

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**DESCOMPOSICIÓN DE RASTROJOS DE TRIGO SOJA Y
MAIZ SOBRE EL SUELO EN SECUENCIA DE CULTIVOS
SEMBRADOS SIN LABOREO CON Y SIN ROTACIÓN DE
PASTURAS**

por

Richart Fernando BORGES PEREZ

FACULTAD DE AGRONOMIA



DEPARTAMENTO DE
DOCUMENTACION Y
BIBLIOTECA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.
(Orientación Agrícola Lechero)

MONTEVIDEO
URUGUAY
2001

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Agrónomo Oswaldo Ernst por su apoyo, dedicación , en la dirección y realización de este trabajo.

Al Ingeniero Agrónomo Msc. Guillermo A. Studder por su colaboración con la bibliografía.

A mi familia por su constante apoyo que me brindó.

A todos mis amigos que estuvieron a mi lado en el transcurso de la carrera.

Dedicado a mi hermano mayor que siempre estuvo a mi lado, gracias Jesús.

Tesis aprobada por:

Director: **Ing. Agr. Oswaldo Ernst**

.....
Nombre completo y firma

Ing. Agr. Carlos Pérez

.....
Nombre completo y firma

Ing. Agr. Domingo Luizzi

.....
Nombre completo y firma

Fecha:

.....

Autor: **Richart Fernando Borges Pérez**

.....
Nombre completo y firma

TABLA DE CONTENIDOS.

	Página
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IV
<u>1. INTRODUCCION</u>	1
<u>2. REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
2.1. INTRODUCCIÓN	3
2.2. FACTORES QUE DETERMINAN LA VELOCIDAD DE DESCOMPOSICION	3
2.2.1. Factores inherentes al rastrojo	3
2.2.1.1 Calidad del rastrojo	3
2.2.1.2 Cantidad de rastrojo en superficie	7
2.2.1.3 Tamaño de corte del rastrojo	9
2.2.2. Factores del ambiente	10
2.2.2.1. Humedad	10
2.2.2.2. Temperatura	12
2.2.2.3. Fertilidad del suelo	14
2.2.3. Tipo de laboreo	17
<u>3. MATERIALES Y METODOS</u>	21
3.1. MATERIAL EXPERIMENTAL	21
3.2. DETERMINACIONES REALIZADAS	22
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	23
3.4. CARACTERIZACION CLIMATICA	24
3.5. ANALISIS	25
<u>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	26
4.1. EFECTO DEL TIPO DE RASTROJO UBICADO EN SUPERFICIE	26
4.2. FACTORES DE MANEJO QUE MODIFICAN LA VELOCIDAD DE DESCOMPOSICION DE LOS RASTROJOS	35
4.2.1. Fertilidad del suelo	35
4.2.2. Efecto del manejo anterior sobre la tasa de descomposición del rastrojo de trigo	37
4.2.3. Mezclas de rastrojos	41

5. <u>CONCLUSIONES</u>	46
6. <u>RESUMEN</u>	48
7. <u>SUMMARY</u>	49
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	50
9. <u>APENDICE</u>	53

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.

Cuadro N°		Página
1.	Coefficientes de regresión(b) para la pérdida de peso inicial de rastrojos de maíz, soja y trigo en función del tiempo de descomposición.	26
2.	Composición química al inicio del experimento de los rastrojos de maíz, soja y trigo utilizados.	28
3.	Perdida diaria de peso seco (b) durante las fases I(41 días) y fase II(41 a 248 días), para los rastrojos de maíz, soja y trigo.	29
4.	Evolución del peso seco, contenido y % de FDN y FDA de los rastrojos de maíz, soja y trigo.	30
5.	Valor " F " para cada variable de respuesta en dos niveles de Materia Orgánica del suelo (bloque I y II) evaluados(4,3% y 5%).	35
6.	Coefficientes de regresión y sus significancia para la perdida de peso de rastrojo y cambio de relación C/N de trigo descomponiéndose sobre rastrojos de soja y maíz.	37
7.	Valor "F" del análisis de varianza para % de nitrógeno en el rastrojo de trigo y cambio relativo respecto al contenido inicial.	39
8.	Valor "F" del análisis de varianza para peso seco relativo, nitrógeno relativo, contenido de nitrógeno y relación C/N .	40
9.	Coefficientes de regresión(b) para la pérdida de peso relativa al peso inicial para las mezclas de rastrojos maíz+trigo, soja+trigo y rastrojo de trigo en función del tiempo de descomposición.	43
10.	Valores de pérdida diaria de peso seco(b) para las fase I	43

