

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CUANTIFICACIÓN DEL IMPACTO DE DIFERENTES COBERTURAS
INVERNALES SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DINÁMICAS DEL SUELO
Y EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO EN EL CULTIVO DE SOJA**

por

**María Eloísa CORREA MAIMÓ
Diego Esteban SAAVEDRA RODRÍGUEZ**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2017**

Tesis aprobada por:

Director:

.....
Ing. Agr. (PhD.) José Alfredo Terra Fernández

.....
Ing. Agr. Ignacio Macedo Yapor

.....
Ing. Agr. (PhD.) Mario Pérez Bidegain

Fecha: 13 de octubre de 2017

Autores:

.....
María Eloísa Correa Maimó

.....
Diego Esteban Saavedra Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Al tutor de tesis Ing. Agr. (PhD.) José Terra y al co-tutor Ing. Agr. Ignacio Macedo por el apoyo, la atención y los conocimientos brindados.

Al personal del laboratorio de física de suelos del INIA Treinta y Tres por su disposición y colaboración en el trabajo de campo.

A la Universidad de la República y muy particularmente a la Facultad de Agronomía, por haber posibilitado nuestra formación profesional y contribuido a nuestra formación personal.

A nuestras familias y amigos por el apoyo brindado y habernos acompañado durante todo el proceso.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 EFECTO COBERTURA	2
2.1.1 <u>¿Qué es un cultivo de cobertura y para qué sirve?</u>	2
2.1.2 <u>¿Cómo hace el cultivo de cobertura para evitar la erosión?</u>	2
2.1.3 <u>Estructura del suelo</u>	3
2.1.4 <u>Dinámica del agua</u>	3
2.1.5 <u>Temperatura del suelo</u>	5
2.1.6 <u>Efectos de los cultivos de cobertura sobre la implantación de la soja, enmalezamiento y nutrientes</u>	6
2.1.7 <u>Efectos particulares de cada cobertura</u>	7
2.2 EFECTO DEL PASTOREO	8
2.2.1 <u>Efecto sobre la compactación</u>	8
2.2.2 <u>Resistencia a la penetración</u>	9
2.2.3 <u>Densidad aparente</u>	11
2.2.4 <u>Efecto sobre la infiltración y contenido de agua en el suelo</u>	11
2.2.5 <u>Efectos sobre la aireación</u>	12
2.3 RESPUESTA DE LA PLANTA AL AMBIENTE	13
2.3.1 <u>Efecto del barbecho</u>	13
2.3.2 <u>Interferencia del rastrojo en implantación</u>	14
2.3.3 <u>Respuesta de la planta a la compactación</u>	14
2.3.4 <u>Respuesta de la soja a problemas de implantación</u>	15
2.3.5 <u>Respuesta de la planta al ambiente en términos de productividad</u>	15
2.4 HIPÓTESIS.....	16
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	17
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO	17

3.1.1	<u>Localización</u>	17
3.1.2	<u>Tratamientos y diseño experimental</u>	17
3.1.3	<u>Características agronómicas de los CC</u>	17
3.1.4	<u>Manejo de las coberturas</u>	18
3.1.5	<u>Siembra del cultivo de soja</u>	19
3.1.6	<u>Manejo del cultivo</u>	19
3.2	DETERMINACIONES	20
3.2.1	<u>Biomasa remanente de los CC</u>	20
3.2.2A	<u>nivel desuelo</u>	20
3.2.3A	<u>nivel de cultivo</u>	22
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	22
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	23
4.1	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	24
4.2	EFFECTO RESIDUAL DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA	27
4.3	PROPIEDADES QUÍMICAS	28
4.3.1	<u>Carbono orgánico y nitrógeno</u>	28
4.3.2	<u>Potencial de mineralización de nitrógeno (PMN)</u>	29
4.5	PROPIEDADES FÍSICAS.....	30
4.5.1	<u>Resistencia a la penetración</u>	30
4.5.2	<u>Densidad aparente</u>	33
4.6.	CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO	33
4.7	IMPLANTACIÓN.....	35
4.8	RENDIMIENTO Y COMPONENTES	35
5.	<u>CONCLUSIONES</u>	36
6.	<u>RESUMEN</u>	38
7.	<u>SUMMARY</u>	39
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	40
9.	<u>ANEXOS</u>	46

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Densidades de siembra utilizadas para los cultivos de cobertura.....	18
2. Características agronómicas del cultivar de soja Don Mario 5958 ipro.....	19
3. Análisis químico en los primeros 15 cm de suelo previo a la instalación del cultivo de soja en la zafra 2015/2016	20
4. Interacción entre la parcela grande y la parcela chica para la variable resistencia a la penetración en los primeros 5 cm de suelo.	30

Figura No.

1. Régimen de precipitaciones, radiación y temperatura mensual durante zafra 2015-2016 y serie histórica (1971-2016).	25
2. Régimen de precipitaciones, agua disponible para las plantas, capacidad de campo y punto de marchitez permanente durante el ciclo del cultivo de soja en la zafra 2015-2016.....	26
3. Biomasa remanente para seis tratamientos con pastoreo y sin pastoreo invernal, previo al inicio de la fase agrícola de verano.	27
4. Efecto de distintos cultivos de cobertura, con pastoreo y sin pastoreo invernal, sobre el contenido de C orgánico total del suelo de 0-15 cm previo a la siembra del cultivo de verano.	28
5. Efecto de distintos cultivos de cobertura, con pastoreo y sin pastoreo pastoreo invernal, sobre el contenido de N total del suelo de 0-15 cm a la siembra del cultivo de verano.....	29
6. Efecto del pastoreo de la cobertura invernal sobre la resistencia a la penetración del suelo entre 0-60 cm 9 días post siembra de soja.....	32
7. Variabilidad en la resistencia a la penetración medida en MPa en los primeros 30 cm de suelo para los tratamientos pastoreado y no pastoreado.	33
8. Contenido de agua en los primeros 7 cm de suelo (%) para seis tratamientos con pastoreo y sin pastoreo invernal medido 9 días post siembra del cultivo de soja.	34

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura en Uruguay ha tenido una intensificación considerable desde comienzos del siglo XXI, ya sea por la superficie sembrada como por el mayor número de cultivos en el área agrícola. La mayor parte de este proceso está explicado por el cultivo de soja, que ha incrementado sostenidamente su área desde la zafra 2002-2003 cuando comenzó su última expansión en Uruguay llegando a un máximo de 1,3 millones de hectáreas en 2014.

En la zafra 2015-2016 la superficie total sembrada con cultivos de verano con destino a grano seco fue de casi 1.3 millones de hectáreas. El cultivo de soja, con más de 1.1 millones de hectáreas aporta el 88 % del área agrícola de verano y su producción fue estimada en 2,2 millones de toneladas, un 29 % menos que en la zafra anterior. Esto se explicó fundamentalmente por la disminución en la superficie sembrada y por las condiciones climáticas adversas que se registraron durante el ciclo del cultivo, primero el déficit hídrico en diciembre de 2015 y luego el exceso de precipitaciones en abril de 2016 que afectaron negativamente los rendimientos. El rendimiento medio del cultivo de soja a nivel nacional en dicha zafra fue estimado en 1.937 kg/ha, lo que implica una disminución del orden del 17 % comparado con la zafra anterior (MGAP. DIEA, 2016).

Durante el 2016 se implantaron cultivos de cobertura (CC) en el 34 % del área de verano (438 mil hectáreas), un 28 % menos que el año anterior. Los retrasos en la cosecha (ocasionados por las lluvias de otoño 2016), impidieron completar a tiempo las siembras de cultivos de cobertura sobre los rastrojos de verano (MGAP. DIEA, 2016).

El plan de uso y manejo de suelos, obligatorio para los sistemas agrícolas del país desde el 2013 busca controlar la erosión. Es la política utilizada para diseñar, a través de un modelo empírico secuencias que atiendan el problema de la erosión y degradación de los suelos. En este marco los CC pueden ser una alternativa viable para construir sistemas agrícolas o agrícolas-ganaderos que contribuyan a conservar el recurso suelo y minimizar los problemas de erosión (Sawchik et al., 2015).

La utilización de CC durante el período invernal, permite mantener el suelo cubierto, en aquellas chacras sin posibilidades de incluir cultivos de invierno como trigo o cebada, siendo clave para proteger el suelo de la erosión, reciclar nutrientes como el nitrógeno (N) y producir un nuevo ingreso de rastrojo al sistema para mantener los niveles de carbono orgánico (Ernst, 2004).

Dado que la implantación de coberturas no presenta un retorno económico tangible en el corto plazo, la utilización de las mismas para alimentación de ganado permitiría amortiguar los costos de implantación, siempre y cuando se mantenga un nivel mínimo de biomasa que permita cumplir con las funciones del CC (García Préchac et al., 2004).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EFECTO COBERTURA

2.1.1 ¿Qué es un cultivo de cobertura y para qué sirve?

Los CC son aquellos que se siembran específicamente para mantener el suelo cubierto, protegerlo de la erosión, evitar la pérdida de nutrientes por lavado y escurrimiento, mejorar el balance de C a través del aporte de biomasa y, en caso de ser leguminosa, incorporar N al sistema (Reeves y Touchton, 1991). Estos son generalmente especies forrajeras, que no tienen como destino principal el pastoreo animal ni la cosecha de granos, pero ocupan el suelo en la ventana de tiempo entre dos cultivos, generando biomasa a partir de la luz, agua y nutrientes que no son aprovechados por el cultivo de cosecha (Capurro, 2016). Además son una herramienta importante en el manejo de malezas, pues reducen su crecimiento al competir por espacio, luz, humedad y nutrientes (Siri y Ernst, 2011).

La cobertura producida, disipa la energía de las lluvias erosivas de primavera y verano, logrando una mayor infiltración del agua y una reducción significativa de las pérdidas de suelo, optimizando el balance de C, e inmovilizando nutrientes móviles durante el barbecho que son liberados para el cultivo de grano (Capurro, 2016).

Una de las mayores barreras para la adopción de los cultivos de cobertura son sus costos y desconocer cuánta agua consumen. Este efecto dependerá del momento de secado del CC, de las condiciones climáticas (momento y cantidad de precipitaciones), de la fecha de siembra del cultivo de grano y del tipo de suelo. Los riesgos asociados al excesivo consumo de agua del CC se verían disminuidos con la siembra temprana de los mismos, y el desecado antes de floración (leguminosas) o encañazón (gramíneas, Siri y Ernst, 2011).

Para lograr la sustentabilidad del sistema de producción basada en granos, se debe mejorar el balance de C a través de un mayor aporte de biomasa vegetal. En este sentido, los CC son una herramienta agronómica ideal porque cumplen el doble rol de aportar C, crear cobertura vegetal e incrementar el potencial de rendimiento de los cultivos de verano (Siri y Ernst, 2011).

2.1.2 ¿Cómo hace el CC para evitar la erosión?

La cobertura del suelo disminuye el impacto directo de la gota de lluvia evitando así la erosión. Sanzano y Fadda (2006) encontraron que con mayores niveles de cobertura se disminuye considerablemente el coeficiente de escurrimiento, además de reducirse la pérdida relativa de suelo, C orgánico y fósforo asimilable.

El impacto de los CC en los procesos de erosión depende de cuánto se reduzcan las fuerzas de separación y transporte de los agregados del suelo. Los CC reducen la erosión en surcos porque incrementan la cantidad y duración del suelo cubierto, tanto con plantas vivas o residuos de las mismas.

Los CC pueden reducir la erosión en el surco a través de la reducción de la fuerza de corte del agua o a través del aumento de la resistencia de los agregados del suelo a la separación. También son conocidos por aumentar la materia orgánica del suelo cercana a la superficie que resulta en agregados más estables con menor susceptibilidad a la separación.

2.1.3 Estructura del suelo

Los CC pueden afectar positivamente las propiedades físicas del suelo, particularmente en el largo plazo. Una de las propiedades físicas que ha sido medido con frecuencia es la estabilidad de los agregados del suelo. Cuando se utilizan estos cultivos los agregados son de mayor tamaño y más estables que en aquellos suelos donde no hubo CC (Blanco Canqui et al., 2015).

La estabilidad de los agregados puede aumentar la disponibilidad de agua, nutrientes, mejorar el contenido de C, la macroporosidad, el crecimiento radicular y a la vez reducir la erodabilidad. Los CC incrementan los agregados del suelo protegiendo la superficie del suelo del impacto de la gota de lluvia, proporcionando una entrada adicional de biomasa (por ejemplo, raíces) y aumentando la concentración de C orgánico del suelo y actividad microbiana. El aumento en la concentración de C orgánico esta positivamente correlacionado con un aumento en la estabilidad de los agregados (Blanco Canqui et al., 2013). Los residuos de los CC pueden generar transitoria, temporaria y permanentemente agentes orgánicos que promueven la agregación del suelo (Tisdall y Oades, 1982).

2.1.4 Dinámica del agua

2.1.4.1 Infiltración y escurrimiento

Las prácticas de manejo que parecen más adecuadas para reducir el escurrimiento y aumentar la precipitación efectiva son una rotación adecuada de cultivos, el uso de la siembra directa, el empleo de cultivos de cobertura, esencialmente durante el invierno, la duración del período de barbecho y el uso de especies que regeneren la macroporosidad del perfil y/o aumenten la tasa de infiltración de los suelos. La incorporación de la siembra directa con presencia de rastrojo en superficie aumenta la precipitación efectiva y además provoca una disminución de la evaporación, quedando mayor agua disponible para los cultivos. Por otra parte, en el mediano plazo, bajo siembra directa se regeneran los poros de mayor tamaño (> 0.5 mm) creados por acción

de raíces y macrofauna del suelo (Micucci et al., 2002). Esto evidentemente tiene un efecto sobre la tasa de infiltración y el flujo de agua en los suelos.

Según Casas, citado por Capurro et al. (2010) los CC permiten mantener elevadas tasas de infiltración del agua de lluvia, debido al incremento de la cobertura del suelo y de la macroporosidad, por descomposición de las raíces que generan un sistema de canales o galerías. La mayor cobertura de biomasa disponible disminuye la amplitud térmica del suelo superficial, que se traduce en menos pérdida de agua por evaporación. Esto genera una mejora en la eficiencia de uso del agua, que puede aumentar la disponibilidad para el cultivo agrícola siguiente.

2.1.4.2 Uso del agua por parte del CC

La disponibilidad de agua es uno de los principales factores que gobiernan el desarrollo de los cultivos. A su vez, el contenido de humedad afecta marcadamente a la tasa de difusión de oxígeno, la temperatura y la resistencia mecánica de un suelo (Hamblin, citado por Hanks, 1992).

Sólo una fracción del agua presente en el suelo puede ser utilizada por las plantas. De acuerdo al concepto clásico, la humedad disponible es la que se encuentra entre dos puntos notables de la curva característica de retención de humedad: capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Veihmeyer y Hendrickson, 1948).

El impacto relativo sobre la disponibilidad de agua para el cultivo siguiente depende del manejo de las coberturas, la intensidad, distribución y cantidad de las precipitaciones, y la capacidad de almacenamiento de agua en el perfil del suelo accesible a las raíces.

Una vez que un CC ha sido eliminado, los residuos que quedan sobre la superficie del suelo reducen la evaporación y mejoran el contenido de agua en el suelo.

El nivel crítico de agua en suelo al cual ocurre la máxima compactación es mayor bajo CC, lo que sugiere que estos suelos pueden soportar mayor contenido de agua sin compactarse en comparación con suelos sin CC. También se comprobó que la disminución en la densidad aparente y el aumento en el contenido de agua estuvieron correlacionados con la concentración de C orgánico del suelo, indicando que la compactación del suelo disminuye a medida que el C orgánico cercano a la superficie aumenta (Blanco Canqui et al., 2015).

Según Sawchik (2004) en nuestras condiciones y bajo sistemas agrícolas, el período crítico para la ocurrencia de erosión se da durante los meses de invierno, principalmente cuando se parte de rastrojo de soja que deja un volumen significativamente más bajo de residuos que maíz o sorgo. En ese sentido Clerici, citado por Sawchik (2004) determinó mediante el uso del modelo USLE/RUSLE, la baja contribución potencial del cultivo de soja para evitar las pérdidas de suelo por erosión.

Las especies a utilizar en estos casos son diversas y se deben buscar cultivos con altas tasas de crecimiento inicial (por ejemplo, avena) que logren una cobertura rápida del suelo y considerar una duración de barbecho adecuada que permita cierto ahorro de agua para el cultivo siguiente. Desde el punto de vista del manejo del agua el período de barbecho es un factor clave a considerar porque a medida que salimos del invierno y avanzamos en la primavera aumenta la demanda atmosférica y por ende el consumo de agua por el CC.

Para cultivos de verano, siempre hay dependencias de las lluvias ya que el cultivo de invierno o el CC entrega el suelo con baja disponibilidad de agua para la siembra de cultivos de verano, variando de acuerdo al momento de las precipitaciones. Esto no determina necesariamente rendimientos inferiores que cultivos que se inicien sobre un perfil a capacidad de campo, en especial si la capacidad de almacenaje del suelo es baja. Para estos casos las precipitaciones que ocurran en el periodo crítico de los cultivos son las principales determinantes del rendimiento (Ernst et al., 2009).

2.1. 5 Temperatura del suelo

Las temperaturas del aire y del suelo se encuentran relacionadas afectando el crecimiento vegetal. Los factores que afectan el calor sobre la superficie del suelo son el color y la cobertura, mientras que la disipación de calor se encuentra influenciada por el contenido de humedad y la densidad aparente del suelo (Hanks y Ashcroft, 1980).

De acuerdo a Ross et al., citados por Martino (2001) la evaporación es el proceso que consume la mayor cantidad de energía cuando el contenido de humedad del suelo es elevado. Sin embargo, en condiciones de suelo seco, la mayor parte de la energía de radiación neta es utilizada para calentar el suelo y el aire adyacente, y es posteriormente perdida como radiación nocturna hacia la atmósfera. Como consecuencia, la temperatura del suelo es inferior y menos variable en suelo húmedo que en suelo seco (Hanks, 1992).

