número de pastoreos para dos poblaciones y tres cultivares de soja.

Experimento No.3: Influencia del manejo de la población y el cultivar sobre la producción y retiro de biomasa de soja bajo pastoreo con corderos pesados.

El tamaño de las parcelas fue de 5,5 mts de ancho por 25 mts de largo, las cuales fueron subdivididas cada vez que se efectuaba un pastoreo dejando también un testigo sin pastorear. Estas subparcelas fueron de 3 mts de ancho por 5 mts de largo.

3.2. DETERMINACIONES

3.2.1. Determinaciones durante el ciclo del cultivo

Las variables determinadas fueron:

Estadio: Para determinar el estadio del cultivo se utilizó la escala de Fher y Caviness citados por Wilcox (1987).

Altura: La altura de planta se midió con metro, tomando varias medidas en distintos puntos de cada parcela tratando de representar el promedio de la misma. La forma de medición fue desde la base de la planta a las hojas superiores.

Materia seca: Se efectuaron cortes en cada uno de los momentos detallados en el cuadro No.2, llegando a un total de 6 determinaciones de Materia Seca. Se cortó al ras del suelo 3 metros lineales por parcela previo conteo de plantas incluyendo las quebradas. Se seleccionaron 6 plantas representativas y sobre estas se realizó la medición. La muestra fue separada entre hojas y tallos, secándose en estufa a 60° C hasta peso constante.

MS de hoja y tallo: Se realizó del mismo modo que para la obtención de Materia Seca.

Plantas/m: Se contaron plantas en sitios representativos de la parcela. En cada sitio se tomaban 5 metros lineales.

Cobertura: Para la medida de cobertura se utilizó un cuadro de metal de 1 metro de lado subdividido en 100 cuadrículas internas de 10 cms de lado. Este cuadro fue colocado sobre las plantas en una zona representativa de la parcela. Posteriormente, se hizo la lectura de cada uno de las 100 cuadrículas interiores, clasificando las mismas en: lleno, vacío o medio.

Lleno: cuando no se alcanza a ver el suelo y solo se ven hojas.

Vacío: cuando en la totalidad del cuadro se ve el suelo.

Medio: cuando en parte del cuadro se alcanza a ver suelo y en parte hojas.

De esta manera cada cuadro lleno aporta en 1% a la cobertura, cada cuadro vacío aporta 0% y cada cuadro medio aporta 0,5%.

Esta operación se repitió 3 veces en cada parcela.

IAF: Para calcular IAF (índice de área foliar) se estudió la correlación ente área foliar y peso seco de hoja. La manera de realizarlo fue dividir en cuatro estratos los diferentes tamaños de hoja, tomando ocho hojas por estrato, calculando el área y peso seco de las mismas. Analizando los valores de área y peso seco por estrato, se halló una correlación alta (0,99) y positiva entre ambas variables.

Luego de obtener esa correlación se calculó cuantos kg de hoja.ha⁻¹ equivalen a 1 punto de IAF. Con este dato y el peso seco de hoja.ha⁻¹ se calculó el IAF en los diferentes momentos.

$$\text{Ecuación IAF: } Y = 283,15x + 141,68$$

Donde, $x =$ peso de hoja

Porcentaje de defoliación: Cociente resultante de la resta entre Kg de MS Hoja al ingreso y rechazo sobre Kg MS Hoja al ingreso.

No. de nudos.planta⁻¹: Esta variable se contabilizó teniendo en cuenta el promedio de varias medidas realizadas en distintos puntos de cada parcela, tratando de representar con cada una de estas sub-medidas, un panorama lo más representativo posible de dicha parcela.

No. Plantas quebradas.m⁻¹: Se contó el No. de plantas quebradas en 3 metros lineales representativos de la parcela.

3.2.2. Determinaciones a cosecha

Se cosecharon los 2 m² más representativos de cada sub parcela cortando las plantas con tijera al ras del suelo. Luego de la cosecha se trilló la totalidad de la muestra con trilladora fija y se determinó el rendimiento en grano para cada tratamiento.

También se contaron las vainas por planta en un metro lineal de cada tratamiento. Además se obtuvo el peso de 1000 granos mediante el conteo de los mismos y el peso total de la muestra, y su correspondiente porcentaje de humedad (con humidímetro). A partir de estos datos se alcanzaron los siguientes parámetros: rendimiento.há⁻¹, granos.planta⁻¹, granos.m⁻², vainas.planta⁻¹, vainas.m⁻² y granos.vaina⁻¹. En el cuadro 2 se detallan las determinaciones en los diferentes estadios del cultivo.

Cuadro 2. Resumen de actividades realizadas en el ensayo.

Momento	Días post emerg.	Estadio	Determinaciones					
			No. de plantas	h	Nudos.pl ⁻¹	Cob.	IAF	No. pl.queb.
M1	36	V7	X	X	X	X	X	
R1	42	V7	X	X	X	X	X	X
M2	69	R1-R2	X	X	X	X	X	
R2	72	R1-R2	X	X	X	X	X	X
M3	98	R3	X	X	X	X	X	
R3	102	R3	X	X	X	X	X	X

Momento	Días post emerg.	Estadio	Determinaciones				
			Rend. Kg.ha ⁻¹	No. pl.m ⁻²	PMG	Vainas.pl ⁻¹	Humedad
Cosecha	168	R8	X	X	X	X	X

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los modelos ajustados en el análisis de la información fueron los siguientes:

1. Para el caso de las variables medidas en cada experimento se utilizó un modelo CA que responde al modelo

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} = a la k-esima observación de la i-esima variedad y de la j-esima población

μ = al efecto de la media general

α_i = al efecto de la i-esima variedad

β_j = al efecto de la j-esima población

$\alpha\beta_{ij}$ = al efecto de la interacción entre la i-esima variedad y la j-esima población

ε_{ijk} = al efecto del error experimental

Cuando existieron diferencias de medias de los factores o sus interacciones, fue realizado el test de separación de medias de Tukey al 5%.

2. Para la inclusión de los 4 niveles de pastoreo, fue realizado un análisis de experimentos, considerando que las varianzas de cada experimento en todas condiciones fueron homogéneas. Cada experimento de la serie estaba determinado por diferentes niveles de pastoreo (0, 1, 2 y 3). El modelo ajustado para las series de experimentos es:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde se agrega al modelo anterior el efecto del pastoreo (γ_k) y sus interacciones con los factores ya estudiados ($\alpha\gamma_{ik}; \beta\gamma_{jk}; \alpha\beta\gamma_{ijk}$).

3. También fueron ajustados modelos de regresión lineal simple para el caso de algunos componentes de rendimiento que se consideraron de interés. Los ajustes fueron siempre lineales, de la forma $y_{ij} = \beta_0 + \beta_1x + \varepsilon_{ij}$.

Los análisis fueron realizados utilizando el software SAS 9.0.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA

En la siguiente figura se presentan los registros de precipitaciones en los meses de cultivo en la zafra 2006/07 comparándolos con la serie histórica de treinta años (61-90).

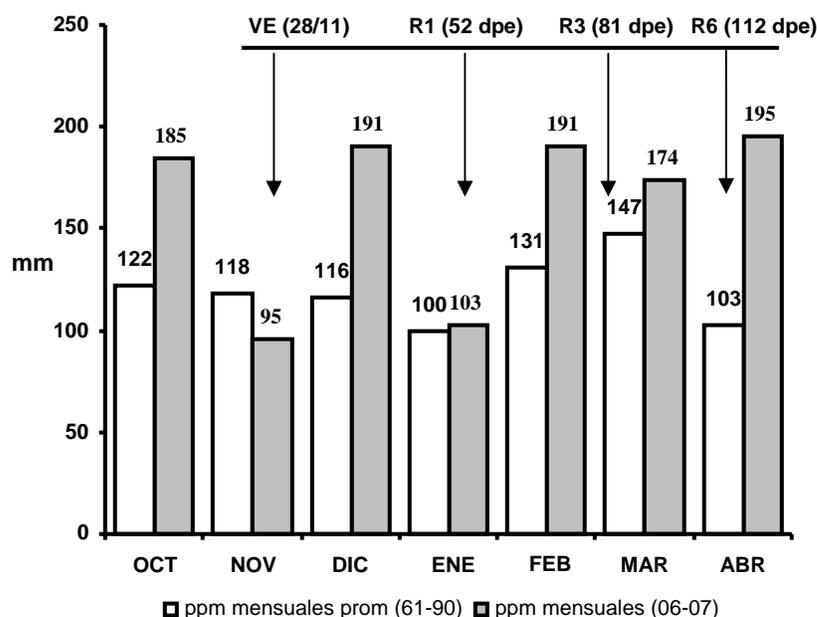


Figura 1. Precipitaciones mensuales promedio históricas y en el período del cultivo durante 2006/07, URUGUAY. Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología (s.f.).

Las precipitaciones existieron en todos los meses del ciclo del cultivo (noviembre-marzo) así como también en el período de barbecho (octubre), alcanzando los 658 mm.

Debemos tener en cuenta también que el suelo se encontraba a capacidad de campo al momento de la siembra ya que las lluvias anteriores así lo permitieron. Esto significa aproximadamente 120 mm más de agua disponible para el cultivo por las características edáficas de donde se instaló el experimento.

Teniendo presentes estos valores y observando la distribución de precipitaciones podemos afirmar que el agua nunca fue limitante para el crecimiento del cultivo, ya que la soja tiene requerimientos de aproximadamente 840 mm de agua disponible en todo su ciclo (Berlato y Bergamaschi, 1978).

Con esta información caracterizamos el año como superior al promedio en cuanto a precipitaciones, ya que existieron 300 mm por encima de la serie histórica en el periodo del cultivo (octubre – abril), con un total de 1130 mm.

No obstante lo anterior, se puede afirmar que no existieron excesos hídricos severos que pudieran comprometer el buen estado del cultivo.

Es destacable que en períodos importantes para la concreción del rendimiento, floración (R1-R2), cuajado (R3-R4) y sobre todo llenado de grano (R5-R6), el agua nunca fue limitante.

Cuadro 3. Temperaturas mensuales promedio históricas y en el período del cultivo (°C).

	2006/2007	Histórica	Diferencia
	----- °C -----		
Octubre	20,0	17,5	2,5
Noviembre	20,2	20,4	-0,2
Diciembre	24,0	23,1	0,9
Enero	24,4	24,8	-0,4
Febrero	24,4	23,7	0,7
Marzo	20,6	21,6	-1,0
Abril	20,6	18	2,6

Fuente: Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología (s.f.).

En lo que hace referencia a la temperatura se puede observar que en el año 2006/07 se registraron valores muy similares a los promedio de la serie histórica 1961-90. En éste aspecto también el cultivo se encontró con condiciones óptimas para su desarrollo comparando con datos obtenidos por Kantolic et. al. citados por Satorre et. al., (2003) que muestran temperaturas óptimas diurnas para fotosíntesis cercanos a 25°C y por encima de 21°C para el período de formación de frutos y vainas.

4.2. EXPERIMENTO 1

RENDIMIENTO EN GRANO EN RESPUESTA AL MANEJO DE DOS POBLACIONES CONTRASTANTES PARA TRES CULTIVARES DE SOJA

La soja mostró un rendimiento muy elevado de $6200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ promedio de los tratamientos sin pastoreo. El mismo, fue excepcional si comparamos con el conseguido en la Evaluación de Cultivares INIA-INASE de esa misma zafra en la zona de Young (máximo: $3400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Ello podría ser a consecuencia de condiciones climáticas favorables (658 mm en el ciclo del cultivo) y de siembra (rastrajo de avena), el lugar seleccionado dentro de la chacra y el tratamiento con agroquímicos que mantuvieron al cultivo libre de plagas y enfermedades (figura 2).



Figura 2. Estado de la soja en parcela testigo.

Como fue mencionado en capítulos anteriores, existe una estrecha relación entre el componente $\text{granos}\cdot\text{m}^{-2}$ y rendimiento (Kantolic et. al., citados por Satorre et. al., 2003). Se puede apreciar, en la figura 3, que esta relación se cumplió en este caso, siendo el componente $\text{granos}\cdot\text{m}^{-2}$ el principal determinante de la variación del rendimiento en grano. No obstante, el valor medio de peso de mil granos (PG) aporta en gran medida al valor absoluto del rendimiento. Este último fue de 204 mg, lo que es muy elevado si tomamos en cuenta lo registrado por Ceretta et. al., en 2004 (154 mg).

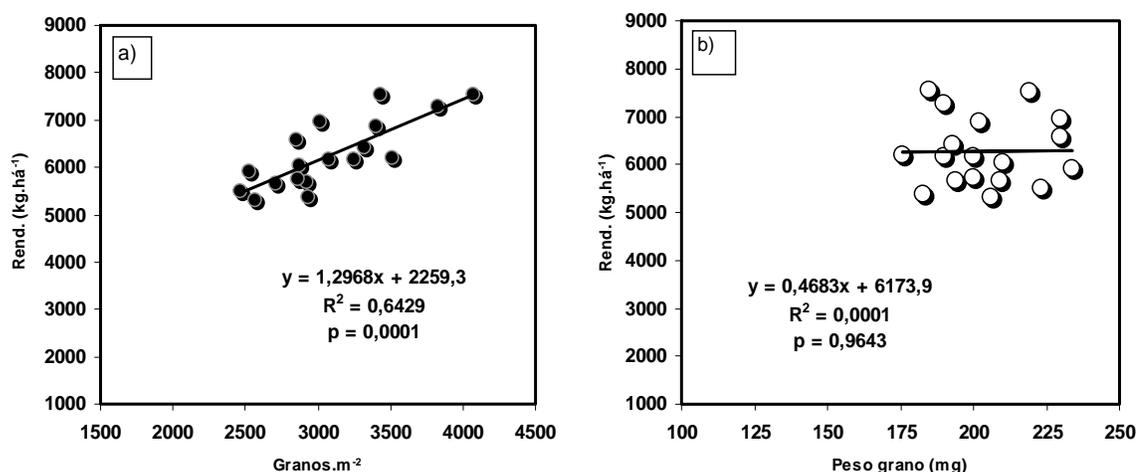


Figura 3. Rendimiento promedio de Soja en función del número de granos.m⁻² (a) y el peso de grano (b).

En relación a lo anterior cabe cuestionarse qué sucedería si hubiéramos obtenido un PG normal para estos cultivares (154 mg) con el número de granos promedio para el ensayo. De esta manera, el rendimiento sería de 4774 Kg.há⁻¹, lo que resulta bastante inferior al rendimiento obtenido con el peso de grano registrado en este experimento (6324 kg.há⁻¹).

El número de granos por m²: 3100, se considera cercano al límite superior para la especie: 3500, expuesto por Kantolic et. al., citados por Satorre et. al., (2003).

Para tratar de esclarecer las relaciones entre las dos variables antes descritas, es que a continuación se discutirá lo presentado en la figura 4. En ésta se establece la relación lineal entre el PG y el No. de granos.

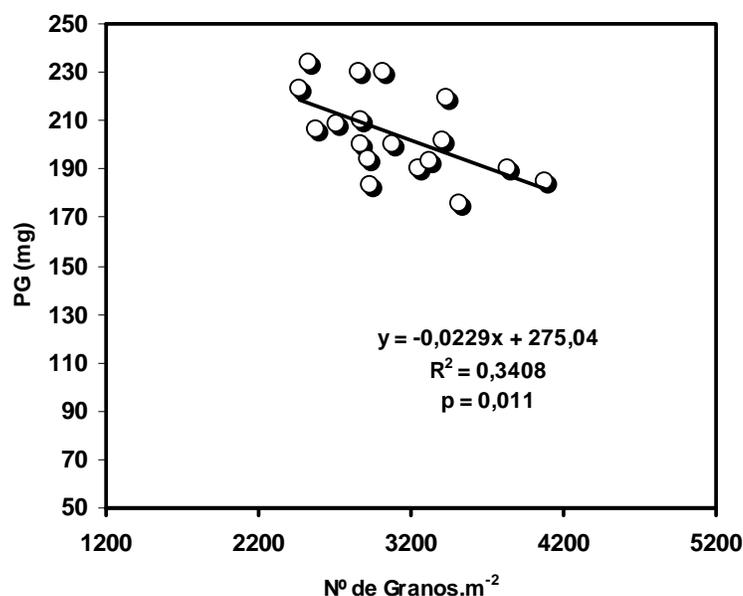


Figura 4. Regresión de PG en función del No. de Granos.m⁻²

Parecería que PG y Nro. de granos se relacionan en forma inversa a modo de compensación, como era de esperarse. Esto confirma lo expuesto anteriormente acerca de una mayor importancia del número de granos a la hora de explicar el rendimiento en grano del experimento, a pesar de que el PG tiene relevancia sobre el valor absoluto del rendimiento. Pudieron lograrse altísimos pesos de grano aún teniendo muchos granos dada las condiciones extraordinarias en que se realizó el experimento. Altos niveles de precipitaciones y la elección del mejor sitio de la chacra, es lo que en definitiva termina explicando porqué es dable obtener rendimientos de esta magnitud.

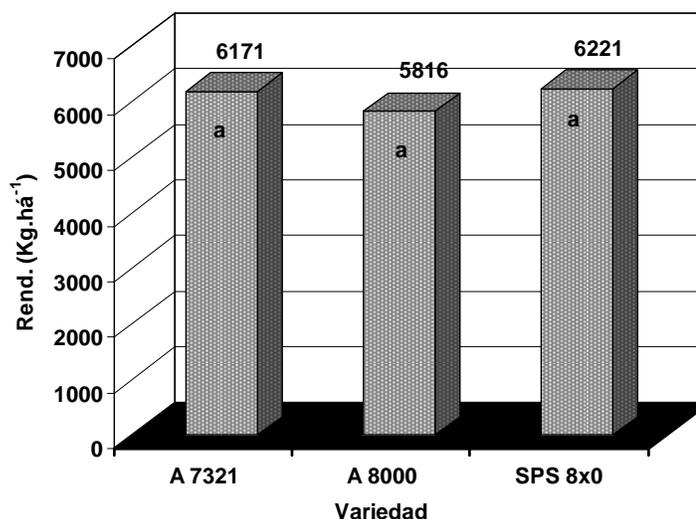
Como se observa en el cuadro 4 no hay significancia de los efectos estudiados sobre el rendimiento ya que se aprecian probabilidades mayores a las definidas para establecer diferencias estadísticas según el test de Tukey ($p < 0,05$).

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable rendimiento en grano.

F.V.	Grados de libertad	F	Pr > F
Variedad	2	0,39	0,6851
Población	1	0,37	0,5521
Var x pobl	2	0,01	0,9901

4.2.1. Rendimiento y componentes según la variedad

Observando la Figura 5, podemos afirmar que no se encontraron diferencias significativas al 5% entre variedades para la variable rendimiento, a pesar del bajo CV.



	Variedad			Pr > F	CV%
	A7321	A8000	SPS 8x0		
Granos.m ⁻²	2761 a	3310 a	3206 a	0,0811	14
PG (mg)	223 a	176 c	203 b	0,001	11

Figura 5. Rendimiento en grano y principales componentes para las tres variedades en estudio. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

Al respecto del PG, es claro que es muy elevado para los tres materiales, encontrándose las principales diferencias entre la variedad A7321 y la A8000 quedando la SPS 8x0 en una situación intermedia. Al respecto de las diferencias varietales, es importante señalar el lugar que ocupa el peso de los granos en este ensayo. Si comparamos con la información nacional e internacional examinada, donde se registran máximos de PG en el entorno de los 220 mg, los obtenidos en el experimento pueden considerarse granos muy pesados (Kantolic et. al., citados por Satorre et. al., 2003).

El número de granos.m⁻² no varía estadísticamente, por lo que se puede afirmar que el componente PG compensó en rendimiento.

Con el objetivo de caracterizar de forma más precisa las variedades utilizadas en este trabajo, se presentan en el siguiente cuadro los componentes del rendimiento determinantes del No. de granos.m⁻² (Cuadro No.5).

Cuadro 5. Componentes del rendimiento.

	Variedad			Medias	Pr > F
	A7321	A8000	SPS 8x0		
Nº Plantas.m ⁻²	49 a	47 a	49 a	48,3	0,094
Vainas.planta ⁻¹	30 b	51 a	54 a	45	0,0001
Vainas.m ⁻²	1407 c	2217 b	2500 a	2041	0,0001
Granos.vaina ⁻¹	2,0 a	1,5 b	1,3 b	1,6	0,0003
Granos.planta ⁻¹	57 a	76 a	70 a	67,6	0,0772
Granos. m ⁻²	2761 a	3310 a	3206 a	3092	0,0811

Valores seguidos por distintas letras en la fila difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

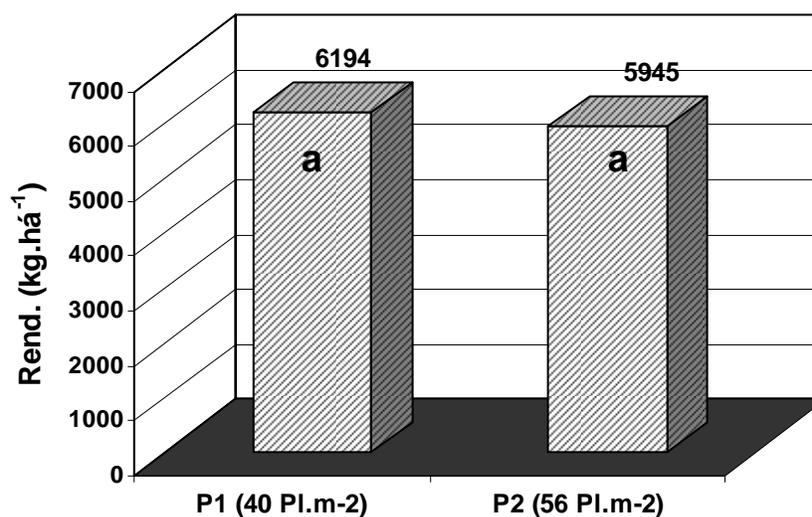
Comparando con los resultados obtenidos por Ceretta et al. (2004) para componentes de rendimiento en la red de ensayos en chacra, AUSID-CALMER-INIA podemos afirmar que son inferiores a los obtenidos en este trabajo. Los componentes que difieren en mayor medida son los granos.m⁻² y las vainas.m⁻². Por otra parte, el componente granos.vaina⁻¹, presentó valores similares en ambos trabajos. Para el componente vainas.m⁻² se observan diferencias significativas entre variedades. La A7321 es la que posee valores más bajos, que compensa con granos más pesados y más granos.vaina⁻¹. Por su parte la SPS 8x0 registró el mayor número de granos.m⁻² y menor número de granos.vaina⁻¹. El componente granos/vaina es de los más estables ante variaciones ambientales (Egli, Board et. al., citados por Satorre et. al., 2003), por lo que se podría decir que este parámetro está determinado genéticamente.

Cabe resaltar, que las altas poblaciones no condujeron a obtener bajos valores de los otros componentes, debido a las características no limitantes del ambiente en el que se desarrolló el ensayo.

4.2.2. Rendimiento y componentes en función de la población

Para analizar el efecto población, se debe tener en cuenta que en ambos casos se manejaron densidades altas. Sin embargo, la distancia entre hileras utilizada fue bastante pequeña (0,25m), lo que no ocurre frecuentemente en siembras comerciales tempranas, haciendo que el No. de plantas en la línea fuera menor. Esto tuvo como objetivo generar condiciones más favorables para utilizar el cultivo como forrajera. Por ejemplo, alcanzar más rápidamente el IAF óptimo y la cobertura del suelo. Si bien, de acuerdo a lo revisado en la bibliografía no es claro el efecto de acortar el espaciamiento entre hileras, en años climáticamente favorables podría tener beneficios en rendimiento (Kruk y Satorre, citados por Satorre et. al., 2003). Sin embargo, no se encontraron trabajos que describan la magnitud de dicho beneficio.

Puede observarse en las figuras 6 y 7 la gran plasticidad que posee la especie. Esto se discutirá en los párrafos siguientes donde se presentan los componentes del rendimiento.



	P1(40)	P2(56)
Plantas.m ⁻²	40 b	56 a
Vainas.planta ⁻¹	53 a	37 b
Vainas.m ⁻²	2116 a	1967 a
Granos.vaina ⁻¹	1,6 a	1,6 a
Granos.planta ⁻¹	80 a	56 b
Granos.m ⁻²	3213 a	2971 a
PG	194 a	201 a

Figura 6. Rendimiento promedio y componentes para las dos poblaciones evaluadas. Valores seguidos por distintas letras en la fila difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

La figura 6, ayuda a comprender por qué los rendimientos no varían al cambiar la población promedio como fuera afirmado por Carpenter y Board, Wells citados por Satorre et. al., (2003). Esto se explica por las excelentes condiciones ambientales en las que se desarrolló el ensayo, teniendo en cuenta también que las dos poblaciones utilizadas fueron elevadas. Como puede observarse, hay un efecto compensatorio ya que a mayor cantidad de plantas.m⁻² el número de vainas.planta⁻¹ disminuye, haciendo que también baje el de granos.planta⁻¹, esto se da también a la inversa.

