

Evaluación de la tasa de descomposición de residuos de
un cultivo de cobertura

Trabajo Final de Graduación

Autores:

Ezequiel Martínez

Román R. Nagel

Director:

Elke Noellemeyer

Co Director:

German Morazzo

Cátedra de Edafología, Manejo, Conservación y Fertilidad de Suelos
Facultad de Agronomía

Universidad Nacional de La Pampa

2012

Contenido

	Página
RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
MATERIALES y MÉTODOS	5
RESULTADOS	7
DISCUSIÓN	13
CONCLUSIONES	15
BIBLIOGRAFÍA	16

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la variación de la composición química durante el proceso de descomposición del residuo de un centeno utilizado como cultivo de cobertura, cuando es dejado sobre el suelo en un sistema de siembra sin laboreo. Para tal fin se realizó un ensayo a campo en el cual se expusieron cantidades conocidas de residuos de un cultivo de centeno en bolsitas de tela de mosquitero a la descomposición en la superficie del suelo en una pastura de *Panicum coloratum*. La experiencia duró 6 meses durante la época estival. Durante este periodo se realizaron muestreos periódicos cada 15 días, recolectándose de 6 bolsas por fecha. El material vegetal una vez secado se molió a 1 mm de diámetro para su posterior caracterización química, la cual se realizó por medio de espectroscopia infrarroja con transformadas de Fourier, utilizando para tal fin un equipo FT-IR marca Shimadzu 8400-S. Los espectros se obtuvieron en la región media del espectro infrarrojo ($4000-400\text{ cm}^{-1}$) utilizando bromuro de potasio (KBr) grado espectroscópico como referencia. Se observó que la pérdida de peso de los residuos ocurrió en los primeros 30 días de incubación, permaneciendo luego constante a través de todo el periodo de incubación. El porcentaje de pérdida de peso seco fue en promedio del 30,65%. Las relaciones proteína/carbono orgánico, carbohidratos solubles/carbono orgánico, proteínas/lignina, carbohidratos solubles/lignina, carbohidratos solubles/celulosa y proteínas/celulosa mostraron diferencias hasta los 30 días de incubación. Estadísticamente la relación que presentó mayor variabilidad en dicho periodo fue la relación proteína-lignina. Estos resultados permiten inferir que en los primeros 30 días de incubación existió una descomposición rápida de los residuos vegetales en la superficie del suelo. Esto podría deberse a una mayor disponibilidad de nutrientes debido a las condiciones edafo-ambientales que facilitaron la colonización de los residuos por parte de los microorganismos del suelo acelerando la descomposición de los mismos. La pérdida de peso correspondió en su mayoría a la pérdida de sustancias lábiles como proteínas y carbohidratos solubles de los rastrojos. Se observó también que el material restante, en el que la degradación fue más lenta y no se observaron pérdidas de peso estadísticamente significativas, correspondió a las sustancias más recalcitrantes como lo son la celulosa y lignina.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de cobertura constituyen una alternativa sustentable, que permite equilibrar el balance de carbono y nitrógeno en el suelo, mejorando las propiedades físicas como así también la fertilidad del suelo.

El crecimiento de las superficies destinadas al cultivo de la soja, potenció la rápida incorporación de la soja transgénica, asociada al sistema de siembra directa, permitiendo el cultivo en áreas marginales que limitaban la agricultura convencional. Esta intensificación productiva, sin las rotaciones adecuadas, resultó en una paulatina degradación del suelo (De Batista et al., 1992).

El cultivo de soja aporta un rastrojo rico en nitrógeno, que se descompone rápidamente, dejando poca cobertura en la superficie del terreno. Así es que la incorporación de materia orgánica es escasa, lo cual repercute negativamente en la estabilidad estructural del suelo.

Al cabo de varios años de monocultivo de soja, el suelo forma capas endurecidas que limitan el crecimiento de las raíces, y en ocasiones las obligan a cambiar de dirección. Por lo tanto, ha disminuido la cobertura de residuos sobre el suelo, esto incrementa los procesos erosivos y el desbalance de la materia orgánica, afectando la eficiencia del uso del agua, la estructura y la fertilidad del suelo. Si se priorizan los cultivos de alto margen económico en esquemas de corto plazo, se desarrollan sistemas productivos simplificados de mayor inestabilidad productiva o ambiental (Andriulo et al., 2008).

Por otro lado, una vez consolidada la siembra directa, es indispensable lograr altos niveles de cobertura del suelo con rastrojos, para lograr estabilidad en los suelos y en los rendimientos (Fernández et al., 2008).

Hoy en día muchos productores del sudeste de Córdoba, ante la posibilidad esporádica de hacer trigo, por carecer de precipitaciones invernales y poseer suelos de mediana a baja capacidad de retención hídrica, empezaron a trabajar con cultivos de cobertura invernales para intentar incrementar el aporte de materia seca al sistema. El cultivo elegido es el centeno, por su rusticidad, adaptación a la zona y buen nivel de producción (comunicación personal Ing. Agrónomo Juan Gaona).