Según Ernst (1999) suelos que presentan altos contenidos de rastrojo en superficie muestran menores temperaturas máximas así como también una menor amplitud térmica, debido a que la ganancia y pérdida de calor se da más lentamente, esto va a depender de la cantidad y geometría del rastrojo.

La presencia de la cobertura determina un retraso en la fecha en que se alcanza la temperatura mínima de siembra, lo que es importante para cultivos sensibles como sorgo (Ernst, 1999).

2.1.6 Efectos de los cultivos de cobertura sobre la implantación de la soja, enmalezamiento y nutrientes

2.1.6.1 Efecto sobre la implantación

Los cultivos sembrados en suelos indisturbados están expuestos a un deficiente contacto entre semilla y suelo, a frecuentes excesos de humedad, a una elevada resistencia mecánica para el crecimiento de raíces, a deficiencia de nutrientes y a frecuentes deficiencias de agua (Ehlrs et al., Blevins y Frye, citados por Martino, 2001). Debido a la acción en el largo plazo de los procesos de acumulación de materia orgánica, crecimiento y descomposición de raíces, y actividad de meso fauna del suelo, estas condiciones tenderían a desaparecer (Martino, 2001). Una de las consecuencias del suelo cubierto por rastrojo es la menor temperatura al inicio de la estación de crecimiento, lo que determina el inicio de la estación de siembra, la velocidad de emergencia y la implantación final (Ernst, 1999). Para sistemas de siembra directa se ha reportado que los suelos se presentan más fríos, más húmedos, menos aireados y más densos que bajo laboreo convencional. Esto determina un enlentecimiento en la germinación, emergencia y crecimiento inicial de los cultivos por menor temperatura (May y Schmitz, 1997).

2.1.6.2 Efecto sobre el enmalezamiento

De acuerdo a Liebman y Davis (2000) la capacidad de los CC para suprimir el crecimiento de las malezas está relacionada con la biomasa que los mismos producen y/o con la liberación de sustancias inhibitorias. El efecto de los CC sobre las poblaciones de malezas esta explicado por numerosos mecanismos, entre los que se destacan la reducción en la interceptación de luz, competencia por nutrientes y agua, cambios en la temperatura del suelo o impedimentos físicos en la emergencia de las plántulas (Fisk et al., 2001). Estos efectos sobre las malezas permitirían disminuir el número de aplicaciones de herbicidas previo a la siembra del cultivo y/o disminuir las dosis de postemergencia (Teasdale, citado por Kahl et al., 2016).

2.1.6.3 Efecto sobre los nutrientes

La captura de NO_3 durante el largo período de barbecho que tiene lugar entre la cosecha y la siguiente siembra de los cultivos de verano (marzo-octubre) es otro de los objetivos al establecer CC. La finalidad es reducir y minimizar la lixiviación durante el otoño (Fernández et al., 2005). Estos autores han determinado valores entre 40 y 100 kg ha^{-1} de N en biomasa aérea de centeno y raigrás, respectivamente. Otro ejemplo es el de

Restovich et al. (2008) quienes trabajando con CC gramíneas en suelos de Pergamino registraron valores de N en biomasa aérea de entre 2,1 y 3,4 %.

2.1.7 Efectos particulares de cada cobertura

2.1.7.1 Leguminosas vs. gramíneas

De acuerdo a Míguez et al. (2009) las leguminosas presentan una relación C/N más baja que las gramíneas. Debido a esto, el residuo de las leguminosas se descompone más fácilmente, aportando N para el cultivo siguiente también en forma más rápida.

El uso de leguminosas como CC es una fuente importante de N al suelo, por el hecho de asociarse simbióticamente con bacterias capaces de transformar N_2 atmosférico en NH_3 gracias al proceso de fijación biológica de N (Silva et al., citados por Doneda et al., 2012).

De acuerdo a Silva et al., citados por Doneda et al. (2012) a pesar de esa ventaja de las leguminosas, que representa una ventaja para el sistema, éstas son menos utilizadas que las gramíneas, especialmente avena y raigrás. El motivo de esto son los mayores costos de implantación, menor rendimiento de materia seca, crecimiento inicial más lento y rápida descomposición de los residuos que reducen la cobertura del suelo.

2.1.7.2 Leguminosas

La cantidad de N fijado está directamente relacionada a la producción de biomasa de la leguminosa que en promedio fijan 30 kg de N/ha/ton de materia seca producido. Las condiciones climáticas durante el período de crecimiento de la leguminosa, determinará el N fijado (Ernst, 2004).

La eficiencia de uso del N depende de la sincronización entre el momento de aporte del nutriente, el manejo de la fertilización nitrogenada y la demanda del cultivo (Reeves, 1994). Las eficiencias de recuperación del N fijado oscilaron entre un mínimo de 3 % y un máximo de 56 % (Ernst, 2004).

De acuerdo a Sawchik et al. (2015) el beneficio del uso de leguminosas como CC es aumentar el N orgánico del suelo, más que la propia residualidad hacia el siguiente cultivo, debido al desfase entre la oferta de N por la leguminosa y la demanda por el cultivo siguiente (Ernst, 2004).

En esquemas de producción como los sistemas agrícolas de Uruguay, donde la cabeza de rotación es la soja, la incorporación de leguminosas anuales jugaría el rol de

neutralizar parte del balance negativo de N que tiene el sistema, a través de una mayor incorporación al pool de N lábil (Sawchik et al., 2015).

2.2 EFECTO DEL PASTOREO

El pisoteo animal es la presión mecánica que ejerce el ganado sobre el suelo, el pasto y la cobertura vegetal (Venanzi et al., 2002). La magnitud de los efectos provocados por el pisoteo dependen de la presión ejercida sobre el suelo, que es función de la masa del animal y el tamaño del apoyo, intensidad de pastoreo, características del suelo como textura, materia orgánica, contenido de humedad, y volumen de residuos en superficie (Greenwood y McKenzie, citados por Agostini et al., 2012).

La profundidad del pisoteo induce a la compactación del suelo en el rango de los 2.5 a 20 cm de profundidad afectando las propiedades físicas del suelo y el crecimiento del cultivo, sobre todo bajo condiciones de suelo húmedo (Hamza y Anderson, citados por Agostini et al., 2012).

Greenwood y Mckenzie, citados por Agostini et al. (2012) señalan que el pastoreo intensivo produce un aumento en la densidad aparente del suelo, una disminución en la porosidad y continuidad entre los poros y una reducción de la estabilidad de agregados, dejando al suelo más susceptible a la erosión. Debe considerarse también que un aumento en la intensidad de pastoreo puede disminuir el contenido de agua en el suelo, específicamente en el horizonte A, lo cual depende principalmente del tipo de suelo, ya que existen situaciones donde una mayor intensidad de pastoreo no provoca modificaciones en las propiedades físicas del suelo.

Es posible cuantificar el efecto del pastoreo a través de la compactación, la infiltración y la aireación.

2.2.1 Efecto sobre la compactación

De acuerdo a Venanzi et al. (2002) la compactación corresponde a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo, debido al efecto repetitivo y acumulativo producido de fuerzas externas que actúan sobre él.

La misma produce un aumento en la densidad aparente del suelo, aumenta su resistencia a la penetración (RP), destruye y debilita su estructuración, provocando una disminución en la porosidad total. Esta disminución es el mayor efecto físico que se produce, lo que implica una menor disponibilidad tanto de aire como de agua para las raíces de las plantas. Esto trae como consecuencia una disminución en la actividad bioquímica y microbiológica del suelo. Además, afecta la implantación del cultivo ya que las raíces presentan mayor dificultad en penetrar en el suelo y de acceder a los

nutrientes. Todo esto se traduce en un menor desarrollo del sistema radical de las plantas y, por lo tanto, un menor desarrollo de la planta en su conjunto, lo que redundaría en una menor producción (Venanzi et al., 2002).

El ganado puede ejercer presiones por encima de los 0,2 MPa, lo cual es significativamente mayor que la presión ejercida en la superficie del suelo por la maquinaria, que puede variar en el rango de 0,03 a 0,15 MPa (Proffitt et al., 1993). Daniel et al. (2002) evidenciaron que el pastoreo y sus actividades asociadas (pisotear, defoliar, defecar, orinar) pueden afectar las propiedades del suelo, degradando su estructura, incrementando la densidad aparente y reduciendo la tasa de infiltración de agua. Es conocido que estos efectos se magnifican con el contenido de agua del suelo, por lo que la época más peligrosa para provocar compactación por pastoreo es el invierno, coincidiendo con la mayor necesidad de uso de forraje (Terra y García Préchac, 2000). La compactación se cuantifica a través de la resistencia a la penetración y la densidad aparente, ambos parámetros varían en forma inversa con el contenido hídrico del suelo (Laycock y Conrad, 1967).

2.2.2 Resistencia a la penetración

Letey (1985) analizó la relación entre las propiedades físicas del suelo y la productividad de los cultivos, y estableció que, aun cuando un gran número de variables tales como densidad aparente, distribución del tamaño de poros y estabilidad de agregados tienen una gran influencia en el crecimiento de las raíces, éste es en última instancia gobernado solamente por cuatro propiedades fundamentales: la resistencia mecánica y la disponibilidad de agua, oxígeno y energía. Una de las propiedades medibles asociadas con estos factores es la resistencia a la penetración de sondas metálicas (RP) y el contenido de agua en el suelo.

Las raíces que crecen en un medio poroso, deben superar la resistencia mecánica que el suelo les impone. Esto se logra ya sea a través de la penetración de poros y canales ya existentes, de un tamaño mayor que el de las raíces (Wiersum, citado por Martino, 2001) o deformando la estructura del medio. Las raíces deforman el suelo principalmente fracturándolo y/o comprimiéndolo (Barley y Greacen, citados por Martino, 2001). Debido a esto, las propiedades del suelo que determinan la RP son la resistencia a la fractura que a su vez es función de la cohesividad y del ángulo de fricción interna y la compresibilidad. La RP de un suelo depende principalmente de la textura, la densidad aparente y el contenido de humedad (Henderson et al., citados por Martino, 2001).

La humedad del suelo afecta a los tres factores del suelo que determinan la RP: cohesividad, ángulo de fricción interna y compresibilidad (Camp y Gill, citados por Martino, 2001).

Los valores mínimos de RP ocurren cuando el suelo tiene altos contenidos de humedad. A medida que el suelo se seca, la RP aumenta de manera exponencial hasta alcanzar un valor máximo que ocurre en niveles de humedad gravimétrico que varían de 1 a 3 %. La relación entre RP y contenido de agua es afectada por el estado estructural del suelo, y constituye una herramienta potencialmente muy buena para el diagnóstico de la condición física de un suelo (Martino, 2001).

El incremento en la RP debido al secado del suelo es más marcado cuanto mayor es la densidad aparente (Taylor y Ratliff, citados por Martino, 2001). Un incremento en la densidad del suelo implica una disposición más apretada de sus partículas constituyentes, lo que determina reducida compresibilidad y elevada fricción interna del suelo.

La RP que ofrece el suelo en la zona de las raíces es utilizada como una medida de compactación, indicando condiciones que pueden impedir el crecimiento de las raíces y por lo tanto, reducir los rendimientos de los cultivos (Oussible et al., citados por Martino, 2001).

Zamora et al. (2002) realizaron un estudio donde constataron el bajo impacto del pastoreo de verdes de invierno bajo siembra directa, que dio como resultado un bajo impacto sobre la RP y la DA. En esta situación sólo se incrementó la compactación en los primeros centímetros, detectada a través de las mediciones de RP, manifestando un aumento de la misma en los primeros 5 cm del suelo. Esta mayor dureza se debió, en parte, al menor contenido de humedad de los primeros centímetros del suelo y no al incremento de la DA.

De acuerdo a los resultados de este trabajo se concluye que es importante hacer una evaluación de toda la secuencia de cultivos de una rotación, ya que no siempre el pastoreo se manifiesta sobre el cultivo inmediatamente posterior, también este efecto puede manifestarse sobre cultivos posteriores en la secuencia.

De acuerdo Mielke et al., citados por Martino (2001) otro factor a tener en cuenta en la determinación de la RP es la distribución del tamaño de partículas o textura de un suelo. Debido a su muy alta cohesividad, los suelos arcillosos desarrollan niveles de RP sumamente altos. En un trabajo efectuado con suelos artificiales con densidad aparente de 2 g/cm^3 , Ayers y Perumpral, citados por Martino (2001) determinaron que la máxima RP de un suelo con 100 % de arcilla fue 12 MPa, con un contenido de humedad cercano al 10 % en peso. Mientras tanto, un suelo compuesto solamente por partículas de arena tuvo una máxima RP de 0,05 MPa a 6 % de humedad.

Valores de resistencia a la penetración mayores a 2 MPa, medidos a capacidad de campo, indican problemas de compactación y son valores críticos para la producción de cultivos (Horn y Fleige, 2009) ya que se limita el crecimiento radicular.

2.2.3 Densidad aparente

La densidad aparente (DA) se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g. cm^{-3} o t. m^{-3}). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller y Hakansson, citados por Rojas, s.f.). Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. La DA varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica, puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expansibles (Taboada y Álvarez, citados por Rojas, s.f.).

En sistemas de producción mixtos, la compactación superficial por pastoreo puede constituir un riesgo potencial (Moran et al., citados por Venanzi, 2002).

Es posible estimar a partir de datos de área basal y peso corporal, que los animales en pastoreo aplican presiones sobre el suelo en el rango entre 150 kPa (novillo de 300 kg) y 350 kPa (oveja adulta), valores notoriamente mayores que los correspondientes a tractores agrícolas, que ejercen presiones del orden de 80 a 160 kPa (Wood et al., citados por Martino, 2001). En consecuencia, el grado y la extensión de la densificación del suelo es de esperar que sea mayor cuando es causada por animales que cuando lo es por maquinaria.

Los daños sobre el suelo pueden ser minimizados evitando el tráfico sobre suelo húmedo. Proffitt et al., citados por Martino (2001) encontraron que el pastoreo continuo con ovejas de una pastura aumentó la densidad de un suelo franco arcilloso en 7 % y redujo la capacidad de infiltración de agua del mismo a un 58 % de la del testigo sin pastoreo. Sin embargo, cuando las ovejas fueron retiradas cada vez que el contenido de humedad del suelo alcanzaba el límite plástico, el deterioro de las propiedades físicas fue mucho menos pronunciado que con pastoreo continuo.

2.2.4 Efecto sobre la infiltración y contenido de agua en el suelo

La infiltración es probablemente el parámetro más sensible a la compactación por pisoteo ya que se ve afectada la macroporosidad superficial, principal vía de circulación de agua de infiltración (Greenwood et al., citados por Fernández et al., 2006).

La disminución de la infiltración se asocia a aumentos en la escorrentía superficial, lo que genera erosión, pérdida de nutrientes y disminución del agua disponible para las plantas (Green et al., citados por Negrón, 2011).

Los CC tienen efecto positivo, negativo o neutro en la distribución de agua en el perfil del suelo dependiendo del tipo de suelo y el clima de la región (Unger y Vigil, citados por Blanco Canqui et al., 2015). Los mismos utilizan el agua del suelo y en el

largo plazo mejoran la infiltración de agua y las propiedades estructurales e hidráulicas del suelo (Blanco Canqui et al., 2015).

Mientras que los CC generalmente reducen el agua disponible para el cultivo subsiguiente, también mejoran la agregación del suelo y la macroporosidad, reduciendo las pérdidas de agua a través de la reducción del escurrimiento y la evaporación, aumentando la infiltración de agua y mejorando otros procesos físicos (Blanco Canqui et al., 2012).

Además, en el largo plazo generan un aumento en la concentración de C orgánico del suelo, particularmente en suelos con niveles iniciales bajos de C y baja fertilidad. Esto puede disminuir algunos de los efectos negativos de los CC en el almacenamiento de agua, ya que el C orgánico aumenta la capacidad del suelo de absorber y retener agua debido a su elevada capacidad de adsorción o a su alta superficie específica. La concentración de C orgánico presenta una correlación positiva con el almacenamiento de agua en el suelo y la capacidad de retención (Blanco Canqui et al., 2013).

La finalización temprana de los CC previo a la siembra del cultivo principal es una estrategia válida para minimizar algunos de los efectos adversos que generan los mismos en el almacenamiento de agua, si ocurren precipitaciones suficientes entre la terminación y la siembra del cultivo para grano. Los cambios generados en la temperatura del suelo debido al crecimiento de los CC o sus residuos afectan el almacenamiento de agua. Éstos pueden reducir las temperaturas durante el día, lo que puede reducir la evaporación y el mantenimiento de agua en el suelo en comparación con suelos desnudos. El contenido de agua bajo suelos con CC se incrementa cuando la temperatura del suelo disminuye (Blanco Canqui et al., 2015).

Por otra parte, Martino (2001) señaló que la disponibilidad de agua es el factor que rige el desarrollo de los cultivos, porque afecta marcadamente la tasa de difusión de oxígeno, la temperatura y la resistencia mecánica de los suelos.

2.2.5 Efectos sobre la aireación

La compactación del suelo produce un efecto negativo sobre el desarrollo radicular, con efectos permanentes en el tiempo (Hakansson y Reeder, citados por Negrón, 2011). Los efectos sobre el crecimiento vegetal se manifiestan a través de varias respuestas de tipo fisiológico, relacionadas con el déficit hídrico y la falta de aireación en la zona radicular (Mulholland et al., citados por Negrón, 2011).

Además, provoca una disminución del volumen total de poros, principalmente una disminución de la macroporosidad y un aumento en de los poros de menor tamaño

(Alderfer y Robinson, citados por Negrón, 2011). La disminución del volumen de poros y la redistribución del espacio poroso afectan la conductividad de agua y aire, la retención de agua (Dorner et al., citados por Negrón, 2011) y los procesos biológicos del suelo (Whalley et al., citados por Negrón, 2011).