Para comprender mejor estas relaciones, es que se presenta en la figura 7, la regresión entre rendimiento y población.

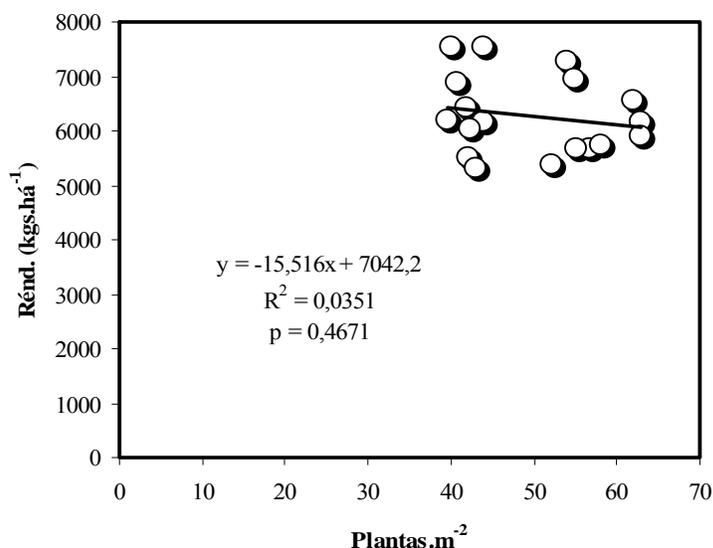


Figura 7. Regresión de plantas.m⁻² en función de rendimiento (kg.ha.⁻¹).

Los resultados muestran que no existe relación lineal, lo que condice con los obtenidos por Ramseur et al. (1984), donde utilizando poblaciones más contrastantes explica que el número de plantas establecidas por unidad de superficie tiene un efecto neutro sobre el número de granos y sobre el rendimiento, ya que una densidad menor de plantas es compensada por un número mayor de nudos en las ramificaciones o por un aumento de la fertilidad de cada nudos.

4.2.3. Efecto de la interacción variedad x población sobre el rendimiento de grano y sus componentes

Al igual que ocurre con los efectos principales, cuando estudiamos la interacción entre ambos, no se encuentran diferencias significativas en rendimiento. Tampoco se encontraron diferencias en esta interacción para la variable peso de grano, siendo la SPS 8x0 la única que mostró una leve respuesta en este aspecto (ver cuadro 6).

Cuadro 6. Rendimiento y componentes según variedad y población.

	A7321		A8000		SPS 8x0		CV (%)
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	
Rendimiento	6263 a	6079 a	5936 a	5697 a	6383 a	6059 a	4
Plantas.m⁻²	40 b	57 a	40 b	53 a	41 b	57 a	16
Vainas.planta⁻¹	44 c	23 d	66 ab	53 bc	77 a	57 bc	32
Vainas.m⁻²	1784 bc	1292 c	2613 ab	2863 a	3199 a	3293 a	29
Granos.planta⁻¹	70 ab	47 b	86 a	61 ab	83 a	52 b	22
Granos.vaina⁻¹	1,6 ab	2,1 a	1,4 b	1,2 b	1,1 b	0,9 b	28
Granos.m⁻²	2825 a	2698 a	3390 a	3230 a	3425 a	2988a	9
PG	221 a	225 a	175b	176 b	187 b	203 ab	10

Valores seguidos por distintas letras en la fila difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

Si se analizan estos resultados, se puede afirmar que ni las diferentes variedades ni los cambios de población y tampoco las combinaciones de las anteriores, tuvieron efecto significativo en el rendimiento. Además, quedó demostrada la capacidad de compensación y plasticidad del cultivo, ya que se adaptó a las diferentes condiciones produciendo una cantidad similar de granos. Confirmando lo expuesto por Wells, Carpenter y Board citados por Satorre et. al., (2003) que encontraron que ante variaciones en la densidad de plantas, el rendimiento.m⁻² es bastante estable en soja cuando existen condiciones ambientales como la anteriormente analizadas.

4.3. EXPERIMENTO 2

RENDIMIENTO EN RESPUESTA AL NÚMERO DE PASTOREOS PARA DOS POBLACIONES Y TRES CULTIVARES DE SOJA

4.3.1. Introducción

Este experimento tiene como principales objetivos analizar el rendimiento y los componentes del cultivo en respuesta al pastoreo.

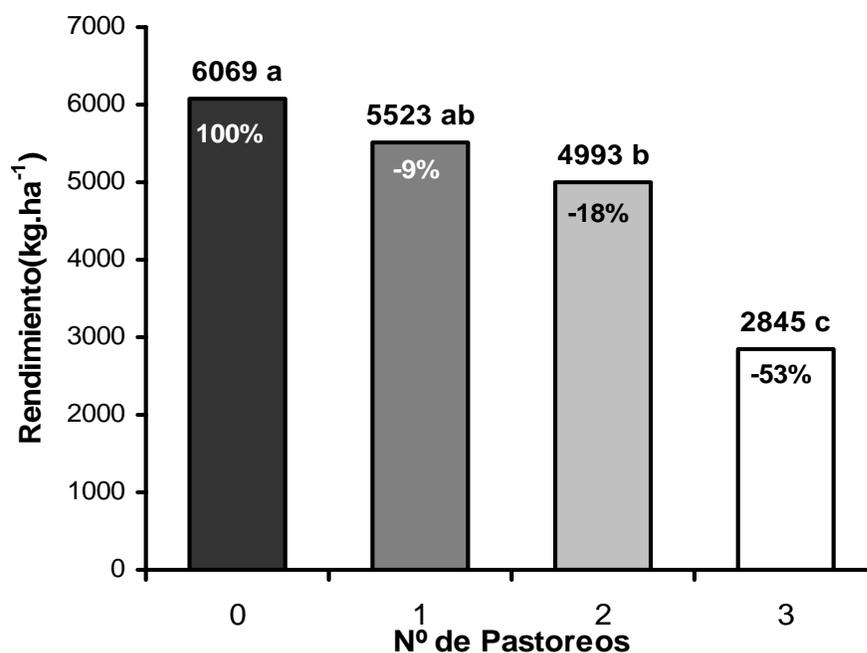


Figura 8. Soja testigo y con un pastoreo al momento del retiro de los corderos.

En la siguiente figura 8, puede observarse el estado de la soja sin pastoreo sobre el margen izquierdo de la fotografía. Sobre el margen derecho la soja luego de pastoreada hasta el 50% de defoliación por apreciación visual (criterio propuesto por Hoffman, citado por Bianchi en 2007).

4.3.2. Efecto del pastoreo sobre el rendimiento de grano y componentes

Se registraron diferencias estadísticamente significativas en rendimiento para el promedio de los tres cultivares, entre tratamientos cuando el cultivo fue pastoreado. Las mismas fueron claras comparando el testigo frente a los tratamientos con dos y tres pastoreos (figura 9).



Defoliación (%)	0	56	66	78
Estadio Fenológico	V7	R1	R3	

Figura 9. Rendimiento en grano para los diferentes tratamientos de pastoreo y defoliación (%) a la salida de cada pastoreo. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí ($p < 0,05$; Tukey).

Como era esperable y en concordancia con la información revisada, la pérdida de rendimiento fue clara al aumentar el número de pastoreos y por ende pastorear el cultivo en momentos más avanzados de su desarrollo. Esto coincide con lo encontrado por Gould, Daugherty, Turnipseed citados por Wilcox (1987) donde defoliaciones posteriores a R2 y anteriores a R6 muestran reducciones significativas en rendimiento en niveles superiores al 30 %.

En este sentido Gould, Daugherty, Turnipseed citados por Wilcox (1987), refieren pérdidas de rendimiento no cuantificadas con 50% de defoliación, en alguna fase sensible del ciclo del cultivo, lo que no sucede cuando esto ocurre en un período en que la planta puede presentar una capacidad de recuperación suficiente.

Fehr et al., citados por Wilcox (1987), reportaron para defoliaciones del 50%, pérdidas promedio de rendimiento en cultivares determinados e indeterminados de 34%; aunque existió una interacción significativa con la etapa de crecimiento. Hunt et al. (1994) concluyeron que, tal remoción del área foliar retrasa el alcance del IAF crítico (3,5) limitando la intercepción de luz y la acumulación de MS. Singer y Meek (2004) condujeron un experimento donde cuantificaron la respuesta en rendimiento a la defoliación la cual en estadio vegetativo temprano generó una pérdida en rendimiento de 37%, en medio vegetativo-reproductivo temprano 25%, en reproductivo 79% y en vegetativo-reproductivo 89%.

Comparando las pérdidas de rendimiento obtenidas con los distintos tratamientos de pastoreo (figura 9), con los resultados logrados por Singer y Meek (2004), puede decirse que en todos los casos, las disminuciones en rendimiento fueron inferiores. Estas diferencias podrían explicarse en parte debido a diferencias en las condiciones ambientales de ambos ensayos y los tipos de cultivares utilizados. Cabe destacar que los estadios en que se desarrollaron los pastoreos son comparables a los momentos en que se llevaron a cabo las defoliaciones en el experimento realizado por Singer y Meek (2004).

También es importante resaltar que los niveles de defoliación obtenidos en el ensayo fueron en aumento a medida que se realizaban más pastoreos. De esta manera, era esperable obtener una disminución en el rendimiento en grano.

En la siguiente figura se presenta la respuesta al pastoreo a nivel de componentes.

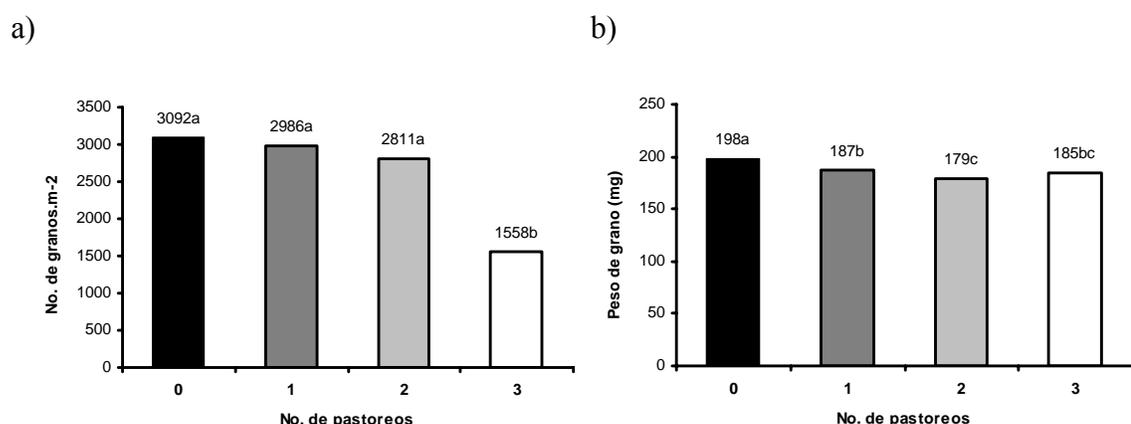


Figura 10. a) Número de granos.m⁻² para los diferentes tratamientos de pastoreo b) Peso de grano para los diferentes tratamientos de pastoreo. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí ($p < 0,05$; Tukey).

En lo referente a los principales componentes de rendimiento se puede afirmar que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos tanto para el número de granos como para peso grano.

Para el primer componente, el tratamiento que se diferenció por tener menor número de granos.metro⁻² fue para tres pastoreos. Este valor se encuentra dentro de un rango que concuerda con datos registrados por Kantolic et al. citados por Satorre et al. (2003). Para el caso de peso grano, se encontró una mayor variabilidad de resultados. El testigo sin pastoreo fue el que presentó mayor peso, mientras que el tratamiento con un pastoreo se ubicó por encima del que tuvo dos (Figura 10b).

El componente plantas.m⁻² disminuyó significativamente con los sucesivos pastoreos. Seguramente dicha disminución es una de las principales causas de la pérdida de rendimiento entre tratamientos de pastoreo. También en el tercer pastoreo se evidencia una severa caída en todos los componentes, destacándose granos.planta⁻¹ como uno de los principales causantes de dicha caída (Cuadro 7).

Cuadro 7. Componentes del rendimiento según tratamiento de pastoreo. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, (p<0,05; Tukey).

	No. de Pastoreos			
	0	1	2	3
Plantas.m⁻²	48 a	41 b	40 b	36 c
Vainas.planta⁻¹	54 ab	49 ab	61 a	46 b
Vainas.m⁻²	2507 a	1971 ab	2329 a	1615 b
Granos.planta⁻¹	67 a	75 a	76 a	46 b
Granos.vaina⁻¹	1,4 ab	1,7 a	1,3 b	1,2 b

Analizando los componentes de rendimiento se observan algunas tendencias. Este es el caso de compensaciones entre número de vainas.planta⁻¹ y número de granos.vaina⁻¹ (Cuadro 7). Parece claro que este mecanismo opera cuando el cultivo se encuentra en estadios tempranos, ya que cuando se le efectuaron tres pastoreos lo descrito anteriormente no ocurrió. En lo referente al número de granos.planta⁻¹, como lo muestra el Cuadro 7, se observa un comportamiento similar al que tuvo el componente granos.m⁻² ya que el único tratamiento que presentó diferencias estadísticamente significativas frente a los demás fue el pastoreado tres veces. Esto demuestra el rol importante de este componente sobre granos.m⁻² y por ende en rendimiento.

4.3.3. Efecto de la interacción variedad x pastoreo sobre el rendimiento en grano

Como se puede apreciar en la siguiente figura, cuando se incluyó el efecto variedad tampoco ocurrieron demasiados cambios en lo que tiene que ver con el rendimiento (Figura 11).

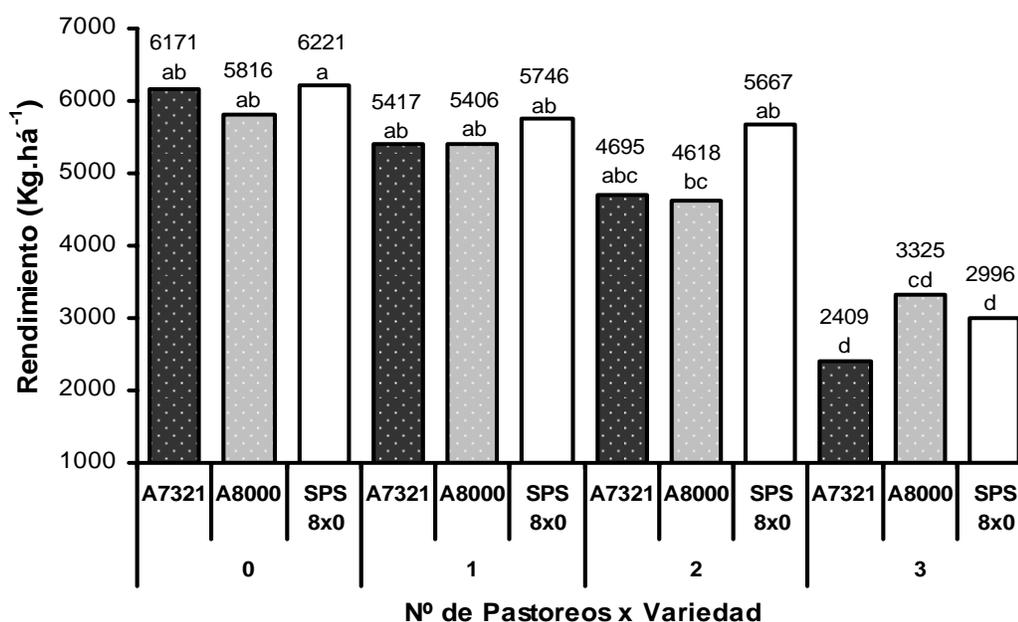


Figura 11. Rendimiento en grano para los diferentes tratamientos de pastoreo y variedad. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí ($p < 0,05$; Tukey).

Claramente podemos apreciar que las variedades no difirieron entre ellas, por lo que podríamos decir que la respuesta al pastoreo no fue alterada por las características de las tres variedades en estudio.

4.3.4. Efecto promedio de la interacción población x pastoreos en rendimiento de grano

Cuando se analiza el rendimiento para la interacción de efectos entre el número de pastoreos y población se observan diferencias significativas entre tratamientos (figura 12).

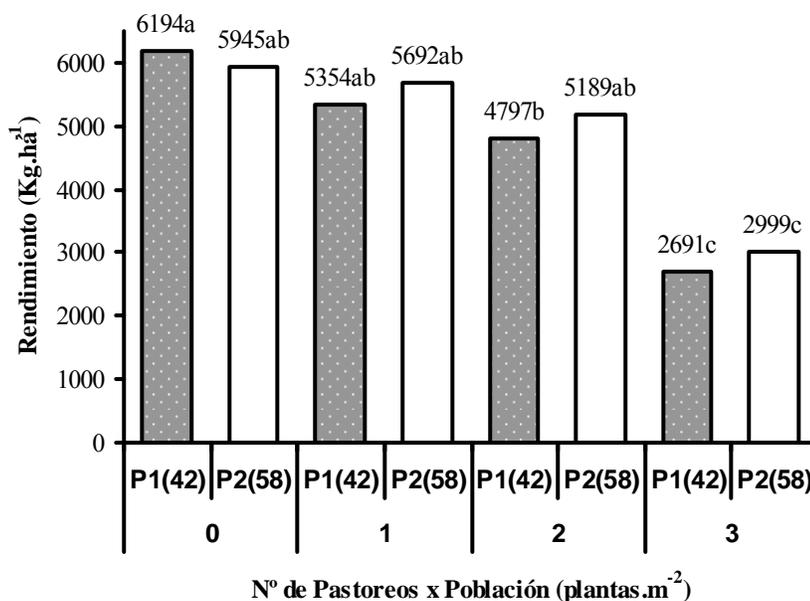


Figura 12. Rendimiento en grano para los diferentes tratamientos de pastoreo y población. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí ($p < 0,05$; Tukey).

El efecto pastoreo es superior al efecto población para la variable rendimiento. Con la población 1 éstas son más notorias ya que se empiezan a ver en el segundo pastoreo con respecto al testigo. En cambio, con la población 2 se dan solo con el último pastoreo. Es importante destacar, que no se observaron diferencias en ningún caso cuando se comparó el testigo con el pastoreado por única vez.

4.3.5. Efecto de la interacción variedad x población sobre el rendimiento en grano y componentes para los diferentes tratamientos de pastoreo

En esta parte del trabajo se verá qué ocurre con el rendimiento y sus componentes cuando interaccionan poblaciones y variedades con los diferentes tratamientos de pastoreo. En principio se analizará qué ocurre con el testigo (sin pastoreo) para luego pasar a los tratamientos con uno, dos y tres pastoreos.

4.3.5.1. Testigo sin pastoreo

Como puede verse en la figura 13, no se encontraron diferencias significativas en rendimiento cuando no se le efectuaron pastoreos a la soja.

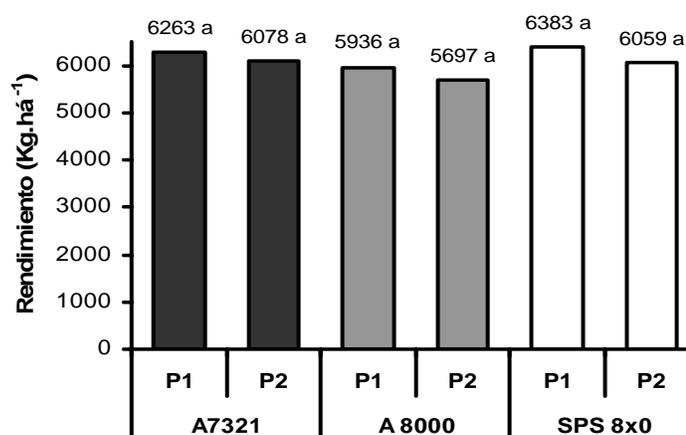


Figura 13. Rendimiento en grano en el testigo sin pastorear para la interacción de efectos variedad x población. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí ($p<0,05$; Tukey).

Cuadro 8. Componentes del rendimiento para la interacción de efectos variedad x población en el testigo sin pastorear.

	Testigo					
	A7321		A 8000		SPS 8x0	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Plantas.m⁻²	40b	57a	40b	53a	41b	57a
Vainas.pl⁻¹	44c	23d	66ab	53bc	77a	57bc
Vainas.m⁻²	1784bc	1292c	2613ab	2863a	3199a	3293a
Granos.m⁻²	2825a	2698a	3390a	3230a	3425a	2988a
Granos.pl⁻¹	70ab	47b	86 ^a	61ab	83a	52b
Granos.vaina⁻¹	1.57ab	2.10a	1.37b	1.17b	1.10b	0.90b
PG (mg)	221a	226a	175b	176b	187b	203ab

Valores seguidos por distintas letras en la misma fila difieren entre sí, ($p<0,05$; Tukey).

El componente número de granos no registró diferencias, lo que parece ajustado teniendo en cuenta que éste último es el principal componente del rendimiento. Sin embargo, para el componente peso de granos el panorama es diferente, ya que existen tres grupos bien diferenciados. El material A7321 fue el de grano más pesado, mientras que el A8000 el más liviano, quedando la SPS 8x0 en una situación intermedia. Esto puede observarse tanto a nivel de efecto variedad así como también en la interacción población x variedad. Indicando así que ante una situación de cero pastoreo el tamaño de grano no se ve afectado por la densidad de siembra (cuadro 8).

La forma más consistente de explicar la baja variabilidad encontrada en el rendimiento entre las combinaciones de variedad y población, es por la compensación entre componentes. Mientras que la A7321 presenta granos más pesados en cualquier situación es la que tiene menos granos por planta, con la A8000 pasa exactamente a la inversa, quedando la SPS 8x0 en una situación intermedia en ambos aspectos.

4.3.5.2. Un pastoreo

Como puede observarse en la figura 14 de la página siguiente, cuando se efectuó un pastoreo, el comportamiento de los materiales y poblaciones fue el mismo que en el testigo sin pastorear. Es decir, no se encontraron diferencias significativas en rendimiento para las diferentes combinaciones de variedad por población. No obstante lo antes mencionado, se observan diferencias apreciables con una mayor amplitud de valores entre tratamientos, pero no es posible marcar ninguna tendencia en este sentido. La ausencia de diferencias significativas podría estar asociada a un CV de 16%.

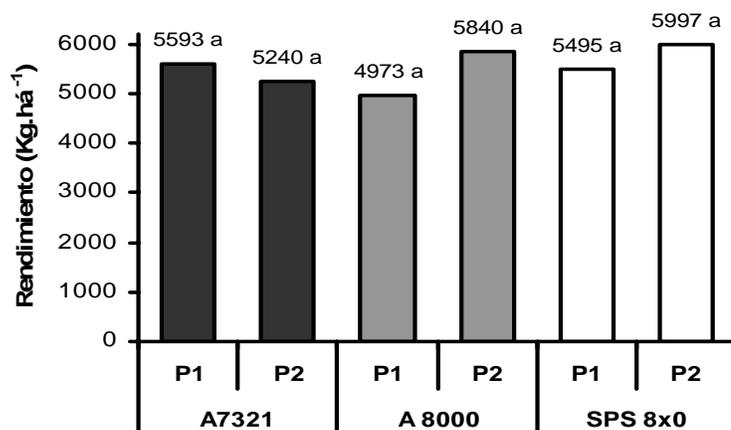


Figura 14. Rendimiento en grano en el tratamiento con un pastoreo para la interacción de efectos variedad x población. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí ($p < 0,05$; Tukey).

Cuadro 9. Componentes del rendimiento para la interacción de efectos variedad x población en el tratamiento con un pastoreo.

	1 Pastoreo					
	A7321		A8000		SPS 8x0	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Plantas.m⁻²	33.7b	51 a	34b	47 a	31.7b	48 a
Vainas.pl⁻¹	37ab	28b	66 a	67 a	56ab	40ab
Vainas.m⁻²	1226b	1414b	2270ab	3198 a	1795ab	1926ab
Granos.m⁻²	2672a	2490a	3016 a	3477 a	2955 a	3307 a
Granos.pl⁻¹	80ab	49b	88 a	74ab	93 a	68ab
Granos.vaina⁻¹	2.17a	1.77a	1.43 a	1.23 a	1.67 a	1.80 a
PG (mg)	209a	210a	164c	167c	186b	182bc

Valores seguidos por distintas letras en la misma fila difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

Como puede evidenciarse en el cuadro No. 9 se encontraron diferencias significativas entre algunos componentes de rendimiento pero que no explican diferencias en rendimiento.

