

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DE COBERTURAS, LARGO DE BARBECHO Y MANEJO DE  
NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ

por

Andrés RUBIO  
Roberto SYMONDS

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2012

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. Guillermo Siri Prieto

-----  
Ing. Agr. Oswaldo Ernst

-----  
Ing. Agr. Sebastián Massilli

Fecha: 3 de julio de 2012

Autor: -----  
Roberto Symonds Marquisá

-----  
Andrés Rubio Cat

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, profesores y funcionarios de facultad que hicieron posible la realización de este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

|  | Página |
|--|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN.....  | II     |
| AGRADECIMIENTOS.....   | III    |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....  | VI     |
| <br>   |        |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....   | 1      |
| <br>   |        |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....   | 3      |
| 2.1 FUNDAMENTACION Y ANTECEDENTES .....  | 3      |
| 2.2 CULTIVOS DE COBERTURA Y NITRÓGENO<br>ACUMULADO .....   | 5      |
| 2.2.1 <u>Estimación de aporte de nitrógeno de un cc</u> .....  | 8      |
| 2.2.2 <u>Eficiencia de la recuperación del nitrógeno<br/>                fijado por el cc</u> .....                      | 9      |
| 2.2.3 <u>Tipo y madurez del cc</u> .....   | 10     |
| 2.2.4 <u>Fecha de aplicación para el inicio de barbecho<br/>                químico</u> .....                            | 11     |
| <br>   |        |
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....   | 13     |
| <br>   |        |
| 4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....   | 16     |
| 4.1 PRECIPITACIONES Y DISPONIBILIDAD DE AGUA .....   | 16     |
| 4.2 SIGNIFICANCIA DE LOS EFECTOS Y SUS<br>INTERACCIONES PARA EL ANALISIS DE VARIANZA<br>DE LAS VARIABLES OBSERVADAS..... | 17     |
| 4.2.1 <u>Efecto de las plantas/metro en las variables<br/>                dependientes</u> .....                         | 17     |
| 4.2.2 <u>Niveles de N-NO<sub>3</sub> en suelo a siembra</u> .....  | 19     |
| 4.2.3 <u>Producción de MS y Nitrógeno aportado</u> .....   | 22     |
| 4.3 NITRATOS A V6 .....  | 24     |
| 4.4 MATERIA SECA DE MAÍZ A V6.....   | 28     |
| 4.5 EFECTO DE LAS COBERTURAS Y SU MANEJO EN EL<br>RENDIMIENTO DE MAÍZ .....  | 29     |
| 4.5.1 <u>Agregado de nitrógeno a V6 y su efecto en el<br/>                rendimiento</u> .....                          | 32     |
| 4.5.2 <u>Efecto de las coberturas y el IAF R1</u> .....  | 33     |
| 4.5.3 <u>Componentes del rendimiento</u> .....   | 33     |
| <br>   |        |
| 5 <u>CONCLUSIONES</u> .....  | 36     |

|   |                           |    |
|---|---------------------------|----|
| 6 | <u>RESUMEN</u> .....      | 37 |
| 7 | <u>SUMMARY</u> .....      | 38 |
| 8 | <u>BIBLIOGRAFÍA</u> ..... | 39 |
| 9 | <u>ANEXOS</u> .....       | 48 |

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No.  | Página |
|---|--------|
| 1. Distribución de las coberturas en bloques y 3 repeticiones .....   | 13     |
| 2. Precipitaciones entre periodos de muestreos y AD promedio de todos los tratamientos por muestreo y AD según tiempo de barbecho ...       | 16     |
| 3. Análisis de varianza de componentes no determinantes del rendimiento .....   | 17     |
| 4. Niveles de nitratos según cultivo de coberturas y manejo del largos de barbecho a la siembra (12/11/07) de 0-20 cm. de profundidad ..... | 20     |
| 5. Niveles de N-NO <sub>3</sub> en suelo a V6 para Barbecho Largo y Corto .....   | 24     |
| 6. Producción de materia seca y tasa de crecimiento según cultivo de cobertura en diferentes momentos .....                                 | 25     |
| 7. Materia seca a V6 según cobertura y largo de barbecho. ....  | 28     |
| 8. Anava de los Componentes del rendimiento .   | 29     |
| 9. Rendimiento según cobertura y largo de barbecho (Kg/ha).....   | 30     |
| 10.Resultados para la interacción Cobertura * Largo de Barbecho (Granos/mt <sup>2</sup> ) .....   | 34     |

Figura No.

|   |    |
|---|----|
| 1. Curvas teóricas de respuesta al agregado de fertilizante N en cultivos de verano sembrados sobre una leguminosa (+) o sobre barbecho (-). (Tomado de: Smith et al., 1987). ..... | 5  |
| 2. Plantas logradas según cobertura y largo de Barbecho .....   | 18 |

## **1 INTRODUCCIÓN**

En los últimos años el área agrícola de secano en el Uruguay, ha tenido un crecimiento vertiginoso, principalmente a partir del aumento del cultivo de la soja pero sin quedar atrás otros cultivos de verano como el maíz y el sorgo. El área de soja no ha detenido su crecimiento desde el año agrícola 2000/01 y hoy aporta más del 70 % de la superficie de cultivos de verano. Junto con la gran expansión de la leguminosa también el área de maíz ha aumentado en el entorno del 45% alcanzando un área sembrada de 85 mil has, superficie que no se han alcanzado en zafas estivales en los últimos 10 años. Estos aumentos de área de cultivos estivales son en muchos casos sobre rotaciones de monocultivo, salteando los cultivos invernales, y por tal motivo dejando el suelo descubierto durante el periodo invernal.

Todo este crecimiento a nivel nacional ha traído aparejado la incorporación de nuevas tierras al área agrícola así como cambios importantes a nivel de los sistemas productivos, lo cual es positivo en muchos aspectos pero surge la discusión de la forma en que se está llevando a cabo este crecimiento y de la posibilidad de que lo que tenemos hoy se mantenga de manera sostenible en el mediano y largo plazo. Es importante resaltar que en el año agrícola 2007/08 prácticamente el 65 % de las chacras fue sembrado en tierras que no pertenecen al productor.

La mayor intensificación de la agricultura ha dado lugar a un aumento en el uso de insumos, los cuales en muchos casos se han usado de manera incorrecta. En gran proporción estos insumos son derivados del petróleo y han tenido aumentos de valor exponenciales en los últimos años. En muchos casos estos insumos se han usado de manera sub-óptima, perjudicando no solo los rendimientos de cultivos sino al sistema en su conjunto.

El área sembrada con el sistema de siembra sin laboreo se ha generalizado debido a las claras ventajas que este método ha demostrado. Los barbechos invernales han pasado a ser materia de estudio dado que es aquí cuando se dan las mayores pérdidas de nitrógeno por lavado y erosión física del suelo con consecuencias muy severas a nivel de sistemas productivos, comprometiendo la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícolas actuales.



Es por esto que se trabaja a nivel experimental en busca de nuevas tecnologías que permitan ampliar el paquete tecnológico con el fin de lograr sistemas más sustentables en el tiempo y mejores resultados tanto físicos como económicos a nivel de chacra.

Los cultivos de cobertura (CC) surgen como una de estas nuevas tecnologías para atender los problemas planteados ya que son capaces de secuestrar y fijar nitrógeno, dar estructura y aportar materia orgánica en el suelo, además de mantener el suelo cubierto durante el invierno, disminuyendo la erosión.

El objetivo de este trabajo es evaluar los efectos de diferentes coberturas tanto gramíneas como no gramíneas (8 coberturas y un testigo), evaluar diferentes momentos de inicio de barbecho químico (30 y 45 días de BQ a siembra), el agregado de nitrógeno (46 UN) a V6 como también el efecto de las tres interacciones, es decir Cobertura\*Largo de barbecho\* Nitrógeno en el rendimiento del cultivo de maíz.

## **2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2. 1 FUNDAMENTACIÓN Y ANTECEDENTES**

Las coberturas invernales son definidas como cultivos cuyo fin es proteger el suelo de la erosión, evitar pérdidas de nutrientes por lavado y escurrimiento así como también, aportar nitrógeno al sistema en el caso de leguminosas. Estos cultivos pueden aumentar los niveles de carbono (C) y nitrógeno (N) orgánico en el suelo (Hargrove 1986, Kuo et al. 1997), pueden llegar a sustituir el fertilizante nitrogenado (Blevins et al. 1990, Hesterman et al. 1992), mantener la materia orgánica del suelo y mejorar su estructura (Smith et al. 1987, Frye et al. 1988).

También pueden tener un efecto significativo sobre la reducción de biomasa y densidad de malezas en la chacra (Teasdale et al., 1991). La principal diferencia de los cultivos de cobertura con una pastura es que estos no son cultivos de renta directa y crecen fuera de estación en un sistema de siembra de cultivos anuales, y no son sembrados con el objetivo de producir forraje para consumo animal, sino para disminuir los efectos negativos de barbechos invernales sin producción vegetal.

Los cultivos de leguminosas como cobertura y su posterior uso como abono verde fueron evaluados en Uruguay en condiciones de laboreo y sólo durante el verano. Torres y del Pino (1995), utilizaron trébol rojo (*Trifolium pratense* L.) asociado al trigo logrando un escaso impacto sobre el trigo siguiente. En cambio, encontraron un efecto equivalente a 100 Kg. N ha<sup>-1</sup> agregado como urea cuando la secuencia siguió con maíz.

El uso de esta técnica está agrónomicamente limitado por la ventana de tiempo para producir materia seca (Jonson et al., 1998). Se coincide en que la cantidad de nitrógeno fijado por las leguminosas en cobertura está directamente relacionado a la producción de materia seca de la misma. En promedio se estima una fijación de 30 Kg.ha<sup>-1</sup> por tonelada de materia seca producida por lo cual las condiciones climáticas en que se desarrolla este CC son determinantes para el éxito de la propuesta.

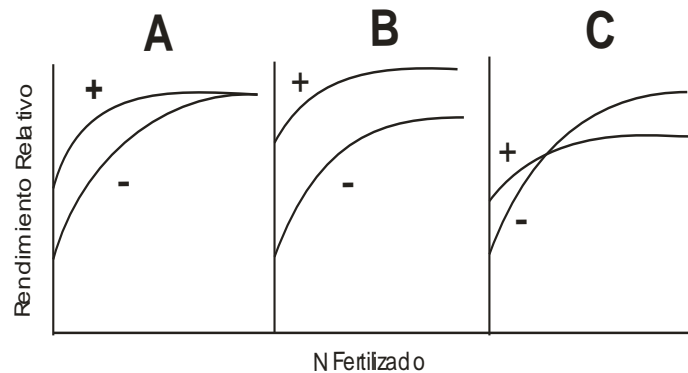
El uso de CC parece tener efectos beneficiosos sobre los cultivos posteriores principalmente en el caso de maíz pero existe la posibilidad de una disminución del rendimiento del mismo ya que el crecimiento en primavera del

CC puede hacer extracciones relevantes de agua del suelo y esto en años cuando las precipitaciones son limitantes puede ocasionar estrés por humedad para el maíz (Frye et al. 1988, Badaruddin et al. 1989, Hesterman et al. 1992, Hesterman et al. 1998).

Distintos investigadores han observado tres tipos de respuesta a nitrógeno en cultivos de renta en función de la existencia o no de un CC.

En un primer caso hay una respuesta positiva a la presencia de CC solo en condiciones de baja disponibilidad del nutriente en el suelo (factor limitante) (Hargrove 1986, Torres y del Pino 1997). En un segundo caso se observa un beneficio adicional de CC. Este tipo de respuesta se observa en algunos años por lo que se asocia a una mayor disponibilidad de agua, cambios en la temperatura de suelo y sanidad de los cultivos (Touchton et al. 1984, Calegari y Peñalva 1994). En un tercer caso se observa un rendimiento menor sobre el CC que después de barbecho cuando el N no es limitante. Este tipo de respuesta cuando el agua no fue limitante, ha estado asociado a las fallas en implantación y crecimiento del cultivo por lo que, si bien en la mayoría de los casos no se logra demostrar, se explica por la existencia de alelopatías (Megie et al. 1967, Brown et al. 1985). Estas afirmaciones se pueden observar en forma grafica en la siguiente figura.

**Figura 1.** Curvas teóricas de respuesta al agregado de fertilizante N en cultivos de verano sembrados sobre una leguminosa (+) o sobre barbecho (-) (tomado de Smith et al., 1987).



## 2.2 CULTIVOS DE COBERTURA Y NITRÓGENO ACUMULADO

Los CC pueden ser no leguminosas como centeno (*Sécale cereale sp*), moha (*Setaria itálica*), raigrás anual (*Lolium multiflorum L.*), girasol (*Helianthus Annus sp*), avena, entre otras, o leguminosas trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*), trébol balanza (*Trifolium balnasae*), alfalfa (*Medicago Sativa*), arveja (*Pisum Sativum*) entre otras.