Los residuos de cosecha de los cultivos dejados sobre la superficie del suelo normalmente persisten por más tiempo que los incorporados (Creus et al., 1998)

generando una disponibilidad diferencial de nutrientes, en especial de nitrógeno (Schomberg et al., 1994).

El proceso de descomposición de los residuos de cosecha dependen de factores del ambiente como temperatura, humedad, y disponibilidad de nutrientes (Hubbard y Jordan, 1996); factores inherentes al rastrojo como su concentración de N o relación C/N, contenido de lignina y carbohidratos solubles, y factores de manejo como cantidad de rastrojo, el tamaño de las partículas y el lugar de descomposición sobre o dentro del suelo (Brown y Dickey, 1970; Parr y Papendick, 1978).

Considerando que el objetivo de incluir un cultivo de cobertura en los sistemas de producción con predominancia de soja es incrementar el aporte de residuos al suelo con el fin de favorecer la incorporación de materia orgánica, es necesario estudiar el proceso de descomposición del residuo de los cultivos de cobertura para poder evaluar su posible aporte al secuestro de mayores proporciones de carbono en dichos sistemas. Si bien en la región semiárida pampeana se han llevado a cabo varios ensayos con cultivos de cobertura (Scianca et al., 2006; Alvarez et al., 2006; Fernández et al., 2005, 2006, 2007 y 2008) no se registran trabajos en los cuales se evalúe la variación de la composición química del residuo del cultivo de cobertura durante el proceso de descomposición.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la variación de la composición química durante el proceso de descomposición del residuo de un centeno utilizado como cultivo de cobertura, cuando es dejado sobre el suelo en un sistema de siembra sin laboreo.

MATERIALES y MÉTODOS

Se realizó un ensayo a campo en el cual se expusieron cantidades conocidas de residuos de un cultivo de centeno a la descomposición en la superficie del suelo, para lo cual se utilizaron bolsitas confeccionadas con tela de mosquitero con aberturas de aproximadamente 2mm que permiten la entrada de mesofauna y microorganismos pero que excluyen a insectos u otros organismos de mayor tamaño y evitan la pérdida del material vegetal. Los residuos se colocaron en una pastura perenne estival (*Panicum coloratum*), para simular condiciones óptimas de un sistema sin disturbar, tal como sería un suelo bajo siembra directa durante muchos años, y simulando las condiciones ambientales de un cultivo de verano como es la soja. En un lote de dicha pastura

ubicada en el campo de la Facultad de Agronomía se delimitó una parcela de 16 m², en la cual no tuvo acceso el ganado.

El material proveniente del cultivo de cobertura se obtuvo de ensayos llevados a cabo en la EEA INTA Anguil, siendo el cultivo un centeno (*Secale cereale*, variedad Quehué). De acuerdo al rendimiento de materia seca (MS) obtenido en dichos ensayos se utilizó el peso equivalente por área en bolsitas de hojarasca de un tamaño de 10 x 15 cm, confeccionadas con tela de mosquitero de 2 mm de malla. El material vegetal en las bolsas se picó a un tamaño de aproximadamente 3 cm y representó tallos, hoja y espigas de acuerdo a su peso proporcional en la MS dejada por el cultivo de cobertura.

La experiencia duró 6 meses durante la época estival. Durante este periodo se realizaron muestreos periódicos cada 15 días, recolectándose de a 6 bolsas por fecha.

Por cada muestreo se determinó la humedad del suelo por el método gravimétrico en muestras superficiales (0-20 cm) tomadas con barreno, con 3 repeticiones en la parcela. Al mismo momento se retiraron las 6 bolsitas de residuos de la parcela y se llevaron a estufa a 60°C hasta peso constante para determinar el peso seco de cada bolsita. Se registraron los datos de temperatura y de precipitaciones durante todo el período de incubación con la estación meteorológica de la Facultad de Agronomía de Universidad Nacional de La Pampa que está ubicada a 50 metros de la parcela (Tabla 1).

Tabla 1: Condiciones edafo-ambientales durante el ensayo.

Tiempo de incubación (días)	Humedad del Suelo (%)	Temperatura del suelo (°C)	Precipitaciones (mm)
0			
30	12,82	24,37	143,3
60	16,84	19,85	231,6
90	7,38	14,76	4,5
120	6,78	12,36	1,2
150	9,9	9,59	6,6
180	7,62	7,14	2,8

El material vegetal de las bolsitas una vez secado se molió utilizando un molinillo Retsch-Muller con una malla de 1 mm de diámetro para su posterior caracterización

química. La caracterización química se realizó por medio de espectroscopia infrarroja con transformadas de Fourier, utilizando para tal fin un equipo FT-IR marca Shimadzu 8400-S. Los espectros se obtuvieron en la región media del espectro infrarrojo (4000-400 cm^{-1}) utilizando bromuro de potasio (KBr) grado espectroscópico como referencia. Para evaluar los cambios en la composición química durante el proceso de descomposición a través de espectroscopia infrarroja se midió la absorbancia en los siguientes números de onda: 2871 cm^{-1} , correspondiente a los enlaces carbono hidrogeno, el cual es un índice del carbono orgánico presente, 1730 cm^{-1} correspondiente a los enlaces ésteres presentes en carbohidratos solubles, 1650 cm^{-1} correspondientes a los enlaces peptídicos presentes en proteínas, 1510 cm^{-1} correspondientes a la existencia de anillos aromáticos presentes en lignina y 897 cm^{-1} correspondientes a celulosa (Calderon et.al, 2006).