4.3.5.3. Dos pastoreos

Como puede verse en la figura siguiente, con dos pastoreos se generaron diferencias significativas en rendimiento.

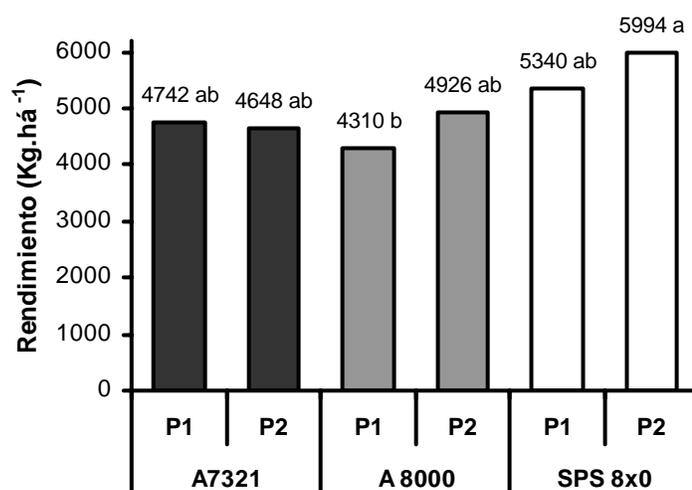


Figura 15. Rendimiento en grano en el tratamiento con dos pastoreos para la interacción de efectos variedad x población. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí ($p < 0,05$; Tukey).

Cuando se estudió el efecto población y variedad no se encontraron diferencias significativas en rendimiento, sin embargo la interacción de dichas variables delimita dos extremos bien diferenciados: la SPS 8x0 P2 alcanzó un mayor rendimiento que la A8000 P1. Esto se diferenció de lo ocurrido con el primer pastoreo donde no se encontraron diferencias significativas.

En el cuadro 10 pueden observarse la base de la interacción población por cultivar, cuando el cultivo fue pastoreado por segunda vez. Estas parecen estar explicadas principalmente por un mayor número de granos.planta⁻¹ en la SPS 8x0 y un menor peso de granos de la A8000, ya que en el resto de los componentes ambas variedades poseen cifras que no difieren estadísticamente. Las diferencias en rendimiento encontradas entre SPS 8x0 P2 y A8000 P1 se debe a la suma de componentes que por sí solos no muestran significancia, los principales responsables son plantas.m⁻², granos.m⁻² y PG (mg). La A7321 presenta el mayor peso de granos en todas las situaciones, pero esta variedad nunca es superior en rendimiento.

Cuadro 10. Componentes del rendimiento para la interacción de efectos variedad x población en el tratamiento con dos pastoreos.

	2 Pastoreos					
	A7321		A 8000		SPS 8x0	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Plantas.m⁻²	30b	49a	33b	46 a	30b	47a
Vainas.pl⁻¹	49bc	41c	77 ab	61abc	83 a	58abc
Vainas.m⁻²	1440a	2024 a	2549 a	2789 a	2471 a	2702a
Granos.m⁻²	2439a	2386 a	2675 a	2979 a	3062 a	3325a
Granos.pl⁻¹	84ab	48b	84 ab	65b	103 a	71ab
Granos.vaina⁻¹	1.73a	1.17 a	1.2 a	1.07 a	1.27 a	1.23a
PG (mg)	195a	194 a	162 b	166b	174ab	181ab

Valores seguidos por distintas letras en la misma fila difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

4.3.5.4. Tres pastoreos

En la figura 16 se presenta el rendimiento en grano para los tres cultivares evaluados a las dos poblaciones en estudio.

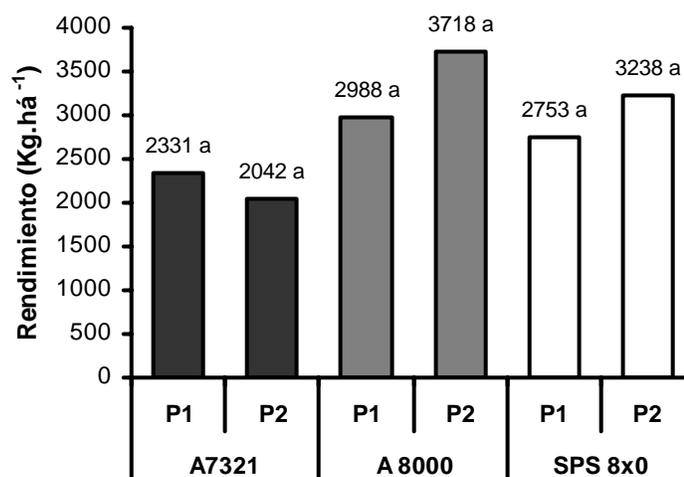


Figura 16. Rendimiento en grano en el tratamiento con tres pastoreos para la interacción de efectos variedad x población. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí ($p < 0,05$; Tukey).

Como se puede ver, nuevamente la variable rendimiento no muestra diferencias significativas, pero en este caso, al igual que en el tratamiento con un pastoreo, el coeficiente de variación es muy alto (25%).

Cuadro 11. Componentes del rendimiento para la interacción de efectos variedad x población en el tratamiento con tres pastoreos.

	3 Pastoreos					
	A7321		A8000		SPS 8x0	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Plantas.m⁻²	26.3b	44.5 a	29.7b	45.5 a	26.3b	40.7a
Vainas.pl⁻¹	29a	31 a	62 a	46 a	63 a	47 a
Vainas.m⁻²	761a	1312 a	1839 a	2091 a	1729 a	1957a
Granos.m⁻²	1182a	1330 a	1765 a	2181 a	1414 a	1760a
Granos.pl⁻¹	44ab	31b	60.7 a	48.5 ab	54ab	43ab
Granos.vaina⁻¹	1.53a	1.18 a	1.2 a	1.15 a	1.07 a	1.07a
PMG	196a	189ab	169 b	168 b	195 a	185ab

Valores seguidos por distintas letras en la misma fila difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

En términos generales y al igual que lo ocurrido en el momento 1 se distinguen diferencias significativas entre algunos componentes de rendimiento.

4.4. EXPERIMENTO 3

INFLUENCIA DEL MANEJO DE LA POBLACIÓN Y EL CULTIVAR SOBRE LA PRODUCCIÓN Y DESAPARICIÓN DE BIOMASA DE SOJA BAJO PASTOREO CON CORDEROS PESADOS.

4.4.1. Introducción

Con el objetivo de aportar información sobre el manejo del cultivo de soja como forrajera, se analiza en este experimento, la producción de biomasa bajo pastoreo y los componentes asociados con la respuesta vegetal.

a)



b)



Figura 17. a) Estado del cultivo antes de realizar el primer pastoreo. b) Corderos pastoreando la soja al momento del primer pastoreo con el cultivo en V7.

El régimen de precipitaciones ocurridas en el período de interés tiene gran incidencia en la producción de biomasa. El total de precipitaciones fue de 658mm y en la figura 18 se presenta la distribución de las mismas y el tiempo de ocurrencia de los distintos pastoreos y períodos de rebrote.

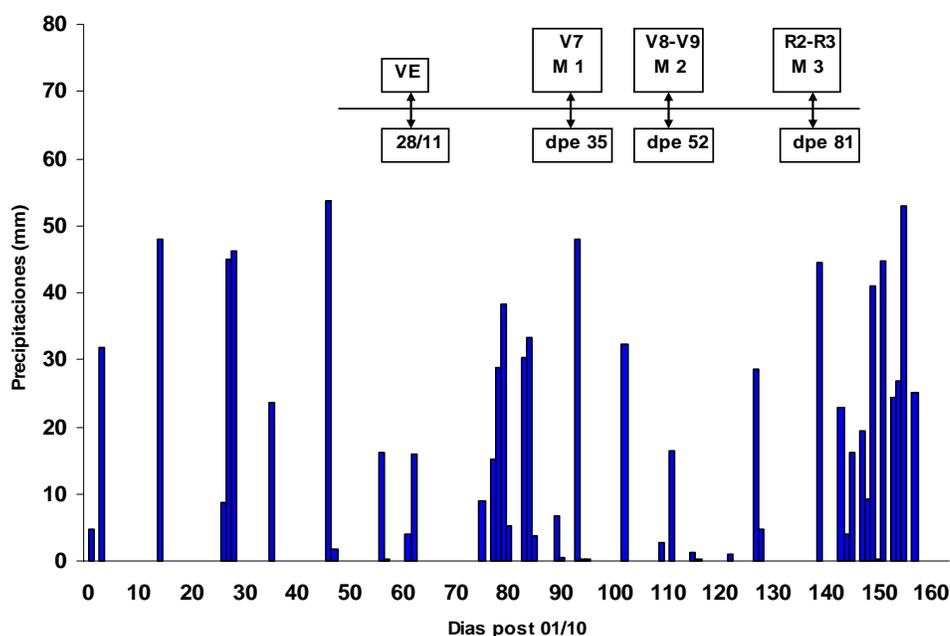


Figura 18. Precipitaciones para el período octubre 2006 – marzo 2007, estados fisiológicos y momentos en los que se efectuaron los pastoreos.

En base a lo observado a nivel de campo y la información disponible en la figura anterior, se puede afirmar que el cultivo no atravesó, en ningún momento de su ciclo, problemas de estrés hídrico. Esto posibilitó que se efectuaran tres pastoreos al cultivo, el primero a 35 días post emergencia, así como obtener rebrotes rápidos e ingresos posteriores anticipados. Alonso et al. (2007), con similares variedades y época de siembra, realizaron el primer pastoreo a los 62 días post siembra. En la siguiente figura se presenta la evolución promedio de la biomasa del cultivo bajo pastoreo, con un criterio de retiro de 50 % de defoliación visual (criterio propuesto por Hoffman, citado por Bianchi. 2007).

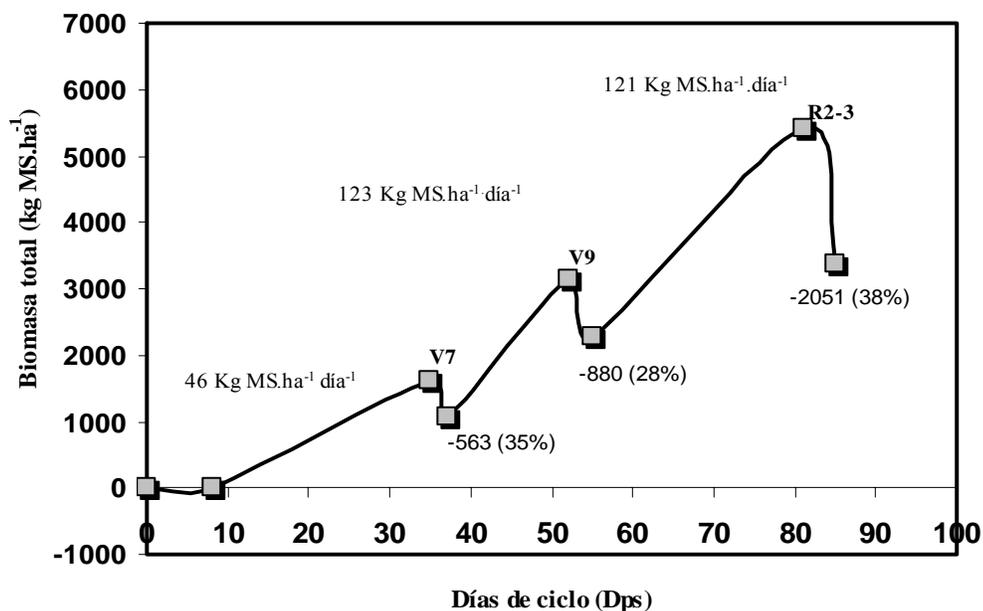


Figura 19. Evolución de la biomasa, desaparición de forraje y tasa de crecimiento entre períodos de pastoreos, a lo largo del ciclo del cultivo para el promedio de variedades y poblaciones de soja bajo pastoreo utilizando el criterio de Hoffman, citado por Bianchi (2007).

En la figura 19 se observa la evolución de la biomasa y las tasas de crecimiento en diferentes momentos del ciclo del cultivo. Las mismas fueron altas si se comparan con las obtenidas por Alonso et al. (2007) quienes registraron un valor promedio de 34 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹ hasta R2. Por otra parte, Hoffman, citado por Bianchi (2007) obtuvo datos similares a los logrados en este trabajo con una tasa promedio de 93 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹.

La finalización del experimento estuvo determinada por el momento en que los corderos alcanzaron el peso objetivo, razón por la cual no se le realizaron más pastoreos al cultivo.

Para complementar la información anteriormente analizada, en la figura 20 se presenta la evolución del IAF del cultivo bajo pastoreo. En ésta se observa, que aún habiéndole efectuado dos pastoreos al cultivo, el mismo logró igualmente alcanzar el IAF óptimo a los 80 días post emergencia. Seguramente las condiciones climáticas fueron determinantes en lograr lo anteriormente mencionado.

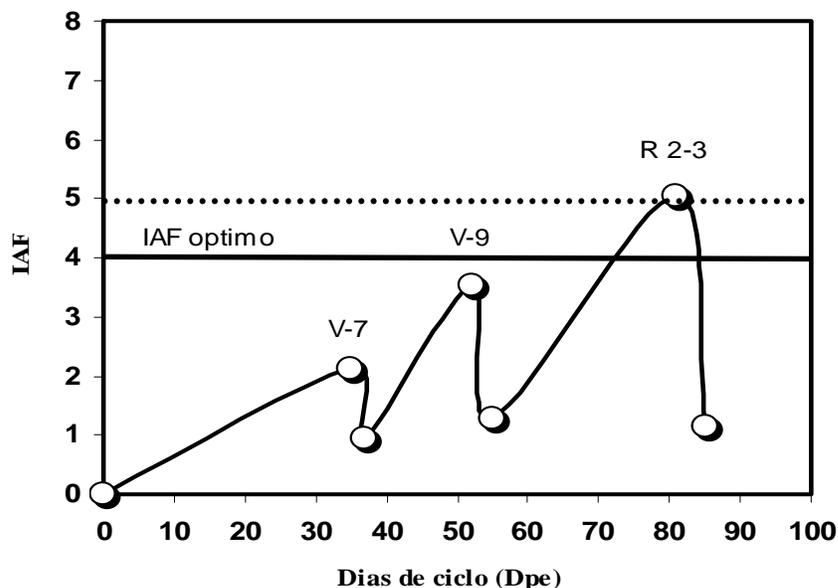


Figura 20. Evolución del índice de área foliar durante el ciclo del cultivo.

Considerando que los valores de IAF a la salida de los pastoreos son similares, siempre se dio una recuperación muy rápida alcanzándose el óptimo alrededor de los 70 días a pesar de haber sido el cultivo pastoreado por segunda vez. De esta información surgiría que el criterio utilizado para retirar los corderos del cultivo tomando en cuenta el 50% de cobertura por apreciación visual (sugerido por Hoffman, citado por Bianchi en 2007) se ajustó muy bien ya que permitió un remanente que nunca admitió valores inferiores a 1-1,5 del Índice de Área Foliar. De esta manera, el cultivo mantuvo un gran poder de recuperación con altas tasas de crecimiento, posiblemente por mantener elevada capacidad de intercepción de la radiación incidente después de cada pastoreo.

Considerando que tanto la biomasa como el IAF evidencian bajo pastoreo una evolución muy similar, en la figura 21 se muestra la relación que existe entre estas variables.

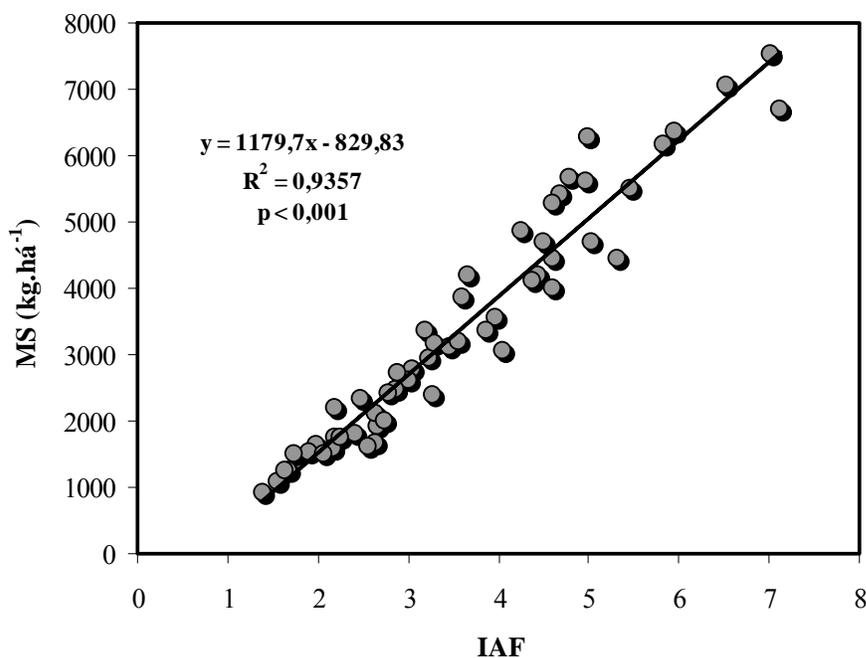


Figura 21. Relación entre biomasa disponible e IAF, para todo el período de pastoreo.

Como puede verse en la figura 21, la correlación entre estas dos variables es muy elevada y significativa. Esto quiere decir que en la medida en que avanza el ciclo del cultivo obtenemos valores de IAF cada vez mayores a pesar de realizar los pastoreos. Una razón por lo cual ocurrió lo anteriormente mencionado fueron las condiciones ambientales en las cuales se desarrolló el cultivo, permitiendo que este se recuperara rápidamente.

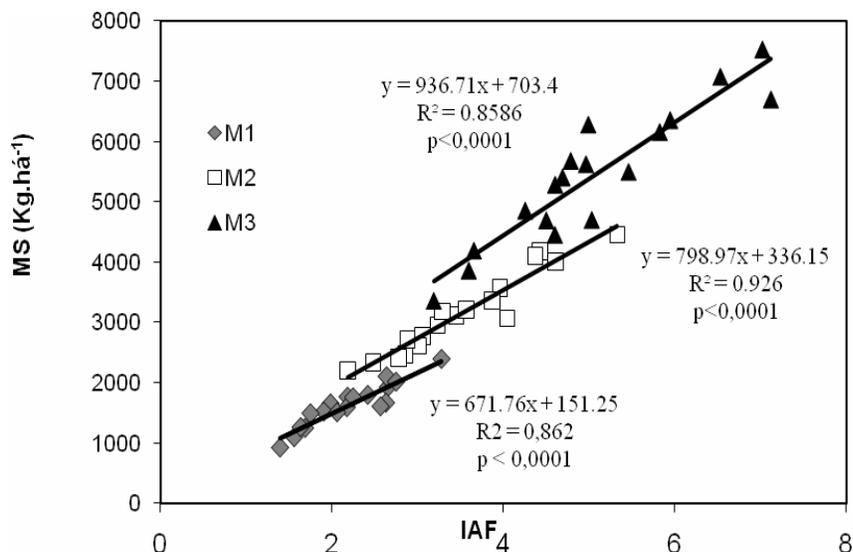


Figura 22. Relación entre biomasa disponible e IAF, para todo el período de pastoreo. Se muestran por separado las curvas correspondientes a cada momento del experimento.

En la medida que avanzamos en el tiempo, se van produciendo cambios de estadio que provocan una mayor variabilidad en los valores de IAF en comparación a etapas más tempranas en el ciclo. Este punto será tratado en profundidad cuando se discuta esta misma relación para cada uno de los tres momentos de ingreso al pastoreo, pero se podría decir que dicha variabilidad en el IAF se explica porque en etapas avanzadas del ciclo, la proporción de tallo se incrementa aportando igualmente al aumento en la disponibilidad de biomasa, pero la cobertura no muestra el mismo comportamiento, generando valores muy dispares del índice para cantidades similares de biomasa disponible.

4.4.2. Producción de biomasa total acumulada bajo pastoreo

La producción total de biomasa acumulada en el ensayo, que corresponde a producción inicial al momento 1 sumada a los rebrotes, alcanzó un valor promedio de 6870 kg.ha^{-1} el cual fue similar a los registrados por Andrade et al. citado por Andrade y Sadras (2000) (7400 a 9600 kg.ha^{-1}) y por Dardanelli et al. citado por Satorre et al., (2003) (5400 a 10800 kg.ha^{-1}).

4.4.2.1. Efecto promedio de la variedad, población, e interacción variedad x población en la producción de biomasa total acumulada

Como se observa en el cuadro 12 no hay efecto significativo de la variedad y de su interacción con población sobre la producción de biomasa total acumulada ya que se aprecian probabilidades mayores a las definidas para establecer diferencias estadísticas según el test de Tukey ($p < 0,05$). Sin embargo se encontraron diferencias para el efecto población.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable producción total de biomasa.

F.V.	Grados de libertad	F	Pr > F
Variedad	2	1,88	0,1947
Población	1	5,2	0,0417
Var x pobl	2	1,81	0,2061

Cuando se evaluaron las tres variedades utilizadas, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en producción de biomasa total acumulada (Figura 23). La falta de significancia puede deberse en parte al elevado coeficiente de variación (19%). A pesar de ello, en la siguiente figura se presenta la producción total de biomasa por cultivar y la evolución de la biomasa producida bajo pastoreo, para los tres cultivares en estudio

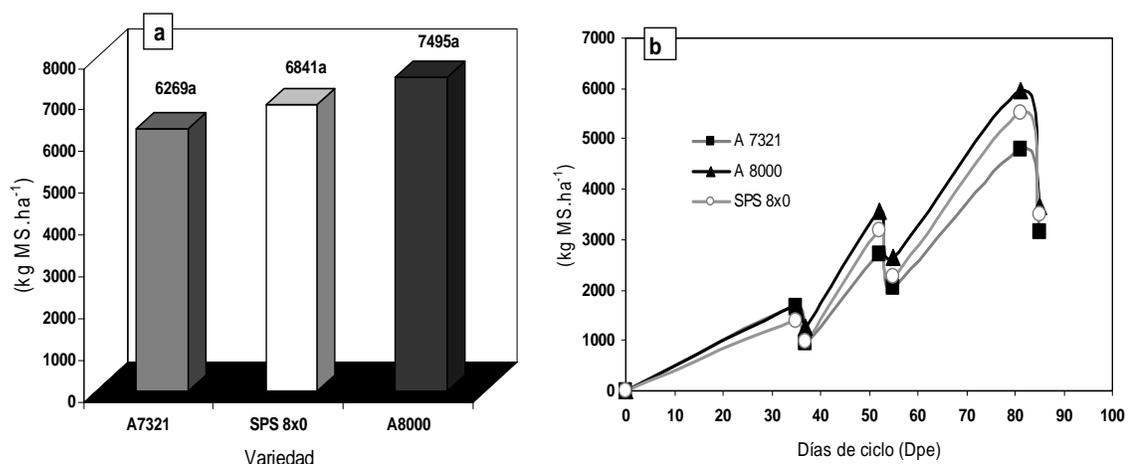


Figura 23. a) Producción total de biomasa para las tres variedades en estudio. **b)** Evolución de la biomasa total para las tres variedades. Valores seguidos por distintas letras difieren entre si, ($p < 0,05$; Tukey). CV: 19%.

A diferencia de lo ocurrido con el efecto variedad, si existió un efecto claro de la población. En la figura 24 se puede apreciar que existió una respuesta en producción de biomasa total acumulada al aumentar la población (18 %). Esta diferencia fue más notoria a medida que se avanzó en el ciclo del cultivo.

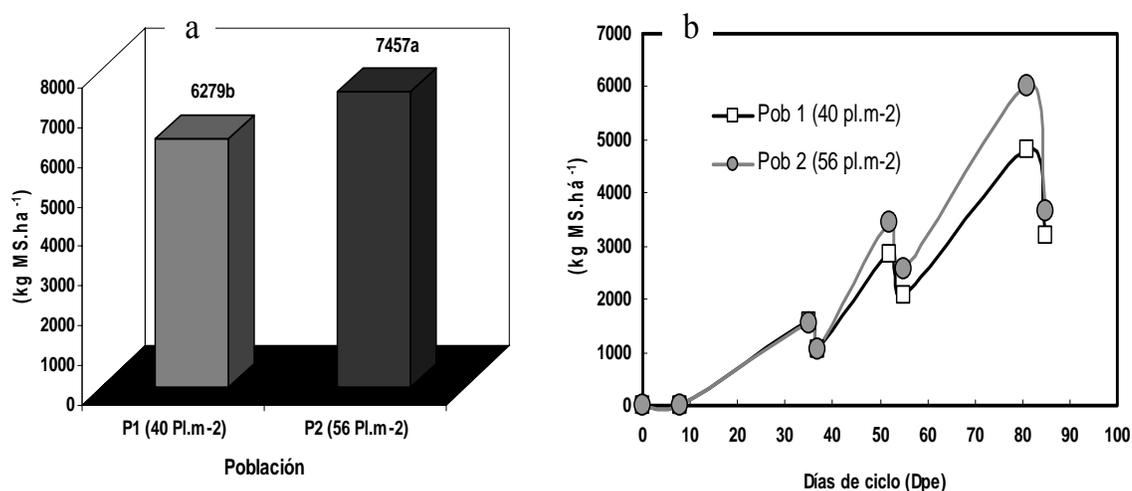


Figura 24. a) Producción de biomasa acumulada para las dos poblaciones en estudio. b) Evolución de la producción de biomasa en función de la población. Valores seguidos por distintas letras difieren entre si, ($p < 0,05$; Tukey).