La cuantificación de la macroporosidad y de la continuidad de poros (conductividad hidráulica saturada, conductividad de aire) son parámetros muy sensibles a los cambios estructurales del suelo (Greenwood y McKenzie, citados por Negrón, 2011).

Algunos autores definen a la porosidad estructural como el conjunto formado por las grietas entre elementos de la estructura, los volúmenes libres resultantes de la repartición en el espacio de los terrones y la tierra fina y los tubos y cuevas de origen biológico y pedológico. Este tipo de porosidad es la más modificable con el manejo antrópico (Pecorari et al., citados por Denoia, 2000). Las diferencias de porosidad total entre situaciones bajo pisoteo y tratamientos sin tránsito de animales deben atribuirse a las modificaciones ocurridas en la porosidad estructural (Fies et al., citados por Denoia, 2000).

2.3 RESPUESTA DE LA PLANTA AL AMBIENTE

2.3.1 Efecto del barbecho

Para cultivos de verano sembrados sobre un CC, el tiempo de barbecho es el principal determinante de la cantidad de agua almacenada al momento de la siembra (Ernst, 2004).

El crecimiento del CC implica el uso de agua almacenada en el suelo, la que debe ser repuesta durante el período entre la aplicación del herbicida para suprimir el CC y la siembra del cultivo para grano (Ernst y Siri, 2008).

Ernst y Siri (2008) afirman que períodos de barbecho largos tienen mayor probabilidad de tener precipitaciones que permiten recargar el perfil, pero generan menos cobertura vegetal y por tanto logran menos control sobre las pérdidas posteriores por evaporación. En cambio, cuando el período de barbecho se reduce, el contenido hídrico en el suelo es menor. El efecto es muy marcado en las capas superficiales del suelo, lo que compromete la humedad necesaria para lograr la implantación de manera independiente de las precipitaciones. A su vez, el CC consume agua en profundidad, limitando el aporte de agua para el cultivo. En suelos diferenciados con baja conductividad hidráulica en el horizonte Bt, es difícil recargar el suelo en profundidad aunque ocurran lluvias posteriores a la siembra.

Restovich y Andriulo (2013) concluyeron que a través de la captura de N potencialmente lixiviable y posterior entrega al cultivo principal (mediante la

descomposición de sus residuos), los CC permitieron obtener rendimientos similares o mayores que el testigo sin CC.

2.3.2 Interferencia del rastrojo en implantación

De acuerdo a Ernst (1999) la calidad de siembra está asociada a la humedad del suelo a la siembra, y su interacción con cantidad y geometría del rastrojo. Los suelos con cobertura de rastrojo presentan una amplitud térmica menor que los laboreados, por lo que ganan y pierden calor más lentamente.

Al inicio de la estación de siembra, el suelo se está calentando, por lo que la cobertura determina un retraso en la fecha en que se alcanza la temperatura mínima de siembra. El efecto en la temperatura del suelo condiciona la velocidad de emergencia e implantación final como consecuencia de la acumulación térmica diferencial (Ernst, 1999).

El manejo del rastrojo es una medida que permite “preparar la sementera”, ya que, al descomponerse las raíces de cultivos anteriores y malezas, el suelo logra una mejor “condición física” (Ernst, 1999).

En situaciones de suelo con buena humedad, Condón et al. (1994) demostraron que la presencia de rastrojo no resulta una interferencia para la siembra, y a través de su efecto sobre la conservación de la humedad superficial, permite emergencias más rápidas y homogéneas.

Por otra parte, en el mismo experimento en situaciones con exceso de humedad la falta de resistencia para el corte del rastrojo ofrecido por el suelo, determinó que el rastrojo sea introducido al surco de siembra y la velocidad y emergencia final con rastrojo en superficie se viera reducida.

De acuerdo a Ernst (1999) el tren de siembra juega un rol importante en el proceso de implantación. Cuando se utilizan abre surcos que mueven mucho el suelo y/o no se cierra el surco de siembra, la humedad del surco se pierde rápidamente y no es posible capitalizar la ventaja que la siembra directa determina sobre la conservación de la humedad superficial.

2.3.3 Respuesta de la planta a la compactación

Las plantas modifican su crecimiento de acuerdo al ambiente físico en el que se desarrollen. Son afectados tanto los órganos subterráneos como las partes aéreas, recibiendo influencia directa o indirecta desde el subsuelo respectivamente (Russell, citado por Martino, 2001). Tardieu, citado por Martino (2001) propuso que las respuestas de las plantas a la compactación del suelo estarían gobernadas por señales físico-químicas actuando simultáneamente. Estas señales radican en el proceso mecánico

de resistencia en oposición a la presión de turgencia de las raíces y en mensajes químicos que causan engrosamiento de las raíces como forma de vencer la resistencia que impone el suelo.

Según Ernst (1999) los niveles de compactación del suelo después de una pastura se ubican en el límite del nivel considerado como crítico para el crecimiento radicular de cultivos anuales. Se resalta el menor número de plantas logradas, por lo que el problema podría radicar en el logro de las poblaciones objetivas planteadas.

2.3.4 Respuesta de la soja a problemas de implantación

El cultivo de soja que se siembra sobre un rastrojo de CC con elevada cantidad de MS puede llegar a tener problemas de implantación, no solo porque la temperatura del suelo es menor, sino porque la semilla y plántula del cultivo quedan expuestos a patógenos en caso de ocurrencia de precipitaciones desde el periodo de siembra a emergencia ya que este tiempo sería mayor por su menor velocidad de emergencia y establecimiento.

Sin embargo, como es sabido el cultivo de soja tiene alta plasticidad a la densidad de siembra ya que tiene el potencial de compensar el bajo número de plantas aumentando ramas y frutos por planta (Baigorri, 2004).

Junto a la variación a la ramificación del cultivo también se modifica el número de nudos y hojas por planta (Andrade y Vega, 2000) por tanto en casos de adecuado disponibilidad hídrica el cultivo de soja puede no llegar a mostrar diferencias en rendimiento si las densidades no están muy por debajo de las óptimas (Carpenter y Borad, citados por Andrade y Vega, 2000).

Según Valentinuz et al., citados por Andrade y Vega (2000) en ausencia de deficiencias hídricas y nutricionales una densidad de siembra de 30 plantas/ m² permiten lograr un follaje que permita el 95% de la intercepción de luz.

2.3.5 Respuesta de la planta al ambiente en términos de productividad

De acuerdo a datos generados por Pravia et al. (2007) el rendimiento en grano de sorgo en las diferentes zafras estuvo altamente correlacionado con las precipitaciones acumuladas durante las etapas del cultivo más demandantes de agua.

En esta misma línea, Pravia et al. (2007) afirman que la disponibilidad de agua es el factor más importante en la determinación del rendimiento en grano en cultivos de secano en condiciones como las que se encuentran en Uruguay.

En los resultados expuestos en su experimento se demuestra que una rotación corta -en relación a una rotación larga y cultivo continuo- fue la mejor en cuanto a los

residuos incorporados, lo que en teoría hubiera aumentado la disponibilidad de agua y N para las plantas.

En este mismo trabajo donde la pastura de raigrás fue pastoreada, no se vio afectado el rendimiento en grano de sorgo en ninguna de las tres zafras evaluadas, si bien existieron diferencias en almacenaje de agua entre las mismas, así como en producción de biomasa. Los residuos de biomasa afectaron el almacenamiento de agua en los primeros estadios de crecimiento del sorgo, pero una vez que éste cubrió la superficie los residuos no tuvieron ninguna influencia en el almacenamiento de agua ni en la performance del cultivo.

Así mismo, no encuentra efectos consistentes de la intensidad de uso del suelo sobre el rendimiento a través de los años.

2.4 HIPÓTESIS

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes: 1) Existe un efecto del pastoreo de diferentes coberturas invernales sobre algunas propiedades dinámicas del suelo (contenido de carbono orgánico, contenido de nitrógeno, potencial de mineralización de nitrógeno contenido de agua en el suelo, resistencia a la penetración, densidad aparente) 2) Existe un efecto de cada alternativa en particular sobre algunas propiedades dinámicas del suelo y 3) Existe un efecto del pastoreo de diferentes coberturas invernales sobre el comportamiento agronómico en el cultivo de soja.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

3.1.1 Localización

El experimento fue realizado durante la zafra 2015-2016 en la Unidad Experimental “Palo a Pique” (UEPP) del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Treinta y Tres (33°:15'36"S, 54°:29'26"O, 60-m de altitud sobre el nivel del mar). Los suelos corresponden a la Unidad Alférez (MAP. DSF, 1976) e incluyen Argisoles Subeútricos Melánicos y Planosoles Subeútricos Melánicos correspondientes al grupo CONEAT 10.7.

El potrero sobre el que se ubicó el experimento estuvo bajo pasturas naturales y mejoramientos extensivos hasta 2011. Desde entonces comenzó una secuencia agrícola, con cultivos de verano, generalmente soja a excepción de la zafra 2014-2015 donde se realizó sorgo y cultivos de coberturas durante el invierno. Las coberturas se instalaron en el otoño de cada año.

3.1.2 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron alternativas en el período invernal (el experimento evalúa 12 coberturas, entre ellas leguminosas, gramíneas y crucíferas pero a efectos de la tesis se tomaron únicamente 6) con y sin pastoreo.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar (DBCA) y arreglo de parcelas divididas, con cuatro repeticiones. A las parcelas grandes se les asignó el uso o no de pastoreo, mientras que a las parcelas chicas se les adjudicaron los cultivos de cobertura. El tamaño de las parcelas fue de 1152 m² y 96 m² para la parcela grande y chica respectivamente.

Parcela grande: pastoreado, no pastoreado.

Parcela chica: *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, *Trifolium alexandrinum*, *Vicia sativa*, *Raphanus sp*, testigo sin CC.

3.1.3 Características agronómicas de los CC

Avena strigosa (avena negra) cultivar La morocha: ciclo muy corto, floración temprana, alto potencial de producción temprana de forraje, baja contribución primaveral, escaso macollaje, hábito de crecimiento erecto.

Lolium multiflorum (raigrás) INIA Cetus: verdeo de ciclo más largo y tardío que avena. Mayor producción de forraje desde mediados de invierno, mayor capacidad de macollaje, hábito más postrado.

Trifolium alexandrinum (trébol alejandrino) INIA Calipso: mayor producción primaveral, hábito de crecimiento erecto.

Vicia sativa (vicia) popany estero: hábito erecto y trepadora. Florece en primavera, tiene buena resiembra natural.

Raphanus sp (nabo forrajero): crucífera. Planta anual de rápido crecimiento, precoz, que proporciona un forraje voluminoso de buena calidad. Los animales consumen tanto el follaje como los bulbos, éstos son apetecidos por los animales y particularmente aprovechados por el ganado ovino.

3.1.4 Manejo de las coberturas

Siembra

La siembra se realizó al voleo el 5/5/2015 y no se usaron fertilizantes. Las densidades utilizadas fueron las siguientes:

Cuadro 1. Densidades de siembra utilizadas para los cultivos de cobertura.

Cobertura	Densidad (kg/ha)
avena	100
raigrás	15
t. alejandrino	18
vicia	45
nabo	14

Pastoreo

El pastoreo se realizó con 54 corderos (32 machos y 22 hembras). La carga utilizada fue 4,9 UG a inicio del primer pastoreo y 6,0 UG en el último pastoreo.

El primer pastoreo se realizó en las siguientes fechas: bloque 1 desde el 5/8 al 14/8/15; bloque 2, desde el 14/8/15 hasta el 20/8/15; bloque 3, desde el 20/8/15 hasta el 27/8/15; y bloque 4, desde el 27/8 hasta el 3/9.

El segundo pastoreo se realizó desde el 3/9 al 10/9 únicamente en el bloque 1, debido a que en el resto de los bloques la producción de materia seca no fue suficiente como para realizar otro pastoreo.

La ganancia media diaria promedio fue de 0,27 kg/día/animal, generando una ganancia individual promedio de 9,4 kg/animal.

El barbecho comenzó el 6/10/15 con una aplicación de glifosato (glifoweed platinum) de 3.3 lt/ha en mezcla con 1 lt/ha de 2-4 D (daminé 60).

3.1.5 Siembra del cultivo de soja

El cultivo se sembró el 18/11/2015, 43 días después de iniciado el barbecho, con una densidad de 40 semillas/m² e inoculante a 3 ml/kg semilla + 1 ml/kg semilla de protector a una distancia entre hileras de 40 cm.

La variedad utilizada fue Don Mario 5958 ipro. En el cuadro 1 se presentan algunas características agronómicas del cultivar.

Cuadro 2. Características agronómicas del cultivar de soja Don Mario 5958 ipro

Características	
Ciclo/hábito de crecimiento	V largo/ indeterminado
Días desde emergencia a R8	141(3) 101(4)
Altura de planta (cm)	105 (3) 99 (4)
Potencial de ramificación	Alto
Susceptibilidad al vuelco (1 a 10)	2
Peso promedio de 1000 semillas (g)	164 (3) 163 (4)
Color de pubescencia / color de flor	Gris / púrpura
Cancro de tallo	Resistente
Phytophthora	Susceptible a raza 1

3.1.6 Manejo del cultivo

Se aplicaron 13,3 kg N/ha, 37 kg P₂O₅/ha, 37 kg K₂O/ha, 4,4 kg S/ha. La fórmula utilizada fue 9-25/25-25-3, se aplicó 148.3 kg/ha mitad en la línea y mitad al voleo.

Manejo fitosanitario

- El 19/11/2015 se realizó una aplicación pre-emergente de los herbicidas metolaclor (metolaclor alfa, PC*) a 1.5 lt/ha, fluroxypir (maxipir) a 0.4 lt/ha y glifosato (glifoweed platinum) a 3.3 lt/ha.

- El 04/01/16 se aplicó 3.3 lt/ha glifosato (glifoweed platinum).
- El 10/02/16 se realizó una aplicación de insecticida imidacloprid (imitrin 115) a 0.8 lt/ha y una aplicación de fungicida azoxiestrobina + kresoxim + ciproconazol (zuperior) a 0.5 lt/ha.
- El 04/03/16 se realizó una aplicación de insecticida triclicib 1.6lt/ha + aceite vegetal (natural oleo) 0.5 lt/ha y el fungicida azoxistrobin + ciproconazole (stigmarextra) 350 ml/ha.

(Producto comercial*)

3.2 DETERMINACIONES

3.2.1 Biomasa remanente de los cultivos de cobertura

La biomasa se determinó a través de un muestreo destructivo para los seis tratamientos (testigo, avena, raigrás, nabo, trébol alejandrino, vicia) previo al inicio de la fase agrícola de verano.

3.2.2 A nivel de suelo

Se realizaron los siguientes análisis de suelo previo a la instalación del cultivo: análisis químico, C, N y potencial de mineralización de nitrógeno.

Cuadro 3. Análisis químico en los primeros 15 cm de suelo previo a la instalación del cultivo de soja en la zafra 2015/2016

Análisis químico	meq/100 g	Desvío estándar
Ca*	5,58	1,31
Mg	1,89	0,44
K	0,27	0,043
Na	0,47	0,033
A tit	4,98	0,67
CICpH7	13,18	2,44
BT	8,21	1,78
% SB	61,99	2,07

*Ca: calcio, Mg: magnesio, Na: sodio, A. tit: acidez titulable, CIC: capacidad de intercambio catiónico, BT: bases totales, % SB: % saturación de bases.

El análisis de carbono y nitrógeno se realizó mediante combustión seca a 900°C utilizando un equipo LECO (Wright y Bailey, 2001).

Para la determinación de PMN se utilizó el método de incubación anaeróbica durante 7 días, de 0-15 cm de profundidad (Waring y Bremner, 1964).

Se realizó además un balance de agua disponible en el suelo durante el ciclo del cultivo de soja a partir de los siguientes datos: evapotranspiración real del cultivo (ETR) estimada a partir de datos de evapotranspiración potencial (INIA. GRAS, 2017) y un coeficiente del cultivo (Kc) correspondiente a cada etapa del ciclo (Andriani, 2016). A partir de la ETR, teniendo las precipitaciones diarias (INIA. GRAS, 2017) y asumiendo que se inició el cultivo con el perfil de suelo recargado se obtuvieron datos teóricos diarios de agua en el suelo. Para este análisis se tomó en cuenta una profundidad de suelo de 80 cm, capacidad de campo de 111 mm y punto de marchitez permanente de 36 mm de acuerdo al tipo de suelo donde se realizó el experimento (NCSS, 2017).

3.2.2.1 Contenido de agua en el suelo

Se determinó el contenido de agua volumétrica del suelo (%) 9 días post siembra con un sensor de humedad (Thetaprobe ML3) en los primeros 7 cm de suelo. Se realizaron 5 muestreos por parcela chica.

Además, se determinó el contenido de agua gravimétrico a los 56, 92, 103, 110, 125 y 133 días post siembra (dps). Los muestreos fueron realizados con un taladro holandés y se extrajeron muestras de suelo a 0-15 y 15-30 cm de profundidad. Las muestras fueron colectadas en la entrefila de la zona cosechable seleccionada al azar. Se realizaron dos tomas por parcela en cada fecha.

Las muestras se pesaron en húmedo y luego de 48 horas de secado en una estufa a 105 grados, obteniendo la humedad del suelo por diferencia de peso.

$$\text{Humedad gravimétrica (\%)} = ((P_i - P_f) / P_f) \times 100.$$

3.2.2.2 Resistencia a la penetración

Se determinó 9 días post siembra con penetrómetro electrónico (Eijkelkamp) con un cono de 2 cm², hasta una profundidad de 60cm, obteniéndose registros de la resistencia a la penetración cada 1 cm de avance. Se realizaron 5 muestreos por parcela chica.

3.2.2.3 Densidad aparente

Se determinó utilizando la metodología del cilindro (Blake y Hartge, 1986) con un cilindro de 71cm³ para extraer las muestras de suelo de 4 a 7 cm de profundidad. Las muestras se secaron durante 48 horas en una estufa a 105 ° C y se obtuvo el peso seco. Se realizaron cinco muestreos por parcela el 27/11/2016.