Los resultados obtenidos se analizaron por ANOVA, las comparaciones de medias se realizaron utilizando los siguientes test: LSD, Tukey y contrastes de Scheffé.

RESULTADOS

Al evaluar el peso seco del rastrojo en función del tiempo de incubación (Figura 1) se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$). Al realizar el test de comparación de medias (Tukey) se observó que la pérdida de peso ocurrió en los primeros 30 días de incubación, permaneciendo luego constante a través de todo el periodo de incubación. El porcentaje de pérdida de peso seco fue en promedio del 30,65%.

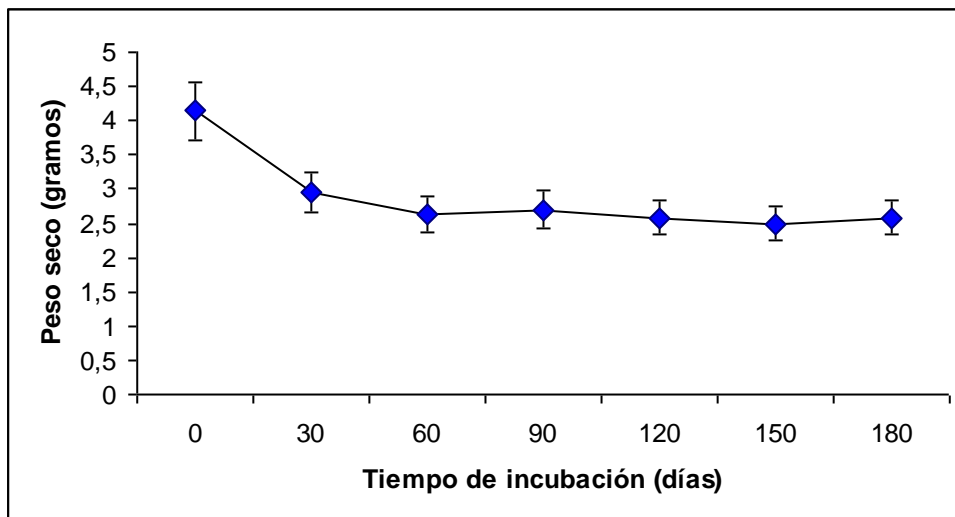


Figura 1. Peso seco en función del tiempo de incubación

La relación celulosa/carbono orgánico disminuyó durante el período de incubación (Figura 2), con valores de 0,5 al inicio y alrededor de 0,35 hacia el final, siendo estas diferencias estadísticamente muy significativas ($p < 0,01$).

En los 180 días de incubación la relación celulosa/carbono orgánico disminuyó un 30%, manteniéndose constante a partir de los 150 días hasta fin de incubación.

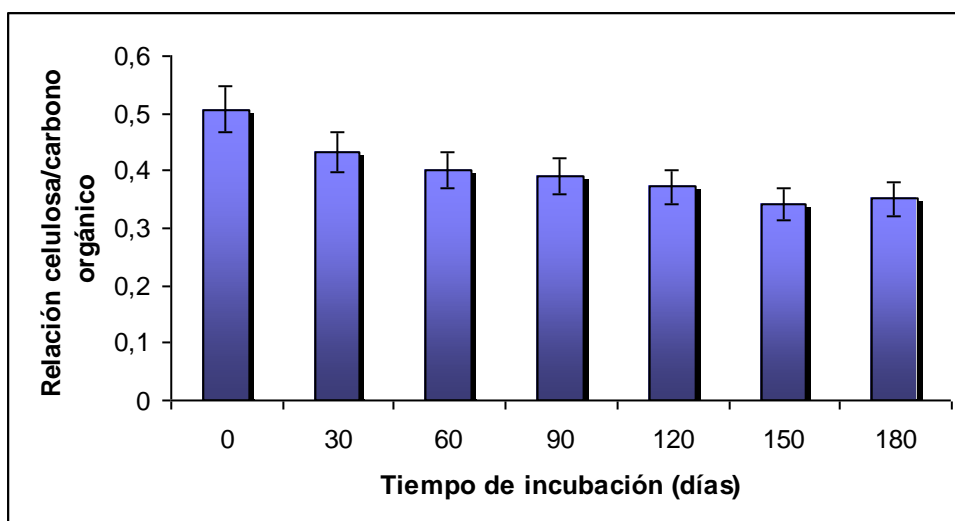


Figura 2. Relación celulosa/carbono orgánico en función del tiempo de incubación

La relación lignina/carbono orgánico mostró una tendencia constante con valores de alrededor de 0,65 durante el período de incubación de los residuos (Figura 3), y no se encontraron diferencias significativas ($p=0,13$) entre los valores iniciales y finales. En este sentido, el comportamiento de celulosa y lignina en los residuos fue diferente.