La causa por la cual la población superior alcanzó mayores producciones de biomasa podría deberse a una mejor recuperación luego de cada pastoreo (rebrotos) y menor pérdida de plantas.

En la figura 25 se presenta la producción de biomasa en función de la interacción variedad x población, aunque esta no fue significativa.

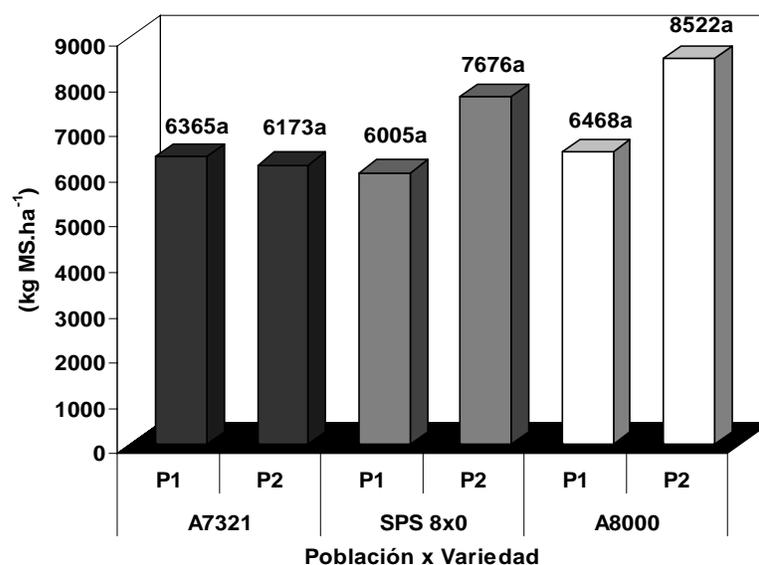
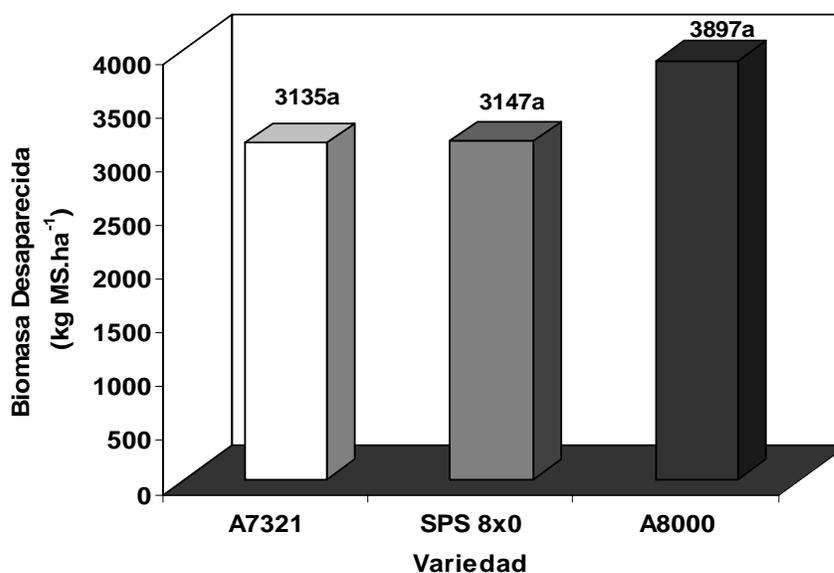


Figura 25. Producción de biomasa total para la interacción de efectos variedad x población (P1 40 pl.m⁻², P2 56 pl.m⁻²). Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey). CV: 19%.

El elevado coeficiente de variación (19%) es en parte responsable de que las diferencias no hayan sido significativas.

4.4.3. Desaparición de biomasa

Luego de conocer la cantidad de biomasa producida interesa saber qué cantidad de hoja y tallo se produce, cuánto de esto es removido y en qué proporción (figura 26).



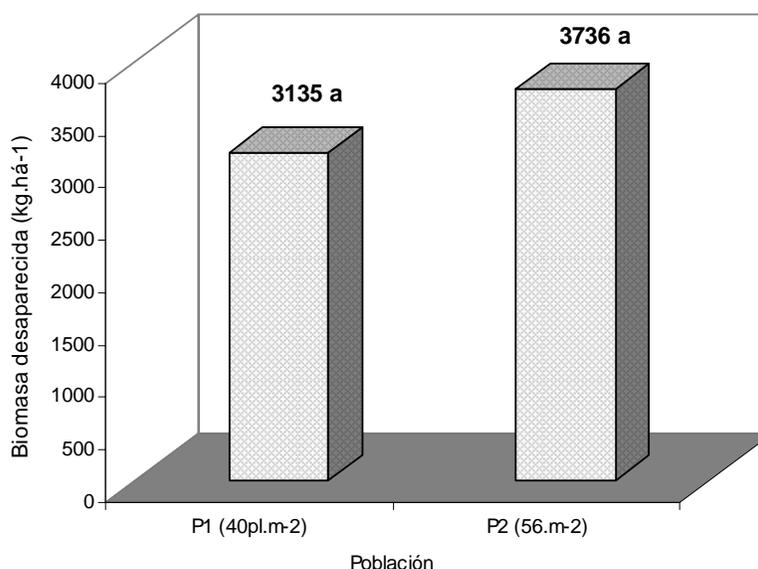
	A7321	SPS8X0	A8000	Promedio
Producción total (kg.ha ⁻¹)	6269 a	6841 a	7495 a	6868
Proporción de hoja (%)	44%	45%	45%	44,5%
Proporción de tallo (%)	57%	55%	57%	56%
Desaparición de biomasa	50%	46%	52%	49%
Proporción de hoja (%)	80%	79%	78%	79%
Proporción de tallo (%)	20%	21%	22%	21%

Figura 26. Producción y desaparición de hoja, tallo y biomasa. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey). CV de la biomasa desaparecida: 37%.

Como se puede apreciar en la figura 26 no hay ningún efecto variedad para los parámetros presentados. Sin embargo, la producción de tallo fue levemente superior a la de hoja. La utilización, medida a través del porcentaje de desaparición, osciló entorno al 50% de lo producido y la fracción preferida por los corderos fue claramente las hojas.

Esto coincide con el criterio definido por Hoffman, citado por Bianchi (2007). El remanente obtenido en el ensayo para las tres variedades osciló en un 80% de tallo y 20% de hoja. Romero (2006), trabajando con bovinos obtuvo un remanente compuesto por 70% de tallo y 30% de hoja con una disponibilidad al ingreso de 5400 kgMS.ha⁻¹.

Cuando evaluamos el efecto población para desaparición total de biomasa, se observa que no hay diferencias significativas. No obstante, el coeficiente de variación es muy alto (37%). Esto podría explicar en parte, la falta de significancia aún observando valores tan dispares (figura 27).

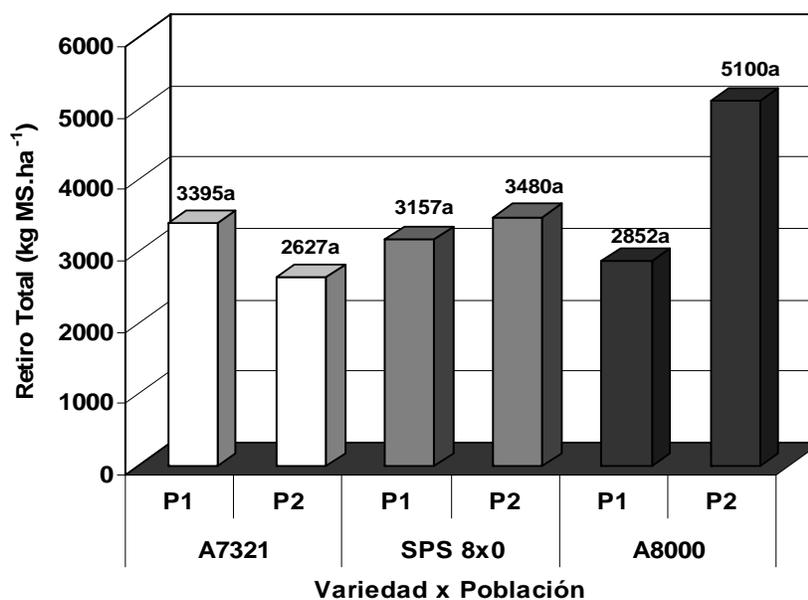


	P1	P2	Promedio
Producción total (kg.ha⁻¹)	6279 b	7457 a	6868
Proporción de hoja (%)	44%	44%	44%
Proporción de tallo (%)	56%	56%	56%
Desap. de biomasa	50%	50%	50%
Proporción de hoja (%)	85%	76%	80%
Proporción de tallo (%)	15%	24%	19%

Figura 27. Desaparición de biomasa para las dos poblaciones en estudio. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey). CV de biomasa des.: 37%

La figura muestra mayor desaparición de hoja que de tallo. Cuando se evalúa el efecto población, las desapariciones de tallo son mayores en poblaciones más altas; esto podría deberse en primera instancia a que en estas condiciones los tallos son más finos y tiernos. Esta afirmación se realiza en base a un supuesto (considerando lo observado a campo), y a que no existe información bibliográfica que permita apoyarla.

En la figura 28 se presenta, la interacción de efectos variedad x población para desaparición de biomasa. Al igual que lo ocurrido cuando se analizaron los efectos por separado no se encontraron diferencias significativas.



	A7321		SPS8x0		A8000		Promedio
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	
Producción total (kg.ha⁻¹)	6365	6173	6005	7676	6468	8522	6868
Proporción de hoja (%)	44	43	44	46	43	44	44
Proporción de tallo (%)	56	57	56	54	57	56	56
Desap. de biomasa	53	43	53	45	44	60	50
Proporción de hoja (%)	76	86	73	87	79	69	78
Proporción de tallo (%)	24	14	27	13	21	31	22

Figura 28. Biomasa desaparecida para la interacción de efectos variedad x población. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey). CV: 37%

Al igual que para el estudio de efectos por separado, en la interacción, el coeficiente de variación permite asegurar que las diferencias visualizadas no son significativas.

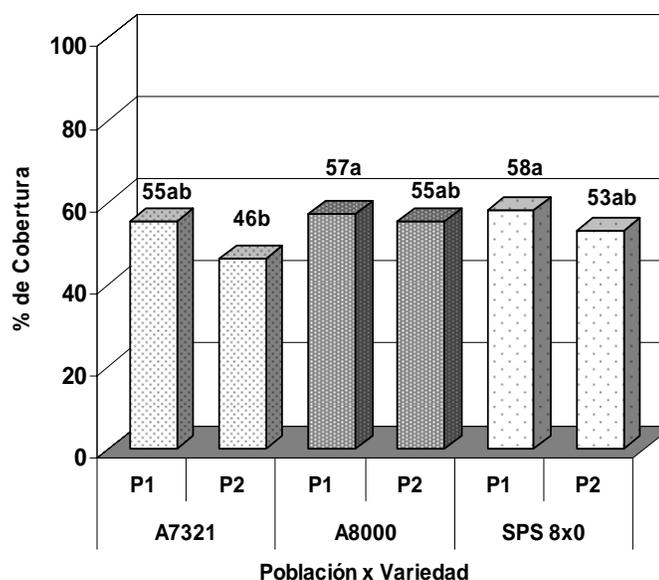


Figura 29. Cobertura promedio al retiro del pastoreo para la interacción de efectos variedad x población. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

Cuando se analizan los valores promedio de cobertura al retiro del pastoreo (figura 29), se encuentran diferencias significativas entre tratamientos. Los mismos son comparables ya que la cobertura al ingreso fue superior al 98% en todos los casos por lo tanto se partió de situaciones similares. Las diferencias estuvieron dadas por los bajos valores del tratamiento A 7321 P2.

4.4.4. Rebrote

El criterio de utilizar el 50% de defoliación propuesto por Hoffman, citado por Bianchi (2007) tiene como objetivo permitir que el cultivo se recupere rápidamente a ese stress al cual es expuesto cuando se pastorea, dado que niveles de defoliación superiores, afectaron el rebrote y la producción total de biomasa. En las figuras siguientes se analizan las correlaciones entre variables que pueden ayudar a explicar la biomasa disponible posterior al pastoreo.

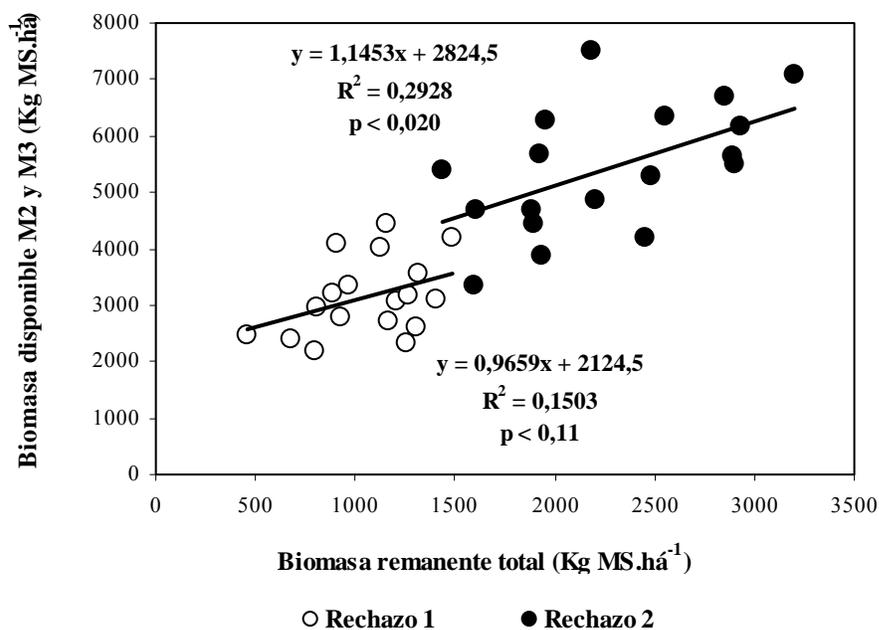


Figura 30. Relación entre biomasa disponible en M2 y M3 en función de la MS remanente en R1 y R2.

Se observa que en general el nivel de biomasa remanente para cada momento, no es una variable que explique de forma clara la disponibilidad de biomasa en posteriores ingresos ya que posee un bajo R^2 . Sin embargo, en diferentes momentos del ciclo del cultivo, la correlación difiere, haciéndose más fuerte a medida que éste avanza. En las figuras 31 y 32 se puede observar que la biomasa de hoja y el IAF remanentes, no tuvieron buena asociación con el disponible posterior. También se estudió la relación entre biomasa remanente y tasa de rebrote con resultados donde las variables no tuvieron ajuste.

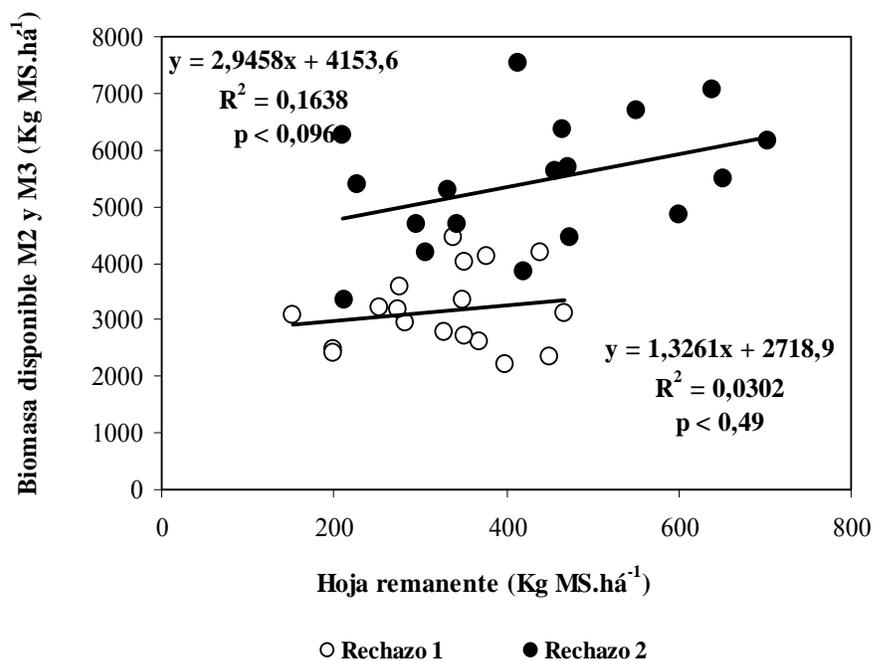


Figura 31. Relación entre biomasa disponible en M2 y M3 en función de la biomasa de hoja remanente en R1 y R2.

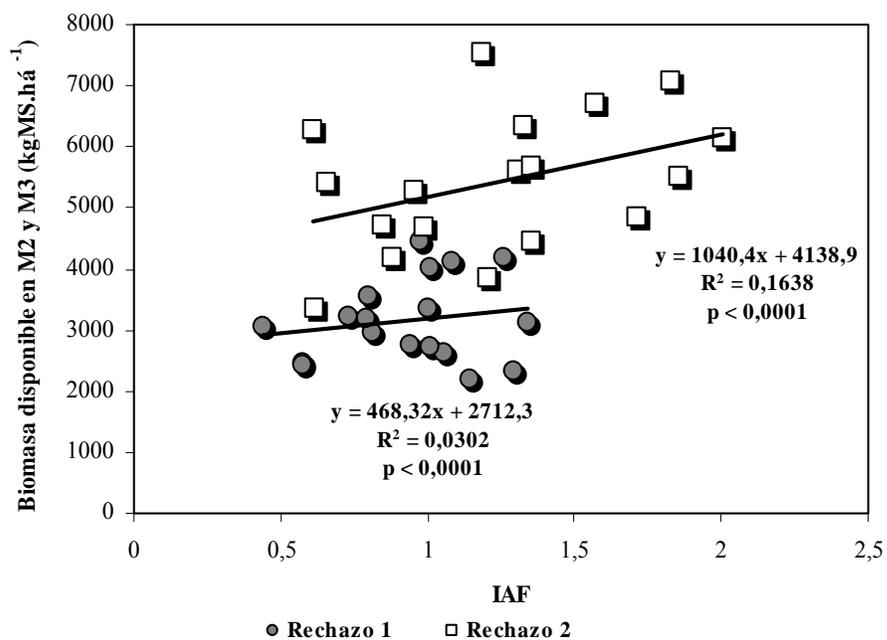


Figura 32. Relación entre biomasa disponible en M2 y M3 en función del IAF remanente en R1 y R2.

En vista de que la biomasa total, de hojas y el IAF remanentes explican sólo en pequeña parte la disponibilidad en posteriores ingresos, se analizó otra variable que explicara en mayor proporción dicha variabilidad. En este sentido, el número de nudos tuvo una relación consistente como se ilustra en la figura 33.

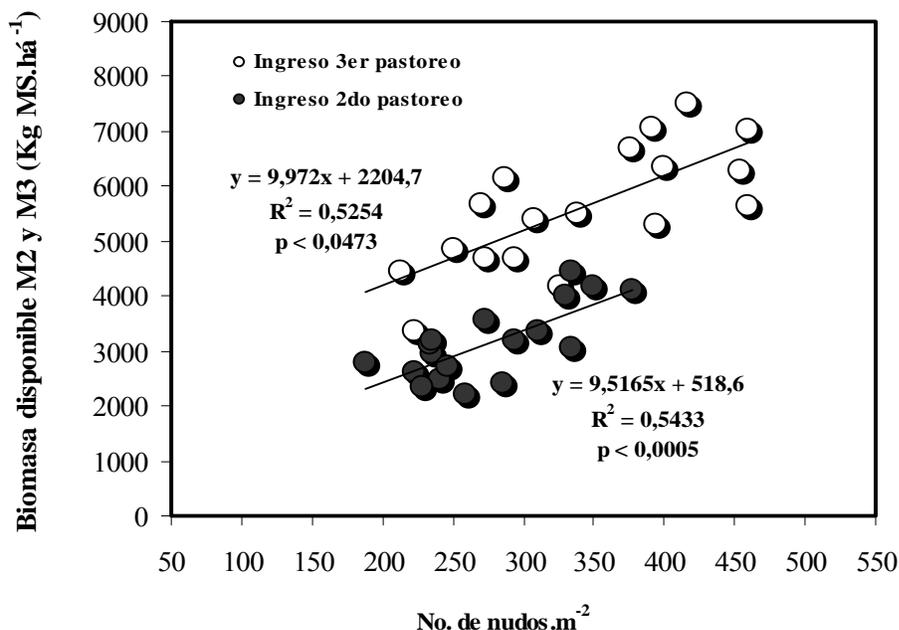


Figura 33. Relación entre biomasa disponible en M2 y M3 en función del número de nudos remanentes en R1 y R2.

En la figura 33 puede apreciarse que una mayor cantidad de nudos se tradujo en un aumento en la disponibilidad de MS independientemente del momento analizado. Por otro lado, cabe destacar que en momentos más avanzados del ciclo, un determinado número de nudos significa mayor disponibilidad de biomasa en el momento. Esto es debido al aumento de materia seca de la planta a medida que avanza en su ciclo. Estos resultados hacen que una de las principales medidas de manejo sería apuntar a obtener pastoreos que remuevan solo la hoja para así cuidar los puntos de crecimiento y lograr mayores producciones.

4.4.5. Disponibilidad de biomasa en el momento 1

Como fuese anteriormente descrito en la figura 19, el cultivo llegó al primer pastoreo a 35 días de la emergencia con un estado de desarrollo de 7 nudos (V7) y una tasa de crecimiento promedio de 46 kgMs.ha⁻¹.día⁻¹. Dicha tasa de crecimiento es alta si se compara con otros trabajos realizados en Facultad de Agronomía donde se obtuvieron tasas entre 30-44 Kg MS.ha⁻¹ para el mismo período estudiado. El criterio utilizado para definir el momento de ingreso de los corderos a pastorear fue alcanzar

100% de cobertura. La disponibilidad de biomasa en este momento alcanzó valores que oscilaron entre 1250 a 1900 kg.ha⁻¹, dependiendo de la variedad y la población. Diversos trabajos concuerdan con estos niveles de producción obtenidos, lo que permite concluir que estuvieron dentro de los rangos esperados. En trabajos realizados en Facultad de Agronomía se encontraron a 45 días post-siembra (con el cultivo en V8), disponibilidades de 1400 kgMS.ha⁻¹, mientras que en otro año de evaluación a 48 días post-siembra se lograron 2100 kgMS.ha⁻¹ (Bianchi, 2007).

Por otro lado Alonso et al. (2007), realizaron el primer pastoreo cuando el cultivo se encontraba en V8 con una disponibilidad de 1800 kgMS.ha⁻¹. También en un experimento realizado por INIA en la zafra 2006-2007, en el que se evaluaron diferentes cultivares de soja de ciclo largo (GM7-GM8) con el cultivo en V7 se registró un disponible de 3950 kg.ha⁻¹(Ceretta y Sastre, 2007). Vale destacar que el período emergencia – primer pastoreo fue de 60 días por lo que parece un dato poco comparable y no ajustado a la disponibilidad probable y tiempo a V7.

No se encontraron diferencias significativas en la disponibilidad de biomasa en este momento tanto para variedad, población como para la interacción de variedad por población (cuadro 13).

Cuadro 13. Resumen del análisis de varianza para la variable disponibilidad de biomasa al momento 1.

