

Balcarce - Profertil, 2004/05.

**Fontanetto H. y O. Keller.** 2006. Manejo de la fertilización en Maíz. Experiencias en la Región Pampeana Argentina. En: Información Técnica de Cultivos de Verano. Campaña 2006. Publicación Miscelánea N° 106. pp 85-113 INTA EEA Rafaela.

**Nommik H.** 1973. The effect of pellet size on the ammonia loss from urea applied to forest soil. *Plant Soil*. 39:309-318.

**Sainz Rozas H., H.E. Echeverría, G.A. Studdert y F.H. Andrade.** 1997. Volatilización de amoníaco desde urea aplicada al cultivo de maíz bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 15: 12-16

**Trenkel M.E.** 1997. Improving Fertilizer Use Efficiency. Con-

trolled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture. 151 p

**Videla C.C.** 1994. La volatilización de amoníaco: una vía de pérdida de nitrógeno en sistemas agropecuarios. EEA Balcarce INTA Bol. Tec. 131, 16 p.

**Salvagiotti F.** 2005. Cuantificación de las pérdidas de nitrógeno por volatilización y su efecto en el rendimiento del cultivo de maíz. EEA INTA Oliveros. Convenio INTA Oliveros - Profertil, 2004/05

**Watson C.J.** 2000. Urease activity and inhibition. Principles and practice. The International Fertiliser Society. Proceeding N° 454. 39 p. ■

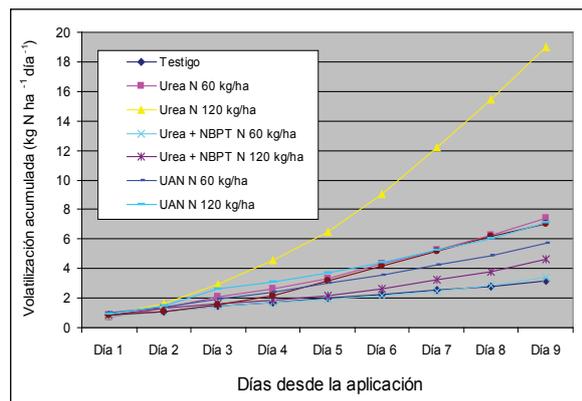


Figura 2. Emisión acumulada de nitrógeno (kg N ha<sup>-1</sup>) en forma de NH<sub>3</sub> a lo largo del experimento. Pergamino, campaña 2008/09.

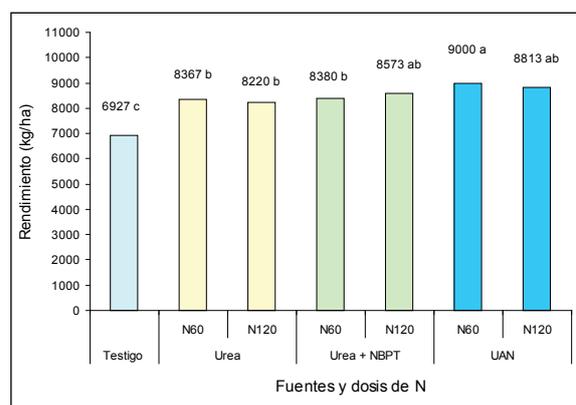


Figura 3. Rendimiento en grano (kg ha<sup>-1</sup>) de diferentes dosis, fuentes y tratamientos con inhibidores de la volatilización de N en maíz. Letras distintas en las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos (DMS  $\alpha=0.1$ ).

## CARACTERIZACIÓN DE LA DINÁMICA DE INCORPORACIÓN DE RESIDUOS DE COSECHA AL SUELO EN UN SISTEMA AGRÍCOLA EN SIEMBRA DIRECTA EN EL CENTRO-OESTE DE BUENOS AIRES

Pablo F. Richmond y Sergio N. Rillo  
AER INTA 9 de Julio, Buenos Aires, Argentina.  
richmond.pablo@gmail.com