En el primer caso (CC no leguminosas), el aporte de nitrógeno para el cultivo siguiente, si se cuantifica, es el resultado de reducir las pérdidas del nutriente que ocurren durante el periodo de barbecho. García y Mautner (1989), utilizando moha y girasol como CC, determinaron un traslado de N desde el verano hacia el cultivo de invierno equivalente a 40 kg N ha<sup>-1</sup> como urea. En este caso, el cultivo actuó como trampa de N, el que fue liberado durante la estación de crecimiento del cultivo de renta. En secuencias donde el suelo queda en barbecho durante el invierno, el nitrógeno excedente del cultivo anterior y o liberado durante el periodo, queda sujeto a pérdidas por lixiviación.

El cultivo gramíneo para estos casos de pérdidas por lixiviación es más efectivo que las leguminosas (Sainju et al., 1998). Por otro lado, existen muchos casos en que la contribución de un CC gramínea al cultivo siguiente es negativa debido a una alta relación C/N del rastrojo (Reeves y Touchton 1991, Torbert y Reeves 1991). Los cultivos de cobertura gramínea tienen típicamente contenido de N bajo y altos cocientes de C/N, demostrando poco o nada de

efectos beneficiosos sobre el rendimiento de los cultivos en el corto plazo. Se incluyen las leguminosas como cultivo de cobertura ya que la composición de estas permite aumentar el contenido de N de los rastrojos (Ranells et al. 1996, Clark et al. 1997a).

Cuando el CC es una leguminosa existe un aporte adicional de N producto de la fijación simbiótica, además de los presenta por evitar erosión, lixiviación, mejorar estructura, etc. Se han presentado resultados en donde el aporte de N vario entre 15 y 200 Kg. N ha<sup>-1</sup> (Smith et al., 1987).

Las variaciones respondieron a la producción de materia seca de la leguminosa, al manejo del barbecho y del cultivo, y las situaciones de menor aporte aparente coinciden con situaciones donde el cultivo de renta fue limitado por otros factores como disponibilidad de agua (precipitaciones durante la estación de crecimiento), época de siembra (humedad del suelo, temperatura del suelo), malezas (competencia por recursos), implantación (poblaciones por debajo de las esperadas).

En promedio 70% del nitrógeno acumulado en la parte aérea de las leguminosas proviene de la fijación simbiótica y un 12% del total del N está en la parte radicular (entre 8 y 23%) (Mitchel et al., 1977). Al avanzar el estado de madurez se reduce la concentración de N en la planta. En los CC leguminosas, aunque se reduce la concentración de N en los tejidos, la cantidad de N aumenta con los días de crecimiento (FBN). Por el contrario, en CC gramíneas, la compensación por el aumento de materia seca, puede determinar que la cantidad de N absoluta no se modifique ya que estas no tienen la posibilidad de fijar nitrógeno a través de la simbiosis con microorganismos (*Rhizobium*) (Vaughan et al., 1998).

Kuo y Jellum (2002), encontraron en un promedio de 4 años que la vicia (*Vicia Villosa*) presenta mayores concentraciones de nitrógeno en tejido con promedios de 32.5 g N Kg<sup>-1</sup>, de modo, que la acumulación total de N fuera levemente más alta en suelo (58 Kg. N ha<sup>-1</sup> en promedio) obteniendo mayores rendimientos en el maíz en comparación con el raigrás o con el doble cultivo (raigrás-vicia o vicia-centeno). En cuanto al CC raigrás (*Lolium multiflorum* L.), este presento menor concentración en tejido que la vicia villosa, con un promedio de 13 g N Kg<sup>-1</sup>, exhibiendo en suelo valores de 18 kg N ha<sup>-1</sup> y con una relación C/N de 30 provocando inmovilización del nitrógeno.

El CC leguminosa *Vicia Villosa* además de obtener los valores más altos de N acumulado en tejido y en suelo, tiene los valores más bajos en cuanto a la relación C/N = 11,7 que estaría determinando un aumento de la disponibilidad de N al incorporar la cobertura al suelo ya que permitiría disminuir la inmovilización del N (Hargrove et al. 1986, Smith et al. 1987, Ranells et al. 1996) y aumentar la tasa de mineralización.

Cuando la concentración de N en el tejido de la planta aumentó o el cociente C/N disminuyó, el potencial de mineralización inicial de N y la tasa de mineralización de N aumentaron (Frankenberger et al. 1985, Kuo et al. 1998) y el tiempo para que ocurra la mineralización neta de N disminuyó (Kuo et al., 1998).

En el caso del uso de coberturas mezcla leguminosa-gramínea, Ranells et al. (1996), Clark et al. (1997a) encontraron una disminución entre 12 a 22 en la relación C/N ya que el componente leguminoso vicia fue eficaz en bajar el cociente de C/N de la mezcla cuando estuvo combinado con la gramínea. La transferencia de la fijación de N de la leguminosa a la gramínea es una ventaja de los doble cultivo (Faris et al., 1987).

Cada CC juega un rol importante en los sistemas que rotan con maíz, por ejemplo el centeno (*Secale Cereale*), produce cobertura temprana, supresión de malezas, y reducción de erosión y además puede conservar el nitrógeno inorgánico residual.

Por otra parte la vicia presenta un potencial importante para utilizar el N-atmosférico. Ranells et al. (1996), Clark et al. (1997b) encontraron el total de N acumulado por la *Vicia Villosa* presenta un rango de 58 y 257 kg N/ha (Adbul Baki et al. 1996, Guldan et al. 1996) cerca de 90 % de ese N se obtiene a través de FBN (Rochester y Peoples, 2005). Sin embargo en un ambiente templado el N contenido dentro de la vicia puede presentar una mineralización demasiado rápida debido a su relación C: N en rangos entre 8:1 y 15:1 (Waggar, 1989). Sembrar vicia combinada con una gramínea hace al N más disponible para cultivo siguiente (McCracken et al., 1994).

En un trabajo realizado por Zotarelli et al. (2009) se concluye que utilizando CC se puede apostar a obtener un mayor crecimiento inicial del cultivo de renta y mayores niveles de acumulación de N-NO<sub>3</sub> en el suelo. También concluyen que el potencial de rendimiento obtenido a partir de CC fue

mayor a bajos niveles de agregado de N y que su uso puede estar garantizado si producen además otros beneficios como ser, control de malezas y mejora de las propiedades físicas del suelo.

### **2.2.1. Estimación del aporte de nitrógeno en CC**

Existen varias propuestas para estimar el aporte aparente de N de un CC. En algunos casos se utiliza la relación entre el rendimiento obtenido sobre un CC de leguminosa y el obtenido sobre barbecho. En otros, la relación entre el rendimiento obtenido después de un CC no leguminosa con N y el rendimiento obtenido después de un CC leguminosa sin N, descontando así, el aporte de N del suelo retenido por el CC no leguminosa. Smith et al. (1987) propusieron utilizar la diferencia en N total absorbido en lugar de rendimiento en grano y Hargrove (1986) planteó el contenido de N en el grano como un indicador del aporte.

El nitrógeno equivalente fertilizante (NEF) es utilizado para estimar el aporte del nutriente por el CC al cultivo siguiente y se define como los Kg. de N como fertilizante que son necesarios para igualar el rendimiento obtenido sin fertilizante sobre un CC. El indicador es fácilmente cuantificable en términos económicos, lo que representa una ventaja para la difusión de la técnica.

Tiene la desventaja de que cuenta como efecto del nitrógeno los efectos adicionales positivos o negativos del CC sobre el cultivo de renta. Utilizando NEF, Smith et al. (1987) citaron un valor medio entre 70 y 100 kg N ha<sup>-1</sup>. Reeves et al. (1991) utilizaron como CC *Trifolium incarnatum* con nodulación efectiva con relación al mismo trébol sin nodulación y cultivos de cobertura gramíneas centeno (*Sécale cereale* L.). El maíz posterior a trébol con nodulación efectiva logró el mismo rendimiento en grano sin nitrógeno adicional que luego de centeno con 60 kg N ha<sup>-1</sup> como urea.

### **2.2.2 Eficiencia de la recuperación del nitrógeno fijado por el CC**

Dentro de los factores que condicionan la eficiencia de recuperación del N fijado se citan el estado de madurez del CC, fecha de aplicación del herbicida para matar el CC, el tiempo entre la aplicación del herbicida al CC y la siembra del cultivo de renta, las condiciones de temperatura y humedad durante ese período y el manejo de la fertilización nitrogenada, factores todos que determinan el grado de sincronización entre la oferta del N y la demanda del cultivo de renta (Reeves et al. 1993, Vaughan et al. 1998, Vyn et al. 1999, Griffin et al. 2000).

Las eficiencias de recuperación del N fijado reportadas en la bibliografía son relativamente bajas y variables, oscilando entre un mínimo de 3% y un máximo de 56%. La eficiencia del N fijado resulta menor a la del N agregado como fertilizante, por lo que una fracción de aquel quedaría incorporado al sistema suelo y podría ser recuperado en el mediano plazo (Varco et al., 1989) y de no existir coberturas podría quedar expuesto a pérdidas por lixiviación (Andraski et al., 2005).

Seoa et al. (2006) compararon vicia y sulfato de amonio (SA) marcados con  $^{15}\text{N}$  para medir en el grano de maíz la eficiencia de recuperación de las fuentes marcadas durante 2 años. La eficiencia de recuperación fue de 32% cuando el SA fue aplicado a la siembra del maíz, un 46% cuando fue agregado en V6 y un 15% en el residuo marcado de *Vicia Villosa*.

Inversamente, el suelo post-cosecha contuvo más  $^{15}\text{N}$  en los residuos de vicia (38%) comparados con SA a la siembra (15%) o agregado a 6 hojas (14%). Las recuperaciones del primer año totales de  $^{15}\text{N}$  en cosecha más lo del suelo después de la cosecha fueron del 47% para SA a la siembra, el 54% para los residuos de *Vicia Villosa*, y del 60% para el agregado de SA a V6, que son constantes para un clima con altas lluvias de verano (850 milímetros).

El maíz del segundo año tuvo una baja disponibilidad de  $^{15}\text{N}$  residual, aunque los residuos vicia aportaron alrededor dos veces más de N (3.5%) que la fertilización con SA (1.5%). El trabajo concluye que el SA es alrededor de dos veces más eficiente que los residuos de la leguminosa en proveer N al grano de maíz, mientras que los residuos de la leguminosa contribuyen alrededor dos veces más de N al suelo. Por lo tanto el solo uso de la vicia como CC puede tener una desincronización en la oferta del nitrógeno para la



demanda del cultivo, deficiencia q se puede arreglar mediante la fertilización, es importante el resultado de encontrar nitrógeno residual al año siguiente, esto sugiere que el mismo fue incorporado al sistema (materia orgánica).

### **2.2.1. Tipo y madurez del cc**

En sistemas en los que se utilizan leguminosas como CC se debe lograr un balance entre la cantidad fijada y la calidad del rastrojo (concentración de N), ya que esto afecta la velocidad con que el nutriente se hace disponible y con ello, la sincronización con la demanda del cultivo. En muchos casos, la mayoría del N fijado es aportada después de la floración del maíz, lo que reduce su eficiencia de uso (Huntington et al. 1985, Varco et al. 1989, Reeves et al. 1993). Una alternativa es corregir la deficiencia inicial con fertilizante nitrogenado, para lo cual es posible utilizar los indicadores de suelo comunes y, en estos casos, raramente es necesario realizar una corrección posterior (Reeves et al. 1993, Vyn et al. 1999, Vyn et al. 2000, Griffin et al. 2000).

Janzen y Kucey (1988) concluyen que la mineralización del N, C y S depende directamente de la concentración de N en los tejidos del rastrojo ( $R^2=0,98$ ) determinando un valor crítico de 1,5%, 1,2%, 1,0% y menor a 1% para que la liberación ocurra dentro de los 28, 56, 84 y más de 84 días post muerte del CC. Como contrapartida, el valor crítico para la existencia de inmovilización bajó desde 1,9% en el día 14 a 1,1% en el día 84, por lo que el estado nutricional de los rastrojos es determinante de la velocidad de aparición del N fijado.

El continuo retiro de N desde la solución del suelo por un cultivo en crecimiento podría retardar la descomposición de raíces y rastrojos enterrados de igual manera que bajas temperaturas de suelo y excesiva humedad (Reeves et al., 1993).

Similares conclusiones obtuvieron Berg et al. (1987) quienes determinaron una fase inicial de descomposición rápida asociada a la concentración de N e hidratos de carbono solubles en el rastrojo y una fase posterior lenta, determinada por la concentración de lignina en los tejidos. Dou et al. (1994), utilizando como CC *Trifolium pratense* y *Vicia Villosa*, encontraron que hay un rápido aumento del nitrógeno en el suelo en las primeras 4

semanas con laboreo luego de la incorporación y el pico se da a las 8 semanas cuando no se realiza laboreo a partir del agregado de herbicida, determinado por la degradación de los componentes más lábiles como glucosa, proteínas y celulosa; luego se observa una fase posterior más lenta determinada por los componentes más estructurales de las plantas.