F.V	Grados de libertad	F	Pr > F
Variedad	2	1.65	0,2323
Población	1	0,00	0,9543
Var x Población	2	2,80	0,1004

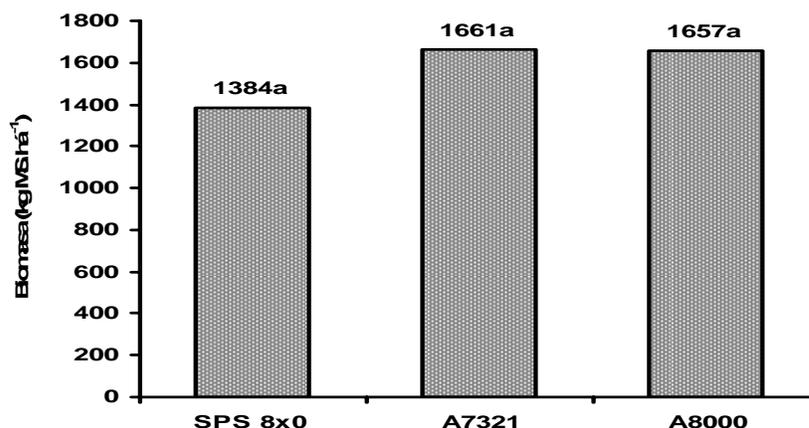


Figura 34. Disponibilidad de biomasa al momento 1, para las tres variedades evaluadas. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

En cuanto a las variedades utilizadas, no se evidencian diferencias en la disponibilidad de biomasa al primer pastoreo. En la siguiente figura se presenta el efecto población, para el promedio de las tres variedades.

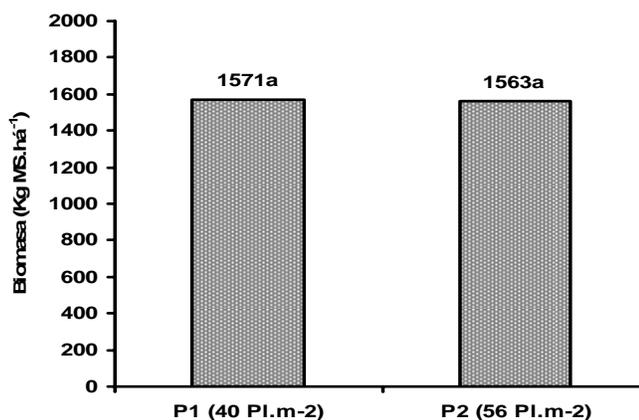


Figura 35. Disponibilidad de biomasa en función de la población al momento 1. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

La razón por la cual no se encontró efecto población para disponibilidad de biomasa al momento 1, podría estar también asociado al rango de población observado.

En la figura 36, se puede observar la variación en la biomasa disponible al momento 1, para los tres cultivares evaluados según el nivel de población logrado.

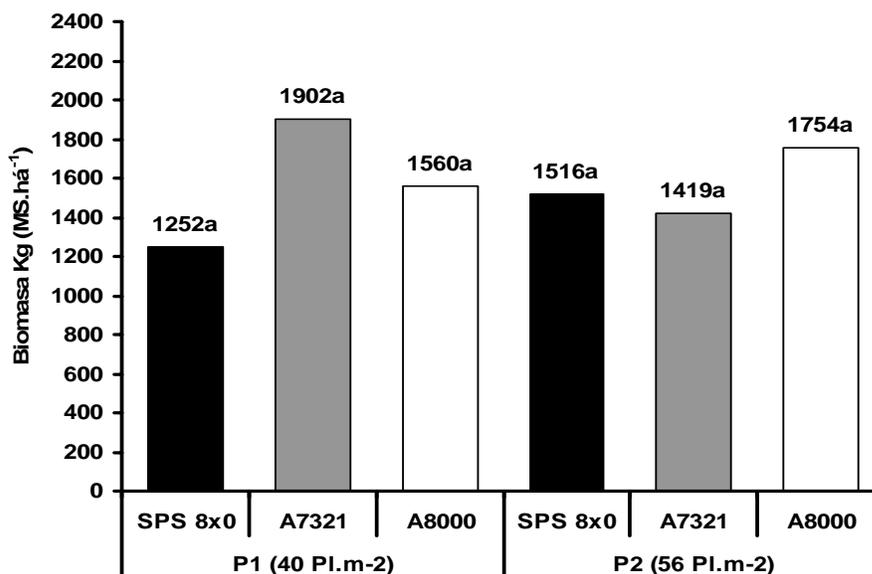


Figura 36. Disponibilidad de biomasa para la interacción de efectos variedad x población al momento 1. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey). CV: 22%.

No existieron diferencias significativas en disponibilidad de biomasa para la interacción de efectos de variedad por población. La gran dispersión de los datos observados, podría ser la razón por la cual no se observan diferencias estadísticas entre tratamientos (CV: 22%).

Conocer la biomasa producida en distintos momentos resulta relevante para poder evaluar la especie como forrajera. Sin embargo poder profundizar en su composición, es necesario para poder analizar la calidad y resultados diferenciales en cuanto aptitud para el pastoreo. En la figura 37, se presenta la proporción de hojas y tallos, pudiéndose observar que tampoco existieron diferencias significativas entre la combinación de factores variedad por población.

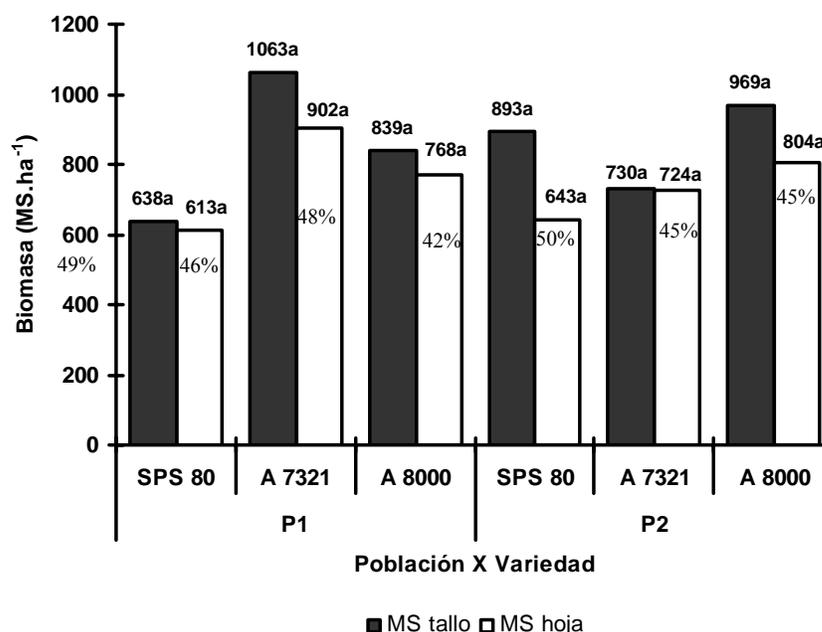


Figura 37. Disponibilidad de biomasa de hoja y tallo al inicio del primer pastoreo para la interacción de efectos variedad x población (P1 40 pl.m⁻², P2 56 pl.m⁻²). Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, (p<0,05; Tukey). Los porcentajes representan la proporción de hoja en el total de MS disponible.

En el momento 1, la biomasa disponible estuvo compuesta por fracciones casi iguales de hoja y tallo. Indagando en la bibliografía, se encontró que en trabajos anteriores realizados en facultad de agronomía (Bianchi, 2007), se obtuvieron mayores proporciones de hoja comparativamente al mismo momento del ensayo (ingreso al primer pastoreo). Esto podría deberse a que condiciones favorables y altas densidades de siembra posibilitaron un mayor crecimiento en altura de las plantas, lo que determina una mayor proporción de tallo. La altura promedio de las plantas en el ensayo fue de 58

cms, lo que puede ser catalogado como alto en comparación a lo obtenido por Alonso et al. (2007), quienes registraron alturas promedio de 35 cms.

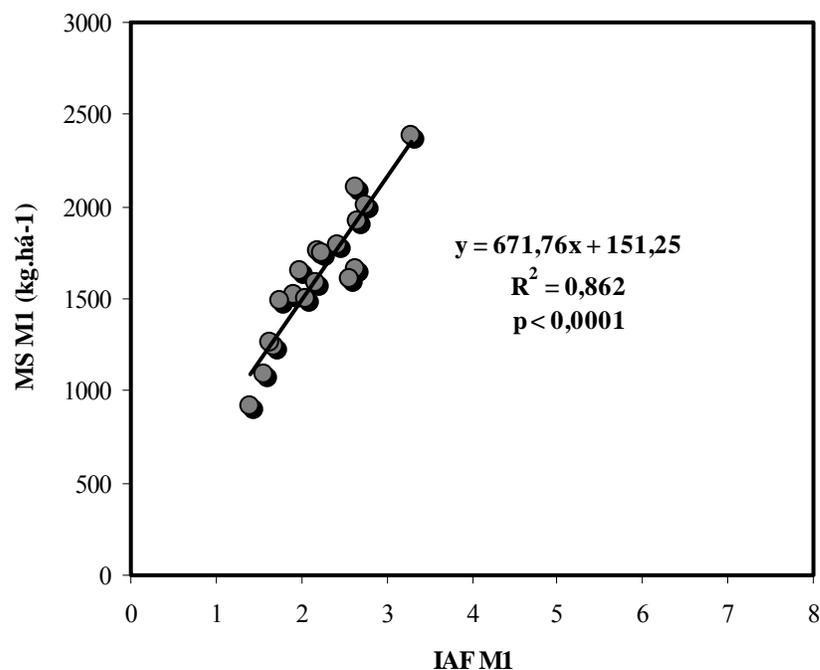
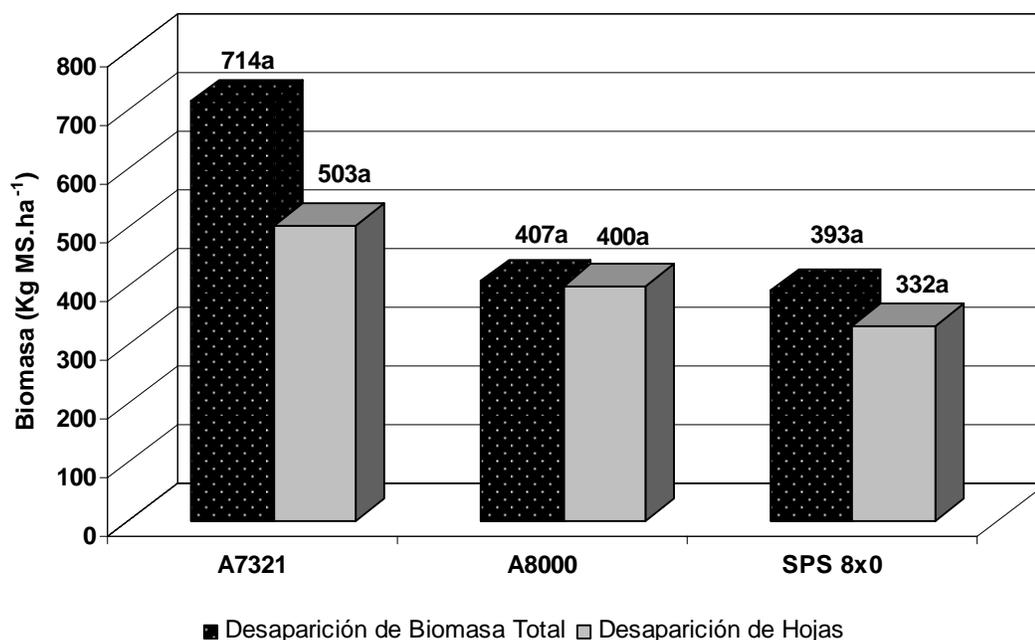


Figura 38. Relación entre biomasa disponible e IAF para el momento 1.

En la figura 38 se observa una elevada correlación entre la disponibilidad de biomasa al M1, y el IAF, aunque con un R^2 inferior a la relación general para todos los momentos presentados en la figura 21. Por otro lado, es de resaltar la pendiente de la curva, que también es inferior a la presentada en la figura 22, indicando que en este momento, un determinado valor de IAF significa menos kgs de biomasa total. Una variación de 1 punto en el IAF, significa un cambio de 672 kgMS.há⁻¹ en la biomasa disponible. Esto se explica posiblemente porque la mayor proporción de hoja en comparación a momentos posteriores, contribuye más en términos relativos al IAF, y la menor cantidad de tallo contribuye menos a la biomasa disponible.

4.4.6. Desaparición de biomasa en el momento 1

Los datos de desaparición de materia seca son un reflejo del comportamiento animal frente a la oferta de forraje. La figura 39 muestra los resultados de dicho comportamiento.

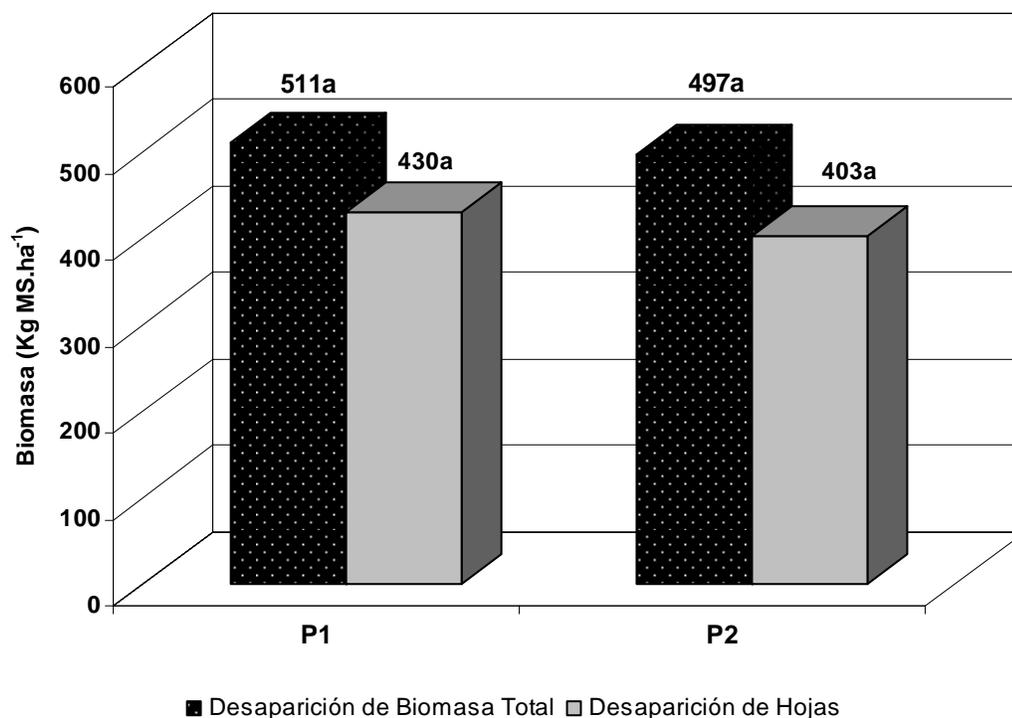


	A7321	SPS8X0	A8000	Promedio
Disponibilidad (kg.ha ⁻¹)	1661 a	1384 a	1657 a	1567
Proporción de hoja (%)	52	46	50	49
Desaparición de biomasa (%)	43	30	24	32
Proporción de hoja (%)	70	98	85	84

Figura 39. Disponibilidad y desaparición de biomasa, tallo y hoja para las tres variedades en estudio al momento 1. Valores seguidos por distintas letras dentro de cada serie difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

Si se analiza la desaparición de biomasa total y de hojas para las variedades en estudio no se encuentran diferencias estadísticamente significativas. Esto podría deberse a una gran dispersión de los datos respaldada por coeficientes de variación muy altos para ambas variedades (CV retiro biomasa total: 57%, CV retiro biomasa de hoja: 41%). Aunque no se encontraron diferencias significativas, se observa una tendencia a que la variedad A7321 sufrió mayores retiros de biomasa que se veía a campo en cuanto al comportamiento de los corderos. Un alto porcentaje de la biomasa retirada corresponde a hojas. Esto coincide con lo registrado por Bianchi (2007) y Romero (2006).

Cuando para las mismas variables se incluyen las diferentes poblaciones utilizadas, no se registran diferencias de ninguna índole (Figura 40).



	P1	P2	Promedio
Disponibilidad (kg.ha ⁻¹)	1571 a	1563 a	1567
Proporción de hoja (%)	50	48	44
Desaparición de biomasa (%)	50	50	50
Proporción de hoja (%)	84	81	83

Figura 40. Desaparición de biomasa total y de hoja para las dos poblaciones en estudio (P1 40 pl.m⁻², P2 56 pl.m⁻²). Valores seguidos por distintas letras dentro de cada serie difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

Con el objetivo de profundizar en el comportamiento del pastoreo de los corderos se midió la cobertura luego del pastoreo (figura 41). Tomando como referencia Al ingreso la cobertura fue de 100%. Para este parámetro no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo se observa una tendencia generalizada a menores niveles de cobertura de las poblaciones más altas.

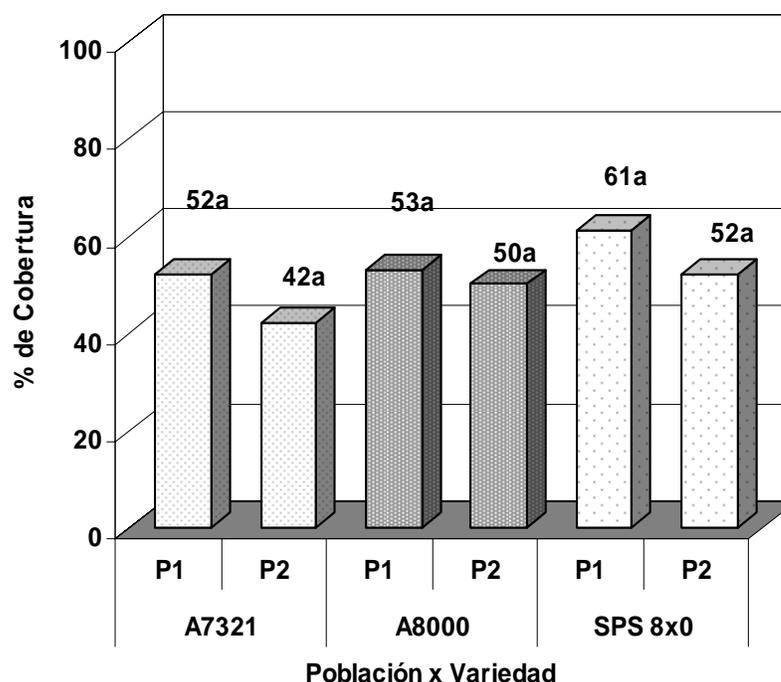


Figura 41. Porcentaje de cobertura al retiro del primer pastoreo para la interacción de efectos variedad x población. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

Lo expuesto en las figuras 39 y 41 coincide con lo observado a nivel de campo. Los corderos mostraron una leve preferencia por la variedad A7321 (aunque estas diferencias no fueron significativas), ya que con una misma disponibilidad presentó tendencia a registrar mayores valores de desaparición de biomasa.

En el siguiente cuadro se presentan los datos de IAF al primer pastoreo, para el cual no se encuentran diferencias significativas en ingreso y rechazo.

Cuadro 14. IAF al ingreso, rechazo y reducción en porcentaje para la interacción de efecto variedad al primer pastoreo.

	A7321	SPS8X0	A8000	CV%
IAF al ingreso M1	2.32 a	1.79 a	2.24 a	22
IAF al rechazo R1	0.89 a	0.61 a	1.3 a	26
IAF desaparecido	1.43 a	1.18 a	0.94 a	40
Disminución de IAF (%)	62	66	42	

Valores seguidos por la misma letra en la misma fila no difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

Cabe destacar los altos valores de coeficiente de variación, lo que podría explicar el por qué no hay diferencias estadísticas con valores tan distintos. No obstante, se observa una tendencia a que la variedad A7321 registre mayores valores de IAF desaparecido, lo que coincide con la tendencia ya descrita en cuanto a la mayor preferencia para esta variedad (figura 39).

4.4.7. Disponibilidad de biomasa en el momento 2

El cultivo llegó a esta etapa a los 52 días de la emergencia con un estado de desarrollo promedio de 9 nudos (V9) a R2, para los tratamientos más avanzados.



Figura 42. Cordero pastoreando la soja al momento del segundo pastoreo.

La tasa de crecimiento promedio en el rebrote luego del primer pastoreo fue de 123 Kg MS.há⁻¹.día⁻¹. Dicha tasa es muy superior a las obtenidas por Hoffman, citado por Bianchi (2007) en evaluaciones realizadas en 2004, 2005 y 2006 donde se registraron valores entre 70 y 96 Kg MS.há⁻¹.día⁻¹. Al igual que en el momento 1, el criterio utilizado para definir el ingreso de los corderos a pastorear el cultivo fue alcanzar niveles de coberturas cercanos a 100%.

La biomasa disponible en este momento, para las diferentes combinaciones de variedad x población, osciló entre 2600-4000 kgMS.ha⁻¹. Estos valores al igual que el estado fisiológico del cultivo a la entrada del pastoreo, se asemejan bastante a los obtenidos por Serreta y Sastre (2007), ya que en dicho trabajo se ingreso al segundo pastoreo con una disponibilidad cercana a los 4000 kg MS.ha⁻¹. En cambio los resultados anteriormente mencionados difieren de los obtenidos por Hoffman, citado por Bianchi (2007) donde el cultivo en el mismo estado tenía una disponibilidad de 1000 kg MS.ha⁻¹. Sin embargo en un segundo año de evaluación los datos registrados por el autor se asemejan a los obtenidos en este trabajo, ya que al ingreso del segundo pastoreo se registró una disponibilidad 4000 kg MS.ha⁻¹. Estas diferencias son explicadas por un

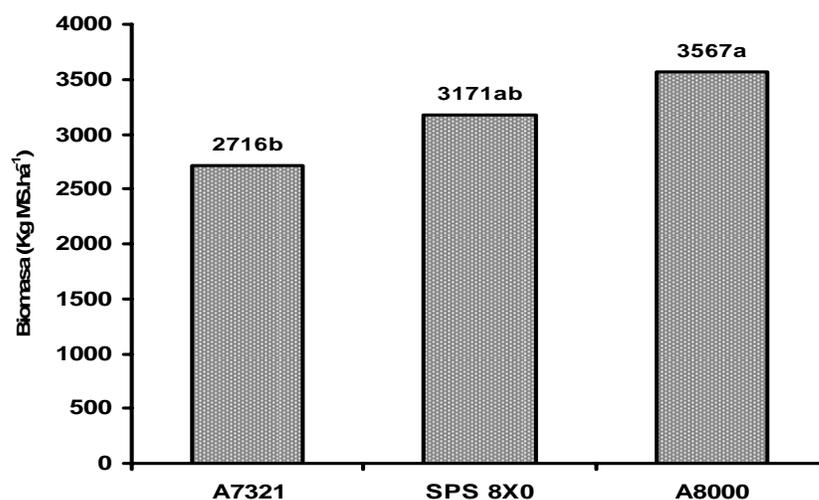
efecto año, régimen hídrico más adecuado en el segundo y por el uso de variedades de ciclos más largos, ya que en primera instancia se habían utilizado ciclos cortos.

A continuación se presenta el cuadro 15 con el resumen del ANAVA para la variable disponibilidad de biomasa en el momento 2.

Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza para la variable disponibilidad de biomasa al momento 2.

F.V	Grados de libertad	F	Pr > F
Variedad	2	4,92	0,0275
Población	1	6,87	0,0224
Var x Población	2	3,51	0,0631

La biomasa disponible en esta instancia, a diferencia de lo observado al momento 1, mostró diferencias estadísticamente significativas para población, variedad y sus interacciones (figuras 43, 44, 45).

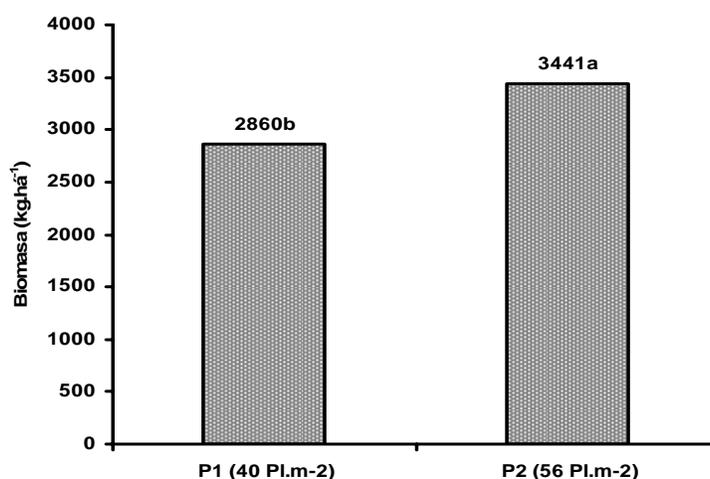


	A7321	SPS8X0	A8000	Promedio
Biomasa disp. de hoja	1027 b	1287 ab	1403 a	1239
Biomasa disp. de tallo	1687 a	1883 a	2164 a	1911
Proporción de hojas (%)	38	41	39	39

Figura 43. Disponibilidad de biomasa total y de hoja para las tres variedades en estudio en el momento 2. Valores seguidos por distintas letras en la misma fila difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

En cuanto a las variedades utilizadas se evidencia una superioridad de la A8000 sobre la A7321 en biomasa disponible y de hojas. Esto podría estar relacionado a que la A7321 fue la variedad que en el momento 1 tuvo tendencia a mayores desapariciones de biomasa y menor cobertura al retiro y que el cultivar A8000 mostró una tendencia opuesta. Otro factor preponderante es el estadio de ambas variedades al ingreso, mientras que la A7321 se encontraba en R1, la A8000 todavía permanecía en vegetativo, lo que pudo haber generado una mayor disponibilidad a favor de esta última. Se puede afirmar esto con seguridad ya que no sólo la A8000 tuvo una biomasa remanente mayor al terminar el primer pastoreo ($1250 \text{ Kg MS.há}^{-1}$, vs $947 \text{ Kg Ms.há}^{-1}$ de la A7321), sino que también la tasa de crecimiento entre la salida de los corderos y el ingreso al momento 2 de esta misma variedad, fue superior a la registrada para la A7321, en el mismo período de tiempo.