### Introducción

Los efectos de los rastrojos sobre el suelo en sistemas de siembra directa (SD) son conocidos: atenuación de las variaciones de temperatura, protección de la superficie contra el impacto de la gota de lluvia y el viento, una mayor oportunidad de infiltración para el agua, disminución de la evaporación y aumento de la disponibilidad de humedad para los cultivos. No se dispone, en cambio, de suficiente información sobre la dinámica de descomposición de los rastrojos en la zona centro-oeste de Buenos Aires, que permita cuantificar la tasa de incorporación del carbono (C) aportado al suelo. El proceso de descomposición de los residuos orgánicos depende del ambiente químico generado por el residuo y de su interacción con los microorganismos del suelo. Los factores del suelo que controlan el proceso son: humedad, temperatura, pH, aireación y disponibilidad de nutrientes (Schjonning et al., 1999). Los más determinantes son el contenido de humedad, los eventos de secado y rehumedecimiento (Kruse et al., 2004) y la temperatura del suelo (Rodrigo

et al., 1997; Kätterer, 1998). Entre los factores del residuo encontramos: composición química, relación carbono/nitrógeno (C:N), contenido de lignina (Whitmore, 1996) y tamaño de las partícula del residuo, así como la forma de contacto con el suelo y la microflora natural (Parr y Papendick, 1978). Los factores que producen el mayor efecto sobre el crecimiento y actividad microbiana tendrán el mayor potencial para alterar la tasa de descomposición (Creus et al., 1998). Parte del C producto de la descomposición del rastrojo es liberado como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otra parte es asimilada por la biomasa microbiana involucrada en el proceso de descomposición (Alexander, 1997; Gilmour et al. 2003). Para que ocurra la asimilación del C, el N también debe ser asimilado en cantidades determinadas por la relación C:N de la biomasa microbiana. Como regla general, las células microbianas contienen 5 a 15 partes de carbono por una parte de N, pero 10:1 es un promedio razonable para la flora predominantemente aeróbica (Alexander, 1997).

Si la cantidad de N presente en la descomposición de residuos orgánicos es mayor que la requerida por los microorganismos, existirá una mineralización neta con liberación de N inorgánico. Si la cantidad de N en el residuo es igual a la cantidad requerida, no habrá mineralización neta. Si, por el contrario, la cantidad de N presente en el residuo es menor que el requerido por la biomasa microbiana, será inmovilizado N inorgánico adicional, el que se obtendrá a partir del suelo para completar el proceso de descomposición (Cabrera, 2007).

La temperatura es uno de los factores ambientales que determina la rapidez con la que los materiales naturales son metabolizados. Un cambio en la temperatura alterará la composición de las especies de la flora activa y al mismo tiempo tendrá una influencia directa sobre cada organismo de la comunidad. El metabolismo microbiano y, por ende, la mineralización del carbono es menor a bajas temperaturas, y el calor está asociado con una mayor liberación de  $\text{CO}_2$ . A  $5^\circ\text{C}$  ocurre una apreciable degradación de materia orgánica (MO), mientras que las máximas tasas de descomposición se llevan a cabo a temperaturas que oscilan entre  $30$  y  $40^\circ\text{C}$  (Alexander, 1997).

La velocidad de descomposición también está regida por el tamaño de las partículas orgánicas sujetas a ataque. Como regla general, los materiales de partículas pequeñas son degradados más fácilmente que los de partículas más grandes (Alexander, 1997). Las ligninas son altamente resistentes y consecuentemente empiezan a ser de manera relativa más abundantes en la MO residual en descomposición (Alexander, 1997).

Los objetivos de este trabajo son 1) conocer la dinámica de provisión de C al suelo a través de los rastrojos en una rotación típica en siembra directa, en las condiciones locales del centro - oeste de Buenos Aires y 2) evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en un cultivo de maíz sobre la tasa de degradación de su rastrojo.

## Materiales y Métodos

Las evaluaciones se desarrollaron a lo largo de tres años, entre 2005 y 2007, en la Escuela MC y ML Inchausti, cercana a la localidad de Valdés, partido de 25 de Mayo. Las precipitaciones anuales fueron de 919, 1095 y 860 mm para los años 2005, 2006 y 2007. Para cumplir los objetivos establecidos, se realizaron dos experiencias paralelas: 1. Evaluación de la tasa de degradación del rastrojo presente en superficie en lotes de producción en SD, a lo largo de tres campañas y 2. Evaluación de la tasa de degradación del rastrojo de maíz presente en superficie proveniente de un cultivo al que se aplicaron diferentes dosis de N.