La tasa de descomposición de *Trifolium pratense* fue de 2,3% día<sup>-1</sup> durante los primeros 30 días de descomposición y se redujo a 0,06% día<sup>-1</sup> después del día 166. La mineralización de las leguminosas es más rápida que la de las gramíneas, lográndose un comportamiento intermedio cuando se trabaja con mezclas de ambos tipos de cultivos. Gil y Fick (2001) lograron una acumulación de N inorgánico en el suelo superior después de alfalfa (35–100 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), seguido por la mezcla con una gramínea (15–62 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y el menor aporte después de la gramínea pura (*Tripsacum dactyloides* L.) (2–15 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>).

La fecha de siembra del CC es una variable determinante de la acumulación de materia seca y N hasta la aplicación del herbicida (Odhiambo et al., 2001). Para alargar la fase de crecimiento, se han evaluado siembras en cobertura previo a la cosecha del cultivo de renta (Hiveley et al., 2001). De esta forma es posible ganar días de crecimiento sin afectar la fecha de siembra del cultivo siguiente.

#### **2.2.4 Fecha de aplicación para el inicio de barbecho químico**

El tiempo de desecación es una de las variables determinantes de la cantidad de N fijada y la calidad del rastrojo. Cuanto más temprano se realiza la aplicación de herbicida menor será la cantidad de N fijada pero mayor la calidad del rastrojo, por lo que el resultado en N aportado al cultivo siguiente puede ser el mismo.

Cuando el tiempo de barbecho se acorta, la disponibilidad de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el suelo a la siembra es baja, lo que debe ser corregido por fertilización (Vaughan et al. 1998, Sainju et al. 2001). Si el período de barbecho es excesivo, la mayoría del N será aportado temprano en el ciclo del cultivo y en casos de humedad excesiva, podría llegar a perderse antes de que el cultivo lo absorba. En estos casos, los rastrojos con mayor relación C/N resultan una

mejor opción, ya que aportan el N más tardíamente (Müller et al. 1988, Mansoer et al. 1997).

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrollo en el departamento de Rio Negro, localidad de Young en el establecimiento el "EL CARDO" sobre un suelo que se mantuvo sin agricultura previo a la secuencia soja-Cultivo de Cobertura-maíz. El suelo es un Brunosol Eútrico Típico perteneciente a la Unida Young apoyada sobre Formación Fray Bentos

El experimento se inserta en una secuencia soja-Cultivo de Cobertura-maíz. Luego de la cosecha de soja se inicio un experimento donde se sembraron 8 coberturas y un testigo sin cobertura, donde se estudio el efecto de estas coberturas y diferentes momentos de aplicación de herbicida sobre el contenido de agua, en los niveles de nitrógeno a la siembra del maíz y en la implantación del mismo (Masoller et al., 2008) esta variable fue estandarizada y utilizada como co-variable en el experimento.

Este experimento continuo con el estudio de las variables (no se continuo con el estudio de contenido de humedad en el suelo) a V6, también se le sumo el estudio del efecto de agregado de 46 UN y la interacción de estas tres variables: cobertura\*largo de barbecho\*agregado de nitrógeno en el rendimiento del cultivo de maíz.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones en parcelas subdividas. A continuación se presenta un cuadro con las coberturas utilizadas.

**Cuadro 1.** Distribución de las coberturas en bloques y 3 repeticiones.

| <b>Bloque 1</b> | <b>Bloque 2</b> | <b>Bloque 3</b> |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| B. Químico      | Vicia sativa    | T. Balanza      |
| T. Alejandrino  | T. Balanza      | Avena 1095      |
| Triticale       | Triticale       | Raigrás + Alej. |
| T. Balanza      | Raigrás 284     | Triticale       |
| Raigrás + Alej. | Raigrás + Alej. | Vicia sativa    |
| Raigrás 284     | B. Químico      | B. Químico      |
| Vicia sativa    | Avena 1095      | Mostaza         |
| Mostaza         | Mostaza         | T. Alejandrino  |
| Avena 1095      | T. Alejandrino  | Raigrás 284     |

Estas coberturas fueron subdivididas en una parcela mediana en barbecho largo iniciado el 25/09/2007 (45 días) y el 10/10/2007 (30 días) con 3 litros/ha de Roundup Full 2. Luego se subdividieron en una parcela mas chica dividida en con (agregado de 46 UN) y sin nitrógeno, obteniéndose 108 unidades experimentales.

El hibrido que se sembró sobre las coberturas fue el Dekalb 670 MG con una Georgi D10 a 52 cm de distancia entre surcos (fecha de siembra 12/11/2007), se obtuvieron 3.5 plantas/mt lineal.

Nueve días post-siembra se realizo un muestreo (20cm de profundidad) de suelo en las parcelas mayores para determinar los valores de N-NO<sub>3</sub> en suelo como también se determino la implantación del cultivo.

Cuando el cultivo se encontraba a V6 (18/12/07) se volvió al predio, se extrajeron 5 muestras de suelo por parcela a 20 cm de profundidad para hacerles N-NO<sub>3</sub> en el laboratorio de facultad de agronomía (EEMAC). En este estadio del cultivo se aplico fertilizante manualmente a las parcelas indicadas (no al azar) con un equivalente a 100 kg/ha de urea (46-0-0), se realizaron nuevamente conteos de implantación, se evaluó el grado de enmalezamiento y el estado sanitario del cultivo.

La floración (R1) del maíz ocurrió el 15 de enero del 2008, en este momento se hizo análisis de IAF y DNIF, se hicieron dos mediciones consecutivas en cada una de las 108 unidades experimentales con un bastón digital Modelo LAI-2000- Plant Canopy Analyser, también se cortan 10 plantas consecutivas por tratamiento, se pesan las diez plantas y de ellas, se saca una sub-muestra para llevar al laboratorio a hacerle materia seca.

Nuevamente el 18/2/08 se regresa al campo para hacer una determinación de IAF y DNIF. Cuando se regreso al campo el 31 de marzo el cultivo se encontraba en madurez fisiológica, en este momento se realizo un conteo de espigas cada 16 metros lineales en cada parcela y se realizo la cosecha manual del cultivo.

Lo cosechado fue llevado al laboratorio de facultad de agronomía (EEMAC), se realizo la trilla de granos y se midió humedad de los mismos con un humidmetro Dickey-John Multi-grain y se determino el peso de mil granos.

Los resultados se analizaron utilizando el PROCEDIMIENTO GLM del sistema Statistical analysis systems (SAS Institute,1996). La separación de medias se realizo a través de MDS.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 PRECIPITACIONES Y DISPONIBILIDAD DE AGUA

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos por Masoller y Olsarri (2007)

**Cuadro 2.** Precipitaciones entre periodos de muestreos y AD promedio de todos los tratamientos por muestreo y AD según tiempo de barbecho.

| DDA o diferencia | Precipitaciones (mm) | Barbecho corto |            | Barbecho largo |            |
|------------------|----------------------|----------------|------------|----------------|------------|
|                  |                      | Humedad (%)    | $\Delta$ % | Humedad (%)    | $\Delta$ % |
| 285              |                      | 0,44           |            | 0,43           |            |
| 285-293          | 32                   |                |            |                |            |
| 293              |                      | 0,38           | -<br>0,06  | 0,4            | -<br>0,03  |

Los tratamientos no llegaron a diferenciarse debido a que ocurrieron precipitaciones entre las fechas de muestreo, las que recargaron los primeros cm. del suelo ocultando las posibles diferencias. Pero en el segundo muestreo no hubo precipitaciones suficientes como para recargar el perfil, además se observa claramente la diferencia en los tiempos de barbecho debido al consumo por las coberturas.

Los barbechos largos, tienen una ventana de tiempo mayor para recargar el perfil, por lo tanto contienen mayor cantidad de agua. Es clave el momento de matar a la cobertura, para dejar agua en el suelo. El principal problema de esta práctica es el uso del agua ya que, si no existe recarga del perfil durante el periodo de barbecho posterior al CC, podría transformarse en una limitante para el cultivo siguiente (Corak et al. 1991, Stute y Posner 1995).

Entre los DDA 293 y 317 ocurrieron precipitaciones de 85 mm recargando el perfil para la siembra, para este momento no se encontraron diferencias significativas entre coberturas y largo de barbecho como tampoco para la interacción entre ambas (Masoller et al., 2008).

## 4.2 SIGNIFICANCIA DE LOS EFECTOS Y SUS INTERACCIONES PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES OBSERVADAS

**Cuadro 3.** Análisis de varianza de compontes no determinantes del rendimiento.

| Variables Independientes. | Nitrógeno    |              | Materia Seca  |              | Rendimiento  |
|---------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
|                           | Siembra      | V6           | MS Coberturas | MS Maíz a V6 |              |
| <b>Cobertura</b>          | NS           | 0,157        | <b>0,01</b>   | NS           | NS           |
| <b>Largo barbecho</b>     | <b>0,067</b> | <b>0,073</b> | <b>0,05</b>   | NS           | NS           |
| <b>Cobertura*LB</b>       | NS           | NS           | <b>0,05</b>   | <b>0,084</b> | <b>0,097</b> |
| <b>Nitrógeno</b>          | NS           | NS           | NS            | NS           | <b>0,088</b> |
| <b>LB*Nitrógeno</b>       | NS           | NS           | NS            | NS           | NS           |
| <b>LB*CC*Nitrógeno</b>    | NS           | NS           | NS            | NS           | NS           |

Se encontraron diferencias significativas  $P \leq (0.1)$  para el largo de barbecho a la siembra y a V6, la interacción CC\*LB tuvo efecto en la producción de materia seca del maíz a V6 como también en el rendimiento en grano, el nitrógeno, tuvo efecto en el rendimiento.

El efecto de las variables CC, LB y su interacción en la producción de materia seca de las coberturas fueron significativas  $P \leq (0.1)$ . (Masoller et al., 2007)

Este cuadro se continúa analizando más abajo, cabe resaltar nuevamente que la variable Plantas/metro fue estandarizada para evitar efectos en los resultados estadísticos y por lo tanto es tomada en cuenta como una co-variables.

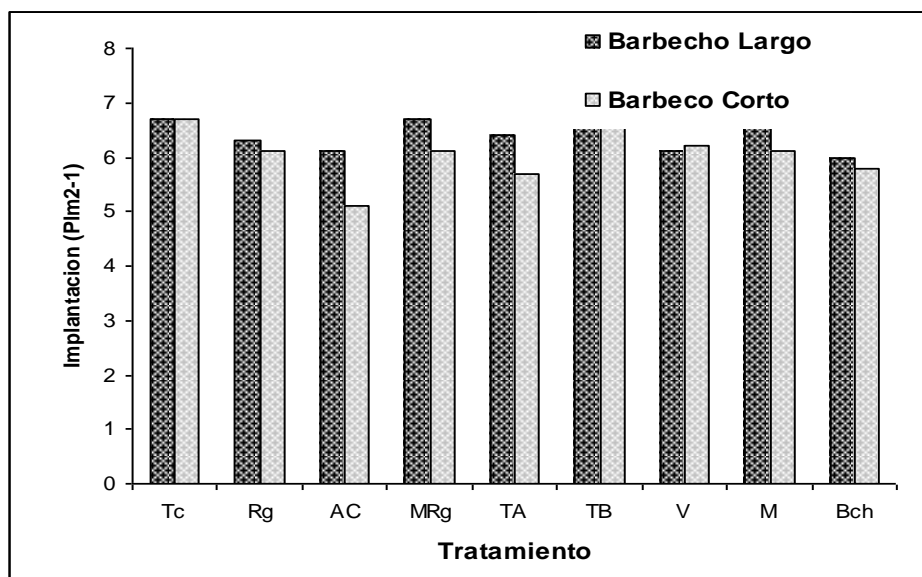
### 4.2.1 Efecto de las plantas/metro en las variables dependientes

En trabajos anteriores se ha demostrado la importancia de la distribución y densidad de siembra en el rendimiento del maíz. Las diferencias encontradas en las poblaciones obtenidas pueden deberse al tiempo de barbecho y al tipo de cobertura, en este caso no se estudio la distribución de la semilla en el metro lineal.



Otra razón que puede ayudar en la implantación es el efecto de los CC dada su capacidad de suprimir el enmalezamiento (Liebman y Davis 2000, Ernst 2003). Pero esta variable (plantas/metro) está principalmente determinada por la humedad y condiciones físicas de la sementera de las coberturas.

Número de plantas por m<sup>2</sup> según cultivo de cobertura y manejo del largo de barbecho.



**Figura 2.** Plantas logradas según cobertura y largo de barbecho Fuente: Massoller et al. (2007).

Las diferencias entre tratamientos y su interacción con largo de barbecho no fueron significativas con  $P \leq (0.1)$ .

Para largo de barbecho sí existió diferencia significativa con  $P \leq (0.1)$ . MDS (0.1) 2.0 pl.m<sup>2</sup>-1.

En promedio de todas las coberturas, en el barbecho largo se obtuvieron unas 4 mil plantas más por hectárea que en el corto. Esto justifica, manejar correctamente el tiempo de barbecho para no afectar al cultivo de renta y si beneficiarlo con los días de barbecho adecuados.