La figura 44 muestra que existen diferencias significativas en la disponibilidad de biomasa para el efecto población a diferencia de lo observado al momento 1.



	P1	P2	Promedio
Biomasa disp. de hoja	1113 b	1365 a	1239
Biomasa disp. de tallo	1747 b	2076 a	1912
Proporción de hoja (%)	39	40	40
Plantas quebradas (%)	12 a	9 b	11

Figura 44. Disponibilidad de biomasa total y de hoja para las dos poblaciones en estudio (P1 40 pl.m⁻², P2 56 pl.m⁻²). Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

La biomasa disponible para las distintas poblaciones muestra que en el momento 2 la población más alta registró valores superiores. El porcentaje de plantas quebradas podría explicar en parte lo anteriormente mencionado, ya que mayores valores en esta variable, coinciden con menos disponibilidad de biomasa. La disponibilidad de biomasa de hoja y tallo mostró diferencias significativas para el efecto población, lo que coincide con lo ocurrido para disponibilidad de biomasa total. La biomasa disponible para ambas poblaciones estuvo compuesta por un mayor porcentaje de tallo que de hoja, a diferencia del momento 1, donde se compuso de partes iguales.

Al igual que lo ocurrido con los efectos principales, se observan diferencias estadísticamente significativas en la disponibilidad de biomasa para la interacción de efectos variedad x población.

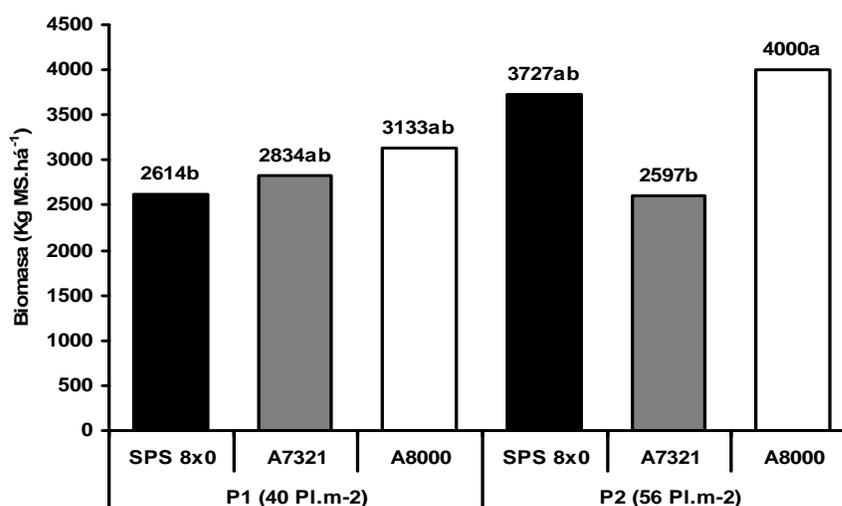


Figura 45. Biomasa disponible al inicio del segundo pastoreo en función de la interacción variedad x población. Valores seguidos por distintas letras difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

Las diferencias estuvieron dadas entre la variedad A8000 P2 con mayor disponibilidad de biomasa frente a la A7321 P2 y SPS 8x0 P1 las cuales alcanzaron menores disponibilidades en este momento. En la figura 46 se presenta la biomasa disponible de hoja y tallo para la interacción de efectos variedad por población.

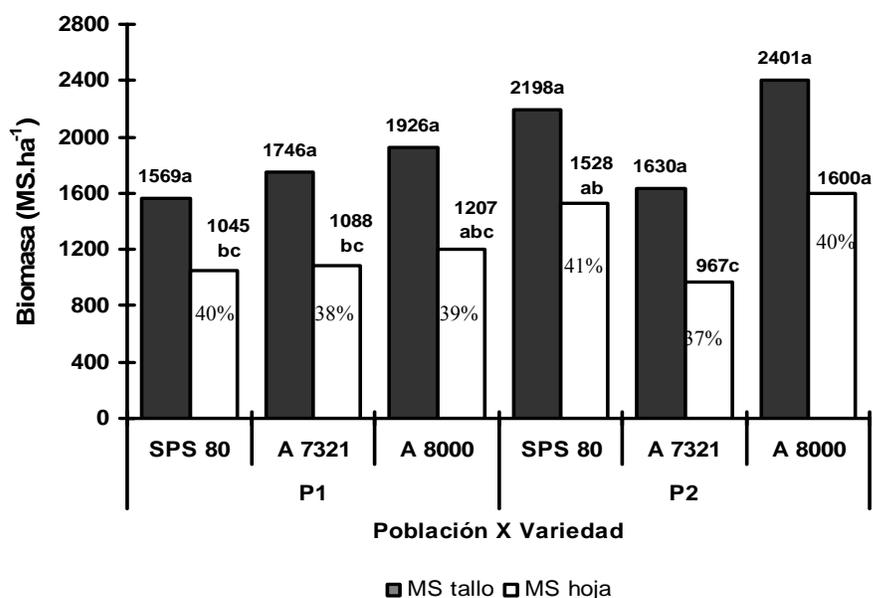


Figura 46. Disponibilidad de biomasa de hoja y tallo al inicio del segundo pastoreo para la interacción de efectos variedad x población (P1 33 pl.m⁻², P2 49 pl.m⁻²). Valores seguidos por distintas letras dentro de la serie, difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey). Los porcentajes representan la proporción de hoja en el total de MS disponible.

Para todos los tratamientos la disponibilidad de biomasa de tallos superó a la de hojas, este comportamiento se observó también para el momento 1 pero en menor magnitud. Lo anteriormente mencionado hace suponer una pérdida de calidad, como es de esperar a medida que avanza el ciclo del cultivo, por una mayor altura de planta y por lo tanto mayor proporción de tallo dentro de la planta. Por otra parte, es importante mencionar las diferencias significativas registradas en disponibilidad de biomasa de hoja en la población más elevada, donde la variedad A8000 registró valores superiores en un 60% que la A7321 (1600 kgMS.há⁻¹ vs 967 kgMS.há⁻¹).

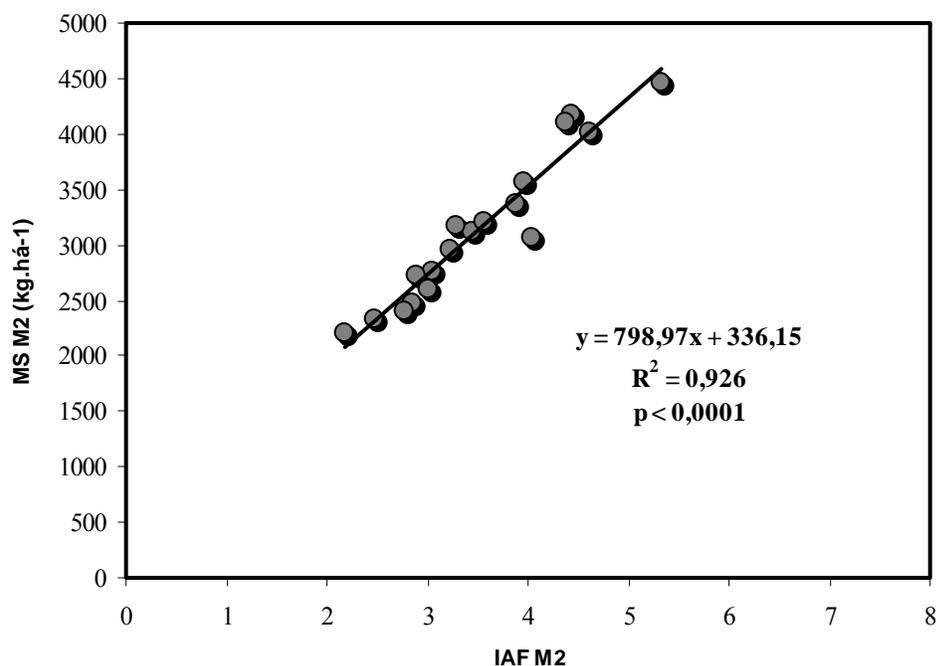


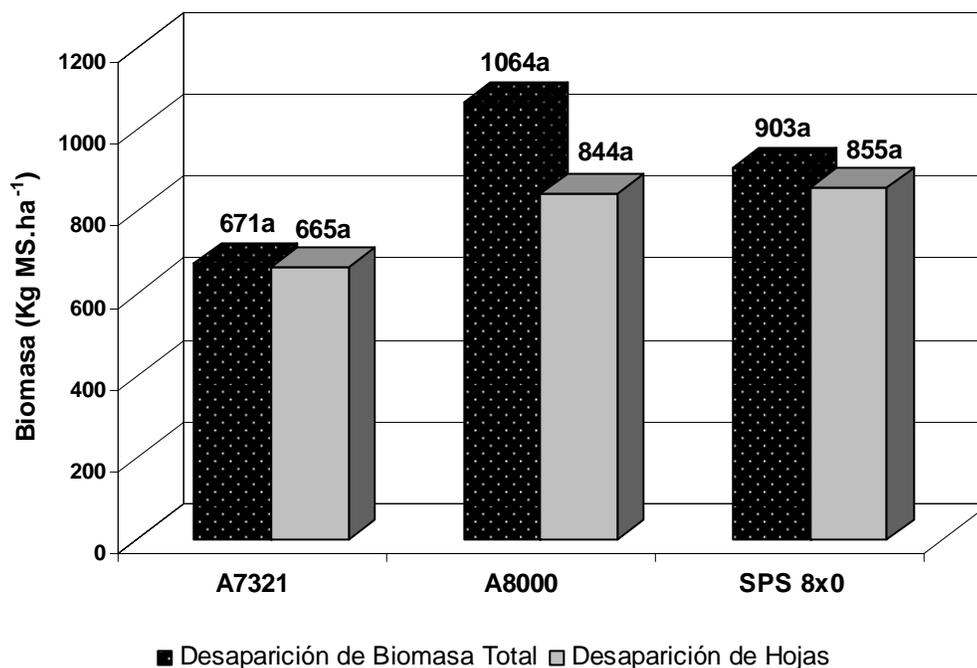
Figura 47. Relación entre biomasa disponible e IAF para el momento 2.

En esta instancia se observa que la correlación sigue siendo muy elevada pero la pendiente de la curva es un poco menor al momento 1. Esto marca que una misma variación en los valores de IAF, significa un cambio menor en la disponibilidad de biomasa en el momento 2 (Por cada 1 punto de IAF, la biomasa varía 799 kgMS.há⁻¹). Este resultado confirma los datos obtenidos de que en la medida que se avanza en el ciclo del cultivo tenemos una proporción de tallos mayor que aporta mucho a la disponibilidad de biomasa pero menos al IAF, dado que las hojas, son cada vez menos en proporción.

También es importante resaltar que el IAF sigue en aumento a medida que avanzamos en el experimento, y que en ningún caso llega a ser inferior a 2 aún cuando se pastoreó el cultivo. También existe una gran variabilidad dentro de este momento donde el IAF varía en un rango entre 2 y 6. Esta variabilidad podría estar explicada entre otras cosas por una mayor selectividad por parte de los corderos.

4.4.8. Desaparición de biomasa en el momento 2

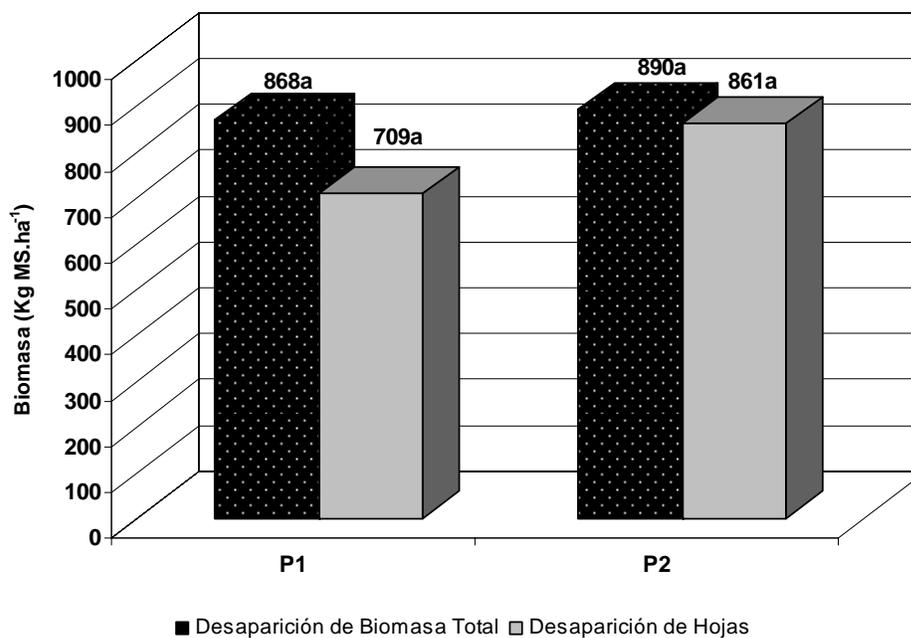
Después de conocer la disponibilidad de biomasa tanto total, como de hoja y tallo, en la figura 48, se presenta la desaparición para los diferentes tratamientos.



	A7321	SPS8X0	A8000	Promedio
Disp. de biomasa (kg.ha ⁻¹)	2716 b	3171 ab	3567 a	3151
Porcentaje de hoja	38	41	39	39
Desaparición de biomasa (%)	25	34	25	28
Proporción de hoja desaparecida (%)	99	79	95	91

Figura 48. Desaparición de biomasa total y de hoja para las tres variedades en estudio al momento 2. Disponibilidad de biomasa total y proporción de hoja. Valores seguidos por distintas letras dentro de la misma fila o serie, difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

En el momento 2 no existieron diferencias significativas para las desapariciones tanto totales como de hojas, para las tres variedades utilizadas (figura 49). Se puede apreciar que, como ocurrió en el momento 1, la gran mayoría de lo desaparecido fueron hojas. Cabe agregar, como observación de campo, que el material A7321 fue el preferido por los animales, siendo en todos los casos el primero en llegar al porcentaje de defoliación (50%), sugerido por Hoffman, citado por Bianchi (2007). La siguiente figura muestra que no existió efecto de la población al igual que lo discutido para las tres variedades evaluadas.



	P1	P2	Promedio
Disponibilidad de biomasa (kg.ha ⁻¹)	2860 b	3441 a	3151
Proporción de hojas (%)	39	40	40
Desaparición de biomasa (%)	30	26	28
Proporción de hoja desaparecida (%)	82	97	90

Figura 49. Desaparición de biomasa total y de hoja. Disponibilidad de biomasa y proporción de hoja para las dos poblaciones en estudio (P1 40 pl.m⁻², P2 56 pl.m⁻²). Valores seguidos por la misma letra, no difieren entre sí, (p<0,05; Tukey).

Con el objetivo de tener una idea general del remanente dejado por los corderos se midió la cobertura luego del pastoreo. Al ingreso de los animales la misma fue superior a 95% para todos los tratamientos.

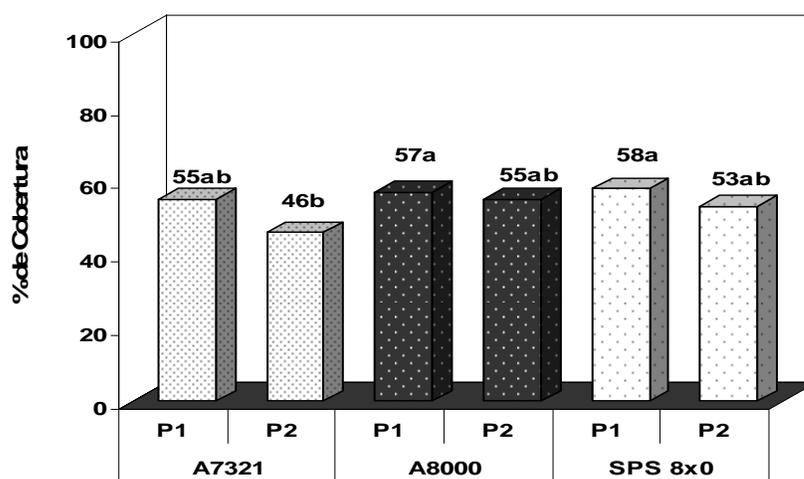


Figura 50. Cobertura para el rechazo en el momento 2 para la interacción de efectos variedad x población. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si, ($p < 0,05$; Tukey).

La figura 50 muestra diferencias significativas dadas por el bajo valor de cobertura alcanzado por el tratamiento A7321 P2, comparado con la A8000 P1 y la SPS 8x0 P1. Si relacionamos los datos con los presentados en la figura 46 se observa que el tratamiento que registró una menor cobertura también presentaba valores de disponibilidad de biomasa de hojas significativamente menores al resto por lo que se encontró relación en este sentido.

En el siguiente cuadro se presentan datos de índice de área foliar (IAF) donde se observa que existen diferencias significativas al retiro.

Cuadro 16. IAF para las diferentes variedades al momento 2.

	A7321	SPS8X0	A8000	CV%
IAF al ingreso M2	2.92 a	3.66 a	3.99 a	23
IAF al rechazo R2	0.88 b	1.24 ab	1.6 a	34
IAF retirado	2.04 a	2.42 a	2.39 a	32
% reducción de IAF	70	66	60	

Valores seguidos por distintas letras difieren entre si, ($p < 0,05$; Tukey).

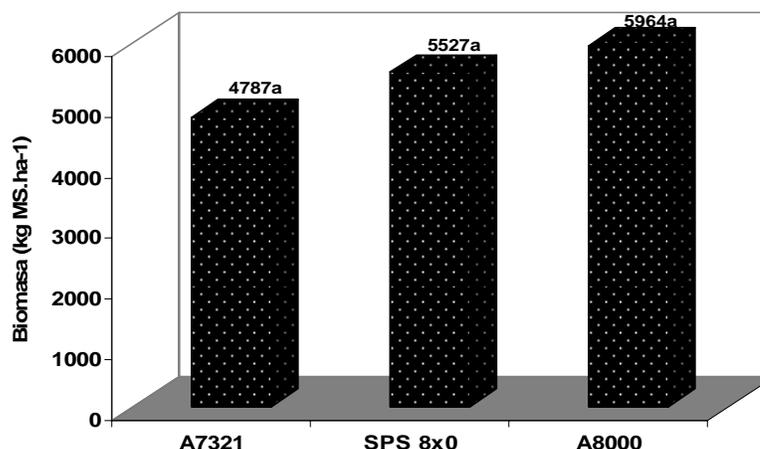
La variedad A7321, que fue la de menor cobertura, presentó el menor IAF al rechazo. Por su parte la A8000 tuvo un comportamiento inverso, ya que fue la de mayor IAF y cobertura al rechazo. Esto demuestra que existe cierta relación entre porcentaje de cobertura y IAF al rechazo.

Fue clara a campo la ya mencionada preferencia de los corderos por la A7321 lo que se evidencia en parte con los datos presentados en el cuadro 16. En el mismo se observa que esta variedad presentó un menor IAF al rechazo teniendo similar IAF al ingreso comparando con la variedad A8000. Según Shibles y Weber, citados por Wilcox (1987), el IAF requerido para captar un 95% de la radiación incidente (IAF óptimo) varía entre 3,1 y 4,5 dependiendo de la densidad de siembra y de la distribución espacial. Teniendo presente lo anteriormente mencionado y lo registrado en esta instancia para IAF al retiro, se puede concluir que el remanente no alcanzó valores cercanos al óptimo. Esto puede traer aparejado pérdidas en producción de biomasa debido a la baja captación de la radiación incidente.

4.4.9. Disponibilidad de biomasa en el momento 3

El cultivo alcanzó este momento a los 81 días desde la emergencia con un estado de desarrollo entre plena floración e inicio de formación de vainas (R2-R3) y una tasa de crecimiento promedio de $121 \text{ kg Ms.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$. Esta puede ser calificada como media a alta, si se compara con datos presentados por Hanway y Weber, citados por Wilcox (1987) los cuales encontraron tasas de crecimiento durante la fase lineal (hasta R1) entre 88 y $149 \text{ kgMs.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$.

La disponibilidad de biomasa en M3 para las diferentes variedades alcanzó valores que oscilaron entre 4200 a $6700 \text{ kg MS.ha}^{-1}$. Esto puede considerarse elevado, si se compara con el recabado en un trabajo realizado por Ceretta y Sastre (2007) donde en R2 el cultivo registró una disponibilidad de $4000 \text{ kg MS.ha}^{-1}$. La ausencia de diferencias en la biomasa total a M3 puede deberse nuevamente a un elevado coeficiente de variación (figura 51).

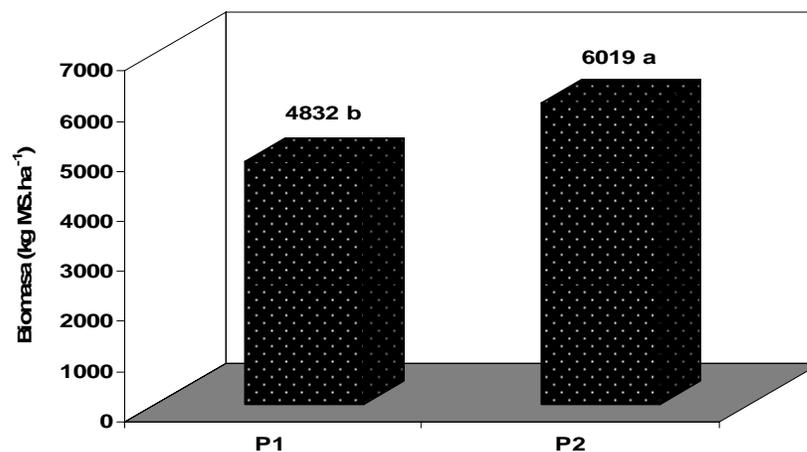


	A7321	SPS8X0	A8000	Promedio	CV%
Biomasa disp. de hoja (KgMS.há ⁻¹)	1471 b	1935 ab	1971 a	1792	22
Biomasa disp. de tallo (KgMS.há ⁻¹)	3316 a	3593 a	3992 a	3634	21
Proporción de hojas (%)	31	35	33	33	-

Figura 51. Disponibilidad de biomasa total y de hoja para las tres variedades en estudio en el momento 3. Valores seguidos por distintas letras en la misma fila difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey). CV= 21%.

Siguiendo la tendencia anteriormente analizada, la proporción de hojas disponibles es menor que en momentos anteriores. Al igual que lo ocurrido en el momento 2 hay una tendencia en la superioridad de la variedad A8000 sobre la A7321 en disponibilidad de hojas (figura 54). Esto podría estar relacionado a que la A7321 fue la variedad que en el momento 2 tuvo menor cobertura, menor IAF y menor biomasa de hoja remanente al rechazo (R2) en comparación a la variedad A8000. La biomasa de hoja remanente en R2 fue de 305 kgMS.há⁻¹ para la A7321, mientras que para la A8000 fue de 559 kgMS.há⁻¹.

Para el efecto población lo registrado fue similar a lo sucedido en el momento 2. En la figura 52 se observa que existen diferencias significativas en disponibilidad de biomasa donde una mayor población significó más biomasa.



	P1	P2	Promedio	CV%
Disp. de biomasa de hoja (kg.há ⁻¹)	1595 b	1966 a	1780	22
Disp. de biomasa de tallo (kg.há ⁻¹)	3237 b	4053 a	3645	21
Proporción de hojas (%)	33	33	33	-
Plantas quebradas (%)	10 a	9 a	10	-

Figura 52. Biomasa disponible total, hoja, tallo y porcentaje de plantas quebradas en función de la población al momento 3. Valores seguidos por distintas letras en la misma fila, difieren entre si, ($p < 0,05$; Tukey).

La población P2 fue superior a la P1 en la disponibilidad de biomasa total y también en la de hoja y tallo. No obstante la proporción hoja/tallo fue la misma al cambiar la población (figura 52). Lo anteriormente mencionado concuerda con lo registrado al momento 2 y difiere en este aspecto con el momento 1 en el cual no se registraron diferencias en disponibilidad de biomasa para las diferentes poblaciones.