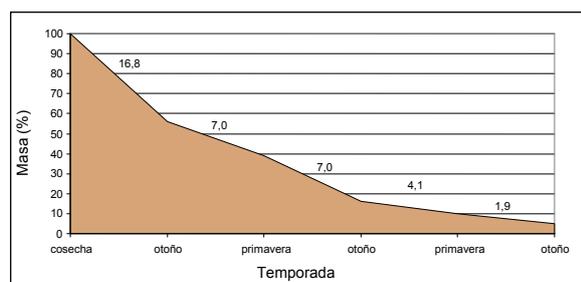


Figura 1. Evolución relativa de la masa de residuos del cultivo de trigo (%) y tasa media diaria de degradación ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ )

En el primer ensayo, las mediciones de masa de rastrojo (sin pastoreo) se realizaron en tres lotes, en un sistema de SD estabilizada a lo largo de 6 años, con una rotación maíz - soja - trigo/soja. Las evaluaciones fueron efectuadas en dos épocas del año; en otoño, luego de la cosecha gruesa y en primavera, con el fin de evaluar la degradación durante la mitad más fría y la más cálida del año. En cada oportunidad se levantó todo el rastrojo y broza presente en 4 aros de  $0.25 \text{ m}^2$  correspondientes a la cola visible de la última cosecha y en 4 aros del mismo tamaño correspondientes al área que habría ocupado el resto de la plataforma de la cosechadora, totalizando  $2 \text{ m}^2$ . Para determinar la masa total, se consideró que lo denominado cola de máquina representó el 40% del ancho de trabajo y el resto de plataforma el 60%. Luego de secado, el material cosechado se separó en 5 fracciones: maíz nuevo, maíz antiguo, trigo, soja y broza (partículas no identificables).

En el segundo ensayo se utilizó la misma metodología de recolección del material. Se evaluó sólo el rastrojo de maíz remanente en tres momentos; al otoño (luego de la cosecha del maíz), en primavera y en el segundo otoño, a fin de determinar la evolución en un año completo.

Los tratamientos evaluados incluyeron un testigo sin N (T1),  $46 \text{ kg ha}^{-1}$  aplicados a la siembra (T2),  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  disponibles a la siembra (T3),  $220 \text{ kg ha}^{-1}$  disponibles a la siembra (T4),  $46 \text{ kg ha}^{-1}$  aplicado en  $V_5$  (T5),  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  disponibles en  $V_5$  (T6) y  $220 \text{ kg ha}^{-1}$  disponibles en  $V_5$  (T7).

Los tratamientos de  $150$  y  $220 \text{ kg ha}^{-1}$  corresponden a una aplicación de  $150$  o  $220 \text{ kg ha}^{-1}$  - x, siendo x la cantidad de  $\text{N-NO}_3^-$  de 0-60cm de profundidad. La dosis de  $46 \text{ kg ha}^{-1}$  corresponde a una dosis modal utilizada por el productor, equivalente a  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de urea. La fuente de N utilizada fue nitrato de amonio calcáreo. El diseño del ensayo fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Las unidades experimentales correspondieron a siete surcos separados a  $0.70 \text{ m}$  por un largo de  $7 \text{ m}$ .

Se analizó el contenido inicial del N del material correspondiente a cada tratamiento, a fin de determinar si los diferentes tratamientos tuvieron efecto sobre la concentración de N presente en el rastrojo.