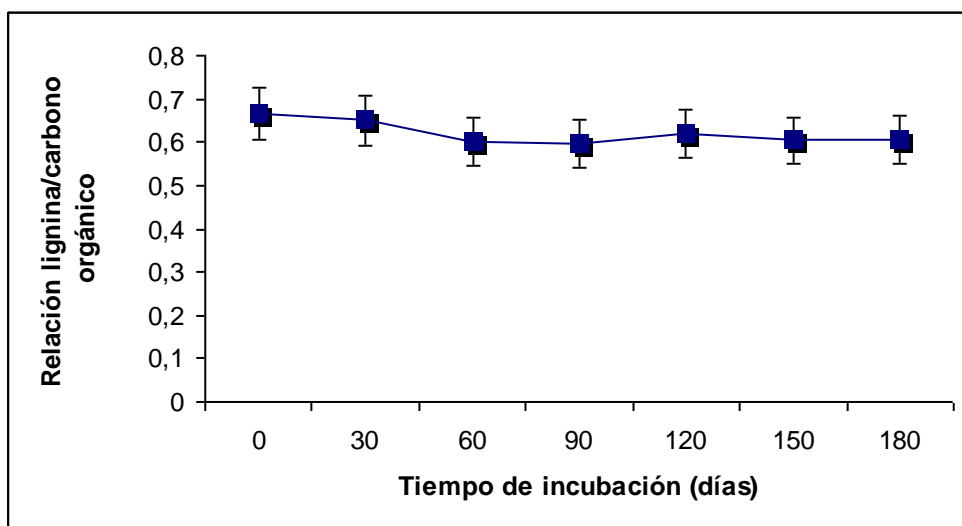


Figura 3. Relación lignina/carbono orgánico en función del tiempo de incubación

La relación proteína/carbono orgánico disminuyó durante el período de incubación pasando de un valor de 0,35 inicial a un valor estabilizado de alrededor de 0,11 a partir de los 30 días de incubación (Tabla 2), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,01$). La relación proteína /carbono orgánico disminuyó un 66 % en todo el periodo de incubación. El 92 % de esta variabilidad ocurrió en los primeros 30 días de incubación.

Tabla 2. Relación proteína/carbono orgánico en función del tiempo de incubación.

Tiempo de incubación (días)	0	30	60	90	120	150	180
Relación proteínas/carbono Orgánico	0,3460257	0,110212	0,1117028	0,1147364	0,113444	0,0932401	0,1729805
Tuckey	a	b	b	b	b	b	b

Al analizar la relación carbohidratos solubles/carbono orgánico en función del tiempo de incubación se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$). La relación carbohidratos solubles/carbono orgánico disminuyó durante todo el periodo de incubación. Esta disminución fue del 69 %. El 87 % de esa disminución se produjo en los primeros 30 días y el 13% en los siguientes días.

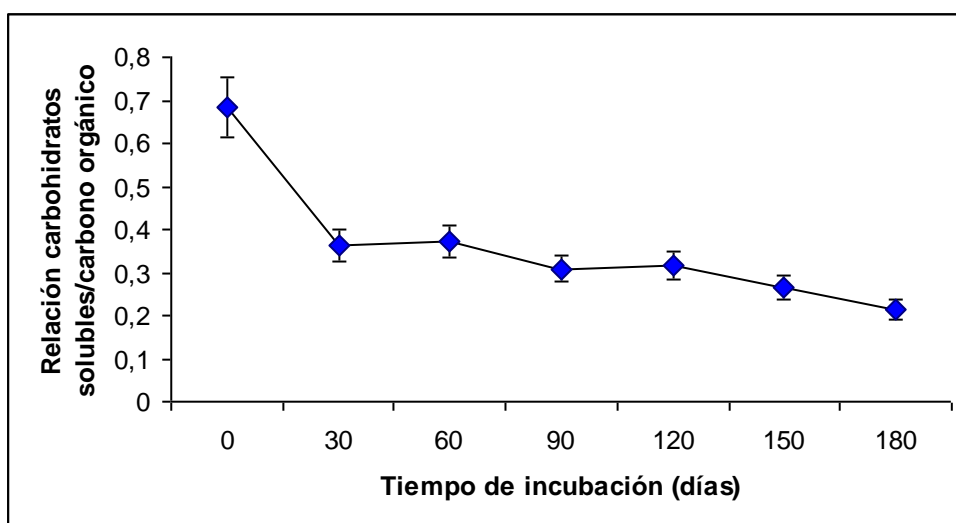


Figura 4. Relación carbohidratos solubles/carbono orgánico en función del tiempo de incubación

La relación celulosa/lignina disminuyó un 27,8% durante los 180 días de incubación (Figura 5). Siendo esta disminución estadísticamente significativa ($p < 0,01$) a partir de los 30 días de incubación. Esta variabilidad indica que en los residuos el comportamiento de la celulosa fue diferente al de la lignina.