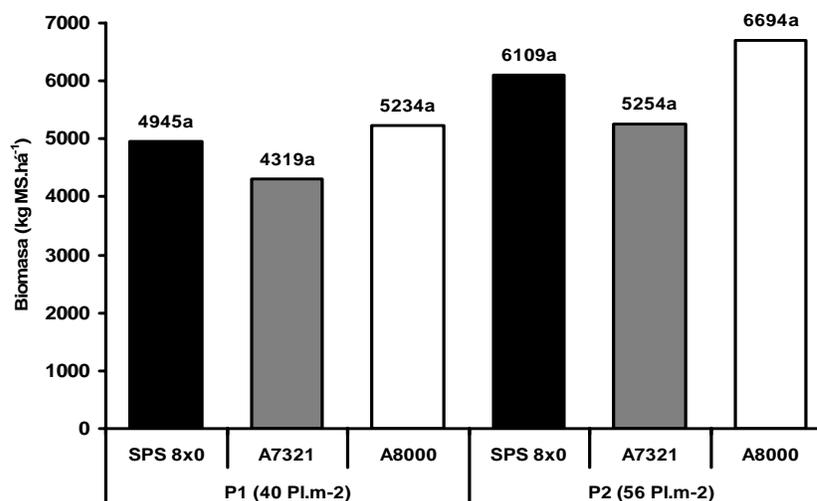


Figura 53. Disponibilidad de biomasa para la interacción de efectos variedad x población al momento 3 (P1 31 pl.m⁻², P2 47 pl.m⁻²). Valores seguidos por la misma letra no difieren entre si, ($p < 0,05$; Tukey). CV: 21%.

A diferencia del momento 2, en esta instancia, cuando estudiamos la disponibilidad de biomasa para la interacción de efectos variedad x población no se encontraron diferencias significativas (figura 53). Las grandes diferencias encontradas entre los valores máximos y mínimos nos dan la pauta de una gran dispersión en los datos, que se ve corroborada por un alto coeficiente de variación (21%). Realizando un análisis global de los momentos 2 y 3 en cuanto a la disponibilidad de biomasa, se observa un cierto patrón en el comportamiento de las variedades, las poblaciones y su interacción. Dicho patrón no está sustentado estadísticamente ya que en el momento 3 el efecto variedad y la interacción con población no registraron diferencias. Siguiendo la misma lógica utilizada en momentos anteriores, interesa conocer la composición de la biomasa producida. Para ello se presenta la figura 54, la cual muestra las disponibilidades de hoja y tallo para la interacción de efectos variedad x población.

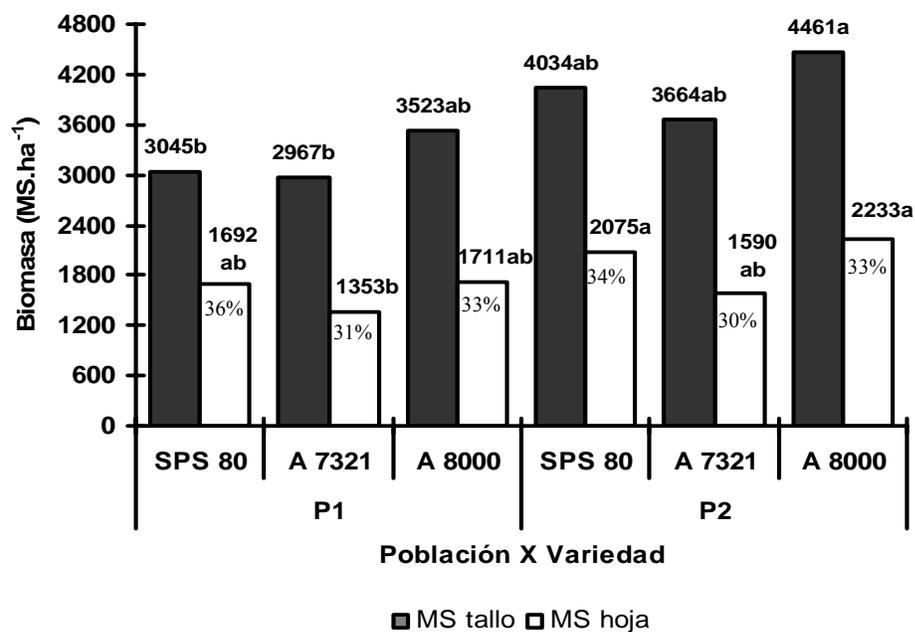


Figura 54. Disponibilidad de biomasa de hoja y tallo al inicio del tercer pastoreo para la interacción de efectos variedad x población (P1 31 pl.m⁻², P2 47 pl.m⁻²). Valores seguidos por distintas letras en la misma serie, difieren entre si ($p < 0,05$; Tukey).

Se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas en disponibilidad de biomasa tanto de hojas como de tallos. Para el caso de los tallos, se observa una superioridad del tratamiento A8000 P2, frente a los tratamientos SPS 8x0 y A7321 P1. Referido a la biomasa disponible de hojas, las diferencias estuvieron dadas entre A8000 y SPS 8x0 P2 frente A7321 P1. De lo anterior se desprende que cuando existió una superioridad tanto de hoja como de tallo en la disponibilidad de biomasa, ésta fue a favor de poblaciones más altas. Esto sería un factor a tener en cuenta a la hora de utilizar la especie como forrajera.

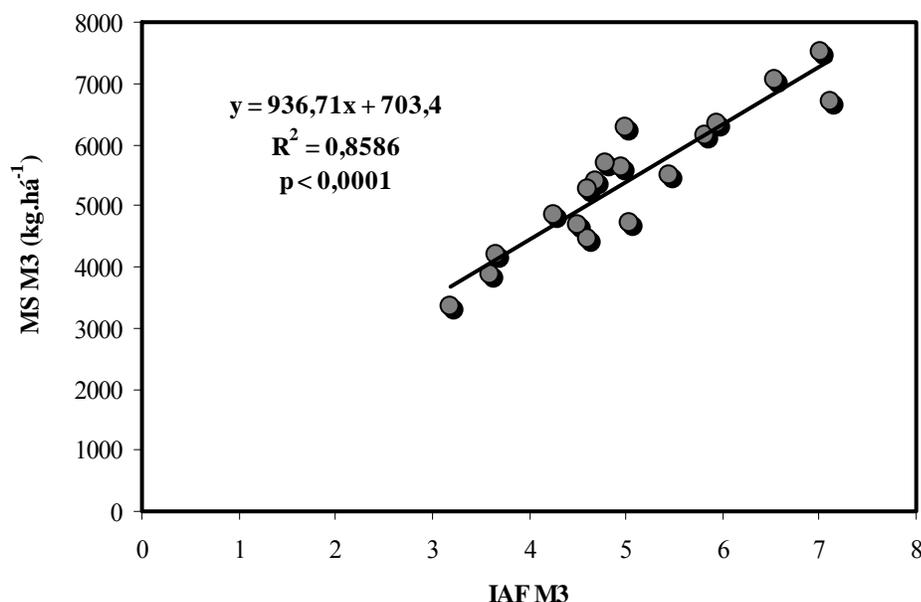


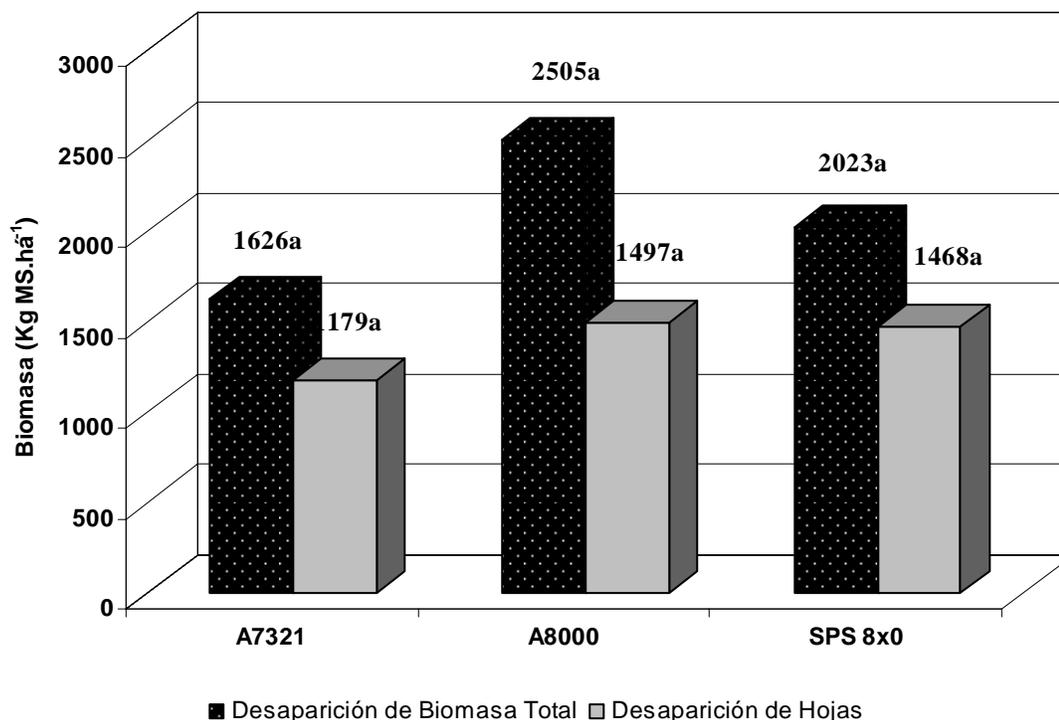
Figura 55. Relación entre biomasa disponible e IAF para el momento 3.

En esta instancia la correlación entre ambas variable es similar a la del momento 1 e inferior a la del momento 2. En cuanto a la pendiente del gráfico no hay grandes variaciones. Se mantiene la tendencia observada en el momento 2, en cuanto a que a medida que seguimos avanzando en el ciclo del cultivo, tenemos menor proporción de hoja (que tiene menor peso sobre la biomasa disponible en comparación al tallo), por lo que una misma variación en el IAF, significa un mayor cambio en la biomasa disponible. Para ser más exactos, por cada punto de variación en este índice, la biomasa disponible cambia en 937 kg MS.há⁻¹.

Es importante resaltar que aún en este momento del experimento donde el cultivo ha sufrido ya dos pastoreo, el IAF se encuentra en todos los casos por encima de 3 lo que determina en gran forma la posibilidad de un rebrote futuro. Con valores tan altos de IAF, se aseguran altas tasa de crecimiento lo que redonda en buena capacidad de recuperación y por lo tanto una nueva posibilidad de pastoreo o bien un crecimiento que admita un futuro llenado de grano.

4.4.10. Desaparición de biomasa en el momento 3

En la figura 56 se puede apreciar que no existen diferencias significativas entre variedades para biomasa desaparecida total y de hojas al ingreso del tercer pastoreo.



	A7321	SPS8X0	A8000	Promedio
Disponibilidad de biomasa (kg.ha ⁻¹)	4787 a	5527 a	5964 a	5424
Proporción de hojas (%)	31	35	33	33
Desaparición de biomasa (%)	34	37	42	38
Proporción de hojas (%)	73	73	60	69

Figura 56. Disponibilidad de biomasa total, desaparición de biomasa total, tallo y hoja para las tres variedades en estudio. Valores seguidos por distintas letras en la misma serie o fila difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey). CV: 28%.

A diferencia de lo ocurrido en momentos anteriores, cuando se estudian las mismas variables para efecto población, se encuentra respuesta en retiro de hojas (Figura 57). Una vez más aparece el efecto población, al igual que ocurrió con disponibilidad de biomasa total para este momento ocasionando diferencias significativas entre tratamientos.

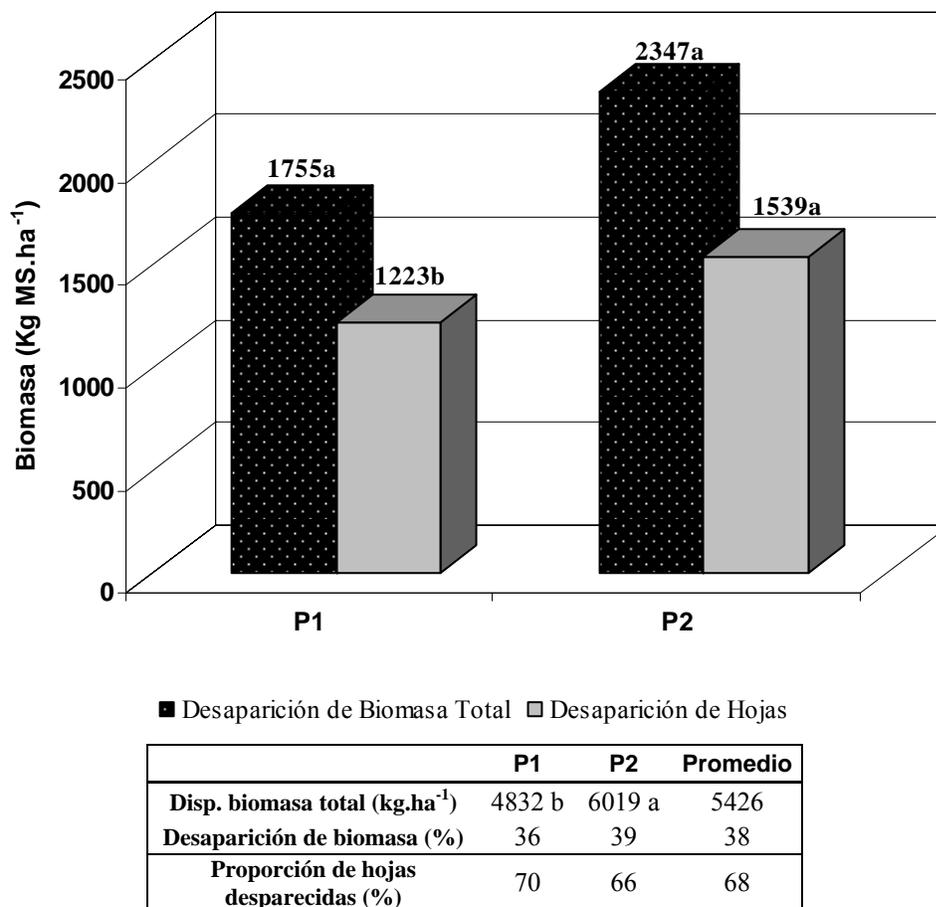


Figura 57. Disponibilidad de biomasa total. Desaparición de biomasa total y de hoja para las dos poblaciones en estudio (P1 40 pl.m⁻², P2 56 pl.m⁻²). Valores seguidos por distintas letras en la misma serie, difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

En la figura 58 se presenta la variable cobertura donde se puede observar que no se encuentran diferencias estadísticas cuando interaccionan poblaciones y variedades. A diferencia de lo ocurrido en momentos anteriores, se observa una menor variación entre tratamientos.

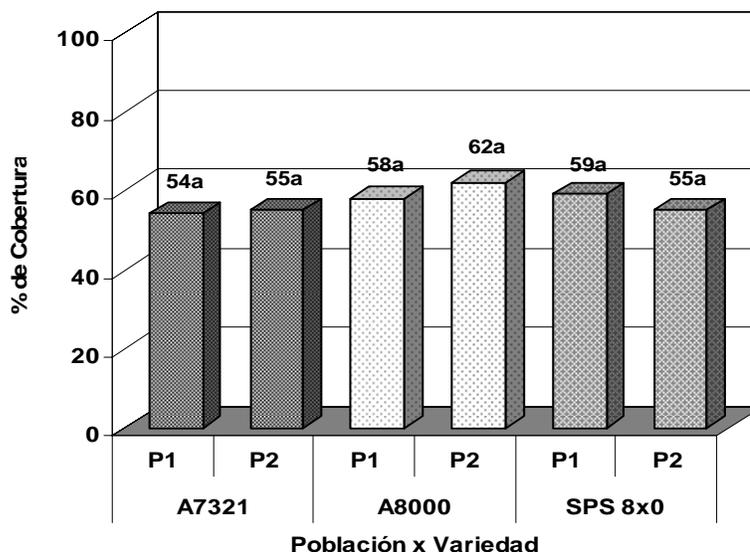


Figura 58. Porcentaje de cobertura al retiro para la interacción de efectos variedad x población (P1 31 pl.m⁻², P2 47 pl.m⁻²). Valores seguidos por la misma letra no difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey).

A modo de resumen, a continuación, se integran algunos de los resultados más destacables de este experimento con el objetivo de sintetizar los aspectos más importantes.

La producción total de biomasa acumulada en el ensayo, que corresponde a producción inicial al momento 1 sumada a los rebrotes, alcanzó un valor promedio de 6870 kg.ha⁻¹ lo que es considerado normal si lo comparamos con anteriores trabajos.

De la biomasa total desaparecida en promedio (3435 Kg.há⁻¹), el 78% fueron hojas y el 22% tallo. Dicha desaparición de biomasa se distribuyó en un 16% (563 kg.há⁻¹) en el primer pastoreo (88% es hoja y el 12% tallo), 25% (880 kg.há⁻¹) en el segundo pastoreo (91% hoja y el 9% tallo) y un 59% (2051 kg.há⁻¹) en el tercero (68% hoja y el 32% tallo). Lo anteriormente mencionado sugiere que a medida que avanzó el ciclo del cultivo, la proporción de tallo se hizo cada vez mayor sobre la materia seca total. La especie logró en corto período (81 días), alta producción de forraje de buena calidad en una estación crítica como el verano lo que la posiciona como una buena alternativa forrajera.

Cuadro 17. Porcentaje de biomasa total desaparecida en todo el período para la interacción variedad x población. Valores seguidos por la misma letra no difieren entre sí, ($p < 0,05$; Tukey). El CV para la variable biomasa desaparecida es de 37%.

Variedad	Población	Biomasa desaparecida (kg)	Proporción del total de biomasa desaparecida por momento (%)		
			M1	M2	M3
A8000	P1	2852 a	12	30	58
	P2	5100 a	11	24	64
SPS 8x0	P1	3157 a	11	22	66
	P2	3480 a	13	31	55
A7321	P1	3395 a	30	29	42
	P2	2627 a	22	12	66

Por otra parte, a partir de los experimentos de pastoreo con corderos en Facultad de Agronomía, Hoffman citado por Bianchi (2007) concluyó que para un óptimo manejo del pastoreo, lo conveniente es evitar retirar más del 60 % del área foliar en cada pastoreo, criterio que fue utilizado en este trabajo con muy buen resultado. Dejar remanentes con niveles de cobertura cercanos al 50 % permitió, altas tasas de crecimiento de los rebrotes así como alcanzar niveles de IAF óptimo rápidamente lo que permitió lograr elevadas producciones de biomasa y grano.

También es importante tener presente que la desaparición de biomasa no se da en su totalidad debida a la ingestión por parte de los corderos sino también hay que tomar en cuenta el quebrado y muertes de plantas, que lleva a que parte del desaparecido, seguramente no fue utilizado o consumido. Al respecto se presenta el cuadro 18 con el ANAVA para plantas quebradas y la figura 59 con la evolución del número de plantas.

Cuadro 18. Resumen del análisis de varianza para la variable plantas quebradas.

F.V.	Grados de libertad	F	Pr > F
Variedad	2	2,48	0,0975
Población	1	6,44	0,0156
Var x pobl	2	0,59	0,5576

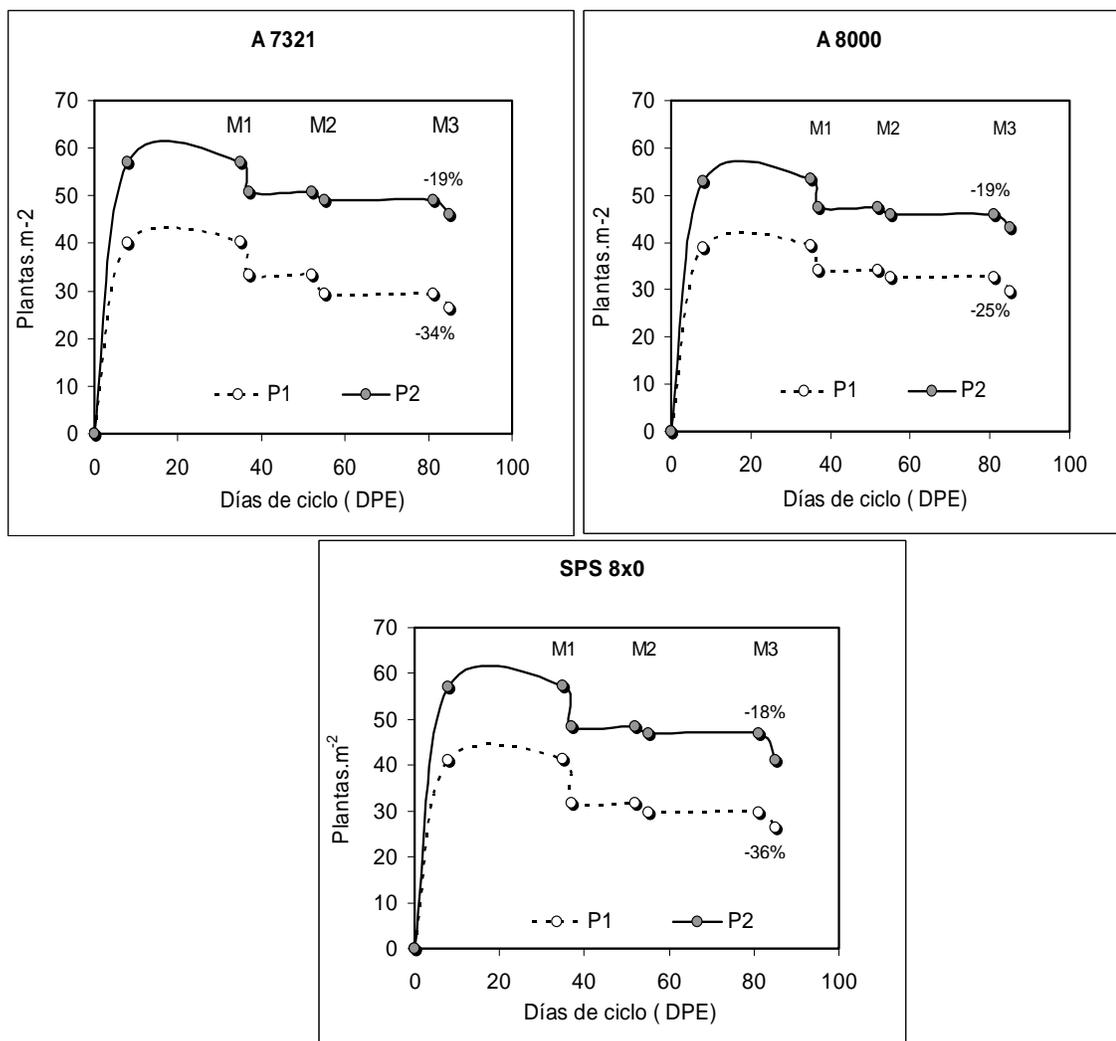


Figura 59. Evolución del número de plantas para las tres variedades en las dos poblaciones estudiadas. Los porcentajes presentados representan el total de plantas quebradas acumuladas al final del ciclo del cultivo.

Al no haberse registrado datos relacionados a la arquitectura de las plantas, no es posible concluir con seguridad porqué existen diferencias en la caída de plantas entre poblaciones utilizadas. Del gráfico anterior se extrae que el porcentaje de plantas quebradas se incrementó en la medida que disminuimos la población, contrariamente a lo que se esperaba a priori. Esto se debe posiblemente a que al tener menos plantas en la línea, éstas ramifican más, son más frondosas y tienen tallos más gruesos (menos flexibles) por lo que serían más proclives al quebrado por el pisoteo de los corderos. Además, se observó a nivel del campo que a mayores poblaciones, no sólo las plantas son más flexibles sino que también provocan un efecto “cerca” en el surco induciendo a los corderos a deambular por el entre surco sin pasar por encima de las mismas para trasladarse.

Hoffman en los años 2004, 2005 y 2006 citado por Bianchi (2007) encontró que el número de plantas.ha⁻¹ disminuyó en 18 y 44% cuando el criterio de defoliación fue de 50 y 100% respectivamente. Comparativamente, se podría decir que los resultados obtenidos por Hoffman et al. se asemejan a los encontrados en este ensayo para la P2, en donde la pérdida de plantas fue entre 18 y 19 % para el mismo nivel de defoliación (50%). No existe información nacional ni extranjera para comparar estas cifras con datos de quebrado de plantas en pastoreo.