## Resultados y discusión

### Ensayo 1. Evaluación de la tasa de degradación de rastrojos en una rotación maíz - soja - trigo/soja.

#### Degradación del rastrojo de trigo

La masa inicial promedio del rastrojo de trigo fue de  $6298 \text{ kg ha}^{-1}$ . La Fig. 1 muestra la evolución relativa de

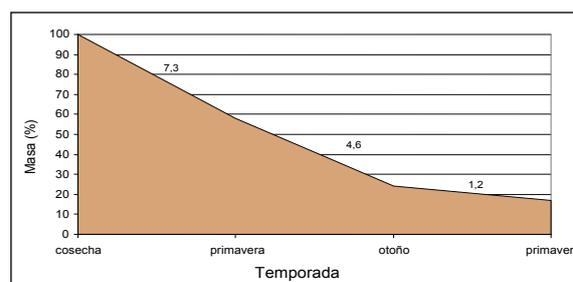


Figura 2. Evolución relativa de la masa de residuos de soja de segunda (%) y tasa media diaria de degradación ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ).

la masa de rastrojo en el tiempo. Los valores sobre la pendiente marcan la tasa diaria de degradación media para el período, en  $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ .

Desde la cosecha al inicio del primer otoño, el rastrojo se degradó en un 44%; al término del primer invierno se había degradado el 61% y a la finalización del segundo verano se había degradado el 84% (Fig. 1). Al término del tercer verano, la cantidad de rastrojo remanente no era significativa, transformándose en broza no identificable en sus componentes a simple vista. Esta broza no diferenciable correspondería a la situación previa a la incorporación al sustrato superior del suelo, representando una porción significativa del material depositado sobre la superficie y en íntimo contacto con la misma, por lo que tendría mayor oportunidad de descomposición. Este material constituyó en algunos casos hasta el 35% del total del material presente.

El rastrojo de trigo aportó al suelo aproximadamente 1020  $\text{kg ha}^{-1}$  de C humificado a lo largo de todo su período de descomposición, asumiendo un contenido de C del material del 45% y un índice de humificación de 36%.

### Degradación del rastrojo de soja

Luego de la cosecha de soja de primera, se midió una masa promedio de 4137  $\text{kg ha}^{-1}$ . Para soja de segunda, se midieron 2799  $\text{kg ha}^{-1}$ . Los residuos de soja de primera se degradaron un 52% desde la cosecha del cultivo hasta la primavera siguiente, con una tasa media de degradación de 13.3  $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ .

La Fig. 2 muestra la evolución de la degradación y tasa de degradación media diaria de soja de segunda. En el caso de soja de primera, debido a la fase de la rotación en que se midieron los lotes, sólo pudo evaluarse por un período corto. No obstante, si se compara con el gráfico de soja de segunda, se observa que en ambos casos en el primer invierno se degradó aproximadamente el 50% del residuo, por lo que puede inferirse que la evolución posterior puede ser similar.

Comparado con el rastrojo de trigo y maíz, que tuvieron una degradación cercana al 20% durante el primer invern-

no (Fig. 1 y 3), el rastrojo de soja se degradó en ese mismo período en una proporción mucho mayor.

El rastrojo de soja de primera aportó 707  $\text{kg ha}^{-1}$  de C humificado a lo largo de todo su período de descomposición. La soja de segunda aportó 479  $\text{kg ha}^{-1}$ , considerando en ambos casos un contenido de C del material del 45% y un factor de humificación del 38%.

### Degradación del rastrojo de maíz

La masa inicial promedio del rastrojo de maíz fue de 12625  $\text{kg ha}^{-1}$ , aportando 2045  $\text{kg ha}^{-1}$  de carbono humificado a lo largo del período total de degradación. La evolución de la masa en el tiempo se aprecia en la Fig. 3; los números sobre la pendiente indican la tasa media de descomposición.

### Balance de C en la rotación

En base a las evaluaciones anteriores, la Tabla 1 ofrece un resumen del C humificado total incorporado al suelo para cada uno de los cultivos participantes de la rotación y el aporte relativo de cada uno, tomando al maíz como base 100.

En base a las tasas de degradación obtenidas anteriormente, se hace a continuación una estimación de la degradación del total del rastrojo de los tres cultivos presentes en el suelo a lo largo de los tres años de rotación, con la finalidad de obtener el aporte total de C humificado y ensayar un balance de C de la rotación. Se consideró el inicio al año en que comienza a degradarse el rastrojo de maíz (año 1).