Teniendo el peso seco fue posible calcular la densidad aparente de la siguiente manera:

$$D.a = \text{Peso del suelo seco} / \text{volumen de cilindro.}$$

3.2.3 A nivel de cultivo

3.2.3.1 Conteo de plantas

Se realizó a los 28 días post siembra, efectuando tres conteos de dos metros lineales en cada parcela chica.

3.2.3.2 Rendimiento y componentes

El rendimiento se estimó utilizando una cosechadora experimental con una plataforma de dos metros de ancho. Se cosecharon los dos metros centrales de cada parcela acopiando en bolsas individuales. Posteriormente se realizó el secado y pesado.

Los componentes del rendimiento que se determinaron fueron: número de plantas, número de vainas por planta, número de granos por vainas, peso de mil granos.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Para el análisis de las variables se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \delta_{ij} + M_k + \tau_{Mik} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

i – parcela grande

j – 1; 2; 3; 4 bloques

k – 1; 2; 3; 4; 5; 6 parcela chica

Y_{ijk} - es el valor de la i -ésima parcela grande, en el j -ésimo bloque y la k -ésima parcela chica

μ – media general

τ_i – efecto parcela grande

β_j – efecto bloque (B1; B2; B3; B4)

δ_{ij} – error experimental debido a la parcela grande

M_k – efecto parcela chica (T1; T2; T3; T4; T5; T6)

τ_{Mik} – efecto interacción parcela grande * parcela chica

ϵ_{ijk} – error experimental debido a la parcela chica

Cuando el análisis de varianza determinó el rechazo de la hipótesis nula se procedió a la comparación múltiple de medias mediante el test de Tukey.

En todos los casos en que se determinaron diferencias entre tratamientos o grupos de tratamientos, las mismas se realizaron con un 95% de confianza ($p = 0,05$).

El análisis de varianza se realizó mediante el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2017).

El mismo es sensible a las propiedades estadísticas de los términos de error aleatorio del modelo lineal.

Los supuestos tradicionales del ANAVA implican errores independientes, normalmente distribuidos y con varianzas homogéneas para todas las observaciones. Además, para diseños involucrando estructuras de parcelas en bloque se supone que existe aditividad bloque-tratamiento. Es decir, los bloques tienen un efecto aditivo sobre todos los tratamientos y no interactúan con estos.

La verificación de los supuestos subyacentes se realiza en la práctica a través de los predictores de los términos de error aleatorio que son los residuos aleatorios asociados a cada observación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

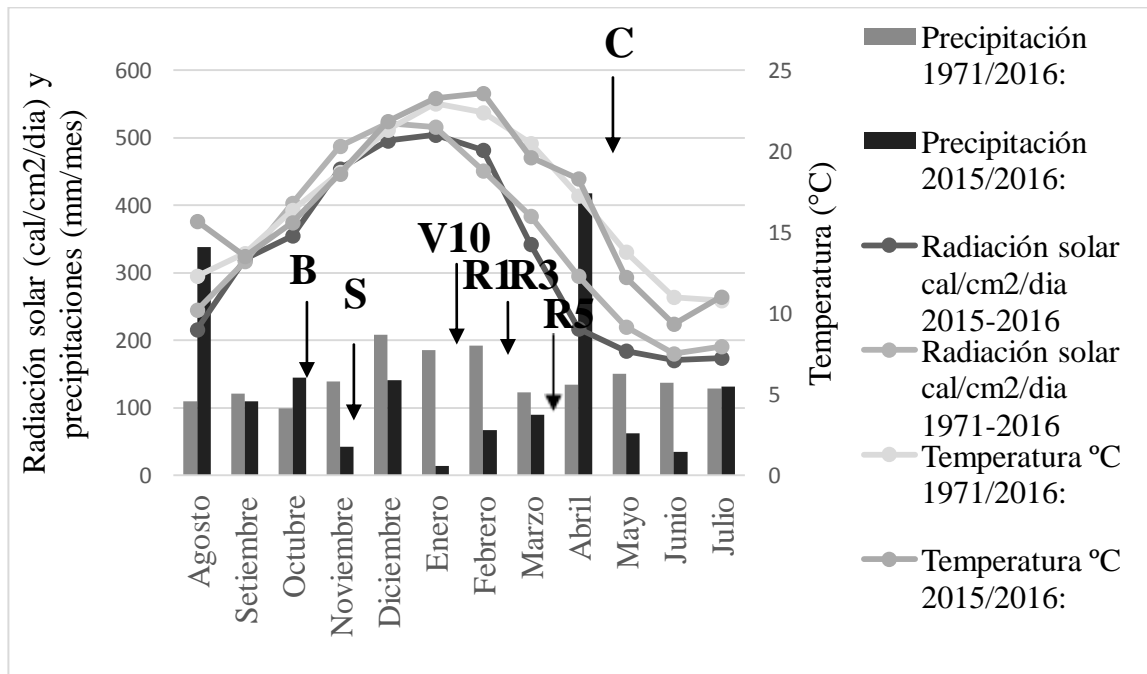
4.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Durante el período de barbecho las precipitaciones estuvieron por encima de la media histórica (1971-2016) lo que permitió llegar al momento de la siembra con buen contenido de humedad en el suelo, sin llegar a ser una limitante para el desarrollo inicial del cultivo (figura 1). El mismo se desarrolló en condiciones de clima favorable hasta fines de diciembre (V8) generando un importante desarrollo vegetativo.

En los meses de enero y febrero las precipitaciones limitaron el crecimiento y desarrollo de cultivo, tanto en las últimas etapas vegetativas como en las reproductivas.

Las precipitaciones registradas en el mes de abril, durante la última fase reproductiva (R7-R8) superaron los 400 mm, retrasando la cosecha del cultivo y comprometiendo la calidad del grano y la sanidad del mismo.

Las variables radiación y temperatura presentaron un comportamiento similar a la media histórica (1971-2016).



B: Inicio de barbecho, S: siembra, V10: décimo nudo, R1: inicio de floración, R3: inicio de formación de vainas, R5: formación de grano, C: cosecha.

Figura 1. Régimen de precipitaciones, radiación y temperatura mensual durante zafra 2015-2016 y serie histórica (1971-2016).

Las precipitaciones ocurridas hasta diciembre determinaron un adecuado suministro de agua en el suelo para las plantas (figura 2) alcanzando en varios períodos niveles de capacidad de campo (111 mm). Posterior al mes de diciembre las escasas precipitaciones provocaron un descenso acentuado del agua disponible. En la segunda quincena de enero el suelo alcanzó el punto de marchitez permanente (36 mm) que se mantuvo durante 20 días, lo que provocó síntomas de deficiencia hídrica en el cultivo (clorosis y caída de hojas) y un balance hídrico negativo.

El agua disponible en el suelo mejoró algo en la última década de febrero cuando el cultivo iniciaba el período crítico de determinación de rendimiento (R3-R5) y alcanzó niveles de capacidad de campo en el mes de marzo. Sin embargo, las precipitaciones de abril saturaron el suelo generando los problemas mencionados.

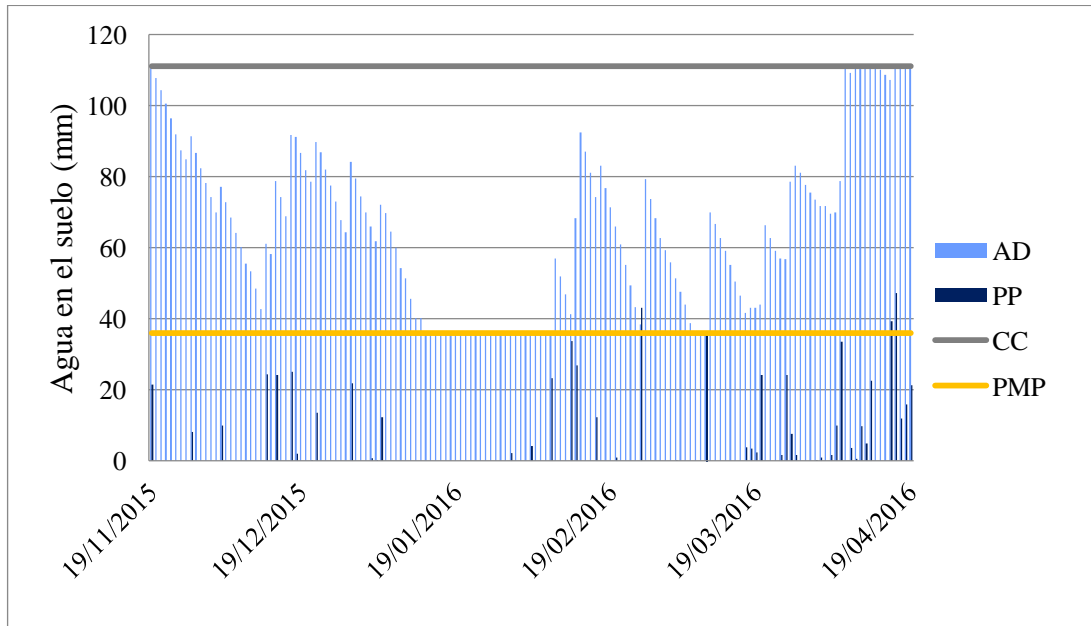


Figura 2. Régimen de precipitaciones (PP), agua disponible para las plantas (AD), capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP) durante el ciclo del cultivo de soja en la zafra 2015-2016.

Fuente: Andriani (2016), INIA. GRAS (2017), NCSS (2017).

4.2 EFECTO RESIDUAL DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA

Las diferencias fueron significativas para el efecto del pastoreo; las coberturas no pastoreadas dejaron un residuo de 2251 kg/MS/ha, 30 % superior que las pastoreadas.

Se encontraron diferencias significativas entre las coberturas; en promedio la mayor producción de residuos fue alcanzada en el nabo y la avena con producciones de 2560 kg/ha y 2150 kg/ha, estadísticamente superiores al testigo sin CC que apenas superó los 1000 kg/ha (figura 3).

Éste último tratamiento fue el de menor materia seca remanente. Si bien el suelo descubierto dio lugar al desarrollo de malezas, debido a su menor potencial de producción no alcanzaron niveles elevados de biomasa.

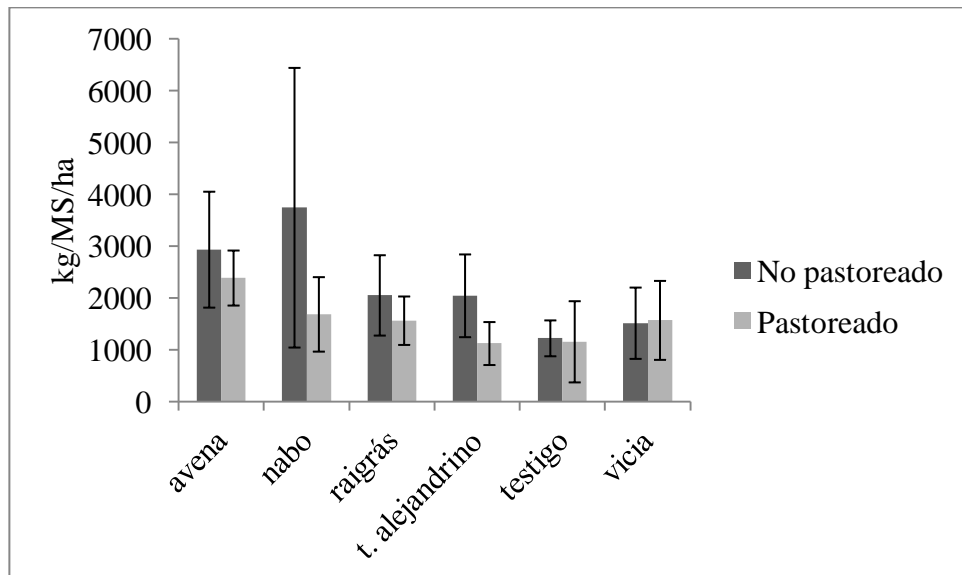


Figura 3. Biomasa remanente para seis tratamientos (testigo, avena, raigrás, nabo, trébol alejandrino, vicia) con pastoreo (P) y sin pastoreo invernol (NP), previo al inicio de la fase agrícola de verano.

4.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

4.3.1 Carbono orgánico y nitrógeno

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ambos indicadores por efecto del pastoreo; C (p valor 0,0069) y N (p valor 0,034). No se encontraron diferencias entre los cultivos de cobertura.

El C orgánico total del suelo (0-15 cm) en las parcelas pastoreadas ($35,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) fue 14% inferior al de las parcelas no pastoreadas (figura 4).

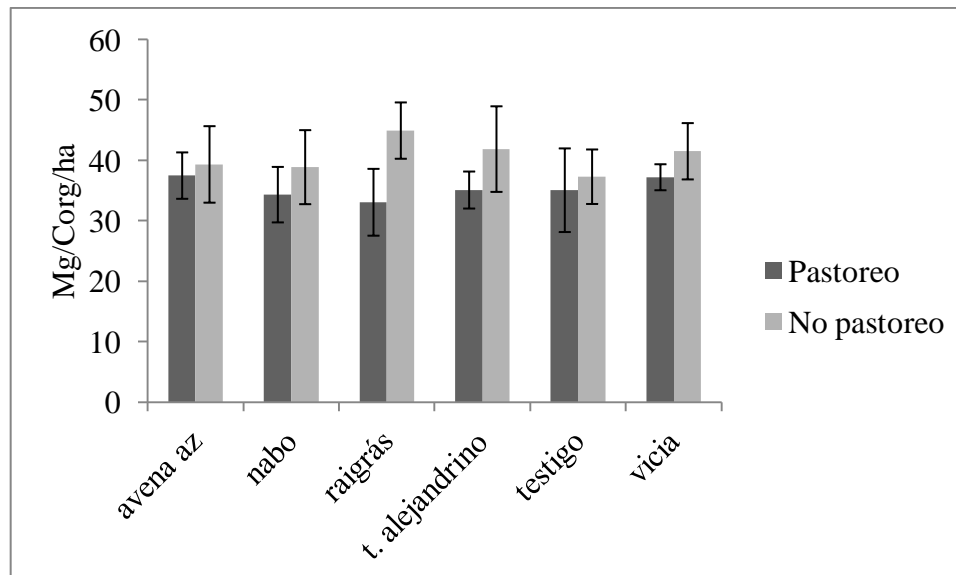


Figura 4. Efecto de distintos cultivos de cobertura, con (P) y sin pastoreo (NP) invernal, sobre el contenido de C orgánico total del suelo de 0-15 cm previo a la siembra del cultivo de verano.

De forma similar, el N total del suelo en los primeros 15 cm de profundidad de las parcelas pastoreadas ($3,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) fue 14% inferior al de las parcelas no pastoreadas (figura 5).

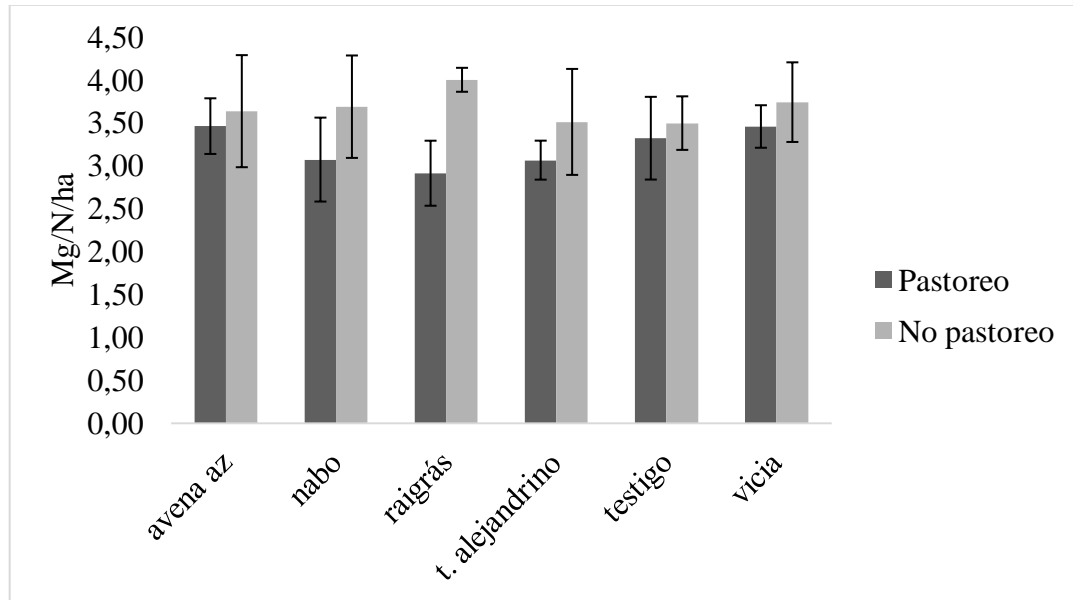


Figura 5. Efecto de distintos cultivos de cobertura, con (P) y sin pastoreo (NP) invernal, sobre el contenido de N total del suelo de 0-15 cm a la siembra del cultivo de verano.

4.3.2 Potencial de mineralización de nitrógeno (PMN)

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el PMN para las parcelas pastoreadas y no pastoreadas (p valor 0,001). No se encontraron diferencias en la parcela chica.

Las parcelas pastoreadas presentaron un valor de PMN de 19,4 mg/kg N-NH₄, 30% menor que las no pastoreadas.

Los mayores niveles de estos indicadores (C, N, PMN) en las parcelas no pastoreadas pueden asociarse a que la biomasa producida es devuelta al suelo, lo que implica mayor aporte de nutrientes que en las parcelas pastoreadas, donde parte de la biomasa es removida por los animales.

De acuerdo a Ernst y Siri (2011) los beneficios de los CC aparecen cuando los mismos se cortan o disecan y se dejan sobre el suelo para mejorar el aporte de biomasa y la entrada de C al sistema.

Asimismo, puede asociarse a que las parcelas pastoreadas posiblemente al estar más compactadas determina que al momento de tomar las muestras de 15 cm de profundidad haya una dilución de C y N por mayor presencia del horizonte subsiguiente.