4.4.11. Producción de Carne

Aunque no es uno de los objetivos principales de este trabajo, se decidió incluir una mención a la producción de carne obtenida. Considerando la biomasa desaparecida y realizando algunos supuestos se puede realizar un cálculo para estimar la producción de carne alcanzada por los corderos. La biomasa desaparecida promedio para todo el período de pastoreo fue de 3500 kg.MS.ha⁻¹. Si se toma en cuenta este valor y el supuesto de que los corderos consumen un 80% del total desaparecido, utilizando una eficiencia de conversión de forraje en carne de 10/1; se alcanza una producción de carne total de 280 kg. ha⁻¹. Este dato es interesante ya que se logra una alta producción de carne en un período de pastoreo relativamente corto y es algo adicional para categorizar a la especie como una buena forrajera.

5. CONCLUSIONES

Con el cultivo sin pastoreo no existió efecto significativo de la variedad ($p < 0,68$), la población ($p < 0,55$), ni de su interacción ($p < 0,99$) en rendimiento de grano. Esto permite comprobar que bajo estas condiciones ambientales, varietales y de población fue lo mismo utilizar cualquier combinación de variedad y población dentro de los rangos estudiados.

Cuando se evaluó la reducción de rendimiento en grano como consecuencia del pastoreo, la pérdida fue clara al aumentar el número de pastoreos y por ende pastorear el cultivo en momentos más avanzados de su desarrollo.

Las diferencias en rendimiento fueron significativas comparando el testigo con los tratamientos de dos y tres pastoreos, con caídas de 18% (-1076 kg) y 53% (-3224 kg) respectivamente. Pastorear una vez el cultivo en estado de 7 nudos (V7), en este ambiente, no llevo a caídas significativas del potencial para ninguna de los cultivares y poblaciones evaluadas.

La producción de biomasa total promedio fue de 6900 kgMS.há⁻¹. Para dicha variable se observó respuesta al aumentar la población ($p < 0,04$), mientras que para variedad ($p < 0,19$) y su interacción de efectos con población ($p < 0,21$) no se evidenciaron efectos significativos. La mayor población (56 plantas.m⁻²) registró una producción de biomasa total acumulada de 7457 kgMS.há⁻¹ superando en 1178 kgMS.há⁻¹ a la menor población utilizada (40 plantas.m⁻²).

El número de nudos fue la única variable del remanente que se relacionó con disponibilidades de biomasa a los reingresos (R^2 0,51). Por el contrario, biomasa total (R^2 0,22), cantidad de hoja remanente (R^2 0,11) y IAF al rechazo (R^2 0,10), mostraron bajas correlaciones.

6. CONSIDERACIONES FINALES

Las condiciones agroclimáticas bajo las cuales creció el cultivo fueron óptimas. Las precipitaciones se distribuyeron de manera uniforme durante toda la fase del cultivo alcanzando un total de 658 mm. Lo anteriormente mencionado, explicaría en gran medida los altos niveles de producción alcanzados. Para los períodos claves en cuanto a generación y concreción del potencial de rendimiento, floración (R1-R2), cuajado (R3-R4) y sobre todo llenado de grano (R5-R6) el agua nunca fue limitante (400mm período R1-R6), lo que permitió alcanzar rendimientos promedios muy elevados ($6200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Como era de esperar se encontró una estrecha relación entre los granos. m^{-2} y el rendimiento en grano ($R=0,64$), siendo este componente el principal determinante de la variación del mismo. Los valores oscilaron entre 2500 y 4000 granos. m^{-2} para los diferentes tratamientos con un promedio de 3100 granos. m^{-2} lo que se consideró como alto comparando con datos registrados en otros trabajos. Por su parte el valor medio en peso de grano aportó en gran medida al rendimiento alcanzando valores extraordinariamente elevados (204 mg), considerando el ya elevado número de grano por unidad de superficie.

El criterio utilizado de retiro del pastoreo sugerido por Hoffman, citado por Bianchi (2007) de 50% de cobertura por apreciación visual, se ajustó muy bien, ya que permitió un remanente que nunca admitió valores inferiores a 1-1,5 de Índice de Área Foliar. De esta manera, el cultivo mantuvo un gran poder de recuperación con altas tasas de crecimiento ($93 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ en promedio) lo que permitió realizar tres pastoreos en un corto período de tiempo. Aún habiendo efectuado dos pastoreos al cultivo, el mismo alcanzó el IAF óptimo a los 80 días post emergencia.

En todo momento a lo largo del ciclo del cultivo se encontró una estrecha relación entre IAF y biomasa disponible ($R^2=0,94$). En promedio el aumento en un punto de IAF significó un incremento en biomasa disponible de $1180 \text{ kgMS}\cdot\text{há}^{-1}$. La relación encontrada entre estas variables resulta muy interesante, ya que puede servir como herramienta para estimar producciones de biomasa de manera sencilla a través del IAF, el cual a su vez se determinó rápidamente por una alta correlación entre área foliar y peso seo de hoja ($R^2=0,99$). Además permitió ser exacto en la evaluación del criterio de 50 % de defoliación visual lo cual permitió una buena capacidad de rebrote logrando a un IAF óptimo después de cada pastoreo.

La producción de biomasa total promedio (producción al momento 1 más rebrotes) fue de 6900 kgMS.há⁻¹ la cual estuvo compuesta en un 45% de hojas (3100 kgMS.há⁻¹). Para dicha variable se observó respuesta al aumentar la población ($p < 0,04$), mientras que para variedad ($p < 0,19$) y su interacción de efectos con población ($p < 0,21$) no se evidenciaron efectos significativos. La mayor población (56 plantas.m⁻²) registró una producción de biomasa total acumulada de 7457 kgMS.há⁻¹ superando en 1178 kgMS.há⁻¹ a la menor población utilizada (40 plantas.m⁻²). El uso de mayores poblaciones (56 vs 40 plantas.m⁻²) aparece como un factor de manejo a tener en cuenta a la hora de utilizar este cultivo como forrajero. Del análisis por momentos surge que la respuesta en biomasa producida, al incremento de la población, se comenzó a visualizar luego del primer pastoreo.

La utilización de la biomasa disponible, medida a través del porcentaje de desaparición, osciló entorno al 50% de lo producido registrando un total desaparecido por el pastoreo con corderos de 3450 kgMS.há⁻¹ en tres pastoreos. La fracción preferida por los mismos claramente fue la hoja alcanzando en promedio valores cercanos al 80% del total de biomasa desaparecida. En consecuencia el remanente obtenido para las tres variedades en estudio estuvo compuesto en un alto % por tallos (80%).

No se encontró efecto de variedad ($p < 0,37$), población ($p < 0,29$), así como tampoco de su interacción ($p < 0,11$), para desaparición total de biomasa. Una gran dispersión de los datos obtenidos podría explicar la causa de que ante grandes diferencias entre tratamientos (2500 kgMS.há⁻¹) estas no sean significativas (cv 37%).

El número de nudos fue la única variable del remanente que se relacionó con disponibilidades de biomasa a los reingresos (R^2 0,51). Por el contrario, biomasa total (R^2 0,22), cantidad de hoja remanente (R^2 0,11) y IAF al rechazo (R^2 0,10), mostraron bajas correlaciones. Esta información es clave para el manejo del cultivo de soja bajo pastoreo. De esto depende su recuperación y por ende su futura producción de biomasa. Para lograrlo entonces es importante cuidar los puntos de crecimiento (nudos), como se obtuvo con el criterio de defoliación utilizado, además de incluir altas poblaciones que aseguren una baja pérdida de plantas por quebrado.

7. RESUMEN

El presente trabajo plantea avanzar en la exploración de factores de manejo asociados con la producción de forraje y resistencia al pastoreo. Se pretende estudiar el impacto sobre la producción de forraje y grano de soja bajo pastoreo con corderos pesados así como también sobre factores de manejo como cultivar, población y No. de pastoreos. La soja es una leguminosa de alto valor proteico, la cual produce en fase vegetativa hojas y tallos poco lignificados, por lo que se busca que esa fase se alargue, siendo además la etapa en que el cultivo resiste mejor el pastoreo. De los trabajos realizados anteriormente se concluyó que el cultivo presenta buena adaptación al pastoreo y que deberían evitarse retiros de más del 60% del área foliar en cada pastoreo. De la misma manera otros autores concluyeron que bajos niveles de defoliación no implican reducciones de producción de grano independientemente de la fase del ciclo del cultivo en que es realizado. Las variaciones en el número de granos provocadas por variaciones ambientales en general están estrechamente asociadas con cambios en el rendimiento en un rango entre 1.000 y 3.500 granos.m². El cultivo de soja tiene una alta capacidad de compensar las variaciones en el número de plantas a través de modificaciones en el número de ramificaciones. Esto le confiere la posibilidad de mantener la captación de radiación elevada aún ante reducciones en el “stand” de plantas, dando como resultado una respuesta a la densidad de tipo asintótica. Bajo la mayoría de las condiciones experimentales en todos los estadios de crecimiento, no se esperan reducciones en el rendimiento por debajo del 20 % de defoliación mientras que después de R2 y antes de R6 no hay una reducción significativa del rendimiento a niveles de defoliación por debajo del 30 %. Referente al rendimiento en grano, la mayor porción de la variación en el mismo puede ser atribuida estadísticamente a las variaciones estacionales en la caída de lluvias durante floración y el llenado de grano. En el presente trabajo la ocurrencia de precipitaciones existió en todos los meses del ciclo del cultivo (noviembre-marzo) y previo a este, en el período de barbecho (octubre). Es destacable que en períodos importantes para la concreción del rendimiento, floración, cuajado y sobre todo llenado de grano el agua nunca fue limitante. Lo anteriormente mencionado, conjuntamente con la elección del mejor lugar de la chacra para instalar el ensayo y el cultivo libre de plagas y enfermedades, posibilitó obtener un rendimiento promedio muy elevado (6200 kg.há⁻¹). No se encontraron diferencias significativas para los efectos estudiados sobre el rendimiento ya que se aprecian probabilidades mayores a las definidas para establecerlas, según el test de Tukey ($p < 0,05$). Por su parte se registraron diferencias significativas en rendimiento entre tratamientos cuando el cultivo fue pastoreado. Las mismas fueron claras comparando el testigo frente a los tratamientos con dos y tres pastoreos. Un solo pastoreo no alcanzó para disminuir rendimiento en forma significativa. Es importante señalar el lugar que ocupa el peso de los granos en este ensayo. Si comparamos con la información examinada, donde se registran máximos de PG en el entorno de los 220 mg, los obtenidos en el experimento pueden considerarse granos pesados. No hay significancia de los efectos variedad y de su interacción con

población sobre la producción de biomasa total acumulada sin embargo se registró un efecto claro de la población. Esta respuesta aparece como un factor de manejo a tener en cuenta a la hora de utilizar este cultivo como forrajero.

Palabras clave: Pastoreo; Soja; Corderos; Forraje; Rendimiento

7.SUMMARY

This work raises in further exploration of factors of handling associated with the forage production and resistance to grazing. The aim is to study the impact on the production of fodder and grain of soya under grazing with heavy lambs as well as factors management to cultivate, population and No. of farming. The soy is a legume high-value protein, which produces in vegetative stage leaves and stems little lignified, by what is being sought that phase will stretch, remain in addition the stage at which the cultivation resists best grazing. Of the work done previously concluded that the cultivation presents good adaptation to the grazing and which should be avoided withdrawals of more than 60 percent of leaf area in each grazing. In the same way other authors concluded that low levels of defoliation do not imply reductions in production of grain regardless of the cycle phase of the crop that is done. The changes in the number of grains caused by environmental changes in general are closely associated with changes in the yield in a range between 1,000 and 3,500 grains.m⁻². The soybeans has a high capacity to compensate for variations in the number of plants through changes in the number of ramifications. This gives it the possibility of maintaining the collection of radiation high even before reductions in the "stand" of plants, resulting in a response to the density of type asymptotic. Under the majority of the experimental conditions in all stages of growth, not expected reductions in the performance below the 20 % of defoliation while after R2 and before R6 There is a significant reduction in the performance to levels of defoliation below 30 %. Regarding the performance in grain, the larger portion of the variation in the same can be attributed statistically to seasonal variations in the fall of rains during flowering and filling of grain. In this work the occurrence of rainfall existed in all the months of the cycle of cultivation (November-March) and prior to this, in the fallow period (October). It is noteworthy that important periods for the realization of the performance, flowering, materialized and especially filling of grain water was never limiting. The above, together with the choice of the best place of the farm to install the test and the crop free of pests and diseases, has enabled obtain an average yield very high (6200 kg.há⁻¹). We found no significant differences for the effects studied on the performance since it was appreciated likely higher than the defined for them, according to the test of d. ($p < 0.05$). For its part are significant differences in yield between treatments when the cultivation was herding. The same were clear comparing the witness against the treatments with two and three farming. A single grazing did not reach to reduce performance significantly. It is important to note the place of the weight of the grains in the trial. If we compare with the information considered, where he recorded maximum PG in the environment of the 220 mg, obtained in the experiment may be considered grains heavy. There is no significance of the effects variety and its interaction with people on the production of biomass total accumulated however was a clear effect of the population. This response appears as a factor of management to take into account when it comes to use this crop as fodder.

Key Words: Grazing; Soybeans; Lambs; Fodder; Performance

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALONSO MAÑA, O.; AQUINO SANTIAGO, G.; PONTTI RODRIGUEZ, S. 2007. Evaluación del cultivo de Soja (*Glicine max.(l) Merrill*) como forrajera estival para producción de cordero precoz pesado. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 71 p.
2. ALTAMIRANO, A.; DA SILVA, H.; DURAN, A.; ECHEVERRIA, A.; PANARIO, D.; PUENTES, R. 1976. Clasificación de suelos. Montevideo. Dirección de suelos y fertilizantes, MGAP. s.p.
3. ANDRADE, F.H.; SADRAS, V.O. 2000. Bases para el manejo de maíz, girasol y soja. Buenos Aires, INTA. 443 p.
4. BERRACO, M.; SCIANCA, C.; ALVAREZ, C. 2007 Producción de soja según fechas de siembra y distancia entre hileras. (en línea). s.l., INTA Gral. Villegas. s.p. Consultado set. 2008. Disponible en http://www.inta.gov.ar/villegas/info/documentos/mcult/soja/071007_soja_fechas.pdf
5. BIANCHI, G. 2007. Alternativas tecnológicas para la producción de carne ovina de calidad en sistemas pastoriles. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 283 p.
6. CERETTA, S.; BAUTES, C.; GARRONE, M.; SASTRE, M. 2004. Soja; resultados experimentales de la “Red de ensayos en chacra, AUSID-CALMER-INIA” ZAFRA 2003-2004. (en línea). s.n.t. Consultado nov. 2008. Disponible en http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/le/ad/2004/ad_370.pdf
7. CERETTA, S.; SASTRE, M. 2006. Soja para pastoreo. (en línea). s.e., INIA la estanzuela s.p. Consultado set. 2008. Disponible en http://www.inia.uy/estaciones/la_estanzuela/actividades/documentos/soja_s_pastoreo.pdf
8. EVANS, L.T. 1983. Fisiología de los cultivos. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 402 p.
9. JOHNSON, C.B. 1981. Physiological processes limiting plant productivity. London, Butterworths. 395 p.
10. NORMAN, A.G. 1963. The Soybean. London, Academic Press. 239 p.

11. PADGETTE, S. R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D. B.; LAVALLEE, D. J.; TINIUS, C. N.; RHODES, W. K.; OTERO, I.; BARRY, G. F.; EICHHOLTZ, D. A.; PESCHKE, V. M.; NIDA, D. L.; TAYLOR, N. B.; KISHORE, G. M. 1995. Development, identification and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. *Crop Science*. 1451-1461 p.
12. PIPER, C.; MORSE, W. 1923. *The Soybean*. Londres, Mc Graw – Hill. 329 p.
13. ROMERO, L. 2006. Soja para pastorear. (en línea). s.n.t. Consultado jul. 2007. Disponible en http://www.engormix.com/soja_pastorear_s_articulos_820_AGR.htm
14. SALINAS, A. R.; SANTOS, D. S. B.; SANTOS FILHO, B. G.; MELLO, V. D. C.; GOMES, A. S. 1989. Evaluación de la calidad fisiológica de semillas de soja producidas en diferentes niveles de humedad en el suelo. IV Conferencia mundial de investigación en soja. 391-397 p.
15. SANTOS, B.; GOMES, A.; PAULETTO, E.; MESQUITA, J.; SCHUCH, L. 1989. Comportamiento estomático y rendimiento de cinco genotipos de soja sometidos a diferentes niveles de humedad en el suelo. IV Conferencia mundial de investigación en soja. 382-390 p.
16. SATORRE, E.; BENECH A.; SLAFER G.; DE LA FUENTE, E.; MIRALLES, D.; OTEGUI, M.; SAVIN, R. 2003. *Producción de granos*. Buenos Aires, Facultad de Agronomía de Buenos Aires. 783 p.
17. SCOTT, W.; ALDRICH, S. 1970. *Modern soybean production*. s.l., The Farm Quarterly. 192 p.
18. SINGER, J. W.; MEEK, D. W. 2004. Repeated biomass removal affects soybean resource utilization and yield. *Agronomy Journal*. 96: 1382-1389.
19. VEGA, C. 2006. *Ecofisiología del cultivo de soja*. Consultado jun. 2007. Disponible en <http://www.planetasoja.com>
20. VILLALOBOS, E. 2004. *Producción y valor nutricional de soja en condiciones tropicales adversas*. s.n.t. s.p.
21. WILCOX, J.R. 1987. *Soybeans; improvement, production and uses*. 2nd. ed. Wisconsin, s.e. 888 p.

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Control de malezas, insectos y enfermedades.....	23
2. Resumen de actividades realizadas en el ensayo.....	25
3. Temperaturas mensuales promedio históricas y en el período del cultivo.....	28
4. Análisis de varianza para la variable rendimiento en grano.....	31
5. Componentes del rendimiento.....	33
6. Rendimiento y componentes según variedad y población.....	36
7. Componentes del rendimiento según tratamiento de pastoreo.....	40
8. Componentes del rendimiento para la interacción de efectos variedad x población en el testigo sin pastorear.....	43
9. Componentes del rendimiento para la interacción de efectos variedad x población en el tratamiento con un pastoreo.....	45
10. Componentes del rendimiento para la interacción de efectos variedad x población en el tratamiento con dos pastoreos.....	47
11. Componentes del rendimiento para la interacción de efectos variedad x población en el tratamiento con tres pastoreos.....	48
12. Análisis de varianza para la variable producción total de biomasa.....	55
13. Resumen del análisis de varianza para la variable disponibilidad de biomasa al momento 1.....	65
14. IAF al ingreso, rechazo y reducción en porcentaje para la interacción de efecto variedad.....	71
15. Resumen del análisis de varianza para la variable disponibilidad de biomasa al momento 2.....	73
16. IAF para las diferentes variedades al momento 2.....	80
17. Biomasa total desaparecida en todo el período para la interacción variedad x población.....	90
18. Resumen del análisis de varianza para la variable plantas quebradas.....	90

Figura No.

1. Precipitaciones mensuales promedio históricas y en el período del cultivo durante 2006/07.....	27
2. Foto.....	29
3. Rendimiento promedio de Soja zafra 2006-2007 en función del número de granos.m ⁻² (a) y el peso de grano (b).....	30
4. Regresión de PG en función del No. de Granos.m ⁻²	31
5. Rendimiento en grano y principales componentes para las tres variedades en estudio.....	32
6. Rendimiento promedio y componentes para las dos poblaciones evaluadas.....	34
7. Regresión de plantas.m ⁻² en función de rendimiento (kg.ha. ⁻¹).....	35
8. Foto.....	37
9. Rendimiento en grano para los diferentes tratamientos de pastoreo y defoliación (%) a la salida de cada pastoreo.....	38
10. a) Número de granos.m ⁻² para los diferentes tratamientos de pastoreo	
b) Peso de grano para los diferentes tratamientos de pastoreo.....	39
11. Rendimiento en grano para los diferentes tratamientos de pastoreo y variedad	41
12. Rendimiento en grano para los diferentes tratamientos de pastoreo y población.....	42
13. Rendimiento en grano en el testigo sin pastorear para la interacción de efectos variedad x población.....	43
14. Rendimiento en grano en el tratamiento con un pastoreo para la interacción de efectos variedad x población.....	44
15. Rendimiento en grano en el tratamiento con dos pastoreos para la interacción de efectos variedad x población.....	46
16. Rendimiento en grano en el tratamiento con tres pastoreos para la interacción de efectos variedad x población.....	47
17. a) Foto	
b) Foto.....	49
18. Precipitaciones para el período octubre 2006 – marzo 2007, estados fisiológicos y momentos en los que se efectuaron los pastoreos.....	50
19. Evolución de la biomasa, desaparición de forraje y tasa de crecimiento entre períodos de pastoreos, a lo largo del ciclo del cultivo para el promedio de variedades y poblaciones de soja bajo pastoreo.....	51
20. Evolución del índice de área foliar durante el ciclo del cultivo.....	52
21. Relación entre biomasa disponible e IAF, para todo el período de pastoreo.....	53
22. Relación entre biomasa disponible e IAF, para todo el período de pastoreo.....	54
23. a) Producción total de biomasa para las tres variedades en estudio	
b) Evolución de la biomasa total para las tres variedades.....	55
24. a) Producción de biomasa acumulada para las dos poblaciones en estudio	
b) Evolución de la producción de biomasa en función de la población.....	56
25. Producción de biomasa total para la interacción de efectos variedad x población.....	57

26. Producción y desaparición de hoja, tallo y biomasa.....	58
27. Desaparición de biomasa para las dos poblaciones en estudio.....	59
28. Biomasa desaparecida para la interacción de efectos variedad x población.....	60
29. Cobertura promedio al retiro del pastoreo para la interacción de efectos variedad x población.....	61
30. Relación entre biomasa disponible en M2 y M3 en función de la MS remanente en R1 y R2.....	62
31. Relación entre biomasa disponible en M2 y M3 en función de la biomasa de hoja remanente en R1 y R2.....	63
32. Relación entre biomasa disponible en M2 y M3 en función del IAF remanente en R1 y R2.....	63
33. Relación entre biomasa disponible en M2 y M3 en función del número de nudos remanentes en R1 y R2.....	64
34. Disponibilidad de biomasa al momento 1 para las tres variedades.....	65
35. Disponibilidad de biomasa en función de la población al momento 1.....	66
36. Disponibilidad de biomasa para la interacción de efectos variedad x población al momento 1.....	66
37. Disponibilidad de biomasa de hoja y tallo al inicio del primer pastoreo para la interacción de efectos variedad x población.....	67
38. Relación entre biomasa disponible e IAF para el momento 1.....	68
39. Disponibilidad y desaparición de biomasa, tallo y hoja para las tres variedades en estudio al momento 1.....	69
40. Desaparición de biomasa total y de hoja para las dos poblaciones en estudio..	70
41. Porcentaje de cobertura al retiro del primer pastoreo para la interacción de efectos variedad x población.....	71
42. Foto.....	72
43. Disponibilidad de biomasa total y de hoja para las tres variedades en estudio al momento 2.....	73
44. Disponibilidad de biomasa total y de hoja para las dos poblaciones en estudio al momento 2.....	74
45. Biomasa disponible al inicio del segundo pastoreo en función de la interacción variedad x población.....	75
46. Disponibilidad de biomasa de hoja y tallo al inicio del segundo pastoreo para la interacción de efectos variedad x población.....	76
47. Relación entre biomasa disponible e IAF para el momento 2.....	77
48. Desaparición de biomasa total y de hoja para las tres variedades en estudio Disponibilidad de biomasa total y proporción de hoja.....	78
49. Desaparición de biomasa total y de hoja. Disponibilidad de biomasa y proporción de hoja para las dos poblaciones en estudio.....	79
50. Cobertura para el rechazo en el momento 2 para la interacción de efectos variedad x población.....	80
51. Disponibilidad de biomasa total y de hoja para las tres variedades en estudio en el momento 3.....	82

52. Biomasa disponible total, hoja, tallo y porcentaje de plantas quebradas en función de la población al momento 3.....	83
53. Disponibilidad de biomasa para la interacción de efectos variedad x población al momento 3.....	84
54. Disponibilidad de biomasa de hoja y tallo al inicio del tercer pastoreo para la interacción de efectos variedad x población.....	85
55. Relación entre biomasa disponible e IAF para el momento 3.....	86
56. Disponibilidad de biomasa total, desaparición de biomasa total, tallo y hoja para las tres variedades en estudio.....	87
57. Disponibilidad de biomasa total. Desaparición de biomasa total y de hoja para las dos poblaciones en estudio.....	88
58. Porcentaje de cobertura al retiro para la interacción de efectos variedad x población.....	89
59. Evolución del número de plantas para las tres variedades en las dos poblaciones estudiadas.....	91