La Tabla 2 muestra el tipo y antigüedad del rastrojo presente en el suelo en cada año de la rotación. Así, por ejemplo, en el año 1 está presente el rastrojo de maíz en su primer año de degradación, sumado a uno antiguo en su cuarto año; un rastrojo de trigo y soja de segunda en su segundo año y un rastrojo de soja en su tercer año. En las evaluaciones realizadas, el maíz fue el único residuo que llegó en cantidad significativa e identificable hasta la repetición del mismo cultivo.

Tabla 1. Aporte total y relativo del C humificado al suelo de cada cultivo.

| Cultivo       | Aporte C humificado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) | Aporte relativo C humificado |
|---------------|---|------------------------------|
| Maíz          | 2045  | 100                          |
| Trigo         | 1020  | 50                           |
| Soja 1º       | 707   | 35                           |
| Soja 2º       | 479   | 23                           |
| Trigo/Soja 2º | 1499  | 73                           |

Tabla 2. Años de antigüedad de cada tipo de residuo presente en cada año de rotación.

| Año de Rotación | Maíz  | Trigo | Soja 2º | Soja 1º |
|-----------------|-------|-------|---------|---------|
| 1               | 4 + 1 | 2     | 2       | 3       |
| 2               | 2     | 3     | 3       | 1       |
| 3               | 3     | 1     | 1       | 2       |

Tabla 3: Aporte de cada tipo de rastrojo al total de la degradación para cada año de la rotación.

| Año de rotación | Maíz ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) | Trigo ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) | Soja 2º ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) | Soja 1º ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) | Degradación total ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ) | Degradación anual ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) |
|-----------------|---|--|--|--|--|--|
| 1               | 25.2  | 3.6  | 1.2  | 0  | 30.0   | 10950  |
| 2               | 6.0   | 1.2  | 0  | 12.0   | 19.2   | 7008   |
| 3               | 2.4   | 14.4   | 7.2  | 1.2  | 25.2   | 9198   |

En base al trabajo anterior, en la Tabla 3 se presenta la tasa de degradación de cada tipo de residuo en cada año como un promedio entre la ocurrida en el período más frío y el más caluroso. A ese valor se le sumó un 20%, tomado usualmente por la bibliografía como aporte de MO a partir del sistema radicular en descomposición.

Teniendo en cuenta la diferente masa total y la relación C:N de los diferentes materiales que componen el *mulch* presente, sumado al peso relativo de cada uno en cada año, se aprecia que la demanda de N de los microorganismos que intervienen en la descomposición variará cada año, pudiendo provocar períodos de inmovilización o liberación neta de N.

Diversos autores citan para el tejido de trigo y maíz una relación C:N de entre 60:1 y 100:1 (Cabrera, 2007). Richmond (2007), en una experiencia realizada en Fauzón, partido de 9 de Julio, obtuvo un valor de 81:1 para el residuo de maíz. En el caso de soja, Cordone (1991) establece un rango entre 40 y 50. El rango de valores de relación C:N reportado por la bibliografía que determina mineralización o inmovilización de N varía según autores entre 25 y 35:1 (Smith, 1982; Bartholomew, 1965; Harris, 1988; respectivamente, citados por Cordone, 1991). Whitmore (1996) y Seneviratne (2000) citan un rango de 20-40, mientras que Morón (2002) coincide en un rango de 20-30. La existencia de un rango de valores para el punto de equilibrio está probablemente relacionado con la variación de la relación C:N de la masa microbiana que actúa en la descomposición de los residuos, como así también con la existencia de componentes orgánicos con diferentes susceptibilidades a la mineralización (Cabrera, 2007).

Considerando un contenido de C de los rastrojos de 45% y aplicando los factores de humificación correspondientes a cada cultivo (maíz y trigo: 0.36, soja: 0.38), se determinó el aporte de C humificado al suelo (Tabla 4).

De acuerdo a estos datos, la incorporación de C humificado al suelo en el sistema a lo largo de un ciclo de rotación de tres años fue de 4465 kg ha<sup>-1</sup>, con un promedio anual de 1488 kg ha<sup>-1</sup>. Este aporte de C puede ser comparado con las pérdidas del sistema para hacer un balance.