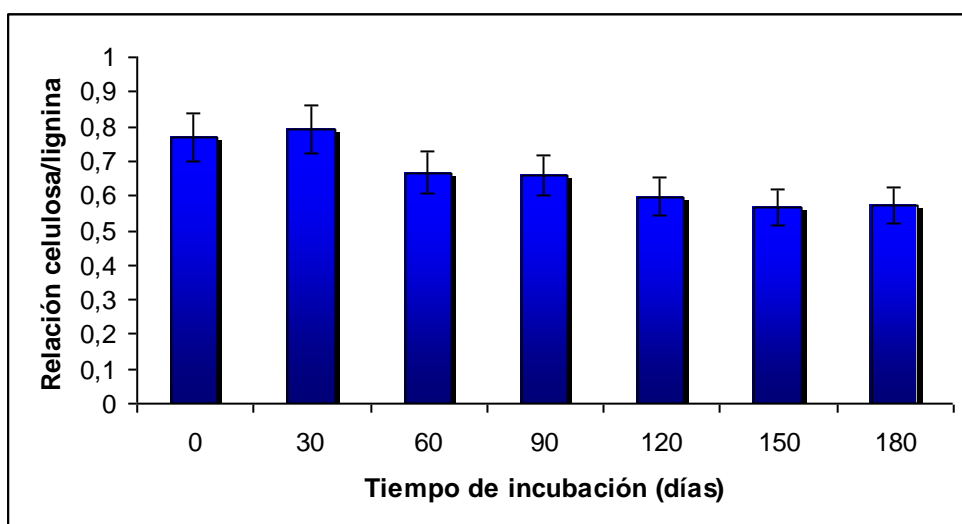


Figura 5. Relación celulosa/lignina en función del tiempo de incubación.

La relación proteína/lignina disminuyó durante el período de incubación presentando valores de 0,52 al inicio y de 0,17 al final (Tabla 3), siendo estas diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$). La disminución fue de un 62,3% en los primeros 30 días de incubación, no observándose diferencias estadísticamente significativas en los restantes días de incubación.

Tabla 3. Relación proteínas/lignina en función del tiempo de incubación.

Tiempo de incubación (días)	0	30	60	90	120	150	180
Relación proteínas/lignina	0,5197393	0,1964963	0,1877757	0,1905582	0,1837988	0,1533218	0,1769186
Tuckey	a	b	b	B	b	b	b

La relación carbohidratos solubles/lignina en el transcurso de los 180 días de incubación disminuyó un 69% (Figura 6), presentando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$). El 58,5% de la disminución se produjo en los primeros 30 días de incubación.

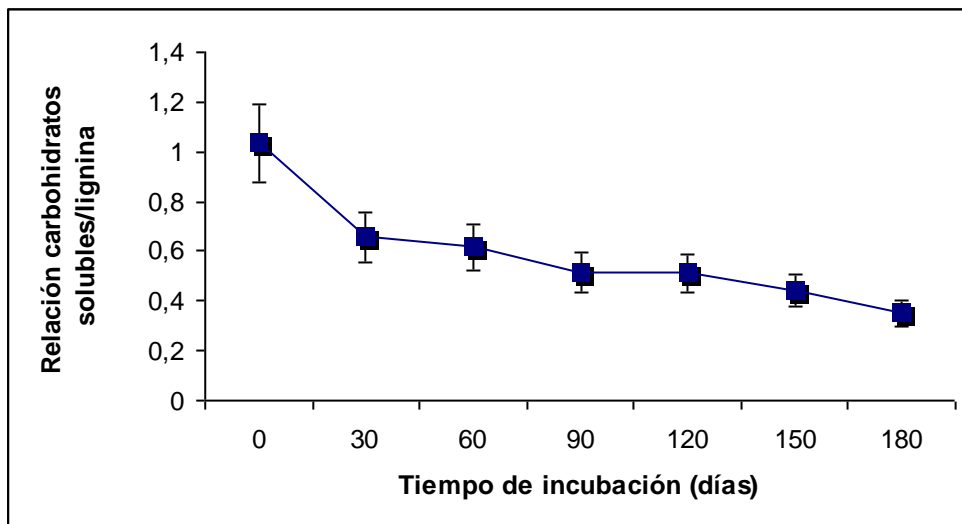


Figura 6. Relación carbohidratos solubles/lignina en función del tiempo de incubación.