El barbecho largo, al producir menos biomasa, menos consumo de agua, mejora sensiblemente la siembra, permitiendo poner la semilla donde queremos, sin que queden semillas colgadas en el rastrojo, a esto hay que sumarle que este barbecho tiene mas días para rellenar de agua el perfil.

En el tratamiento con triticale, no existió diferencia entre los tiempos de barbecho, esto se puede deber a que en las 2 fechas de barbecho, tenía una cantidad muy importante de rastrojo, debido a su alta tasa de crecimiento inicial.

#### **4.2.2 Niveles de N-NO<sub>3</sub> en suelo a siembra**

Coincidiendo con lo expresado por (Reeves et al. 1993, Vaughan et al. 1998, Vyn et al. 1999, Griffin et al. 2000), las diferentes coberturas pueden modificar la capacidad de retención del N en la solución de suelo evitando perdidas por lixiviación (Andraski et al., 2005).

En lo que respecta al largo del barbecho, como ya fue expresado por (Vaughan et al. 1998, Sainju et al. 2001) es una de las variables determinantes en la cantidad de N fijada y la calidad del rastrojo.

Para este caso, aunque se encontraron diferencias significativas al pasar de barbecho corto a largo ( $P=0.067$ ), los niveles de N-NO<sub>3</sub> en suelo se encontraban sea cual sea el tratamiento por encima de los niveles de respuesta del maíz (18 ppm de N-NO<sub>3</sub> en suelo), esto es principalmente atribuible a efectos de la rotación, donde se parte de una situación de tan solo un cultivo de soja previo a al maíz y a un suelo de muy buena aptitud agrícola.

Ambos autores sostienen que si el tiempo de barbecho se acorta, la disponibilidad de N-NO<sub>3</sub> en el suelo a la siembra es baja y si el periodo de barbecho es excesivo la mayoría del N será aportada temprano en el ciclo del cultivo.

Sumado a esto se corren más riesgos de lixiviación por excesos hídricos en la ventana barbecho químico-siembra del cultivo de renta.

**Cuadro 4.** Niveles de nitratos según cultivo de coberturas y manejo del largos de barbecho a la siembra (12/11/07) de 0-20 cm. de profundidad.

| Cobertura             | BC          | BL | Media |
|-----------------------|-------------|----|-------|
|                       | (N-NO3 ppm) |    |       |
| Triticale             | 24          | 47 | 36    |
| Raigrás               | 38          | 34 | 36    |
| Avena común           | 26          | 32 | 29    |
| Mostaza-Raigrás       | 40          | 39 | 40    |
| Trébol<br>alejandrino | 34          | 34 | 34    |
| Trébol balanza        | 31          | 44 | 38    |
| Vicia                 | 23          | 41 | 32    |
| Mostaza               | 22          | 26 | 24    |
| Barbecho              | 35          | 29 | 32    |
| Media                 | 31          | 36 | 34    |

Las diferencias entre coberturas, y su interacción con el largo de barbecho no fueron significativas al  $P \leq (0.10)$ . En largo barbecho existió diferencia significativa  $P \leq (0.10)$ . MDS (0.10) = 4.6

Los residuos de los cultivos cobertura han demostrado que pueden afectar la disponibilidad de nitrógeno para el cultivo siguiente, causando un riesgo de inmovilización de N en el corto plazo. Luego se libera rápidamente quedando disponible para el cultivo (Rannells y Wagger, 1996).

Estos procesos se modifican según los factores ambientales como la temperatura, humedad y ubicación del rastrojo (Ormeño et al., 2001).

Según Ernst (2006), en todos los casos, la cantidad de N fijado aumenta con la cantidad de materia seca acumulada.

Como esto está asociado a cambios de la composición química de los tejidos, al avanzar el estado de madurez se reduce la concentración de N, lo que condiciona el momento de aporte del N para el cultivo siguiente (sincronización entre oferta y demanda de N).

En los barbechos más largos, hay mayor cantidad de nitratos en suelo antes, pero menor cantidad de nitrógeno total incorporado en el sistema.

Esto, es debido la mayor calidad y menor cantidad (menos días para crecer) de rastrojo, 30 días más de aporte desde el suelo, una posible detención de la inmovilización y por lo tanto un aporte de los nitratos fijados o absorbidos (sea leguminosa o gramíneas), dando como resultado mayor sincronización de aporte-requerimiento.

La cobertura q tuvo más diferencia al pasar de BC a BL largo fue el triticale con 22 ppm menos cuando el BQ comenzó más tarde, esto como se menciono antes se le atribuye a la alta tasa de crecimiento de esta gramínea en etapas tempranas, y la producción total de materia seca.

El aporte de nitrógeno de la gramínea como cultivo de cobertura se da a través de la reducción de las perdidas de nutrientes que ocurren durante el periodo de barbecho. Andaraski et al. (2005), presenta resultados experimentales de la producción de materia seca y la absorción de nitrógeno para los siguientes cultivos: triticale, avena y raigrás.

Estos muestran que la producción promedio para estos ensayos fue de 1160 kg de MS, en cuanto a la absorción de nitrógeno el promedio fue de 24 Kg.

Extrapolando para nuestro experimento al triticale, tenemos que la producción de MS fue de 5673 y 8032 kg/ha para barbecho largo y corto respectivamente, lo que nos podría dar un aporte 118 y 167 kg de N a el sistema. Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos a partir del muestreo con 24.6 ppm de vs 47.2 ppm de N-NO<sub>3</sub> a la siembra.

Al promediar los niveles de nitratos de las diferentes gramíneas para BC y BL la que obtuvo mayor nivel fue el RG, pero a la vez fue la cobertura que menor diferencia tuvo al pasar de BC a BL.

La avena y el triticale presentan un comportamiento diferente que en el RG, ya que este no parece tener consecuencias si se inicia el barbecho antes o después.

Para el caso de los tréboles se obtuvieron resultados similares al usar alejandrino o balanza donde se encontraron 13.6 ppm y 18.3 ppm de diferencia

respectivamente al pasar de BC a BL. Es importante resaltar los 44 ppm q se encontraron en el trébol balanza cuando el barbecho fue largo, siendo el CC no gramínea con mas ppm de N-NO<sub>3</sub>.

La vicia y la mostaza tuvieron muy diferentes niveles al pasar de un BC a un BL, la vicia al pasar a BL obtuvo 15 ppm más que la mostaza blanca. El comportamiento de la mezcla de RG y mostaza es muy similar a lo encontrado cuando se analiza el raigrás solo.

El tratamiento Testigo fue el que mas disminuyo los niveles de N-NO<sub>3</sub> al pasar de barbecho corto a largo, esto se puede deber a la lixiviación provocada por las precipitaciones.

El tratamiento con raigrás y mezcla de este con mostaza al igual que en el tratamiento testigo son los únicos que presentan disminución de niveles al pasar de BC a BL.

#### **4.2.3 Producción de MS y Nitrógeno aportado**

Según Ernst (2006), el *Trifolium Alexandrinum* como CC produjo 1321 kg.ha<sup>-1</sup> de MS, con 46 g de N Kg<sup>-1</sup> de MS, lo que representa 61 Kg ha<sup>-1</sup> de N al sistema. Con una relación C/N de 9:1 y asumiendo el C en el tejido vegetal de 45%.

Extrapolado esto a nuestro caso, para el *Trifolium Alexandrinum* con una producción de materia seca de 2678 y 3611 kg.ha<sup>-1</sup> para barbecho largo y corto respectivamente, tendríamos un aporte de 123 y 166 Kg ha<sup>-1</sup> de N al sistema, para barbecho largo y corto respectivamente.

Smith et al. (1987), reportan que en promedio, la vicia villosa alcanza una biomasa aérea de 3000 kg/ha de MS (con 120 kg N/ha).

En el caso de este experimento la *Vicia Villosa* tuvo un desarrollo de MS aérea de 2350 Kg/ha (extrapolando 95 kg N/ha) de MS para el barbecho corto y 3200 Kg/ha (128 Kg N/ha) de MS para barbecho largo.

Esta diferencia también se nota al medir nitratos a la siembra donde la vicia tuvo diferencias significativas entre barbecho largo y corto 41.4 ppm vs

22.8 ppm respectivamente. Cabe resaltar nuevamente que estos valores se encuentran todos por encima de los niveles de respuesta del cultivo.

El aporte de nitrógeno de las gramíneas como cultivo de cobertura se da indirectamente a través de la reducción de las pérdidas de nutrientes que ocurren durante el periodo de barbecho.

Para el caso de la avena, la diferencia en momentos de aplicación de 2250 kilos de materia seca dejó como consecuencia 7 ppm de diferencia cuando el barbecho fue largo y pasó a barbecho cortó.

Para cualquiera de los tratamientos los niveles de nitratos a la siembra están por encima de los niveles críticos del cultivo.

Al comparar las gramíneas contra las leguminosas como CC no se encontraron diferencias significativas para esta variable.

Se encontraron tendencias al comparar por ejemplo el triticale con el trébol balanza, donde ambos casos el comportamiento al pasar de barbecho corto a barbecho largo se produce un aumento de 23 ppm y 14 ppm respectivamente.

## NITRATOS A V6

Para el muestreo realizado a V6 (18/12/07), los resultados mostraron una disminución de 34% con respecto a los obtenidos a la siembra.

**Cuadro 5.** Niveles de N-NO<sub>3</sub> en suelo a V6 para Barbecho Largo y Corto

| Cobertura          | BL                      | BC      | Media   |
|--------------------|-------------------------|---------|---------|
|                    | (N-NO <sub>3</sub> ppm) |         |         |
| Raigrás            | 18.2                    | 9.8     | 14.0    |
| Vicia              | 16.3                    | 10.1    | 13.2    |
| Triticale          | 11.4                    | 10.7    | 11.0    |
| Avena común        | 9.8                     | 11.8    | 10.8    |
| Trébol alejandrino | 10.8                    | 12.1    | 11.6    |
| Trébol balanza     | 15.9                    | 11.8    | 13.8    |
| Barbecho           | 14.5                    | 16.3    | 15.4    |
| Mos-RG-TA          | 18.4                    | 14.1    | 16.3    |
| Mostaza            | 16.7                    | 16.7    | 16.7    |
| Media              | 14.7                    | 12.9    | 13.8    |
|                    | MDS=1,1                 | MDS=1,0 | MDS=1,1 |

Las diferencias entre tratamientos, y su interacción con el largo de barbecho no fueron significativas al  $P \leq (0.10)$ . En largo barbecho existió diferencia significativa ( $Pr > 0,0729$ ). MDS (0.1) = 1.05 ppm

Los datos muestran que los niveles de N-NO<sub>3</sub> en suelo (0-20 cm) difieren a medida que el largo del barbecho varía.

Para este muestreo ya se observan niveles por debajo de los de respuesta del cultivo de maíz (18 ppm).

Para el caso de las gramíneas se observa que por ejemplo en el raigrás las ppm de N-NO<sub>3</sub> son el doble cuando el barbecho es largo, esto coincide con lo expresado por Ernst (2006) donde los residuos de los cultivos de cobertura han demostrado que pueden afectar la disponibilidad de nitrógeno para el cultivo siguiente, causando un riesgo de inmovilización de N en el corto plazo.

Como se vio en el muestreo a la siembra donde no se encontró diferencia al pasar de BC a BL, los resultados del raigrás como cultivo de cobertura sugieren que cuando la producción de materia seca aumenta (Barbecho Corto) se produce un desfase en la oferta y demanda de nitrógeno en el sistema debido esto a la relación C/N de esta cobertura.

Para el BC en raigrás, en situación de campo, si se quisiera fertilizar el cultivo a V6 se tendrían que aplicar 45 UN mientras que el BL no necesitaría fertilización (Nivel Critico 18 ppm, unidades de N para aumentar 1 ppm=5UN).

La avena tuvo un comportamiento contrario esto probablemente se puede deber al consumo de la propia cobertura que es mayor cuanto más tarde comienza el barbecho químico.

**Cuadro 6.** Producción de materia seca y tasa de crecimiento según cultivo de cobertura en diferentes momentos.

| COBERTURAS         | PRODUCCION ( Kg MS ha <sup>-1</sup> ) |            | TC( Kg MS ha <sup>-1</sup> )<br>DDA BL al BC |
|--------------------|---------------------------------------|------------|--|
|                    | DDA 271 BL                            | DDA 293 BC |  |
| Triticale          | 5650                                  | 8050       | 120  |
| Raigrás            | 1900                                  | 3700       | 90   |
| Avena Común        | 4850                                  | 7100       | 110  |
| Mostaza y Raigrás  | 2600                                  | 3750       | 60   |
| Trébol Alejandrino | 2700                                  | 3600       | 50   |
| Trébol Balanza     | 1700                                  | 2150       | 25   |
| Vicia              | 2350                                  | 3200       | 45   |
| Mostaza            | 3200                                  | 4650       | 70   |
| Barbecho           | 0                                     | 0          | 0  |

Las diferencias entre tratamientos y largo de barbecho fueron significativas  $P \leq (0.1)$ . En su interacción no existió diferencia significativa al  $P \leq (0.10)$ . MDS (0.1) Trat. 700 Kg MS ha<sup>-1</sup> y MDS (0.1) LB 300 Kg MS ha<sup>-1</sup>.