El contenido de MO promedio de los lotes evaluados es de 2.5% (0-20 cm). Considerando una densidad aparente de 1.20 tn m<sup>3</sup>, una hectárea hasta 20 cm tendrá 2400 toneladas de suelo, con un contenido de 60 toneladas de MO. Considerando que esa MO tiene un porcentaje de C del 58%, el contenido de C sería de 34800 kg ha<sup>-1</sup>. Diversos autores consideran una mineralización de entre el 3 y el 5% anual en SD. Tomando un 4%, se mineralizarían 1392 kg ha<sup>-1</sup> de C. Comparando este valor con los 1488 kg ha<sup>-1</sup> de C aportados, el sistema tendría un leve superávit de 96 kg ha<sup>-1</sup>. De este modo, el aporte anual sería de un 0.28% del pool total de C del suelo hasta 20 cm de profundidad. Así, si tomamos un período de 10 años manejando esta rotación, el aumento del C total del suelo sería de 2.8%, llegando a 35774 kg ha<sup>-1</sup>. Esta masa equivale a un aumento del contenido total de MO del suelo de 0.07% en ese período de 10 años.

Tabla 4. Aporte de carbono humificado en cada año de la rotación a partir de cada tipo de residuo.

| Año de Rotación | Maíz (kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ) | Trigo (kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ) | Soja 2 <sup>o</sup> (kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ) | Soja (kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ) | C aportado (kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ) | C aportado anual (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|---|--|--|---|---|---|
| 1               | 4.08  | 0.58   | 0.21   | 0   | 4.87  | 1778  |
| 2               | 0.97  | 0.19   | 0  | 2.05  | 3.21  | 1172  |
| 3               | 0.38  | 2.33   | 1.23   | 0.21  | 4.15  | 1515  |

## Ensayo 2: Degradación del rastrojo de un cultivo de maíz sometido a diferentes niveles de fertilización nitrogenada

Los valores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el suelo (0-60cm) a la siembra promediaron 7 kg N ha<sup>-1</sup>. La Tabla 5 muestra el porcentaje de proteína en el grano de maíz cosechado para cada tratamiento de fertilización nitrogenada y la concentración de N en los residuos vegetales al inicio del ensayo, recién cosechado el maíz.

Al igual que sucedió con el porcentaje de proteína en grano (Tabla 5), el contenido de N en los residuos de cosecha fue mayor al aumentar la dosis de fertilización. Igualmente, las aplicaciones a la siembra (T2, T3 y T4) tuvieron una menor concentración, con una media de 0.41%, en comparación con las aplicaciones en V5 (T5, T6 y T7), que mostraron una media de 0.51%, o sea una diferencia del 25%. Esto podría estar explicado por una mayor absorción por parte del cultivo en la aplicación en V5, inicio del período de mayor demanda del cultivo, logrando una mayor eficiencia agronómica. La Tabla 6 muestra la degradación del rastrojo producida en cada tratamiento, entre el mes de mayo de 2006 y mayo de 2007.

Se observó una tendencia a una mayor descomposición de los residuos de cosecha cuanto mayor fue el N disponible para el cultivo y más tardía la aplicación del fertilizante. Esta tendencia se observa en la Fig. 5, en donde se promediaron los tratamientos por dosis de N disponible. La gran magnitud de pérdida de masa se debe principalmente a la tasa de degradación del residuo de maíz durante el primer año.

## Conclusiones

- La tasa de descomposición del rastrojo de los tres cultivos fue más pronunciada en los primeros meses y especialmente en la época del año más cálida. El rastrojo de maíz fue el más voluminoso y persistente; se observaron restos de este cultivo en el suelo durante 4 años. El rastrojo de soja tuvo la descomposición más rápida.
- La rotación evaluada presentó un balance positivo de C. No obstante, ese superávit sólo pudo verse reflejado en el contenido total de MO del suelo a través de largos períodos de tiempo. Se destaca la importancia de la inclusión

Tabla 5. Porcentaje de proteína en grano y concentración de N en el residuo de maíz para cada tratamiento.

| Tratamiento | Proteína en grano (%) | Concentración de N (%) |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| 1           | 6.6                   | 0.33                   |
| 2           | 7.4                   | 0.32                   |
| 3           | 8.4                   | 0.48                   |
| 4           | 9.0                   | 0.42                   |
| 5           | 7.3                   | 0.39                   |
| 6           | 9.4                   | 0.47                   |
| 7           | 10.3                  | 0.67                   |

de gramíneas (especialmente maíz) en la rotación, como aporte de C al suelo.