4.5 PROPIEDADES FÍSICAS

4.5.1 Resistencia a la penetración

Se encontró una interacción significativa para en la resistencia a la penetración entre el nivel de pastoreo y las coberturas a diferentes profundidades: 0-5 cm (p valor 0,01), 15-20 cm (0,049), 20-30 cm (0,035).

La avena fue la cobertura que presentó menores niveles de RP (cuadro 4) independientemente del pastoreo; el raigrás por su parte presentó bajos niveles cuando no se pastoreó y en condiciones de pastoreo la RP aumentó significativamente.

No hubo diferencias significativas entre pastorear o no el trébol alejandrino y el nabo.

El raigrás presenta una calidad forrajera elevada por lo que el ganado tiene preferencia por esta cobertura. Esto puede estar asociado a una mayor frecuencia e intensidad de pastoreo. El buen comportamiento de la avena en condiciones de pastoreo puede estar explicado por su alto crecimiento inicial que permitió un mayor desarrollo de la parte aérea y subterránea, amortiguando el pisoteo animal.

Cuadro 4. Interacción entre la parcela grande y la parcela chica para la variable resistencia a la penetración (MPa) en los primeros 5 cm de suelo.

Nivel de pastoreo	Cultivo de cobertura	Resistencia a la penetración (Mpa)
NP	avena	0,85 a
NP	raigrás	0,86 a
NP	vicia	0,88 ab
NP	t. alejandrino	0,98 abc
NP	testigo	1,07 abc
NP	nabo	1,08 abc
P	avena	1,32 bcd
P	t. alejandrino	1,38 cde
P	vicia	1,39 cde
P	nabo	1,40 cde
P	testigo	1,58 de
P	raigrás	1,80 e

Parcela grande (NP: no pastoreado, P: pastoreado) y la parcela chica (avena, raigrás, vicia, trébol alejandrino, testigo, nabo).

Letras iguales no difieren estadísticamente ($P < 0,05$). DMS: 0,437.

Se encontraron diferencias significativas en la RP por efecto del pastoreo la parcela grande hasta los 30 cm de profundidad. Sin embargo, no se observaron efectos de los cultivos de cobertura sobre la RP.

De acuerdo a Ernst y Siri (2004) el pisoteo de animales en pastoreo es capaz de causar aumentos en la resistencia a la penetración hasta los 10 cm de profundidad.

La marcada compactación en los primeros 30 cm puede asociarse a la carga instantánea utilizada (4,9 y 6 UG en el primer y segundo pastoreo respectivamente) y la alta intensidad de pastoreo. Además, el mismo se realizó en agosto y setiembre en condiciones de suelo relativamente húmedo y susceptible a la compactación por pisoteo, debido a que en estos meses las precipitaciones superaron los 400 mm.

Teniendo en cuenta que este fue el primer año donde se pastoreó la cobertura, es muy visible el efecto de la compactación del suelo, aunque no se llegó a niveles que limitaron el crecimiento radicular (1,7 MPa de 5-15 cm) ya que de acuerdo a Demmi y Puricelli, citados por Venanzi et al. (2002) los valores críticos de resistencia a la penetración por encima de los cuales se limita el crecimiento de las plantas oscila entre 2,5 y 4,1 MPa, sobre todo en condiciones de suelo húmedo.

La figura 6 describe las curvas de resistencia a la penetración de suelo a distintas profundidades para las parcelas pastoreadas y no pastoreadas.

En los primeros 20 cm de suelo se registraron los mayores niveles de resistencia, independientemente de si la parcela fue pastoreada o no. La máxima resistencia se determinó entre los 5 y 10 cm de suelo, lo que puede asociarse a la diferencia textural (mayor contenido de arcilla que en la zona más superficial).

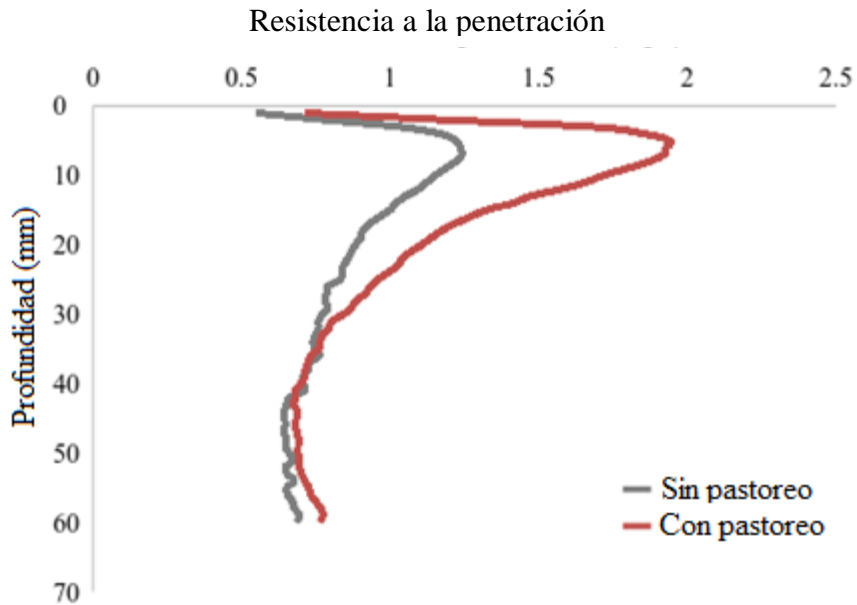


Figura 6. Efecto del pastoreo de la cobertura invernal sobre la resistencia a la penetración del suelo (0-60 cm) 9 días post siembra de soja.

Las parcelas pastoreadas presentaron una mayor variabilidad en la RP en relación a las no pastoreadas (figura 7). Esto puede asociarse a que la compactación dada por el pisoteo está restringida al tamaño de la pezuña, tiempo de pastoreo y a zonas donde el animal tiene preferencias.

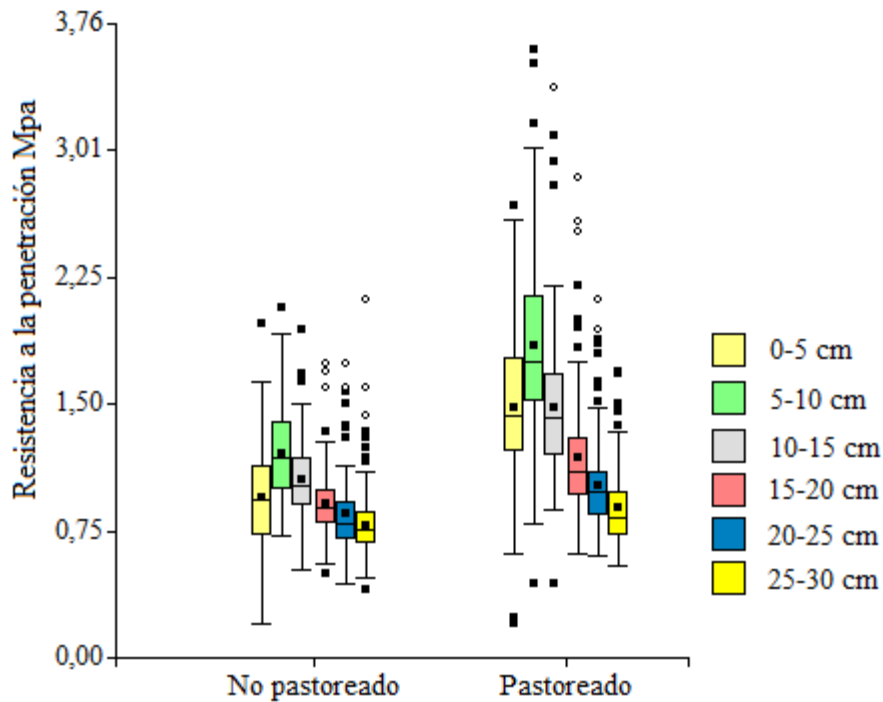


Figura 7. Variabilidad en la resistencia a la penetración (MPa) en los primeros 30 cm de suelo para los tratamientos pastoreado y no pastoreado 9 días post siembra.

4.5.2 Densidad aparente

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre parcelas pastoreadas y no pastoreadas ni cultivos de cobertura sobre la densidad aparente del suelo en la capa superficial. Los valores oscilaron entre 1,3 y 1,4 g/cm³.

Esto podría estar explicado por ser el primer año donde se realizó pastoreo de los CC y a que el período de pastoreo fue muy breve. Probablemente si esta práctica se mantiene en el tiempo con cargas elevadas y durante el invierno, la tendencia debería ser a un incremento en la compactación superficial y por tanto al aumento en la densidad aparente.

4.6 CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de agua volumétrico por efecto del pastoreo, las coberturas no pastoreadas presentaron contenido de agua 8% superior al de las parcelas pastoreadas (figura 8). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre cultivos de cobertura en el contenido de agua en la superficie del suelo a pesar de las diferencias de biomasa observadas entre las mismas.

Esto puede estar relacionado a una mayor tasa de infiltración, tal como describen Martín et al. (1998).

Martín et al. (1998) encontraron diferencias en la evolución de la tasa de infiltración para los tratamientos con cobertura sin pisoteo y el resto de los tratamientos con pisoteo. Los tratamientos sin pisoteo presentaron una curva con descenso menos marcado a través del tiempo, respecto al tratamiento con pisoteo.

Asimismo, puede haber una menor tasa evaporativa debido a que el rastrojo del CC fue mayor en las parcelas no pastoreadas, lo que permite tener el suelo más cubierto manteniendo la temperatura más baja en comparación a suelos más descubiertos.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el contenido de agua gravimétrico. Esto podría estar explicado porque la mayoría de las mediciones fueron realizadas en ausencia de precipitaciones en los días previos.

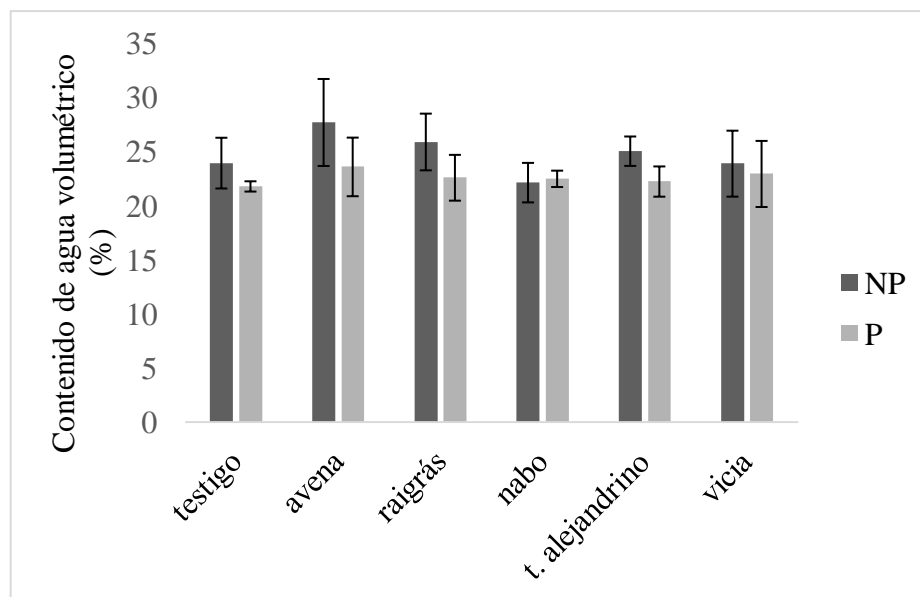


Figura 8. Contenido de agua volumétrico en los primeros 7 cm de suelo (%) para seis tratamientos (testigo, avena, raigrás, nabo, trébol alejandrino, vicia) con pastoreo (P) y sin pastoreo invernal (NP) medido 9 días post siembra del cultivo de soja.

4.7 IMPLANTACIÓN

El número de plantas instaladas fue de 38 plantas/m². No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de plantas entre niveles de pastoreo, tipo de cobertura invernal o sus interacciones.

Esto sugiere que la compactación generada por los animales durante el pastoreo no fue lo suficientemente importante para reducir la implantación del cultivo. El rastrojo de los CC no pastoreado tampoco parece haber comprometido la implantación de la soja.

4.8 RENDIMIENTO Y COMPONENTES

No se encontraron diferencias significativas en rendimiento entre tratamientos de pastoreo o coberturas; la producción promedio del ensayo fue afectada negativamente por las condiciones climáticas y fue modesta (1650 kg/ha) respecto al potencial del cultivo en la región.

Se realizaron análisis estadísticos para los componentes del rendimiento (no. de chauchas, no. de granos por planta y peso de mil granos) sin encontrarse diferencias significativas.

Los resultados sugieren que la compactación constatada mediante la resistencia a la penetración no llegó a niveles críticos como los encontrados en la bibliografía para afectar el crecimiento de las raíces. El cultivo fue afectado principalmente por el bajo contenido de agua en el suelo durante el fin de la etapa vegetativa y buena parte de la etapa reproductiva, que borró los efectos impuestos por los tratamientos de pastoreo y coberturas sobre el desarrollo radicular.

Los bajos rendimientos están explicados por las condiciones climáticas de la zafra; el agua fue la limitante para llegar al rendimiento alcanzable. De acuerdo a Giménez (2007) el cultivo de soja tiene un requerimiento de 650 mm a lo largo de todo el ciclo. Si bien el contenido de agua del suelo entre la siembra y las primeras etapas del cultivo no fue limitante para el normal desarrollo y crecimiento del cultivo hasta fines de diciembre (V8) esto generó un importante desarrollo vegetativo que luego se vio perjudicado por la escasez de precipitaciones durante los meses de enero y febrero. El exceso de lluvias del mes de abril generó problemas de calidad de grano por el exceso de humedad y terminó de perjudicar los rendimientos.

Aunque no se hayan encontrado diferencias a favor o en contra del uso de los cultivos coberturas no hay que olvidar cual es la función principal que estos tienen en el sistema que es evitar la erosión del suelo y, aprovechar el agua, luz y nutrientes que quedarían libres en el barbecho entre dos cultivos de verano (Siri y Ernst, 2011).

5. CONCLUSIONES

La resistencia a la penetración fue la única propiedad física del suelo que se vio afectada por el pastoreo de los cultivos de cobertura. Presentó una interacción entre el pastoreo/no pastoreo y las coberturas utilizadas en las siguientes profundidades: 0-5, 15-20 y 20-30.

El suelo con avena fue que mostró menores niveles de resistencia a la penetración independientemente del pastoreo; por otro lado el suelo con raigrás presentó bajos niveles de RP cuando no se pastoreó, pero en condiciones de pastoreo la RP aumentó significativamente.

En las profundidades de 5-10 y 10-15 cm las parcelas pastoreadas presentaron mayor RP que las no pastoreadas (1,7 MPa) si bien estos niveles no representan todavía una limitante para el crecimiento radicular.

Esto puede asociarse a la alta carga instantánea utilizada y la elevada intensidad de pastoreo durante un período relativamente corto pero durante el cual las precipitaciones estuvieron por encima del promedio histórico, lo que resultó en un suelo susceptible a la compactación por el alto contenido de humedad.

Por tanto, en caso de optarse por el pastoreo de los cultivos de cobertura en los sistemas agrícolas, como estrategia sistemática de amortizar sus costos y/o generar ingresos adicionales en el sistema, manejos de pastoreo como el realizado en este experimento (alta carga instantánea, elevada intensidad, suelo húmedo) pueden inducir a la compactación superficial afectando otras propiedades dinámicas del suelo como la densidad aparente en el mediano-largo plazo.

Es posible esperar un menor contenido de agua en el suelo a la siembra del cultivo de verano en las coberturas de invierno pastoreadas respecto a las no pastoreadas, posiblemente asociado a una menor tasa de infiltración durante el barbecho producida por la compactación del suelo y a una mayor tasa de evaporación por menor cantidad de residuos en superficie.

Las propiedades químicas del suelo (carbono orgánico, nitrógeno, potencial de mineralización de nitrógeno) se vieron afectadas por el pastoreo, presentando valores inferiores en las parcelas pastoreadas. Esto puede asociarse a que las parcelas pastoreadas presentan un horizonte A de menor longitud debido a compactación, lo que determina que al momento de tomar las muestras de 15 cm de profundidad haya una dilución de C y N por mayor presencia del horizonte subsiguiente.

Las alternativas utilizadas como cultivos de cobertura no tuvieron efectos sobre las propiedades dinámicas del suelo.

El rendimiento de soja no se vio afectado por el pastoreo de los cultivos de cobertura; posiblemente enmascarado por un efecto climático muy marcado que produjo un marcado déficit hídrico durante las etapas críticas del cultivo y posterior exceso al final del ciclo que condicionaron su productividad. Las propiedades dinámicas del suelo no se vieron afectadas al punto de limitar el desarrollo radicular y consecuentemente el rendimiento.

En el corto plazo, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento, la utilización de los CC como forraje para animales podría ser una alternativa válida para obtener un beneficio económico o al menos cubrir el costo adicional que éstos generan.

Persiste la necesidad de información acerca de los posibles efectos acumulativos de esta práctica en el largo plazo.

6. RESUMEN

Los sistemas de producción que se basan en un cultivo por año generan tiempos de barbecho excesivamente largos, en los que se aumenta la probabilidad de tener pérdidas de suelo y nutrientes por erosión. La utilización de cultivos CC durante este período, normalmente improductivo, permite mantener el suelo cubierto, reciclar nutrientes y produce un nuevo ingreso de rastrojo al sistema; aunque genera un costo adicional. Una alternativa para hacer frente a los costos es el pastoreo de los CC. En este experimento se evaluó el efecto del pastoreo de diferentes coberturas invernales (nabo, vicia, trébol alejandrino, raigrás, avena, testigo) sobre algunas propiedades dinámicas del suelo; carbono orgánico (C), nitrógeno (N), potencial de mineralización de nitrógeno (PMN), contenido de agua volumétrico y gravimétrico, densidad aparente (DAP), y resistencia a la penetración (RP). La RP se vio afectada por el pastoreo, presentó valores superiores en las parcelas pastoreadas de 5-15 cm de profundidad, aunque no alcanzó niveles que limitaran el desarrollo de los cultivos (2,5 y 4,1 Mpa). También se presentó una interacción entre el pastoreo/no pastoreo y los CC utilizados a diferentes profundidades. C, N y PMN presentaron valores superiores en las parcelas no pastoreadas, al igual que el contenido de agua volumétrico. Asimismo, se evaluó el efecto de cada alternativa sobre otras propiedades del suelo sin encontrarse diferencias significativas. Por último, se evaluó el efecto del pastoreo de los CC sobre el comportamiento agronómico en el cultivo de soja sin encontrarse diferencias significativas (1650 kg promedio) lo cual está explicado por el factor clima; la ausencia de precipitaciones durante el periodo crítico y el exceso de las mismas durante el mes de abril determinaron problemas en la sanidad del cultivo y en el rendimiento alcanzable.