Para V6, el triticale, obtuvo el mismo valor de N-NO<sub>3</sub> en cualquiera de los dos barbechos, muy diferentes son los resultados que se encontraron a la siembra, esto sugiere que hubo un consumo por parte del cultivo que igualo los valores en ambos barbechos.



Los análisis de nitratos a la siembra dieron 25 y 47 ppm para barbecho corto y largo respectivamente en el triticale y 22 y 26 ppm para barbecho largo y corto respectivamente para mostaza, suponemos que estas diferencias se igualaron a V6 debido al crecimiento mayor de la gramínea, 5650 y 8050 kilos de MS/ha en barbecho largo y corto respectivamente contra los 3200 y 4650 kilos de MS/ha en barbecho largo y corto respectivamente en la mostaza.

Cuando la mostaza se encontraba en mezcla con raigrás y trébol alejandrino los resultados fueron iguales a los encontrados con raigrás solo cuando el barbecho fue largo, para el barbecho corto el raigrás, solo, presento 5ppm menos que la mezcla con mostaza y trébol alejandrino, podemos suponer que esta diferencia se debe a la liberación de nitrógeno por parte de la leguminosa y a la menor relación C/N de la mezcla.

Para el caso de las leguminosas los valores entre barbecho largo y corto no difieren de manera significativa, la razón de esto se puede deber, según bibliografía, a la menor relación C/N de esta coberturas con respecto a las gramíneas y por lo tanto una mayor descomposición al momento del muestreo para los dos barbechos.

Para la vicia los valores de 16ppm y 10ppm para barbecho largo y corto respectivamente, se puede deber a lo antes mencionado para el caso de la gramíneas, donde en el barbecho largo hay menos inmovilización del N y por lo tanto mayor extracción del cultivo y menores valores de N-NO<sub>3</sub> en suelo.

Dado que no se tienen datos de los % de N en planta a V6 es difícil determinar el nivel nutricional del cultivo en este estadio (Borghi y Wornicov, 1998), pero según los datos obtenidos, los mayores niveles de N-NO<sub>3</sub>, mayores % de humedad en la siembra en el barbecho largo y las mejores propiedades físicas del suelo en este tratamiento sugieren una mayor tasa de crecimiento del cultivo y por lo tanto mayor extracción hasta V6.

Los valores de N-NO<sub>3</sub> en suelo a V6, sugieren que el cultivo estuvo con niveles de insuficiencia de este nutriente, lo que algunos autores lo definen como desincozonización entre la oferta del nutriente y la demanda del cultivo (Huntington 1985, Varco 1989, Reeves 1993, Ernst 2003) y por lo tanto se puede suponer que tuvo efectos en la formación del rendimiento.

Para el barbecho largo la cobertura con menores niveles de N-NO<sub>3</sub> fue la avena seguida por el triticale, el Rg se diferencia de estas debido a que su mayor tasa de crecimiento se da más adelante en el tiempo y por lo tanto no hay gran extracción de este cuando el barbecho se hace temprano.

Esta situación cambia a medida que se posterga el inicio del barbecho químico debido a la mayor producción de MS del Rg y por lo tanto mayor inmovilización. En este caso (barbecho corto) el Rg fue el que tuvo los menores valores de N-NO<sub>3</sub>.

Ruffo y Parsons (2004), al comparar la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada con una leguminosa como cultivo de cobertura antecesor o con barbecho invernal obtuvieron fundamentalmente dos tipos de respuestas, la primera, el rendimiento del cultivo de renta después del CC es superior al barbecho invernal cuando utilizan bajas dosis de N, esta diferencia desaparece cuando las dosis aumentan por lo tanto concluye que el efecto del cultivo de cobertura está asociado al aporte de N.

## MATERIA SECA DE MAÍZ A V6

Al evaluar la MS del maíz a V6 sobre las diferentes coberturas, no se encontraron diferencias significativas para coberturas ( $P < 0.28$ ), largo de barbecho ( $P < 0.88$ ) pero si para la interacción de largo de barbecho por cobertura ( $P < 0.084$ ).

**Cuadro 7.** Materia seca a V6 según cobertura y largo de barbecho.

| Cobertura      | Largo de Barbecho        |     |       |
|----------------|--------------------------|-----|-------|
|                | BL                       | BC  | Media |
|                | <hr/>                    |     |       |
|                | Materia Seca V6 (gramos) |     |       |
|                | <hr/>                    |     |       |
| BQ             | 199                      | 239 | 219   |
| Av..Negra      | 186                      | 216 | 201   |
| Mtza+Alej+RG   | 210                      | 254 | 232   |
| Triticale      | 245                      | 189 | 217   |
| Raigrás        | 222                      | 147 | 185   |
| T. Alejandrino | 228                      | 239 | 234   |
| M. Blanca      | 228                      | 209 | 219   |
| Vicia          | 191                      | 218 | 204   |
| T. Balanza     | 188                      | 175 | 182   |

Para el caso de avena se puede ver una diferencia importante de producción de MS cuando se pasa de BL a BC, esta situación es inversa cuando se observa el comportamiento del maíz, para este caso, disminuye la producción de MS al acortarse el largo de barbecho. Parecido comportamiento se ve en el caso del Triticale.

Para las coberturas no gramíneas, el trébol balancae y la mostaza blanca son las coberturas que disminuyen la MS a V6 cuando el barbecho es más corto. Tanto la mezcla de mostaza+rg+trébol alejandrino, el trébol alejandrino y la vicia, tienen efecto positivo en la producción de MS del cultivo cuando el barbecho se acorta.

Según bibliografía sería de esperar un mayor peso seco a V6 en los tratamientos con barbecho largo debido al mayor tiempo de corte en el consumo de agua, como también mayor cantidad de nitrógeno disponible.

Los procesos de mineralización comenzaron antes, y en las coberturas con menor cantidad de lignina, el nitrógeno disponible para el cultivo de renta debería ser mayor y por lo tanto se esperaría una mayor tasa de crecimiento de no existir otras limitantes.

Tanto los valores de nitratos a siembra para ambos barbechos como los valores de precipitaciones para el periodo siembra-V6 fueron muy buenos aunque para el caso de precipitaciones hubo una deficiencia del de 36 mm frente a los requerimientos de un maíz con potencial rendimiento de 14 mil kilos,

Esto contribuye a diluir los efectos que pueden haber tenido los CC sobre la materia seca en maíz a V6 ya que es de esperar un óptimo desarrollo para el cultivo con las condiciones dadas

#### 4.5 EFECTO DE LAS COBERTURAS Y SU MANEJO EN EL RENDIMIENTO DE MAÍZ

**Cuadro 8.** Anava de los Componentes del rendimiento

| Variables Indep. | Granos/Espiga | Granos/mt2 | PMG   | Rendimiento |
|------------------|---------------|------------|-------|-------------|
| Nitrógeno        | ns            | ns         | 0,151 | 0,088       |
| Cobertura        | ns            | ns         | Ns    | Ns          |
| Largo barbecho   | ns            | ns         | Ns    | Ns          |
| Cobertura*LB     | ns            | 0,072      | 0,167 | 0,097       |
| Cob.*Nit         | ns            | ns         | 0,124 | Ns          |
| LB*Nit           | ns            | ns         | Ns    | Ns          |
| LB*Cob*Nit       | ns            | ns         | Ns    | Ns          |

El estudio estadístico del rendimiento mostro diferencias significativas para las variables con y sin nitrógeno ( $P < 0.0884$ ) como también para la interacción largo de barbecho y cobertura ( $P < 0.0970$ ).

De los componentes del rendimiento, los granos/mt<sup>2</sup> se vieron afectados por la interacción cobertura por largo de barbecho  $P < 0.072$ , para el resto de los componentes no se encontraron diferencias.

Reynoso y Danree (2007) encontraron que los CC tuvieron efecto significativo para el peso de 1000 granos ( $P < 0.071$ ) y mas fuerte en el rendimiento ( $P < 0.028$ ).

No se encontraron diferencias significativas en la interacción cobertura por nitrógeno ( $P < 0.8846$ ) como tampoco en la interacción largo de barbecho y nitrógeno ( $P < 0.3751$ ).

Esta respuesta es de esperar ya que los niveles de N-NO<sub>3</sub> en suelo a V6 en todas las coberturas estaban por debajo de los niveles de respuesta (20 ppm)

Se encontraron diferencias significativas para la interacción largo de barbecho y cobertura ( $P < 0.0970$ )

**Cuadro 9.** Rendimiento según cobertura y largo de barbecho (Kg/ha)

| Coberturas                  | BL    | BC    | Media |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| BQ                          | 9000  | 8800  | 8900  |
| Av. Común                   | 9700  | 10150 | 9900  |
| Mostaza,<br>Alejandrino, RG | 9700  | 9870  | 9790  |
| Triticale                   | 9180  | 9100  | 9150  |
| RG                          | 9200  | 9550  | 9400  |
| T. Alejandrino              | 9280  | 9000  | 9100  |
| Mostaza Blanca              | 10100 | 8930  | 9500  |
| Vicia                       | 9210  | 9800  | 9500  |
| Trébol Balancae             | 8900  | 8600  | 8800  |
| Media                       | 9400  | 9300  | 9300  |

MDS=640kg/ha MDS=750kg/ha

Para el caso de las gramíneas, se encontraron MDS cuando el barbecho fue largo o corto. En la avena cuando el barbecho fue largo se obtuvieron 500 y 450 kilos/ha de diferencia con triticale y RG respectivamente.

Estos resultados se pueden deber a las diferentes tasas de crecimiento en etapas temprana de la avena frente al RG y triticale (110, 90, 120 Kg MS/ha respectivamente).

Cuando el barbecho fue corto esta diferencia paso a ser de 1050 y 600 kilos/ha para triticale y RG respectivamente, pudiendo ser debido a la mejor relación C/N de la avena al momento de inicio del BQ, estas conclusiones, parecen coincidir con los resultados que se obtuvieron en los niveles de N-NO<sub>3</sub> a V6 donde el RG paso de 18 ppm en el BL a 10 ppm en el BC, debido esto a la inmovilización (relación C/N de esta cobertura).

La avena fue la gramínea que tuvo más MSD al pasar de BL a BC en los niveles de N-NO<sub>3</sub> a V6. La avena fue la gramínea q tuvo mejor efecto en el rendimiento de maíz para cualquiera de los dos largos de barbechó.

La mezcla de mostaza TA y RG tuvo resultados similares que la avena. Se diferencio cuando el barbecho fue largo donde se obtuvo una diferencia de 280 Kilos/ha al comprar la mezcla con la avena, esto se puede explicar por la inmovilización del N debido a la producción de MS del RG.

La única cobertura gramínea que se diferencio del tratamiento BQ cuando el barbecho fue largo, fue la avena, que obtuvo 700 kilos/ha más que el testigo.

Cuando el barbecho fue corto, las diferencias se hicieron mayores en la avena 1350 kilos/ha y en el RG 750 kilos/ha.

No se encontraron diferencias respecto al testigo al utilizar triticale como CC.

Con la mostaza blanca, se obtuvieron 1200 kilos/ha de diferencia cuando se compara el barbecho largo Vs barbecho corto. Al compararlo con el BQ la diferencia en el barbecho largo fue de 1120 kilos/ha. Cuando el barbecho fue corto, no hubo diferencia significativa entre BQ y mostaza blanca.

Para el caso de la *Vicia Villosa* no se encontraron diferencias por comenzar el BQ antes o después. Al compararlo con el testigo, cuando el barbecho fue corto la diferencia fue de 1000 kilos/ha frente al testigo.

Estos resultados parecen no coincidir con lo que sostienen algunos autores (Corak et al. 1991, Stute y Posner 1995) sobre el efecto negativo del consumo de agua por parte de las coberturas con ciclos cortos y altas tasas de crecimiento donde se esperaría obtener menor contenido de agua en el perfil si no existen precipitación post inicio del barbecho.

Para este año el porcentaje de humedad gravimétrica no explica las diferencias encontradas en el rendimiento. Esto es debido a las recargas del perfil que hubieron durante el ciclo del cultivo como también a que estas precipitaciones ocurrieron cercanos al periodo crítico del cultivo.

Por lo tanto estas diferencias al utilizar alguna cobertura son atribuibles a efectos de rotación y calidad del rastrojo (relación C/N) para optimizar el momento de oferta y demanda (Ernst, 2006) de nitrógeno durante el ciclo del cultivo.

No se encontraron diferencias significativas en V6 y siembra para coberturas y N, solo para largo de barbecho.

No se encontraron diferencias significativas al estudiar los contrastes entre gramíneas y leguminosas. Este resultado parece importante al tener que decidir que cobertura usar, según este experimento y para este año en particular el manejo de las diferentes coberturas más importante es el largo de barbecho independiente de la cobertura que se utilice.