- La concentración de N de los residuos de cosecha de maíz estuvo relacionada positivamente con la dosis de N aplicada al cultivo. A mayores dosis de N, mayor fue la velocidad de descomposición del rastrojo de maíz.

**Agradecimientos**

Los autores agradecen a directivos y personal de campo de la Escuela Agrotécnica MC y ML Inchausti la colaboración prestada para la realización de esta experiencia.

**Bibliografía**

**Alexander M.** 1977. Introduction to soil microbiology. 2º Edition. John Wiley & Sons. New York. N.Y.  
**Bartholomew W.** 1965. Mineralization and Immobilization of Nitrogen in the Decomposition of Plant and Animal residues. *En Soil Nitrogen*. W. V. Bartholomew y F.E. Clark (ed.). Agronomy Monograph N° 10. American Society of Agronomy. p. 285-306.  
**Cabrera M.** 2007. Mineralización y nitrificación: procesos claves en el ciclo del nitrógeno. Simposio Fertilidad 2007 IPNI Cono sur/Fertilizar A C. www.inpofos.org.  
**Cordone G., J. Ostojic, M. Ferrari y N. Gonzalez.** 1991. Los residuos de la cosecha de soja, maíz y girasol: cantidad, calidad y

distribución en la superficie del suelo. Campaña 1990-91. Carpeta de producción Vegetal. Tomo X. Serie Generalidades. Informe 77 EEA INTA Pergamino.

**Creus C., G. Studdert, H. Echeverría y S. Sanchez.** 1998. Descomposición de residuos de cosecha de maíz y dinámica del nitrógeno en el suelo. *Revista Ciencia del Suelo* 16:51-57.  
**Gilmour J., C. Cogger, L. Jacobs, G. Evanylo y D. Sullivan.** 2003. Decomposition and plant – available nitrogen in biosolids: laboratory studies, field studies and computer simulation. *J. Environ Quality* 32:1498-1507.  
**Harris P.** 1988. Microbial Transformations of Nitrogen. *En Russell’s Soil Conditions and Plant Growth*. A. Wild (ed.). Longman, Harlow. 9º Edición. p. 608-651.  
**Kätterer T., M. Reichstein, O. Andren y A. Lomander.** 1998. Temperature dependence of organic matter decomposition: a critical review using literature data analyzed with different models. *Biol. Fertil. Soils* 27:258-262.  
**Kruse J., D. Kissel y M. Cabrera.** 2004. Effects of drying and rewetting on C and N mineralization in soils and incorporated residues. *Nutr Cycl. Agroecosystems*. 69:247-256.  
**Morón A.** 2002. Dinámica de los rastrojos en el suelo. La contribución del cultivo de Maíz. *Guía Dekalb del cultivo de maíz*. p.84-96.  
**Parr J. y R. Papendick.** 1978. Factors affecting the decomposition of crop residues by microorganisms. *Crop residues management systems*. Am. Soc. Agron. Special Publication N° 31. Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA. p.101-129.  
**Richmond P.** 2007. Interacción de los residuos de cosecha de maíz y el agregado de nitrógeno sobre el cultivo de trigo en SD.. Tesis correspondiente a la especialización en SD. Escuela para graduados Alberto Soriano. FAUBA.  
**Rodrigo A., S. Recous, C. Neel y B. May.** 1997. Modelling temperature and moisture effects on C, N transformation in soils: Comparison of nine models. *Ecol Model* 102: 325-339.  
**Schjonning P., J. Thomsen, P. Moberg, H. de Jorge, K. Kreisenen y B. Christensen.** 1999. Turnover of organic matter in differently textured soils: I Physical characteristics of structurally disturbed and intact soils. *Geoderma* 89: 177-198.  
**Seneviratne G.** 2000. Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture: A synthesis. *Biol Fertil. Soils* 31:60-64.  
**Smith O.** 1982. *Soil Microbiology: A model of decomposition and nutrient cycling*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. p. 199-240.  
**Whitmore A.** 1996. Modeling the release and loss of nitrogen after vegetable crops. *Netherland Journal Agric. Science*. 44:73-86. ■