La relación carbohidratos solubles/celulosa en el lapso de incubación disminuyó (Figura 7) encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los valores iniciales y finales, siendo los mismos de 1,4 y 0,6 respectivamente. El 53,7% de la disminución ocurrió en los primeros 30 días de incubación

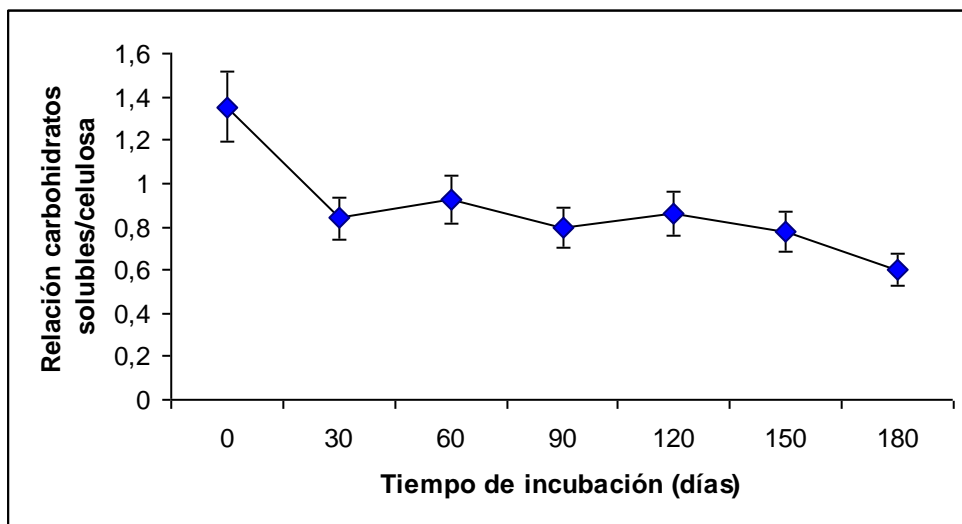


Figura 7. Relación carbohidratos solubles/celulosa en función del tiempo de incubación.

La relación proteína/celulosa durante el período de incubación disminuyó (Figura 8), siendo esta estadísticamente significativa. El 98,3% de la disminución ocurrió en los primeros 30 días de incubación.

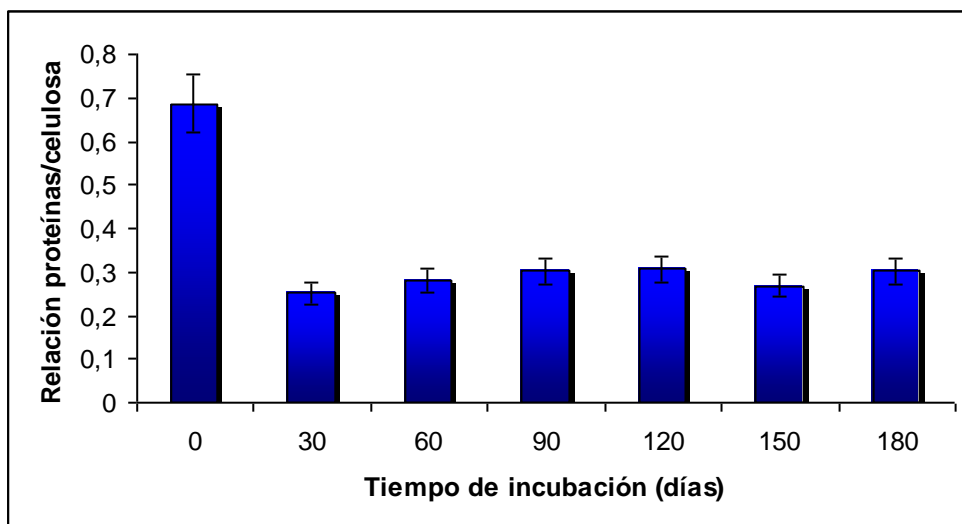


Figura 8. Relación proteínas/celulosa en función del tiempo de incubación.

DISCUSIÓN

Las condiciones climáticas durante el periodo de la experiencia resultaron cálidas y húmedas en los primeros 60 días, situación que se revirtió durante el resto de la experiencia.

Con respecto a la pérdida de peso seco observado, el cual fue de un 30,65% en los primeros 30 días concuerda con lo observado por Aulakh *et al.* (1991), los cuales mencionan que el régimen de humedad es importante al inicio del proceso de descomposición. Estroo *et al.* (1989) mencionan que la humedad también influye en una forma importante sobre la descomposición de los compuestos fácilmente degradables (proteínas y carbohidratos solubles) y que luego de la desaparición de estos pierde importancia. Esto quedó claramente reflejado en la relación proteínas/C-orgánico y carbohidratos solubles/C-orgánico que presentaron una disminución del 66% y del 85% respectivamente en los primeros 30 días de incubación, con respecto a los compuestos más recalcitrantes como celulosa y lignina. Mientras que la relación lignina/C-orgánico

no presentó variaciones significativas y la relación celulosa/C-orgánico presentó variabilidad hasta los 150 días de incubación.