#### **4.5.1 Agregado de nitrógeno a V6 y su efecto en el rendimiento**

Se encontraron diferencias en el rendimiento al agregado de 100 kilos de UREA (46-0-0) a V6 ( $P < 0.09$ ) MDS (0.05)=230 kilos/ha.

No se encontraron diferencias en la interacción cobertura por nitrógeno ( $P < 0.88$ ) ni en la interacción Largo de barbecho por nitrógeno ( $P < 0.38$ ) como tampoco en las tres interacciones cobertura por largo de barbecho por nitrógeno ( $P < 0.90$ ).

En el 2007 Reynoso y Danree encontraron que el rendimiento del maíz fue afectado significativamente por los CC ( $P < 0.02$ ) y en la interacción CC por

N ( $P < 0.03$ ), no siendo significativo el agregado de N como urea ( $P < 0.32$ ) en la variable de respuesta rendimiento en grano.

En el 2007 Reynoso y Danree obtuvieron resultados deletéreos al agregado de nitrógeno debido al aumento del crecimiento del cultivo que no coincidió con las precipitaciones.

La bibliografía citada por Reynoso y Danree (2007) sostiene que el agregado de nitrógeno origina una mayor extracción de agua por parte del cultivo al promover un mayor crecimiento vegetativo, que aumenta la evapotranspiración, y si no es cubierto por precipitaciones puede agudizar el estrés por agua a las plantas (Angus y van Herwaarden, 2001).

#### **4.5.2 Efecto de las coberturas y el IAF a R1**

No se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.10$ ) al estudiar el Índice de Área Foliar para los diferentes tratamientos.

Se observa una tendencia en el efecto de la cobertura en el IAF de cultivo  $P < 0.2262$  y para la variable largo del barbecho  $P < 0.2448$  MDS (0.46).

#### **4.5.3 Componentes del rendimiento**

Uno de los principales componentes del rendimiento en un cultivo de maíz está determinado por el peso de la espiga. Dicho componente se obtiene a través del peso de los granos y el número de los mismos por espiga.

Para el caso de este trabajo se encontraron diferencias en el componente gramos/mt<sup>2</sup> ( $P < 0.07$ ), MDS=175 granos/mt<sup>2</sup>



**Cuadro 10.** Resultados para la interacción Cobertura \* Largo de Barbecho (Granos/mt2)

| Coberturas                  | Barbecho |       |       |
|-----------------------------|----------|-------|-------|
|                             | Largo    | Corto | Media |
| BQ                          | 2800     | 2800  | 2800  |
| Trebol Balancae             | 2900     | 2700  | 2800  |
| Vicia                       | 2900     | 3100  | 3000  |
| T. Alejandrino              | 3000     | 2800  | 2900  |
| Triticale                   | 3000     | 3000  | 2900  |
| RG                          | 3000     | 3000  | 3000  |
| Av. Común                   | 3000     | 3200  | 3100  |
| Mostaza,<br>Alejandrino, RG | 3100     | 3100  | 3100  |
| Mostaza Blanca              | 3100     | 2900  | 3000  |
| Media                       | 3000     | 2900  | 3000  |

MDS=175 MDS=175

|              |     |
|--------------|-----|
| MDS(cob)     | Ns  |
| MDS(LB)      | Ns  |
| MDS (LB*COB) | 175 |

Como era de esperar estos resultados fueron similares a los encontrados al estudiar el efecto de la interacción de las diferentes coberturas con el largo de barbecho y su efecto en el rendimiento.

Para barbecho largo el mayor número de granos se encontró cuando se utilizo la mezcla mostaza blanca, RG y trébol alejandrino o cuando la mostaza se uso sola, 300 granos/mt2 más que en el testigo.

En barbecho corto la avena fue la que obtuvo la mayor diferencia con respecto al testigo, 400 gramos/mt2 de diferencia entre avena y BQ.

Las únicas coberturas que se diferenciaron cuando pasaron de barbecho largo a corto fueron el RG, vicia, avena y mostaza blanca.

Muy similar es lo que ocurre con el RG, la avena y la mostaza que aumentaron el rendimiento cuando el barbecho fue corto.

Para la variable PMG no se encontraron diferencias significativas para ningún tratamiento y sus interacciones, lo que determinó estas diferencias entre tratamientos se debe al número de granos por espiga.

Este componente que es determinado días previos a la floración es muy dependiente de las condiciones nutricionales e hídricas en que se encuentre el maíz en este periodo, aunque es sabido que el periodo más crítico es en plena floración, ya que en los días previos a la floración el cultivo puede utilizar reservas almacenadas en los tallos para construir el número de granos por espiga (Andrade y Sadrás, 2000).

El PMG de este híbrido según caracterización para condiciones de secano es de 400 gramos, y unos 700 granos/espiga. Este año y para este experimento el promedio dio 300 gramos el PMG.

Las precipitaciones ocurridas cerca del periodo crítico no fueron suficientes para que se pueda construir un potencial de números de granos por superficie como tampoco las precipitaciones entorno a la fase del llenado donde se determina el peso de esos granos formados.

El año anterior a este experimento, Reynoso y Danree (2007) encontraron que los CC tuvieron efecto significativo para el peso de 1000 granos ( $P < 0.07$ ) y más fuerte en el rendimiento ( $P < 0.03$ ). Cuando se estudiaron diferentes dosis de N en V6 fueron significativas en el número de granos ha<sup>-1</sup> ( $P < 0.10$ ).

Ese año la variable que explicó con mayor fuerza ( $P < 0.0001$ ) al principal componente del rendimiento (granos.ha<sup>-1</sup>) son los granos / espiga ( $R^2 = 0,89$ ).

## **5 CONCLUSIONES**

En lo que respecta a niveles de nitratos a la siembra, no se encontraron diferencias al utilizar una u otra cobertura, como tampoco en la interacción entre cobertura y largo de barbecho. Si se encontró diferencias al pasar de barbecho largo a corto, la diferencia encontrada entre medias fue de 5ppm. Todos los niveles de nitrógeno en suelo estaban por encima de los niveles de respuesta del cultivo de maíz

En lo que respecta a Nitratos a V6 las conclusiones son las mismas que a la siembra, pero para este caso las diferencias al pasar de BC a BL fueron de 2 ppm, además la media de los dos largos de barbecho dio por debajo de los niveles de respuesta

Se encontraron diferencias en la producción de MS del maíz a V6 para la interacción cobertura por largo de barbecho. El raigrás cuando el barbecho fue corto fue el tratamiento que mas afecto la producción de MS del cultivo a V6.

Se encontraron diferencias al agregado de nitrógeno a V6 para rendimiento. Independientemente del largo de barbecho y/o cobertura utilizada MDS de 230 kilos/ha entre con y sin agregado de nitrógeno.

No se encontraron diferencias significativas para ningún tratamiento para índice de área foliar (IAF).

Se encontraron diferencias en el rendimiento para la interacción Largo de barbecho por cobertura. El rendimiento fue afectado por el largo de barbecho para la cobertura mostaza.

## 6 RESUMEN

En los últimos años ha aumentado el área bajo agricultura continua, con secuencias de cultivos con altos niveles de extracción de nutrientes. A esto hay que sumarle el efecto de altos precios de los granos, aumentando el área bajo arrendamiento, donde el principal objetivo es obtener alta rentabilidad y en muchos casos sin importar la sustentabilidad del sistema, utilizando sistemas de monocultivo o de muy alta relación leguminosa/gramínea. Esta situación lleva a mantener el suelo descubierto durante el invierno, favoreciendo la erosión y pérdidas de nitrógeno por lixiviación, entre otras consecuencias. Este trabajo tiene como objetivo estudiar el efecto de mantener el suelo cubierto con diferentes coberturas invernales y analizar su efecto en el cultivo de maíz siguiente. Se realizan diferentes largos de barbecho así como diferentes fertilizaciones sobre diferentes coberturas leguminosas y gramíneas. Las coberturas son con especies comúnmente utilizadas en el país así como también especies no tan comunes como la *Vicia Sativa* y la mostaza entre otras, las cuales reúnen las condiciones para una buena cobertura invernal y es por esto que son evaluadas. Se trabaja sobre el barbecho de 9 especies invernales y un testigo en BQ, sobre estos se estudian dos largos de barbecho, 30 y 45 días y a su vez se analiza una tercera variable, con y sin fertilización de 100 Kg/ha de UREA (46-00-00). Para este año en particular, con cerca de 500mm en la estación de crecimiento las coberturas no tuvieron efecto en el rendimiento como tampoco el agregado de nitrógeno a V6 ni la fecha del inicio del barbecho químico, si se encontraron diferencias en el rendimiento para la variable Cultivo de cobertura y su interacción con el Largo de barbecho.

Palabras clave: Cultivos de cobertura; Maíz; Nitrógeno; FBN; Contenido de agua en el suelo; Rendimiento en grano.

## 7 SUMMARY

During the last years in Uruguay the area under continues agriculture has increased with crop sequences with high levels of nutrient extraction. The high prices of grains has increased the areas under rented lands were the main objectives has been the obtention of high rent ability and in many cases ignoring the sustainability of the system, using single crop systems or a very high relation legumes/grasses. This situation takes to maintain uncovered land during winter favoring erosion and nitrogen losses by lixiviation among other consequences. This work has the objective the study of the effect of maintaining uncovered soil with different winter cover crops and analyzes its effect on subsequent maize crop. Different fallow lengths are analyzed as well as different fertilization levels. Cover crops used are species normally used in Uruguay as well as no so common species such as *Vicia Sativa*, Balancae Clover among others which gather the conditions for a good winter soil cover. Nine winter species and a sample core in chemical fallow (CF) are studied as well as two fallow periods of 60 and 45 days and a variable of with and without fertilization of 100 kg/ha of UREA (46-00-00). For this particular year with near 500 mm of precipitation during the growing station, CC had no effect in yield, in added nitrogen at V6 and in the starting date of fallow. There were significant differences in yield for CC and their interaction with fallow length.

Key words: Cover Crops; Corn; Nitrogen; FBN; Soil water content; Yield grain.

## **8 BIBLIOGRAFÍA**

1. Ahmad, W.; Sajjad Mirza, M; Latif, F.; Haurat, J.; Bally, R.; Normand, P.; Malik, K. A. 2001. Isolation, partial characterization, and the effect of plant growth-promoting bacteria (PGPB) on micro-propagated sugarcane in vitro. *Plant and Soil*. 237: 47-54.
2. Andrade, F.H.; Cirilo, A.G.; Uhart, S.A.; Otegui, M.E. 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. s. n. t. s. p.
3. \_\_\_\_\_; Sadras, V.O. 2000 *Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja*. Buenos Aires, INTA. Unidad integrada EEA Balcarce Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. 444 p.
4. Andraski, T.W.; Bundy, L.G. 2005. Cover crop effects on corn yield response to nitrogen on an irrigated sandy soil. *Agronomy Journal*. 97: 1239-1244.
5. Andriani, J.M.; Bacigaluppo, S.; Malaspina, A. 2001. Dinámica del agua em sistemas agrícolas. *In*: Panigati, J.L.; Buschiazzo, D.; Marelli, H. eds. *Siembra directa II*. San Juan, Argentina, INTA. s. p.
6. Azam, F.; Malik, K.A.; Sajjad, M.I. 1985. Transformation in soil and availability to plant of <sup>15</sup>N applied as inorganic fertilizer and legume residues. *Plant Soil*. 86: 3-13.
7. Badaruddin, M.; Meyer, D.W. 1989. Water use by legumes and its effect on soil water status. *Crop Science*. 29: 1212–1216.
8. Balkcom, K.S.; Reeves, D.W. 2005. Sunn-hemp utilized as a legume cover crop for corn production. *Agronomy Journal*. 97: 26-31.
9. Bennnett, J.M.; Jones, J.W.; Zur, J.B.; Hammond, L.C. 1986. Interactive effects of nitrogen and water stresses on water relations of field-grown corn leaves. *Agronomy Journal*. 78: 273-280.
10. Berg, P.; Rosswall, T. 1987. Seasonal variations in abundance and activity of nitrifiers in four arable cropping systems. *Microbiology Ecology*. 13: 75–87.