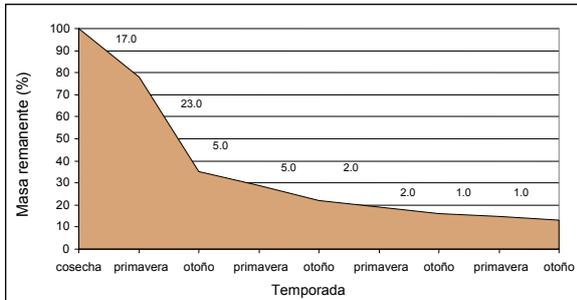


Figura 3. Evolución relativa de la masa de residuos de maíz (%) y tasa diaria de degradación (kg ha⁻¹ día⁻¹).

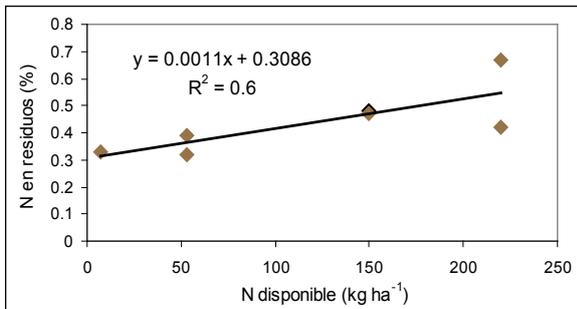


Figura 4. Aumento de la concentración de N en residuos en función del nivel de N disponible a la siembra del maíz. Los N-NO₃⁻ a la siembra (0-60cm) promediaron 7 kg N ha⁻¹.

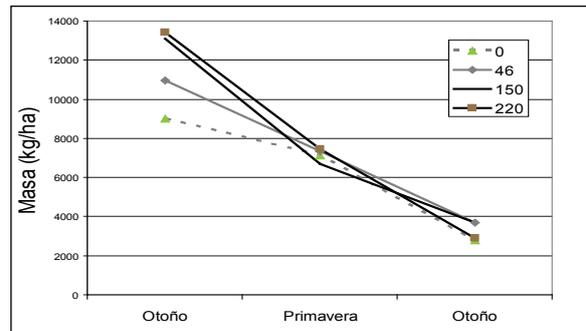


Figura 5. Evolución de la masa de rastrojo en función de la dosis de N disponible según el tratamiento. Los N-NO₃⁻ a la siembra (0-60 cm) promediaron 7 kg N ha⁻¹.

Tabla 6. Degradación de la masa de rastrojo para cada tratamiento desde el otoño 2006 hasta el otoño 2007.

| Tratamiento | Masa otoño 2006 (kg ha⁻¹) | Masa primavera 2006 (kg ha⁻¹) | Masa otoño 2007 (kg ha⁻¹) | Diferencia Inicial-final (kg ha⁻¹) | Degradación (%) | Degradación media (kg ha⁻¹ día⁻¹) |
|-------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|
| 1           | 8993                      | 7128                          | 2788                      | 6205                               | 67              | 16.7                              |
| 2           | 11088                     | 7308                          | 4300                      | 6788                               | 61              | 18.2                              |
| 3           | 12997                     | 6732                          | 4300                      | 8697                               | 67              | 23.4                              |
| 4           | 13825                     | 7728                          | 2868                      | 10957                              | 79              | 29.5                              |
| 5           | 10852                     | 7412                          | 3100                      | 7752                               | 71              | 20.8                              |
| 6           | 13197                     | 6672                          | 3072                      | 10125                              | 77              | 27.2                              |
| 7           | 13003                     | 7156                          | 2920                      | 10083                              | 78              | 27.1                              |