El proceso de descomposición de los residuos depende no solo de factores del ambiente edáfico tales como temperatura y humedad (Hubbard y Jordan, 1996), sino también de factores inherentes al rastrojo tales como su contenido de lignina, celulosa, proteína y carbohidratos solubles, y factores de manejo tales como la cantidad de rastrojo, el tamaño de partículas y el lugar de descomposición sobre o dentro del suelo (Parr y Papendick, 1978). En los rastrojos que se descomponen sobre el suelo la calidad de los mismos es determinante de su tasa de descomposición (Christeensen, 1986; Vigil *et al.*, 1991). La descomposición de rastrojos es producida principalmente por bacterias, adquiriendo mayor relevancia la descomposición por hongos cuando los rastrojos tienen una alta proporción de lignina en sus tejidos (Broder y Wagner, 1988; Collins *et al.*, 1990).

Las mediciones efectuadas por espectroscopia infrarroja se realizaron con el objeto de determinar las fases del proceso de descomposición de residuos propuestas por Douglas y Richman (1992), los cuales dividieron el proceso de descomposición en dos fases: Durante la fase 1 la concentración de los compuestos solubles en agua disminuye en forma marcada, ya que los mismos están rápidamente disponibles para los microorganismos, en la fase 2 la tasa de descomposición de estos compuestos se reduce notoriamente. Cuando los rastrojos se descomponen sobre el suelo la fase 1 es menos marcada y más dependiente de la constitución química del residuo.

Al analizar los datos obtenidos: relación proteína/carbono orgánico, carbohidratos solubles/carbono orgánico, proteínas/lignina, carbohidratos solubles/lignina, carbohidratos solubles/celulosa y proteínas/celulosa, los mismos muestran diferencias estadísticamente significativas hasta los 30 días de incubación. Estadísticamente la relación que presenta mayor variabilidad en dicho periodo es la relación proteína-lignina. Estos resultados nos permiten inferir que la fase 1 del proceso de descomposición propuesto por Douglas y Richman ocurre en los primeros 30 días de incubación, si bien la descomposición de los residuos se produjo en la superficie del suelo se observó que la fase 1 estuvo bien marcada en el tiempo lo cual no fue observado por Douglas y Richman. Esto podría deberse a una mayor disponibilidad de

nutrientes debido a las condiciones edafo-ambientales que facilitaron la colonización de los residuos por parte de los microorganismos del suelo acelerando la descomposición de los mismos.

La fase 2 aparentemente comenzó a partir de los 30 días de incubación, luego de que las sustancias más lábiles han sido descompuestas (carbohidratos solubles y proteínas), esto se vió reflejado en que la relación proteína/ lignina y carbohidratos solubles/lignina prácticamente no presentaron variabilidad después de los 30 días de incubación. A comienzos de la Fase 2 hasta los 150 días se observó variabilidad en la relación celulosa/carbono orgánico. Esta variabilidad es un índice de que la velocidad de descomposición es menor que la de los carbohidratos solubles y las proteínas pero mayor que la de la lignina la cual resultó ser la sustancia más recalcitrante a la descomposición, debido a que no se observó variabilidad de la misma durante el tiempo de incubación.

CONCLUSIONES

Nuestros resultados indican que la espectroscopia infrarroja puede ser aplicada como un método rápido y útil para seguir la descomposición de los residuos vegetales en la superficie del suelo. Por este método fue posible determinar que el principal aporte de nutrientes al suelo por parte de un cultivo de cobertura en suelos sin laboreo se produce en los primeros 30 días, debido a que en este período se produce las mayores tasas de mineralización de compuestos lábiles (carbohidratos solubles y proteínas).

Luego de dicho período las concentraciones de los compuestos lábiles no mostraron variaciones estadísticamente significativas en el tiempo, lo cual es un índice de que la tasa de descomposición de dichos compuestos disminuye en el tiempo.

Con respecto a la celulosa, su concentración no mostró diferencias estadísticamente significativas a partir de los 150 días, lo cual indica que su tasa de descomposición es más lenta que la de los compuestos lábiles pero mayor que la de la lignina ya que dicha sustancia no mostró variaciones en su concentración durante el ensayo.

Las mayores pérdidas de peso seco ocurrieron en los primeros 30 días, luego no se encontraron diferencias estadísticamente significativas a lo largo del periodo. La pérdida de peso promedio en los primeros 30 días fue de un 30,65%.

A través de los datos obtenidos se puede confirmar que la pérdida de peso que se observó corresponde en su mayoría a la pérdida de sustancias lábiles como proteínas y carbohidratos solubles de los rastrojos.

Se observó también que el material restante, en el que la degradación fue más lenta y no se observaron pérdidas de peso estadísticamente significativas, corresponde a las sustancias más recalcitrantes como lo son la celulosa y lignina.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarez .C., C. Scianca, M. Barraco, M. Díaz-Zorita. 2006. Impacto de cereales de cobertura sobre propiedades edáficas y producción de soja. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta – Jujuy.