Palabras clave: Cultivo de cobertura; *Glycine max* (L.); Pastoreo.

7. SUMMARY

Production systems that are based on a crop per year generate excessively long fallow periods, which increase the probability of soil and nutrients losses caused by erosion. The use of cover crops (CC) during this period –normally unproductive- enable to maintain a covered soil, nutrients recycling and a new crop residue income into the system; despite it generates an additional cost. CC grazing is one of the alternatives to deal with these costs. Grazing effects of different winter cover crops (vicia, clover, rape, oats, ryegrass, control sample) on the dynamic properties of soil were evaluated in this experiment; organic carbon (C), nitrogen (N), nitrogen mineralization's potential (NMP), volumetric and gravimetric water content, bulk density (BD) and penetration resistance (PR). PR presented higher values in the grazing plots from 5-15 cm depth, yet it didn't reach levels that limit the normal growth of crops (2,5 to 4,1 Mpa). An interaction among grazing/no grazing and the different CC was shown on this properties. C, N, PMN as well as volumetric water content presented higher values in the no grazing plots. Likewise, the effects of each alternative in particular on the dynamic properties mentioned before were evaluated giving as a result no significant differences. Finally, the effects of grazing on the agronomic behavior of soybean were evaluated with no significant differences (1650 kg average), which could be explained by the weather factor. This is, the absence of rainfall during the critical period and the excess during the month of april determine problems in crop sanitation and consequently in the reachable yield.

Keywords: Cover crops; *Glycine max* (L.); Grazing.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agostini, M.; Studdert, G.; San Martino, S.; Costa, J.; Balbuena, R.; Ressia, M.; Mendivil, G.; Lázaro, L. 2012. Crop residue grazing and tillage systems effects on soil physical properties and corn (*Zea mays* L.). *Performance Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 12: 271-282.
2. Andrade, F.; Vega, C. 2000. Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras. In: Andrade, F.; Sadras, V. O. eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Balcarce, INTA. pp. 97-126.
3. Andriani, J. 2016. Lo que hay que saber del consumo de agua de los cultivos. INTA. Para Mejorar la Producción. no. 55:99-108.
4. Artigas, M.; García, I. 2012. Efecto del cultivo de cobertura con y sin pastoreo sobre implantación, crecimiento y rendimiento de soja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 65 p.
5. Baigorri, H. 2004. Criterios para la elección y el manejo de cultivares de soja. (en línea). Marcos Juárez, INTA. 21 p. Consultado 20 ago. 2016. Disponible en <http://www.elsitioagricola.com/articulos/baigorri/criterioseleccionmanejosoja.pdf>
6. Blake, G. R.; Hartge, K. H. 1986. Bulk density. In: Klute, A. ed. Methods of soil analysis. 2nd. ed. Madison, WI, ASA/SSSA. pt.1, pp. 363- 374 (Agronomy monograph no. 9).
7. Blanco Canqui, H.; Holman, J.; Schlegel, J.; Tatarko, J.; Shaver, T. 2013. Replacing fallow with cover crops in a semiarid soil; effects on soil properties. *Soil Science Society of American Journal*. 77:1026-1034.
8. _____; Shaver, T.; Lindquist, J.; Shapiro, C.; Elmore, R.; Francis, C.; Hergert, G. 2015. Cover crops and ecosystem services; insights from studies in temperate soils. *Agronomy Journal*. 107: 2449–2474.
9. Capurro, J.; Surjack J.; Andriani, J.; Dickie, M. J.; González, M. C. 2010. Evaluación de distintas especies de cultivos de cobertura en secuencias soja-soja en el área sur de la provincia de Santa Fé. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. no. 47:13-15.

10. _____. 2016. La conservación de los suelos, la clave. INTA. Para Mejorar la Producción. no. 54:213-214.
11. Daniel, J.; Potter, K.; Altom, W.; Aljoe, H.; Stevens, R. 2002. Long-term grazing density impacts on soil compaction. (en línea). Transactions of the ASAE. 45(6): 1911–1915. Consultado 16 ago. 2016. Disponible en <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=11442>
12. Denoia, J.; Zeppa, G.; Martín, B. 2000. Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y sobre otras propiedades físicas del suelo. Rosario, Argentina, Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Agrarias. pp. 129-141.
13. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2017. InfoStat versión 2017. (en línea). Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. Grupo InfoStat. s.p. Consultado 15 feb. 2017. Disponible en <http://www.infostat.com.ar/>
14. Doneda, A.; Aita, C.; Giacomini, S.; Carvalho Miola, E.; Giacomini, D.; Schirmann, J.; Gonzatto, R. 2012. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. (en línea). Ciência do Solo. 36:1714-1723. Consultado 16 ago. 2016. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/1802/180225136004/>
15. Durán, A. 2000. Propiedades hídricas de los suelos. Montevideo, Facultad de Agronomía. s.p.
16. Ernst, O. 1999. Siembra sin laboreo de cultivos de verano. *In:* Ernst, O.; García Préchac, F.; Martino, D. eds. Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. Montevideo, PROCISUR. 1 disco compacto.
17. _____.; Siri Prieto, G. 2004. Leguminosas como cultivos de cobertura. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. no. 21:1-9.
18. _____.; _____. 2008. Sistema de laboreo y rotación de cultivos en Uruguay; resumen de resultados. Cangüé. no.30:2-8.
19. _____.; Mazzilli, S.; Siri Prieto, G. 2009. Manejo de la reserva de agua de suelo para situaciones de estrés hídrico. *In:* Simposio Nacional de Agricultura de Secano (1º., 2009, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 33-48.

20. _____.; Siri Prieto, G. 2011. Raigrás como cultivo de cobertura; efecto del largo del período de barbecho sobre la disponibilidad de agua, el riesgo de erosión y el rendimiento de la soja. Cangüé. no. 31: 18-27.
21. Fernández, P.; Álvarez, C.; Taboada, M.; Correa Luna, M. 2006. Propiedades físicas en sistemas de producción mixta y de agricultura continua en siembra directa. Buenos Aires, UBA. Facultad de Agronomía. Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes. 5 p.
22. Fernández, R.; Funaro, D.; Quiroga, A. 2005. Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. INTA. Boletín de Divulgación Técnica no. 87:25-31.
23. Fisk, J.; Hesterman, O.; Shrestha, A.; Kells, J.; Harwood, R.; Squire, J.; Sheaffe, C. 2001. Weed suppression by annual legume cover crops in no-tillage corn. *Agronomy Journal*. 93(2): 319-325.
24. Giménez, L. 2007. Estudio de la disponibilidad hídrica en cultivos de verano en Uruguay. In: Congreso Internacional de Riego y Drenaje (3º., 2007, La Habana). Libro de resúmenes. La Habana, Cuba, MINAG. Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje. s.p.
25. Hanks, R.; Ashcroft, G. 1980. Applied soil physics; soil water and temperature applications. Berlin, Springer-Verlag. 159 p. (Advanced Series in Agricultural Sciences no. 8).
26. _____. 1992. Applied soil physics; soil water and temperature applications. 2nd. ed. New York, Springer-Verlag. 173 p.
27. Horn, R.; Fleige, H. 2009. Risk assessment of subsoil compaction for arable soils in Northwest Germany at farm scale. *Soil and Tillage Research*. 102(2): 201-208.
28. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Sistema y Agro-Clima, UY). 2017. Banco de datos agroclimáticos; periodo 2015-2016. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 1 set. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
29. Kahl, M.; de Carli, R.; Behr, E. 2016. Dinámica de las malezas de ciclo invernal sobre cultivos de cobertura y en barbecho químico en el centro-oeste de Entre Ríos. Paraná, INTA. pp. 6-16 (Serie de extensión no. 78).

30. Keller, T.; Hakansson, I. 2010. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*. 154: 398-406.
31. Laycock, W.; Conrad, W. 1967. Effect of grazing on soil compactation measured by bulk density on a high cattle range. *Journal of Range Management*. 20(3): 136-140.
32. Letey, J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*. 1:277-294.
33. Liebman, M.; Davis, A. 2000. Integration of soil, crop, and weed management in low-external input farming systems. *Weed Research*. 40:27-47.
34. MAP. DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca. Dirección de Suelos y Fertilizantes, UY). 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. (en línea). Montevideo. 96 p. Consultado 10 set. 2016. Disponible en <http://cebra.com.uy/renare/media/Carta-de-reconocimiento-de-Suelos-del-Uruguay-1.1.000.000-imprimir-A0.pdf>
35. Martín, B.; Zerpa, G.; Sosa, O.; Denoia, J. 1998. Efecto del tránsito animal sobre las propiedades físicas del suelo y sobre la velocidad de infiltración. *In*: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (16°. 1998, Carlos Paz, Córdoba). Actas. Carlos Paz, Córdoba, s.e. pp.11-13.
36. Martino, D. 2001. Manejo de restricciones físicas del suelo en sistema de siembra directa. (en línea). Colonia, INIA. pp. 225-257 (Documento online no. 032). Consultado 20 ago. 2016. Disponible en http://www.inia.org.uy/siembra/daniel_martino.pdf
37. May, Z.; Schmitz, S. 1997. Efecto de la edad de chacra y secuencia de laboreo sobre el crecimiento y rendimiento de sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 81 p.
38. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. Encuesta agrícola 2016. 19 p. (Serie Encuestas no. 336).
39. Micucci, F. G.; Cosentino, D.; Taboada, M. A. 2002. Impacto de las labranzas sobre los flujos de agua y los tamaños de poros en dos suelos de la pampa ondulada. *In*: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (18o., 2002, Puerto Madryn). Actas. Puerto Madryn, Argentina, AACS. p. 21.

40. Míguez, F.; Villamil, M.; Crandall, S.; Ruffo, M.; Bollero, G. 2009. Los efectos de los cultivos de cobertura sobre los rendimientos de maíz. In: Simposio de Fertilidad (2009, Rosario, Santa Fé). Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos. Rosario, IPNI Cono Sur/Fertilizar AC. pp. 12-13.
41. Müller, G.; Saluzzio, M.; de Battista, J. 2008. Comparación de distintos cultivos de cobertura en un suelo vertisol. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (21o., 2008, Potrero de los Funes). Actas. San Luis, AACS. pp. 2-6.
42. NCSS (National Cooperative Soil Survey Characterization Database, US). 2017. Caracterización física de los suelos. (en línea). Washington, D. C. s.p. Consultado 3 set. 2017. Disponible en <https://ncsslabsdatamart.sc.egov.usda.gov/>
43. Negrón, M. 2011. Efecto del peso-tamaño de vacas lecheras a pastoreo sobre la sustentabilidad del complejo suelo-pradera. Tesis Magíster en Ciencias mención Producción Animal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 73 p.
44. Pravia, V.; Terra, J.; Roel, A.; Correa, J. M. 2007. Impacto de la intensidad de uso del suelo sobre los cultivos de sorgo y soja a escala de chacra en lomadas del este. In: Cultivos y Forrajes de Verano (2007, Treinta y Tres). Parada agrícola. Montevideo, INIA. pp. 8-28 (Actividades de Difusión no. 499).
45. Proffitt, A.; Bendotti, S.; Howell, M.; Eastham, J. 1993. The effect of sheep trampling and grazing on soil physical properties and pasture growth for a red-brown earth. *Australian Journal of Agricultural Research*. 44(2): 317-331.
46. Reeves, D. W.; Touchton, J. T. 1991. Influence of fall tillage and cover crops on soil water and nitrogen use efficiency of corn grown on a Coastal Plain soil. In: Hargrove, W. L. ed. Cover crops for clean water. Ankeny, IA, Soil and Water Conservation Society. pp. 76-77.
47. _____. 1994. Cover crops and rotations. In: Hatfield, J. L.; Steward, B. A. eds. Advances in soil science; crops residue management. Boca Raton, FL, Lewis Publishers. pp. 125-172.
48. Restovich, S. B.; Andriulo, A.; Torti, M. 2008. Destino del nitrógeno edáfico luego de la cosecha del maíz con diferentes cultivos de cobertura utilizados como antecesores bajo siembra directa en la pampa ondulada. In: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (21o., 2008, Potrero de los Funes). Actas. San Luis, AACS. pp. 7-15.

49. Rojas, J. s.f. Densidad aparente; comparación de métodos de determinación en ensayo de rotaciones en siembra directa. (en línea). Saénz Peña, Chaco, Argentina, INTA. 3 p. Consultado 6 ago. 2016. Disponible en <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta- densidad aparente.pdf>
50. Sanzano, A.; Fadda, G. 2006. Esguerrimiento, pérdida de suelo y nutrientes por erosión hídrica con la introducción de la rotación soja-maíz. *In*: Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo (20°. , 2006, Salta y Jujuy). Actas. San Luis, AACS. p. 412.
51. Sawchik, J.2004. La intensificación agrícola y el manejo del agua en los sistemas. *In*: Simposio Sustentabilidad de la Intensificación Agrícola en el Uruguay (2004, Mercedes). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 11-17 (Actividades de Difusión no. 365)
52. _____; Siri, G.; Ayala, W.; Barrios, E.; Bustamante, M.; Ceriani, M.; Gutiérrez, F.; Mosqueira, J.; Otaño, C.; Pérez, M.; Piñeiro, G.; Pinto, P.; Terra, J.; Zarza, R. 2015. El sistema agrícola bajo amenaza; ¿qué aportan los cultivos de cobertura y/o las pasturas cortas? *In*: Simposio Nacional de Agricultura (4°. , 2015, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 151-168.
53. Taboada, M. A.; Álvarez, C. R. 2008. Fertilidad física de los suelos. 2ª. ed. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 237 p.
54. Terra, J.; García Préchac, F. 2001. Ciclo de cultivos de las rotaciones. *In*: Terra, J.; García Préchac, F. eds. Siembra directa y rotaciones forrajeras en las lomadas del este; síntesis 1995-2000. Montevideo, INIA. pp.34-50 (Serie Técnica no. 125).
55. Tisdall, J.; Oades, J. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *European Journal of Soil Science*. 33:141-163.
56. Veihmeyer, F. J.; Hendrickson, A. H. 1948. Soil density and root penetration. *Soil Science*.65: 487-493.
57. Venanzi, S.; de Sa Pereira, E.; Krüger, H. 2002. La siembra directa y ganadería. Efectos del pastoreo sobre la compactación a corto plazo.(en línea). Bordenave, INTA. 5 p. Consultado 2 ago. 2016. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/57-santi5.pdf
58. Waring, S. A.; Bremner, J. M. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature*. 20: 951-952.

59. Wright, A. F.; Bailey, J. S. 2001. Organic carbon, total carbon, and total nitrogen determinations in soils of variable calcium carbonate contents using a Leco CN-2000 dry combustion analyzer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*.32: 3243- 3258.
60. Zamora, M.; Duhalde, J.; Carrasco, N.; Baez, A.; Vets Jensen, M.; Di Nocio, L. 2002. Pastoreo de verdeos de invierno bajo siembra directa; efectos sobre el suelo y rendimiento de los cultivos posteriores. Producción de carne. (en línea). Buenos Aires, Argentina, INTA. Tres Arroyos. 9 p. Consultado 15 ago. 2016. Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/52-pastoreo.pdf

9. ANEXOS

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rinde 13%	48	0.62	0.40	11.15

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	1641012.92	17	96530.17	2.85	0.0060	
tratamiento	1026.75	1	1026.75	0.01	0.9188	(trat.*bloq.)
bloque	731666.50	3	243888.83	7.19	0.0009	
trat.*bloq.	250806.75	3	83602.25	2.47	0.0814	
cobertura	395546.17	5	79109.23	2.33	0.0666	
trat.*cob.	261966.75	5	52393.35	1.55	0.2058	
error	1017265.75	30	33908.86			
Total	2658278.67	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=265.63142

Error: 83602.2500 gl: 3

Tratamiento	Medias	n	E.E.
-------------	--------	---	------

No pastoreado	1655.79	24	59.02 A
---------------	---------	----	---------

Pastoreado	1646.54	24	59.02 A
------------	---------	----	---------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=280.04503

Error: 33908.8583 gl: 30

Cobertura	Medias	n	E.E.
-----------	--------	---	------

avena az.	1803.00	8	65.10 A
-----------	---------	---	---------

t. alejandrino	1698.88	8	65.10 A
----------------	---------	---	---------

testigo	1695.63	8	65.10 A
---------	---------	---	---------

<i>Vicia sativa</i>	1606.88	8	65.10 A
---------------------	---------	---	---------

nabo forrajero	1562.13	8	65.10 A
----------------	---------	---	---------

raigrás cetus	1540.50	8	65.10 A
---------------	---------	---	---------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO MATERIA SECA DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Kg/ha m. seca	96	0.56	0.47	52.26

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	99103642.84	17	5829626.05	5.90	<0.0001	
tratamiento	45693180.84	1	45693180.84	108.69	0.0019	(trat.*bloq.)
bloque	17345069.20	3	5781689.73	5.85	0.0012	
trat.*bloq.	1261254.78	3	420418.26	0.43	0.7353	
cobertura	19161396.55	5	3832279.31	3.88	0.0034	
trat.*cob.	15642741.47	5	3128548.29	3.17	0.0118	
error	77065674.40	78	988021.47			
Total	176169317.24	95				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=421.20765