11. Blevins, R.L.; Herbek, J.H.; Frye, W.W. 1990. Legume cover crops as a nitrogen source for no-till corn and grain sorghum. *Agronomy Journal*. 82: 769–772.
12. Brown, S.M.; Whitwell, T.; Touchton, J.T.; Burmester, C.H. 1985. Conservation tillage systems for cotton production. *Soil Science Society of American Journal*. 49: 1256-1260.
13. Calegari, A.; Peñalva, M. 1994. Abonos verdes. Importancia agroecológica y especies con potencial de uso en el Uruguay. Canelones, Uruguay, MGAP (JUNAGRA)-GTZ. 151 p.
14. Carrasco, P.G.; Schevzov M.V. 1985. Tecnología en cultivos de verano; Maíz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. t.1, 228 p.
15. Clark, A.J.; Decker, A.M.; Meisinger, J.J.; McIntosh, M.S. 1997a. Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture. I. Cover crop and corn nitrogen. *Agronomy Journal*. 89: 427–434.
16. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1997b. Kill date of vetch, rye, and a vetch-rye mixture. II. Soil moisture and corn yield. *Agronomy Journal*. 89: 434–441.
17. Corak, S.J.; Frye, W.W.; Smith, M.S. 1991. Legume and nitrogen fertilizer affects on soil water and corn production. *Soil Science Society of American Journal*. 55: 1395-1400.
18. Corsi, W.C. 1982. Regionalización agroclimática de Uruguay para cultivos. Centro de Investigaciones Agronómicas “Dr. Alberto Böerger”. Miscelánea no 40. s.p.
19. Dara, S.T.; Fixen, P.E.; Gelderman, R.H. 1992. Sufficiency level and diagnosis and recommendation integrated system approaches for evaluating the nitrogen status of corn. *Agronomy Journal*. 84: 1006–1010.
20. Drury, C.F.; Tan, C.S.; Welacky, T.W.; Oloya, T.O.; Hamill, A.S.; Weaver, S.E. 1999. Red clover and Tillage influence on soil temperature, water content, and corn emergence. *Agronomy Journal*. 91: 101-108.

21. Duo, Z.; Fox, R.H.; Toth, J.D. 1994. Tillage effect on seasonal nitrogen availability in corn supplied with legume green manures. *Plant and Soil*. 162: 203-210.
22. Ebelhar, S.A.; Frye, W.W.; Blevins, R.L. 1984. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. *Agronomy Journal*. 76: 51-55.
23. Echeverría, H.E.; Uhart, S.A. 2000. Diagnostico de la fertilización In: Andrade, F.H.; Sadras, V.O. eds. Bases para el manejo de maíz, girasol y soja. Buenos Aires, INTA Unidad integrada EEA Balcarce Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata. pp. 239-272.
24. Ernst, O. 2000. Siete años de siembra sin laboreo. *Cangüé*. no. 20: 9-13.
25. \_\_\_\_\_. 2003. Efecto de la incorporación de una leguminosa invernal como cultivo de cobertura sobre las necesidades de nitrógeno de maíz sembrado sin laboreo. Tesis de Especialización en siembra directa. Paysandú, Uruguay. Facultad de Agronomía. s.p.
26. Fisk, J. W.; Hesterman, O. B.; Shrestha, A.; Kellsa, J.J.; Harwooda, R.R.; Squired J.M.; Sheaffere, C.C. 2001. Weed suppression by annual legume cover crops in no-tillage corn. *Agronomy Journal*. 93: 319-325.
27. Fleumer, J. 1994. Soil infiltrability: restrictions of a clay B-horizon. Wageningen, Wageningen Agricultural University. Soil Tillage Department. 50 p.
28. Fontanetto, H.; Vivas H.; Keller O. 2002. Eficiencia de diferentes dosis de nitrógeno en maíz con siembra directa. In: INTA. Información técnica de cultivos de verano; campaña 2001. Rafaela, INTA. s.p. (Publicación Miscelánea no. 3).
29. Frankenberger, W.T.; Abdelmagid, H.M. 1985. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rate of leguminous crops incorporated into soil. *Plant and Soil*. 87: 257-271.
30. Frye, W.W.; Blevins, R.L.; Smith, M.S.; Corak, S.J.; Varco, J.J. 1988. Role of annual legume cover crops in efficient use of water and nitrogen. In:



Hargrove, W. L. eds. Cropping strategies for efficient use of water and nitrogen. Madison, WI, ASA. pp. 129–154 (Special Publication no. 51).

31. García Préchac, F. 1998. Fundamentos de la siembra directa y su utilización en Uruguay. (en línea). In: Seminario Internacional de Actualización Técnica en Siembra Directa (1988, Rivera). Trabajos presentados. Montevideo, s.e. s.p. Consultado 18 may. 2012. Disponible en <http://www.rau.edu.uy/agro/uepp>.
32. García, F.O. 2002. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. Aproximaciones zonales. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. INPOFOS Cono Sur. s.p.
33. García, C.; Mautner, A. 1989. Abonos verdes, barbecho cubierto y sistema de laboreo para trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 172 p.
34. Gil, J. L.; Fick, W. H. 2001. Soil nitrogen mineralization in mixture of eastern gamagrass with alfalfa and red clover. *Agronomy Journal*. 93: 902-910.
35. Griffin, T.; Liebman, M.; Jemison, J.Jr. 2000. Cover crops for sweet corn production in a short-season environment. *Agronomy Journal*. 92: 144-151.
36. Hargrove W.L.; Langdale G.W.; Thomas Q.W. 1984. Role of legume cover crops in conservation tillage production systems. *ASAE Paper no. 84*: 20-38.
37. \_\_\_\_\_. 1986. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. *Agronomy Journal*. 79: 281-286.
38. Hesterman, O.B.; Griffin, T.S.; Williams, P.T.; Harris, G.H.; Christenson, D.R. 1992. Forage legume–small grain intercrops: Nitrogen production and responses of subsequent corn. *Journal Production Agriculture*. 5: 340–348.
39. \_\_\_\_\_.; Tiffin, P.L. 1998. Response of corn grain yield to early and late killed red clover green manure and subirrigation. *Journal Production Agriculture*. 11: 112–121.

40. Hively, W.D.; Cox, W.J. 2001. Interseeding cover crops into soybean and subsequent corn yields. *Agronomy Journal*. 93: 308-313.
41. Huntington, T.G.; Grove, J.H.; Frye, W.W. 1985. Release and recovery of nitrogen from winter annual cover crops in no-till corn production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 16: 193–211.
42. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, UY) –INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 1998. Evaluación de cultivares. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 28 ene. 2011. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)
43. Janzen, H.H.; Kucey, R.M.N. 1988. C,N, and S mineralization of crop residues as influenced by crop species and nutrient regime. *Plant and Soil*. 106: 35-41.
44. Johnson, T.J.; Kaspar, T.C.; Kohler, K.A.; Corak, S.J.; Logsdon, S.D. 1998. Oat and rye overseeded into soybean as fall cover crops in the upper Midwest. *Journal Soil Water Conservation*. 53: 276–279.
45. Jones, J.B.; Eck, H.V. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing corn and grain sorghum. In: Walsh, L.M.; Beaton, J.D. eds. *Soil testing and plant analysis*. Madison, WI, SSSA. s.p.
46. Kaspar, T.C.; Logsdon, S. D.; Meek, D.W.; Prueger, J.H. 2002. Nitrate leaching as influenced by cover crops in large soil monoliths *Agronomy Journal*. 94: 807-814.
47. Kuo, S.; Sainju, U.M.; Jellum, E.J. 1997. Winter cover crop effects on soil organic carbon and carbohydrate in soil. *Soil Science Society of American Journal*. 61: 145-152.
48. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 1998. Nitrogen mineralization and availability of mixed leguminous and non-leguminous cover crop residues in soil. *Biology Fertility Soils*. 26: 345-353.
49. \_\_\_\_\_.; Jellum, E.J. 2002. Influence of winter cover crop and residue management on soil nitrogen availability and corn *Agronomy Journal*. 94: 501-508.

50. Ladd, J. N.; Oades, J.M.; Amato, M. 1981. Microbial biomass formed from <sup>14</sup>C, <sup>15</sup>N-labelled plant material decomposing in soil in the field. *Soil Biology Biochemistry*. 13: 119-126.
51. Mansoer, Z.; Reeves, D.W.; Wood, C.W. 1997. Suitability of sun hemp as an alternative late-summer legume cover crop. *Soil Science Society of American Journal*. 61: 246-253.
52. Megie, C.A.; Pearson, R.W.; Hiltbold, A.E. 1967. Toxicity of decomposing crop residues to cotton germination and seedling growth. *Agronomy Journal*. 59: 197-199.
53. Mitchell, W. H.; Tell, M.R. 1977. Winter- annual cover crops for no-tillage corn production. *Agronomy Journal*. 69: 569-573.
54. Müller, M.M.; Sundman, V. 1988. The fate of nitrogen (<sup>15</sup>N) released from different plant materials during decomposition under field conditions. *Plant and Soil*. 105: 133-139.
55. Odhiambo, J.O.; Bomkeb, A.A. 2001. Grass and legume cover crop effects on dry matter and nitrogen accumulation. *Agronomy Journal*. 93: 299-307.
56. Préchac, F.G. 1998. Fundamentos de la siembra directa y su utilización en Uruguay. (en línea). Montevideo, s.e. s.p. Consultado 15 feb. 2011. Disponible en <http://SiembraDirecta-Fundamentos> (F\_García).htm
57. Ranells, N.N.; Waggoner, M.G. 1996. Nitrogen release from grass and legume cover crop monocultures and bicultures. *Agronomy Journal*. 88: 777-782
58. Raper, R.L.; Reeves, D.W.; Burmester, C.H.; Schwab, E.B. 2000. Tillage depth, tillage timing, and cover crop effects on cotton yield, soil strength, and energy requirements. *Applied Engineering in Agriculture*. 16(4): 379-385.
59. 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: *International Conference Cover Crops for Clean Water* (1991, Jackson, TN). Proceedings. Ankeny, IA, Soil and Water Conservation Society. pp. 76-77.

60. \_\_\_\_\_.; Wood, C. W.; Touchton, J. T. 1993. Timing nitrogen applications for corn in a winter legume conservation tillage system. *Agronomy Journal*. 85: 30-85.
61. Ritchie, S. W.; Hanway, J. J. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service. Special Report no. 48. s.p.
62. Ruffo, M.L.; Bollero, G.A. 2003. Modeling rye and hairy vetch residue decomposition as a function of degree-days and decomposition-days. *Agronomy Journal*. 95: 900-907.
63. \_\_\_\_\_.; Parsons, A.T. 2004. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Información Agronómica del Cono Sur*. no. 21: s.p.
64. Sainju, U.M.; Singh, B.P.; Whitehead, W.F. 1998. Cover crop root distribution and its effects on soil nitrogen cycling. *Agronomy Journal*. 90 : 511-518.
65. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2001. Tillage, cover crop, and kill-planting date effects on corn yield and soil nitrogen. *Agronomy Journal*. 93: 878-886.
66. \_\_\_\_\_.; Whitehead, W.F.; Singh, B.P. 2005. Biculture legume–cereal cover crops for enhanced biomass yield and carbon and nitrogen. *Agronomy Journal*. 97: 1403-1412.
67. Salaberry, M. T. 1992. Variation genotypique de la sensibilité aux températures basses chez le maïs au stade jeune. Tesis de Doctorado. Paris, France. Universidad Blaise Pascal (Clermont Ferrand II). 122 p.
68. Seo, J.H.; Meisinger, J. J.; Lee, H.J. 2006. Recovery of nitrogen-15–labeled hairy vetch and fertilizer applied to corn. *Agronomy Journal*. 98: 245-254.
69. Shrestha, A.; Hesterman, O.B.; Squire, J.M.; Fisk, J.W.; Sheaffer, C.C. 1998. Annual medics and berseem clover as emergency forages. *Agronomy Journal*. 90: 197–201
70. Singer, J. W.; Cox, W. J. 1998. Corn growth and yield under different crop rotation, tillage, and management systems. *Crop Science*. 38: 996-1003.

71. Smith, M.S.; Frye, W.W.; Varco, J.J. 1987. Legume winter cover crops. In: Stewart, B. A. ed. Advances in soil science. New York, Springer-Verlag. v. 7, pp. 95-139.
72. Stott, D.E.; Kassim, G.; Jarrell, W.M.; Martin, J.P.; Haider, H. 1983. Stabilization and incorporation into biomass of specific plant carbons during biodegradation in soil. *Plant and Soil*. 70: 15-26.
73. Ta, T.C.; Faris, M.S. 1987. Species variation in the fixation and transfer legumes to associated grasses. *Plant and Soil*. 98: 265–274.
74. Teasdale, J.R.; Beste, C.E.; Potts, W.E. 1991. Response of weeds to tillage and cover crop residue. *Weed Science*. 39: 195–199.
75. Tollenaar, M. 1977. Sink-source relationship during reproductive development in maize. A review. *Maydica*. 22: 49-75.
76. Torbert, H. A.; Reeves, D. W. 1991. Benefits of winter legumes cover crop to corn: Rotation versus fixed-nitrogen effects. In: International Conference Weast Cover Crop for Clean Water (1991, Jackson). Proceeding Ankeny, TN Soil and Water Conservation Society. pp. 99-100.
77. Torres, D.; Del Pino, A. 1995. Dynamics of soil nitrogen in agroecosystems with addition of fertilizer and incorporation of legumes. In: SAREC, Conference Efficient Use of Biological Nitrogen Fixation; Accomplishments and Prospects (1995, Buenos Aires, Argentina). Proceedings. s.n.t. s.p.
78. Torstensson, G.; Aronsson, H.; Bergström, L. 2006. Nutrient use efficiencies and leaching of organic and conventional cropping systems in sweden. *Agronomy Journal*. 98: 603-615.
79. Vallis, I.; Jones, R.J. 1973. Net mineralization of nitrogen in leaves and leaf litter of *Desmodium intortum* and *Phaseolus atropurpureus* mixed with soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 5: 391-398.
80. Varco J. J.; Frye W. W.; Smith M.S.; MacKown C.T. 1989. Tillage effects on nitrogen recovery by corn from a nitrogen-15 labeled legume cover crop. *Soil Science Society of America Journal*. 53: 822-827.