Andriulo, A., Sasal, M.O., Irizar, A.B., Restovich, S.B., Rimatori, F. 2008. Efecto de diferentes sistemas de labranza, secuencias de cultivo y de la fertilización nitrogenada sobre los stocks de C y N edáficos. Libro "Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina" ISBN 978-987-655-009-3. EdiUNS, Universidad Nacional del Sur (UNS).

Aulakh, M. S., Doran, J.W., Walters, D., Mosier, A.R. y Francis, D.D. 1991. Crop residue type and placement effect on denitrification and mineralization. . Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 1020-1025.

Ball, A.S., Drake, B.G. 1997.Short-term decomposition of litter produced by plants grown in ambient and elevated atmospheric CO₂ concentrations. Global Change Biology 3: 29-35.

Broder, M.W., Wagner, G.H. 1988. Microbial colonization and decomposition of corn, wheat and soybean residue. Soil Sci. Soc. Am. J. 52(1): 112-117.

Brown, P.L., Dickey, D.T. 1970. Losses of wheat straw residue under simulated conditions. Soil Sci. Soc. Am. J. 34(1): 118-121.

Collins, H.P., Elliott, L.F., Papendick, R.I: 1990. Wheat straw decomposition and changes in decomposability during field exposure. Soil Sci. Soc. Am. J. 54(4): 1013-1016.

- Cotrufo, M.F., Briones, M.J.I., Ineson, P. 1998. Elevated CO₂ effects field decomposition rate and palatability of tree leaf litter: importance of changes in substrate quality. *Soil Biology and Biochemistry* 30: 1565-1571.
- Couteaux, M.M., Kurz, C., Bottner, P., Raschi, A. 1999. Influence of increased atmospheric CO₂ and litter quality: decomposition of sweet chestnut leaf litter with animal food webs of different complexities. *Tree Physiol.* 19: 301-311.
- Creus, C., Studdert, G., Echeverría, H., Sanchez, S. 1998. Descomposición de residuos de cosecha de maíz y dinámica del nitrógeno en el suelo. *Ciencia del Suelo* 16: 51-57.
- Christensen, B.T. 1986. Barley straw decomposition under field initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. *Soil. Biol. Biochem* 18:523-529.
- De Battista, J.J., Andriujo, J., Pecorari, C. 1992. El Perfil Cultural: Un método de evaluación de sistemas de cultivos. *Ciencia del Suelo* 10: 89-93.
- Douglas, C.L., Rickman, J.L. 1992. Estimating crop residue decomposition from air temperature, initial nitrogen content, and residue placement. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 272-278.
- Fernández, R.; D. Funaro; A. Quiroga. 2005. Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. *Boletín de divulgación Técnica N° 87. EEA INTA Anguil*
- Fernández R., N. Peinemann, E. Noellemeyer, A Quiroga. 2006. Efecto de la cobertura sobre la resistencia y la temperatura del suelo en la región semiárida pampeana. *XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta, Jujuy.*
- Fernández, R.; A. Quiroga; F. Arenas; C. Antonini; M. Saks. 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. *Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Publicación Técnica N° 71. EEA INTA Anguil. Capítulo V.*
- Fernandez R., A. Quiroga, E. Noellemeyer, D. Funaro, J. Montoya, B Hitzmann, N. Peinemann. 2008. A study of the effect of the interaction between site-specific conditions, residue cover and weed control on water storage during fallow. *Agricultural Water Management.* 95:1028-1040.

- Hubbard, V.C., Jordan, D. 1996. Nitrogen recovery by corn from nitrogen-15 labelled wheat residues and intact roots and soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1405-1410.
- Norby, R.J., Cotrufo, M.F., Ineson, P., O'Neill, E.G., Canadell, J.G., 2001. Elevated CO₂, litter chemistry, and decomposition: a synthesis. *Oecologia* 127: 153–165.
- Parr, J., Papendick, R. 1978. Factors affecting the decomposition of crop residues by microorganisms. *Crop residues management systems. Am. Soc. Agron. Special Publication N° 31*: 101-129.
- Schomberg H.H., Steiner, J.L., Unger, P.W. 1994. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: Residue quality and water effects. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 372-381.
- Schomberg, H.H., Steiner, J.L. 1999. Nutrient dynamics of crop residues decomposing on fallow no-till soil surface. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 607-613.
- Scianca, C.; C. Álvarez; M. Barraco; A. Quiroga; P. Zalba. 2006. Cultivos de cobertura. Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta.
- Stroo, H.F., Britow, K.L., Elliot, L.F., y Papendrick, R.I. 1989. Predicting rates of wheat residue decomposition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 91-99.
- Vigil, M.F., Kissel, D.E. y Smith, S.J. 1991. Field crop recovery and modeling of nitrogen mineralized from labelled sorghum residues. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 1031-1037.