Error: 420418.2604 gl: 3

tratamiento	Medias	n	E.E.
No pastoreado	2591.77	48	93.59 A
Pastoreado	1211.96	48	93.59 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1026.79350

Error: 988021.4666 gl: 78

cobertura	Medias	n	E.E.
nabo	2559.94	16	248.50 A
avena az.	2150.00	16	248.50 A
<i>Vicia sativa</i>	2090.06	16	248.50 A B
raigrás	1811.06	16	248.50 A B
t. alejandrino	1679.06	16	248.50 A B
testigo	1121.06	16	248.50 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DENSIDAD APARENTE

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad ap.	48	0.47	0.17	4.55

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	0.10	17	0.01	1.58	0.1332	
tratamiento	0.01	1	0.01	2.02	0.2501	(trat.*bloq.)
bloque	0.05	3	0.02	4.50	0.0101	
trat.*bloq.	0.02	3	0.01	1.81	0.1674	
cobertura	0.01	5	1.8E-03	0.47	0.7920	
trat.*cob.	0.01	5	1.4E-03	0.38	0.8582	
error	0.11	30	3.7E-03			
Total	0.21	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.07552

Error: 0.0068

gl: 3

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Pastoreado	1.36	24	0.02 A
No pastoreado	1.33	24	0.02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09304

Error: 0.0037

gl: 30

Cobertura	Medias	n	E.E.
t. alejandrino	1.36	8	0.02 A
raigrás cetus	1.36	8	0.02 A
testigo	1.35	8	0.02 A
avena az.	1.34	8	0.02 A
nabo forrajero	1.34	8	0.02 A
<i>Vicia sativa</i>	1.32	8	0.02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PMN

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
mg/kg N-NH ₄	32	0.73	0.06	79.89

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	7799.25	22	354.51	1.09	0.4746	
tratamiento	338.00	1	338.00	162.24	0.0010	(trat.*bloq.)
bloque	3468.25	3	1156.08	3.54	0.0613	
trat.*bloq.	6.25	3	2.08	0.01	0.9992	
cobertura	1003.00	3	334.33	1.02	0.4271	
trat.*cob.	1192.50	3	397.50	1.22	0.3586	
error	2940.25	9	326.69			
Total	10739.50	31				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.62404

Error: 2.0833

gl: 3

tratamiento	Medias	n	E.E.
-------------	--------	---	------

No pastoreado	25.88	16	0.36 A
---------------	-------	----	--------

Pastoreado	19.38	16	0.36 B
------------	-------	----	--------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=28.21277

Error: 326.6944

gl: 9

cobertura	Medias	n	E.E.
-----------	--------	---	------

testigo	31.88	8	6.39 A
---------	-------	---	--------

nabo	21.88	8	6.39 A
------	-------	---	--------

t. alejandrino	19.63	8	6.39 A
----------------	-------	---	--------

avena az.	17.13	8	6.39 A
-----------	-------	---	--------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE 0-5 CM DE PROFUNDIDAD DE SUELO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RP 0-5	48	0.83	0.74	14.41

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	4.63	17	0.27	8.90	<0.0001	
tratamiento	3.31	1	3.31	31.85	0.0110	(trat.*bloq.)
bloque	0.14	3	0.05	1.56	0.2198	
trat.*bloq.	0.31	3	0.10	3.39	0.0307	
cobertura	0.40	5	0.08	2.61	0.0449	
trat.*cob.	0.47	5	0.09	3.08	0.0232	
error	0.92	30	0.03			
Total	5.55	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.29594

Error: 0.1038

gl: 3

Tratamiento	Medias	n	E.E.
-------------	--------	---	------

Pastoreado	1.48	24	0.07 A
------------	------	----	--------

No pastoreado	0.95	24	0.07 B
---------------	------	----	--------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.26613

Error: 0.0306

gl: 30

Cobertura	Medias	n	E.E.
-----------	--------	---	------

raigrás cetus	1.33	8	0.06 A
---------------	------	---	--------

testigo	1.32	8	0.06 A
---------	------	---	--------

nabo forrajero	1.24	8	0.06 A
----------------	------	---	--------

t. alejandrino	1.18	8	0.06 A
----------------	------	---	--------

<i>Vicia sativa</i>	1.13	8	0.06 A
---------------------	------	---	--------

avena az.	1.09	8	0.06 A
-----------	------	---	--------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.43756			
Error: 0.0306	gl: 30				
<u>Tratamiento</u>	<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
No pastoreado	avena az.	0.85	4	0.09	A
No pastoreado	raigrás cetus	0.86	4	0.09	A
No pastoreado	<i>Vicia sativa</i>	0.88	4	0.09	A B
No pastoreado	t. alejandrino	0.98	4	0.09	A B C
No pastoreado	testigo	1.07	4	0.09	A B C
No pastoreado	nabo forrajero	1.08	4	0.09	A B C
Pastoreado	avena az.	1.32	4	0.09	B C D
Pastoreado	t. alejandrino	1.38	4	0.09	C D E
Pastoreado	<i>Vicia sativa</i>	1.39	4	0.09	C D E
Pastoreado	nabo forrajero	1.40	4	0.09	C D E
Pastoreado	testigo	1.58	4	0.09	D E
<u>Pastoreado</u>	<u>raigrás cetus</u>	<u>1.80</u>	<u>4</u>	<u>0.09</u>	<u>E</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE 5-10 CM DE PROFUNDIDAD DE SUELO

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RP 5-10	48	0.78	0.65	17.18

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	7.18	17	0.42	6.13	<0.0001	
tratamiento	4.92	1	4.92	43.00	0.0072	(trat.*bloq)
bloque	0.39	3	0.13	1.91	0.1493	
trat.*bloq.	0.34	3	0.11	1.66	0.1964	
cobertura	0.70	5	0.14	2.04	0.1014	
trat.*cob.	0.82	5	0.16	2.38	0.0624	
error	2.07	30	0.07			
<u>Total</u>	<u>9.25</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.31078

Error: 0.1144 gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Pastoreado	1.85	24	0.07 A
No pastoreado	1.21	24	0.07 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.39920	
Error: 0.0689	gl: 30		
<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
raigrás cetus	1.68	8	0.09 A
nabo forrajero	1.66	8	0.09 A
testigo	1.58	8	0.09 A
t. alejandrino	1.47	8	0.09 A
<i>Vicia sativa</i>	1.45	8	0.09 A
<u>avena az.</u>	<u>1.34</u>	<u>8</u>	<u>0.09 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE 10-15 CM DE PROFUNDIDAD DE SUELO

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RP 10-15	48	0.66	0.47	20.57

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	4.04	17	0.24	3.47	0.0014	
tratamiento	2.22	1	2.22	22.79	0.0175	(trat.*bloq.)
bloque	0.32	3	0.11	1.55	0.2220	
trat.*bloq.	0.29	3	0.10	1.42	0.2562	
cobertura	0.43	5	0.09	1.26	0.3079	
trat.*cob.	0.78	5	0.16	2.28	0.0723	
error	2.06	30	0.07			
<u>Total</u>	<u>6.10</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.28668	
Error: 0.0974	gl: 3		
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Pastoreado	1.49	24	0.06 A
<u>No pastoreado</u>	<u>1.06</u>	<u>24</u>	<u>0.06 B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.39820	
Error: 0.0686	gl: 30		
<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
raigrás cetus	1.42	8	0.09 A
nabo forrajero	1.34	8	0.09 A
testigo	1.32	8	0.09 A
<i>Vicia sativa</i>	1.22	8	0.09 A
t. alejandrino	1.21	8	0.09 A
<u>avena az.</u>	<u>1.13</u>	<u>8</u>	<u>0.09 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE 15-20 CM DE PROFUNDIDAD DE SUELO

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RP 15-20	48	0.62	0.40	20.92

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	2.34	17	0.14	2.86	0.0058	
tratamiento	0.83	1	0.83	10.50	0.0479	(trat.*bloq.)
bloque	0.32	3	0.11	2.19	0.1101	
trat.*bloq.	0.24	3	0.08	1.65	0.1994	
cobertura	0.34	5	0.07	1.43	0.2437	
trat.*cob.	0.61	5	0.12	2.55	0.0492	
error	1.44	30	0.05			
<u>Total</u>	<u>3.79</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.25868	
Error: 0.0793	gl: 3		
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Pastoreado	1.18	24	0.06 A
<u>No pastoreado</u>	<u>0.92</u>	<u>24</u>	<u>0.06 B</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.33365

Error: 0.0481 gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
raigrás cetus	1.17	8	0.08 A
testigo	1.12	8	0.08 A
nabo forrajero	1.10	8	0.08 A
<i>Vicia sativa</i>	1.00	8	0.08 A
avena az.	0.96	8	0.08 A
t. alejandrino	0.94	8	0.08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.54857

Error: 0.0481

gl: 30

<u>Tratamiento</u>	<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	raigrás cetus	0.81	4	0.11 A
No pastoreado	avena az.	0.85	4	0.11 A
No pastoreado	t. alejandrino	0.89	4	0.11 A
No pastoreado	<i>Vicia sativa</i>	0.90	4	0.11 A
No pastoreado	testigo	0.96	4	0.11 A
Pastoreado	t. alejandrino	0.99	4	0.11 A B
Pastoreado	avena az.	1.08	4	0.11 A B
No pastoreado	nabo forrajero	1.09	4	0.11 A B
Pastoreado	<i>Vicia sativa</i>	1.10	4	0.11 A B
Pastoreado	nabo forrajero	1.10	4	0.11 A B
Pastoreado	testigo	1.29	4	0.11 A B
Pastoreado	raigrás cetus	1.53	4	0.11 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE 20-30 CM DE PROFUNDIDAD DE SUELO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RP 20-30	48	0.73	0.58	17.62

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	4.31	17	0.25	4.87	0.0001	
tratamiento	2.54	1	2.54	26.28	0.0144	(trat.*bloq.)
bloque	0.29	3	0.10	1.83	0.1629	
trat.*bloq.	0.29	3	0.10	1.86	0.1585	
cobertura	0.47	5	0.09	1.81	0.1415	
trat.*cob.	0.72	5	0.14	2.77	0.0357	
error	1.56	30	0.05			
Total	5.87	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.28558

Error: 0.0966

gl: 3

Tratamiento	Medias	n	E.E.
-------------	--------	---	------

Pastoreado	1.52	24	0.06 A
------------	------	----	--------

No pastoreado	1.06	24	0.06 B
---------------	------	----	--------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.34705

Error: 0.0521

gl: 30

Cobertura	Medias	n	E.E.
-----------	--------	---	------

raigrás cetus	1.43	8	0.08 A
---------------	------	---	--------

nabo forrajero	1.37	8	0.08 A
----------------	------	---	--------

testigo	1.36	8	0.08 A
---------	------	---	--------

<i>Vicia sativa</i>	1.23	8	0.08 A
---------------------	------	---	--------

t. alejandrino	1.23	8	0.08 A
----------------	------	---	--------

avena az.	1.15	8	0.08 A
-----------	------	---	--------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.57060
 Error: 0.0521 gl: 30

Tratamiento	Cobertura	Medias	n	E.E.
No pastoreado	raigrás cetus	0.95	4	0.11 A
No pastoreado	avena az.	0.95	4	0.11 A
No pastoreado	<i>Vicia sativa</i>	1.05	4	0.11 A B
No pastoreado	t. alejandrino	1.07	4	0.11 A B
No pastoreado	testigo	1.11	4	0.11 A B
No pastoreado	nabo forrajero	1.26	4	0.11 A B
Pastoreado	avena az.	1.36	4	0.11 A B C
Pastoreado	t. alejandrino	1.38	4	0.11 A B C
Pastoreado	<i>Vicia sativa</i>	1.40	4	0.11 A B C
Pastoreado	nabo forrajero	1.48	4	0.11 A B C
Pastoreado	testigo	1.60	4	0.11 B C
Pastoreado	raigrás cetus	1.92	4	0.11 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE 30-40 CM DE PROFUNDIDAD DE SUELO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RP 30-40	48	0.50	0.21	16.99

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (Error)
Modelo.	0.47	17	0.03	1.74	0.0904
tratamiento	1.3E-03	1	1.3E-03	0.05	0.8322 (trat.*bloq.)
bloque	0.22	3	0.07	4.67	0.0086
trat.*bloq.	0.07	3	0.02	1.48	0.2393
cobertura	0.13	5	0.03	1.62	0.1842
trat.*cob.	0.05	5	0.01	0.58	0.7164
error	0.48	30	0.02		
Total	0.95	47			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14127
 Error: 0.0236 gl: 3

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Pastoreado	0.75	24	0.03 A
No pastoreado	0.74	24	0.03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19208

Error: 0.0160

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
nabo forrajero	0.82	8	0.04 A
t. alejandrino	0.78	8	0.04 A
<i>Vicia sativa</i>	0.75	8	0.04 A
testigo	0.73	8	0.04 A
raigrás cetus	0.73	8	0.04 A
avena az.	0.65	8	0.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE 40-50 CM DE PROFUNDIDAD DE SUELO

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
RP 40-50	48	0.42	0.10	19.30

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.37	17	0.02	1.29	0.2617	
tratamiento	0.01	1	0.01	0.24	0.6557	(trat.*bloq.)
bloque	0.08	3	0.03	1.69	0.1907	
trat.*bloq.	0.13	3	0.04	2.52	0.0771	
cobertura	0.07	5	0.01	0.81	0.5491	
trat.*cob.	0.08	5	0.02	0.94	0.4711	
error	0.50	30	0.02			
<u>Total</u>	<u>0.87</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18871

Error: 0.0422 gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Pastoreado	0.69	24	0.04 A
No pastoreado	0.66	24	0.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19693

Error: 0.0168

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
nabo forrajero	0.74	8	0.05 A
testigo	0.69	8	0.05 A
t. alejandrino	0.68	8	0.05 A
raigrás cetus	0.67	8	0.05 A
avena az.	0.64	8	0.05 A
<u>Vicia sativa</u>	<u>0.62</u>	<u>8</u>	<u>0.05 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN DE 50-60 CM DE PROFUNDIDAD DE SUELO

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV

RP 50-60 48 0.51 0.24 22.47

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.79	17	0.05	1.87	0.0650	
tratamiento	0.05	1	0.05	0.54	0.5170	(trat.*bloq.)
bloque	0.11	3	0.04	1.41	0.2580	
trat.*bloq.	0.26	3	0.09	3.55	0.0261	
cobertura	0.17	5	0.03	1.34	0.2749	
trat.*cob.	0.21	5	0.04	1.67	0.1731	
error	0.74	30	0.02			
<u>Total</u>	<u>1.53</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.27231

Error: 0.0879

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Pastoreado	0.73	24	0.06 A
<u>No pastoreado</u>	<u>0.67</u>	<u>24</u>	<u>0.06 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.23940	
Error: 0.0248	gl: 30		
<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
nabo forrajero	0.76	8	0.06 A
testigo	0.75	8	0.06 A
avena az.	0.72	8	0.06 A
raigrás cetus	0.71	8	0.06 A
t. alejandrino	0.67	8	0.06 A
<u>Vicia sativa</u>	<u>0.59</u>	<u>8</u>	<u>0.06 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO % DE NITRÓGENO

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
% N	48	0.51	0.23	11.65

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.01	17	7.3E-04	1.85	0.0689	
tratamiento	3.2E-03	1	3.2E-03	7.47	0.0718	(trat.*bloq.)
bloque	3.7E-03	3	1.2E-03	3.11	0.0410	
trat.*bloq.	1.3E-03	3	4.2E-04	1.07	0.3753	
cobertura	2.1E-03	5	4.3E-04	1.08	0.3891	
trat.*cob.	2.1E-03	5	4.3E-04	1.08	0.3891	
error	0.01	30	4.0E-04			
Total	0.02	47				

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.01892	
Error: 0.0004	gl: 3		
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	0.18	24	4.2E-03 A
<u>Pastoreado</u>	<u>0.16</u>	<u>24</u>	<u>4.2E-03 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03024

Error: 0.0004

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
<i>Vicia sativa</i>	0.18	8	0.01 A
avena az.	0.18	8	0.01 A
testigo	0.17	8	0.01 A
nabo forrajero	0.17	8	0.01 A
raigrás cetus	0.17	8	0.01 A
t. alejandrino	0.16	8	0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO % CARBONO ORGÁNICO

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
% Corg.	48	0.54	0.28	11.35

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	1.62	17	0.10	2.08	0.0387	
tratamiento	0.41	1	0.41	8.15	0.0648	(trat.*bloq.)
bloque	0.66	3	0.22	4.82	0.0074	
trat.*bloq.	0.15	3	0.05	1.09	0.3676	
cobertura	0.17	5	0.03	0.76	0.5831	
trat.*cob.	0.22	5	0.04	0.98	0.4467	
error	1.37	30	0.05			
Total	2.99	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.20525

Error: 0.0499

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	1.98	24	0.05 A
Pastoreado	1.79	24	0.05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.32512	
Error: 0.0457	gl: 30		
<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
<i>Vicia sativa</i>	1.98	8	0.08 A
avena az.	1.91	8	0.08 A
raigrás cetus	1.91	8	0.08 A
t. alejandrino	1.87	8	0.08 A
nabo forrajero	1.83	8	0.08 A
testigo	1.79	8	0.08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO NITRÓGENO TOTAL

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
N Total (tt)	48	0.57	0.33	11.64

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	6.48	17	0.38	2.38	0.0186	
tratamiento	2.58	1	2.58	13.61	0.0345	(trat.*bloq.)
bloque	1.59	3	0.53	3.31	0.0334	
trat.*bloq.	0.57	3	0.19	1.18	0.3335	
cobertura	0.52	5	0.10	0.65	0.6666	
trat.*cob.	1.22	5	0.24	1.52	0.2119	
error	4.81	30	0.16			
Total	11.30	47				