81. Vaughan, J. D.; Evanylo, G. K. 1998. Corn response to cover crop species, spring desiccation time, and residue management. *Agronomy Journal*. 90: 536-544.
82. Vyn, T. J.; Janovicek, K. J.; Miller, M. H.; Beauchamp, E. G. 1999. Soil nitrate accumulation and corn response to preceding small-grain fertilization and cover crops. *Agronomy Journal*. 91: 17-24.
83. \_\_\_\_\_.; Faber, J. G.; Janovicek, K. J.; Beauchamp, E. G. 2000. Cover crop effects on nitrogen availability to corn following wheat. *Agronomy Journal*. 92: 915-924.
84. Wagger, M. G. 1989. Time of desiccation effects on plant composition and subsequent nitrogen release from several winter annual cover crops. *Agronomy Journal*. 81: 236-241.
85. Weinert, T. L.; Pan, W. L.; Moneymakera, M. R.; Santob, G. S.; Stevensb, R. G. 2002. Nitrogen recycling by non leguminous winter cover crops to reduce leaching in potato rotations. *Agronomy Journal*. 94: 365-372.
86. Westcott, M. P.; Welty, L. E.; Knox, M.L.; Prestbye L. S. 1995. Managing alfalfa and berseem clover for forage and plowdown nitrogen in barley rotations. *Agronomy Journal*. 87: 1176–1181.
87. Worsham, A. D. 1986. No-tillage research update-North Carolina. In: Southern Region No-Till Conference (no. ordinal, 1986, Lexington, KY). Proceedings. s.n.t. s.p. (Southern Region Series Bulletin no. 319).
88. Zotarelli, L.; Avila, L.; Scholberg, J. M. S.; Alves, J. R. 2009. Benefits of Vetch and Rye cover crops to sweet corn under no-tillage. *Agronomy Journal*. 101: 252-260.

## 10. ANEXOS

Cuadro 1. Nitratos a siembra y V6 según tratamiento

| Bloque   | Tratamiento | siembra | v6   | rep | trat | LB    | LB    | s    | v6   |
|----------|-------------|---------|------|-----|------|-------|-------|------|------|
|          |             | NO3-    | NO3- |     |      |       |       |      |      |
| Bloque A | T1 cob      | 38.7    | 13.6 | 1   | 1    | 1     | LARGO | 38.7 | 13.6 |
|          | T1 bcho     | 31.0    | 16.5 | 1   | 1    | 2     | CORTO | 31.0 | 16.5 |
|          | T2 cob      | 26.8    | 7.5  | 1   | 2    | 1     | LARGO | 26.8 | 7.5  |
|          | T2 bcho     | 30.1    | 7.6  | 1   | 2    | 2     | CORTO | 30.1 | 7.6  |
|          | T3 cob      | 57.3    | 19.4 | 1   | 3    | 1     | LARGO | 57.3 | 19.4 |
|          | T3 bcho     | 64.3    | 16   | 1   | 3    | 2     | CORTO | 64.3 | 16   |
|          | T4 cob      | 19.0    | 10.8 | 1   | 4    | 1     | LARGO | 19.0 | 10.8 |
|          | T4 bcho     | 21.2    | 7.8  | 1   | 4    | 2     | CORTO | 21.2 | 7.8  |
|          | T5 cob      | 43.4    | 7.3  | 1   | 5    | 1     | LARGO | 43.4 | 7.3  |
|          | T5 bcho     | 33.0    | 16.7 | 1   | 5    | 2     | CORTO | 33.0 | 16.7 |
|          | T6 cob      | 29.4    | 9.1  | 1   | 6    | 1     | LARGO | 29.4 | 9.1  |
|          | T6 bcho     | 21.8    | 12.8 | 1   | 6    | 2     | CORTO | 21.8 | 12.8 |
|          | T7 cob      | 34.5    | 17.4 | 1   | 7    | 1     | LARGO | 34.5 | 17.4 |
|          | T7 bcho     | 34.5    | 20.7 | 1   | 7    | 2     | CORTO | 34.5 | 20.7 |
| T8 cob   | 16.9        | 9.2     | 1    | 8   | 1    | LARGO | 16.9  | 9.2  |      |
| T8 bcho  | 44.5        | 18.4    | 1    | 8   | 2    | CORTO | 44.5  | 18.4 |      |
| T9 cob   | 18.0        | 11      | 1    | 9   | 1    | LARGO | 18.0  | 11   |      |
| T9 bcho  | 54.7        | 24.6    | 1    | 9   | 2    | CORTO | 54.7  | 24.6 |      |
| Bloque B | T1 cob      | 28.7    | 13.4 | 2   | 1    | 1     | LARGO | 28.7 | 13.4 |
|          | T1 bcho     | 39.6    | 15.9 | 2   | 1    | 2     | CORTO | 39.6 | 15.9 |
|          | T2 cob      | 17.0    | 15.7 | 2   | 2    | 1     | LARGO | 17.0 | 15.7 |
|          | T2 bcho     | 24.0    | 4.4  | 2   | 2    | 2     | CORTO | 24.0 | 4.4  |
|          | T3 cob      | 37.0    | 9.9  | 2   | 3    | 1     | LARGO | 37.0 | 9.9  |
|          | T3 bcho     | 28.1    | 17.4 | 2   | 3    | 2     | CORTO | 28.1 | 17.4 |
|          | T4 cob      | 20.4    | 10.8 | 2   | 4    | 1     | LARGO | 20.4 | 10.8 |
|          | T4 bcho     | 75.0    | 13.8 | 2   | 4    | 2     | CORTO | 75.0 | 13.8 |
|          | T5 cob      | 30.8    | 9.1  | 2   | 5    | 1     | LARGO | 30.8 | 9.1  |
|          | T5 bcho     | 27.5    | 18.4 | 2   | 5    | 2     | CORTO | 27.5 | 18.4 |
|          | T6 cob      | 34.5    | 14.1 | 2   | 6    | 1     | LARGO | 34.5 | 14.1 |
|          | T6 bcho     | 57.3    | 8.7  | 2   | 6    | 2     | CORTO | 57.3 | 8.7  |
|          | T7 cob      | 17.0    | 22.5 | 2   | 7    | 1     | LARGO | 17.0 | 22.5 |
|          | T7 bcho     | 32.2    | 11.5 | 2   | 7    | 2     | CORTO | 32.2 | 11.5 |
| T8 cob   | 14.5        | 12.4    | 2    | 8   | 1    | LARGO | 14.5  | 12.4 |      |
| T8 bcho  | 35.3        | 17.2    | 2    | 8   | 2    | CORTO | 35.3  | 17.2 |      |
| T9 cob   | 28.7        | 10.8    | 2    | 9   | 1    | LARGO | 28.7  | 10.8 |      |
| T9 bcho  | 31.5        | 12.3    | 2    | 9   | 2    | CORTO | 31.5  | 12.3 |      |
| Bloque C | T1 cob      | 37.0    | 21.9 | 3   | 1    | 1     | LARGO | 37.0 | 21.9 |
|          | T1 bcho     | 17.0    | 11.2 | 3   | 1    | 2     | CORTO | 17.0 | 11.2 |
|          | T2 cob      | 33.0    | 12.3 | 3   | 2    | 1     | LARGO | 33.0 | 12.3 |
|          | T2 bcho     | 42.5    | 17.3 | 3   | 2    | 2     | CORTO | 42.5 | 17.3 |
|          | T3 cob      | 25.0    | 13   | 3   | 3    | 1     | LARGO | 25.0 | 13   |
|          | T3 bcho     | 23.1    | 21.8 | 3   | 3    | 2     | CORTO | 23.1 | 21.8 |
|          | T4 cob      | 34.5    | 10.5 | 3   | 4    | 1     | LARGO | 34.5 | 10.5 |
|          | T4 bcho     | 45.5    | 12.6 | 3   | 4    | 2     | CORTO | 45.5 | 12.6 |
|          | T5 cob      |         | 11   | 3   | 5    | 1     | LARGO |      | 11   |
|          | T5 bcho     | 42.5    | 19.4 | 3   | 5    | 2     | CORTO | 42.5 | 19.4 |
|          | T6 cob      | 37.8    | 13.2 | 3   | 6    | 1     | LARGO | 37.8 | 13.2 |
|          | T6 bcho     | 23.3    |      | 3   | 6    | 2     | CORTO | 23.3 |      |
|          | T7 cob      | 15.2    | 10.3 | 3   | 7    | 1     | LARGO | 15.2 | 10.3 |
|          | T7 bcho     | 11.0    | 17.8 | 3   | 7    | 2     | CORTO | 11.0 | 17.8 |
| T8 cob   | 37.0        | 8.6     | 3    | 8   | 1    | LARGO | 37.0  | 8.6  |      |
| T8 bcho  | 44.5        | 13.2    | 3    | 8   | 2    | CORTO | 44.5  | 13.2 |      |
| T9 cob   | 45.5        | 13.5    | 3    | 9   | 1    | LARGO | 45.5  | 13.5 |      |
| T9 bcho  | 46.6        | 10.9    | 3    | 9   | 2    | CORTO | 46.6  | 10.9 |      |

Cuadro 2. Nitratos según cobertura para barbecho largo

| <b>TRAT</b>    | <b>LB</b> | <b>Siembra</b> | <b>V6</b>   |
|----------------|-----------|----------------|-------------|
| BQ             | LARGO     | <b>29.2</b>    | <b>14.5</b> |
| T. ALEJANDRINO | LARGO     | <b>34.1</b>    | <b>10.8</b> |
| TRITICALE      | LARGO     | <b>47.2</b>    | <b>11.4</b> |
| BALANSA        | LARGO     | <b>44.3</b>    | <b>15.9</b> |
| RG+ALEJ        | LARGO     | <b>38.5</b>    | <b>18.4</b> |
| RG284          | LARGO     | <b>34.3</b>    | <b>18.2</b> |
| VICIA SATIVA   | LARGO     | <b>41.4</b>    | <b>16.3</b> |
| MOSTAZA        | LARGO     | <b>25.9</b>    | <b>16.7</b> |
| AV1095         | LARGO     | <b>32.2</b>    | <b>9.8</b>  |

Cuadro 3. Nitratos según cobertura para barbecho corto

| <b>TRAT</b> | <b>LB</b> | <b>Siembra</b> | <b>V6</b>   |
|-------------|-----------|----------------|-------------|
| BQ          | CORTO     | <b>34.8</b>    | <b>16.3</b> |
| T.ALEJ      | CORTO     | <b>33.9</b>    | <b>12.1</b> |
| TRITI       | CORTO     | <b>24.6</b>    | <b>10.7</b> |
| BALANSA     | CORTO     | <b>30.7</b>    | <b>11.8</b> |
| RG+ALEJ     | CORTO     | 39.8           | 14.1        |
| RG284       | CORTO     | 38.4           | 9.1         |
| VICIA SAT   | CORTO     | 22.8           | 10.1        |
| MOSTAZA     | CORTO     | 22.2           | 16.7        |
| AV1095      | CORTO     | 25.6           | 11.8        |



Cuadro 4. Rendimiento promedio según cobertura

| COBERTURA      | RENDIMIENTO |
|----------------|-------------|
| TRITICALE      | 9139.9      |
| RG284          | 9388.0      |
| AV1095         | 9920.0      |
| RG+ALEJ        | 9789.35     |
| VICIA SATIVA   | 9505.46     |
| MOSTAZA        | 9514.7      |
| BALANSA        | 8761.0      |
| T. ALEJANDRINO | 9143.7      |
| BQ             | 8889.7      |

Cuadro 5. Rendimiento según tratamiento

| Cobertura | Barbecho | Rendimiento |
|-----------|----------|-------------|
| TRITICALE | CORTO    | 9177.33     |
|           | LARGO    | 9102.47     |
| RG284     | CORTO    | 9232.79     |
|           | LARGO    | 9545.02     |
| AV1095    | CORTO    | 9691.4      |
|           | LARGO    | 10149       |
| RG+ALEJ   | CORTO    | 9709.4      |
|           | LARGO    | 9869.3      |
| VICIA SAT | CORTO    | 9208.81     |
|           | LARGO    | 9802.1      |
| MOSTAZA   | CORTO    | 10103       |
|           | LARGO    | 8926.66     |
| BALANSA   | CORTO    | 8926.27     |
|           | LARGO    | 8595.71     |
| T.ALEJ    | CORTO    | 9281.34     |
|           | LARGO    | 9006.09     |
| BQ        | CORTO    | 8982.13     |
|           | LARGO    | 8797.32     |