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.39997	
Error: 0.1895	gl: 3		
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	3.67	24	0.09 A
Pastoreado	3.21	24	0.09 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.60924
 Error: 0.1605 gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
<i>Vicia sativa</i>	3.60	8	0.14 A
avena az	3.54	8	0.14 A
raigrás cetus	3.45	8	0.14 A
testigo	3.41	8	0.14 A
nabo forrajero	3.38	8	0.14 A
t. alejandrino	3.28	8	0.14 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO CARBONO ORGÁNICO TOTAL

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Corg. Total (tt)	48	0.61	0.39	11.57

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	916.23	17	53.90	2.79	0.0069	
tratamiento	332.34	1	332.34	14.39	0.0321	(trat.*bloq.)
bloque	310.34	3	103.45	5.35	0.0045	
trat.*bloq.	69.28	3	23.09	1.19	0.3288	
cobertura	68.12	5	13.62	0.70	0.6246	
trat.*cob.	136.15	5	27.23	1.41	0.2498	
error	580.22	30	19.34			
Total	1496.46	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.41480
 Error: 23.0931 gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	40.65	24	0.98 A
Pastoreado	35.39	24	0.98 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=6.68817	
Error: 19.3407	gl: 30		
<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
<i>Vicia sativa</i>	39.37	8	1.55 A
raigrás cetus	39.01	8	1.55 A
t. alejandrino	38.49	8	1.55 A
avena az.	38.42	8	1.55 A
nabo forrajero	36.62	8	1.55 A
testigo	36.19	8	1.55 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 13/1/16 0-15 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
0/15 GR 13/1/16	48	0.49	0.20	15.70

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.01	17	7.1E-04	1.71	0.0969	
tratamiento	1.1E-04	1	1.1E-04	0.28	0.6332	(trat.*bloq.)
bloque	0.01	3	1.7E-03	4.07	0.0154	
trat.*bloq.	1.2E-03	3	4.1E-04	0.98	0.4144	
cobertura	1.9E-03	5	3.8E-04	0.92	0.4792	
trat.*cob.	3.7E-03	5	7.5E-04	1.80	0.1426	
error	0.01	30	4.1E-04			
<u>Total</u>	<u>0.02</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.01853

Error: 0.0004 gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	0.13	24	4.1E-03 A
Pastoreado	0.13	24	4.1E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.03096	
Error: 0.0004	gl: 30		
<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
raigrás cetus	0.14	8	0.01 A
t. alejandrino	0.14	8	0.01 A
<i>Vicia sativa</i>	0.13	8	0.01 A
avena az.	0.13	8	0.01 A
nabo forrajero	0.13	8	0.01 A
testigo	0.12	8	0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 13/1/16 15-30 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
15/30 GR 13/1/16	48	0.34	0.00	31.87

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.03	17	1.6E-03	0.91	0.5678	
tratamiento	5.7E-04	1	5.7E-04	1.31	0.3350	(trat.*bloq.)
bloque	8.1E-04	3	2.7E-04	0.15	0.9282	
trat.*bloq.	1.3E-03	3	4.4E-04	0.24	0.8652	
cobertura	0.02	5	3.1E-03	1.73	0.1587	
trat.*cob.	0.01	5	1.9E-03	1.07	0.3948	
error	0.05	30	1.8E-03			
<u>Total</u>	<u>0.08</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.01921	
Error: 0.0004	gl: 3		
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	0.14	24	4.3E-03 A
Pastoreado	0.13	24	4.3E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06443

Error: 0.0018

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
<i>Vicia sativa</i>	0.17	8	0.01 A
raigrás cetus	0.14	8	0.01 A
t. alejandrino	0.14	8	0.01 A
avena az.	0.12	8	0.01 A
nabo forrajero	0.12	8	0.01 A
testigo	0.11	8	0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 29/2/16 0-15 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
0/15 GR 29/2/16	48	0.41	0.08	41.00

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.03	17	1.8E-03	1.23	0.3033	
tratamiento	1.3E-03	1	1.3E-03	0.58	0.5017	(trat.*bloq.)
bloque	4.2E-03	3	1.4E-03	0.94	0.4355	
trat.*bloq.	0.01	3	2.3E-03	1.55	0.2230	
cobertura	0.01	5	1.1E-03	0.74	0.5985	
trat.*cob.	0.01	5	2.6E-03	1.76	0.1512	
error	0.04	30	1.5E-03			
<u>Total</u>	<u>0.08</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04422

Error: 0.0023

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	0.10	24	0.01 A
Pastoreado	0.09	24	0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05887

Error: 0.0015 gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
nabo forrajero	0.11	8	0.01 A
avena az.	0.10	8	0.01 A
<i>Vicia sativa</i>	0.10	8	0.01 A
testigo	0.09	8	0.01 A
t. alejandrino	0.09	8	0.01 A
raigrás cetus	0.08	8	0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 29/2/16 15-30 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
15/30 GR 29/2/16	48	0.44	0.13	62.26

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.11	17	0.01	1.41	0.2014	
tratamiento	0.01	1	0.01	1.00	0.3900	(trat.*bloq.)
bloque	4.0E-03	3	1.3E-03	0.31	0.8215	
trat.*bloq.	0.04	3	0.01	2.93	0.0494	
cobertura	0.01	5	2.7E-03	0.60	0.6985	
trat.*cob.	0.04	5	0.01	1.65	0.1779	
error	0.13	30	4.4E-03			
<u>Total</u>	<u>0.24</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.10451

Error: 0.0129 gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	0.12	24	0.02 A
Pastoreado	0.09	24	0.02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.10100	
Error: 0.0044	gl: 30		
<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
t. alejandrino	0.14	8	0.02 A
raigrás cetus	0.11	8	0.02 A
avena az.	0.11	8	0.02 A
testigo	0.10	8	0.02 A
<i>Vicia sativa</i>	0.09	8	0.02 A
<u>nabo forrajero</u>	<u>0.09</u>	<u>8</u>	<u>0.02 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 7/3/16 0-15 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
0/15 GR 7/3/16	48	0.53	0.27	16.15

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.01	17	4.3E-04	2.02	0.0453	
tratamiento	3.2E-05	1	3.2E-05	0.18	0.6966	(trat.*bloq.)
bloque	3.5E-03	3	1.2E-03	5.51	0.0039	
trat.*bloq.	5.2E-04	3	1.7E-04	0.81	0.4982	
cobertura	1.5E-03	5	2.9E-04	1.38	0.2596	
trat.*cob.	1.8E-03	5	3.5E-04	1.65	0.1761	
error	0.01	30	2.1E-04			
<u>Total</u>	<u>0.01</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.01204	
Error: 0.0002	gl: 3		
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Pastoreado	0.09	24	2.7E-03 A
<u>No pastoreado</u>	<u>0.09</u>	<u>24</u>	<u>2.7E-03 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02214

Error: 0.0002

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
<i>Vicia sativa</i>	0.10	8	0.01 A
t. alejandrino	0.10	8	0.01 A
avena az.	0.09	8	0.01 A
raigrás cetus	0.09	8	0.01 A
testigo	0.09	8	0.01 A
<u>nabo forrajero</u>	<u>0.08</u>	<u>8</u>	<u>0.01 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 7/3/16 15-30 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
15/30 GR 8/3/16	48	0.62	0.40	13.22

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.01	17	4.2E-04	2.85	0.0059	
tratamiento	8.3E-08	1	8.3E-08	1.6E-04	0.9908	(trat.*bloq.)
bloque	3.3E-03	3	1.1E-03	7.42	0.0007	
trat.*bloq.	1.6E-03	3	5.4E-04	3.60	0.0248	
cobertura	6.8E-04	5	1.4E-04	0.91	0.4869	
trat.*cob.	1.6E-03	5	3.2E-04	2.18	0.0828	
error	4.5E-03	30	1.5E-04			
<u>Total</u>	<u>0.01</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02125

Error: 0.0005

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	0.09	24	4.7E-03 A
<u>Pastoreado</u>	<u>0.09</u>	<u>24</u>	<u>4.7E-03 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.01854	
Error: 0.0001	gl: 30		
<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
t. alejandrino	0.10	8	4.3E-03 A
<i>Vicia sativa</i>	0.09	8	4.3E-03 A
avena az.	0.09	8	4.3E-03 A
raigrás cetus	0.09	8	4.3E-03 A
nabo forrajero	0.09	8	4.3E-03 A
testigo	0.09	8	4.3E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 22/3/16 0-15 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
0/15 GR 22/3/16	48	0.55	0.29	11.64

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.01	17	5.5E-04	2.13	0.0341	
tratamiento	9.9E-05	1	9.9E-05	0.21	0.6770	(trat.*bloq.)
bloque	0.01	3	1.7E-03	6.65	0.0014	
trat.*bloq.	1.4E-03	3	4.7E-04	1.81	0.1671	
cobertura	1.1E-03	5	2.3E-04	0.87	0.5099	
trat.*cob.	1.6E-03	5	3.2E-04	1.22	0.3239	
error	0.01	30	2.6E-04			
<u>Total</u>	<u>0.02</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.01990	
Error: 0.0005	gl: 3		
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Pastoreado	0.14	24	4.4E-03 A
No pastoreado	0.14	24	4.4E-03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02450

Error: 0.0003 gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
<i>Vicia sativa</i>	0.15	8	0.01 A
testigo	0.14	8	0.01 A
t. alejandrino	0.14	8	0.01 A
avena az.	0.14	8	0.01 A
nabo forrajero	0.13	8	0.01 A
raigrás cetus	0.13	8	0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 22/3/16 0-15 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
15/30 GR 22/3/16	48	0.20	0.00	29.60

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.01	17	8.4E-04	0.45	0.9555	
tratamiento	8.7E-04	1	8.7E-04	0.43	0.5601	(trat.*bloq.)
bloque	7.2E-04	3	2.4E-04	0.13	0.9423	
trat.*bloq.	0.01	3	2.0E-03	1.09	0.3665	
cobertura	3.2E-03	5	6.3E-04	0.34	0.8836	
trat.*cob.	3.5E-03	5	6.9E-04	0.37	0.8637	
error	0.06	30	1.9E-03			
Total	0.07	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04140

Error: 0.0020 gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	0.15	24	0.01 A
Pastoreado	0.14	24	0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06549

Error: 0.0019

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
raigrás cetus	0.16	8	0.02 A
nabo forrajero	0.15	8	0.02 A
testigo	0.15	8	0.02 A
<i>Vicia sativa</i>	0.14	8	0.02 A
t. alejandrino	0.14	8	0.02 A
avena az.	0.13	8	0.02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 30/3/16 0-15 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
0/15 GR 30/3/16	48	0.41	0.07	25.97

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.05	17	2.8E-03	1.21	0.3115	
tratamiento	0.01	1	0.01	5.13	0.1085	(trat.*bloq.)
bloque	0.01	3	3.8E-03	1.65	0.1978	
trat.*bloq.	0.01	3	2.1E-03	0.92	0.4436	
cobertura	0.01	5	1.0E-03	0.45	0.8114	
trat.*cob.	0.01	5	2.8E-03	1.20	0.3349	
error	0.07	30	2.3E-03			
<u>Total</u>	<u>0.12</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04245

Error: 0.0021

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	0.20	24	0.01 A
Pastoreado	0.17	24	0.01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.07331	
Error: 0.0023	gl: 30		
<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
nabo forrajero	0.20	8	0.02 A
testigo	0.19	8	0.02 A
<i>Vicia sativa</i>	0.19	8	0.02 A
avena az	0.19	8	0.02 A
t. alejandrino	0.18	8	0.02 A
<u>raigrás cetus</u>	<u>0.17</u>	<u>8</u>	<u>0.02 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO HUMEDAD GRAVIMÉTRICA 30/3/16 15-30 CM DE PROFUNDIDAD

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
15/30 GR 30/3/16	48	0.52	0.25	36.42

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	0.17	17	0.01	1.91	0.0585	
tratamiento	0.02	1	0.02	1.95	0.2571	(trat.*bloq.)
bloque	0.06	3	0.02	4.06	0.0156	
trat.*bloq.	0.04	3	0.01	2.27	0.1004	
cobertura	0.03	5	0.01	1.14	0.3603	
trat.*cob.	0.02	5	3.6E-03	0.68	0.6422	
error	0.16	30	0.01			
<u>Total</u>	<u>0.33</u>	<u>47</u>				

Test:Tukey	Alfa=0.05	DMS=0.10108	
Error: 0.0121	gl: 3		
<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	0.22	24	0.02 A
<u>Pastoreado</u>	<u>0.18</u>	<u>24</u>	<u>0.02 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11099

Error: 0.0053

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
testigo	0.23	8	0.03 A
t. alejandrino	0.23	8	0.03 A
raigrás cetus	0.20	8	0.03 A
<i>Vicia sativa</i>	0.18	8	0.03 A
nabo forrajero	0.18	8	0.03 A
avena az.	0.17	8	0.03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO CONTEO DE PLANTAS

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Conteo de plantas	48	0.35	0.00	12.12

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	211.69	17	12.45	0.94	0.5405	
tratamiento	15.19	1	15.19	0.59	0.4996	(trat.*bloq.)
bloque	11.23	3	3.74	0.28	0.8375	
trat.*bloq.	77.73	3	25.91	1.96	0.1418	
cobertura	67.60	5	13.52	1.02	0.4229	
trat.*cob.	39.94	5	7.99	0.60	0.6979	
error	397.29	30	13.24			
Total	608.98	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.67629

Error: 25.9097

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Pastoreado	30.58	24	1.04 A
No pastoreado	29.46	24	1.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.53433

Error: 13.2431

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
nabo forrajero	31.75	8	1.29 A
avena az.	31.00	8	1.29 A
t. alejandrino	30.75	8	1.29 A
<i>Vicia sativa</i>	29.00	8	1.29 A
raigrás cetus	28.88	8	1.29 A
testigo	28.75	8	1.29 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO NÚMERO DE CHAUCHAS

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
No. chaucha	48	0.26	0.00	23.31

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	34977.52	17	2057.50	0.61	0.8576	
tratamiento	4427.52	1	4427.52	1.36	0.3284	(trat.*bloq.)
bloque	3675.73	3	1225.24	0.36	0.7801	
trat.*bloq.	9793.06	3	3264.35	0.97	0.4209	
cobertura	6975.10	5	1395.02	0.41	0.8356	
trat.*cob.	10106.10	5	2021.22	0.60	0.7009	
error	101220.96	30	3374.03			
Total	136198.48	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=52.48910

Error: 3264.3542

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	258.83	24	11.66 A
Pastoreado	239.63	24	11.66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=88.33766

Error: 3374.0319

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
nabo forrajero	262.00	8	20.54 A
avena az.	261.00	8	20.54 A
<i>Vicia sativa</i>	260.63	8	20.54 A
testigo	239.00	8	20.54 A
t. alejandrino	238.00	8	20.54 A
<u>raigrás cetus</u>	<u>234.75</u>	<u>8</u>	<u>20.54 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO NÚMERO DE GRANOS

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
No. granos	48	0.38	0.03	23.41

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	69144.85	17	4067.34	1.08	0.4164	
tratamiento	12969.19	1	12969.19	2.16	0.2383	(trat.*bloq.)
bloque	16441.23	3	5480.41	1.45	0.2477	
trat.*bloq.	18044.40	3	6014.80	1.59	0.2118	
cobertura	8040.35	5	1608.07	0.43	0.8270	
trat.*cob.	13649.69	5	2729.94	0.72	0.6116	
error	113305.13	30	3776.84			
Total	182449.98	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=71.24937

Error: 6014.7986

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	278.96	24	15.83 A
<u>Pastoreado</u>	<u>246.08</u>	<u>24</u>	<u>15.83 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=93.46208

Error: 3776.8375

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
nabo forrajero	274.25	8	21.73 A
avena az.	273.50	8	21.73 A
t. alejandrino	272.38	8	21.73 A
<i>Vicia sativa</i>	259.25	8	21.73 A
raigrás cetus	258.13	8	21.73 A
testigo	237.63	8	21.73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PESO DE GRANOS

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Peso granos muestra	48	0.40	0.06	22.56

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	2118.98	17	124.65	1.17	0.3466	
tratamiento	575.47	1	575.47	2.53	0.2097	(trat.*bloq.)
bloque	397.15	3	132.38	1.24	0.3134	
trat.*bloq.	681.44	3	227.15	2.12	0.1181	
cobertura	239.67	5	47.93	0.45	0.8112	
trat.*cob.	225.26	5	45.05	0.42	0.8302	
error	3209.09	30	106.97			
Total	5328.07	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=13.84599

Error: 227.1469

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	49.30	24	3.08 A
Pastoreado	42.38	24	3.08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=15.72902

Error: 106.9697

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
raigrás cetus	47.30	8	3.66 A
avena az.	47.24	8	3.66 A
t. alejandrino	47.21	8	3.66 A
nabo forrajero	47.15	8	3.66 A
<i>Vicia sativa</i>	44.91	8	3.66 A
testigo	41.21	8	3.66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PESO 1000 GRANOS

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Peso 1000 granos	48	0.47	0.17	7.17

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>	<u>(Error)</u>
Modelo.	4200.15	17	247.07	1.56	0.1383	
tratamiento	104.14	1	104.14	0.16	0.7169	(trat.*bloq.)
bloque	595.24	3	198.41	1.26	0.3070	
trat.*bloq.	1967.35	3	655.78	4.15	0.0142	
cobertura	921.97	5	184.39	1.17	0.3480	
trat.*cob.	611.46	5	122.29	0.77	0.5759	
Error	4737.90	30	157.93			
Total	8938.05	47				

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=23.52612

Error: 655.7824

gl: 3

<u>Tratamiento</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
No pastoreado	176.68	24	5.23 A
Pastoreado	173.73	24	5.23 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=19.11188

Error: 157.9299

gl: 30

<u>Cobertura</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
raigrás cetus	184.28	8	4.44 A
<i>Vicia sativa</i>	175.41	8	4.44 A
t. alejandrino	175.10	8	4.44 A
testigo	173.63	8	4.44 A
avena az.	172.33	8	4.44 A
<u>nabo forrajero</u>	<u>170.50</u>	<u>8</u>	<u>4.44 A</u>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)