(41 días) y fase II (41 a 248 días), para las mezclas de rastrojos de maíz+trigo, soja+trigo y rastrojo de trigo.

FIGURA N°		Página
1.	Pérdida relativa de peso seco para rastrojos de trigo, maíz y soja descomponiéndose sobre el suelo respecto al inicial.	27
2.	Evolución en porcentaje de FDN, FDA y su diferencia (estimación de la hemicelulosa) para los rastrojos de maíz, trigo y soja en superficie, en función del tiempo.	31
3.	Evolución de nitrógeno relativo al contenido inicial y del % de nitrógeno, en función del tiempo para los rastrojos de, maíz, trigo y soja.	32
4.	Pérdida relativa de peso seco y cantidad de nitrógeno en el rastrojo a través del tiempo para rastrojos de maíz, trigo y soja y sus mezclas en dos niveles de materia orgánica del suelo.	35
5.	pérdida relativa de peso seco de rastrojo de trigo sobre rastrojos de soja y maíz en sistemas de siembra directa continua(Agr.Soja y Agr.Maíz) y sobre soja en siembra directa con rotación cultivo pastura (Agr./rot.Soja).	38
6.	Evolución del % de nitrógeno del rastrojo de trigo en función del tiempo de descomposición y el manejo anterior.	40
7.	Pérdida de peso seco relativo en función del tiempo para las mezclas de rastrojo maíz+trigo, soja+trigo y para rastrojo de trigo.	42
8.	Evolución de nitrógeno relativo al contenido inicial, del % de nitrógeno y relación C/N en función del tiempo para las mezclas de rastrojos maíz+trigo, soja+trigo y para rastrojo de trigo.	44

1.INTRODUCCION

La preocupación creciente acerca de la conservación del suelo en las áreas destinadas al cultivo de trigo de los E.E.U.U., ha llevado a un mayor estudio de las practicas de laboreo conservacionista(Parr y Papendick 1978). Dichas practicas incluyen manejos que implican la permanencia en el campo de una capa de rastrojos sobre la superficie, la cual a su vez afecta, disponibilidad de nutrientes, estructura del suelo, evaporación, temperatura y humedad, la actividad microbiana así como los factores relacionados con la presencia de algunas enfermedades, citado por Stroo et al.(1986)

El sistema de siembra directa ha tenido un crecimiento importante en la ultima década en el Uruguay, la cual se puede considerar uno de los cambios tecnológicos mas importantes que a tenido la agricultura extensiva en el país. Este sistema de siembra directa se introdujo en el país como una alternativa válida para el control de erosión y fertilidad del suelo.

Como toda técnica nueva para poder expresar todo su potencial necesita ser ajustado todos aquellos factores que van a determinar un optimo resultado final. Como han mencionado otros autores, la permanecía del rastrojo en superficie determina ciertos tipos de relaciones en este sistema que antes no tenían tanta importancia con el sistema de laboreo convencional; como lo es la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

La aplicación de este sistema de laboreo implica la permanencia del rastrojo en la superficie, lo que trae aparejado una ventaja que es la cobertura del suelo, evitando la erosión causada por el agua. Pero por otro lado tiene sus desventajas como la inmovilización de nitrógeno y fuente de inóculo para enfermedades que atacan a los cultivos.

En 1989 ensayos realizados, en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (Facultad de Agronomía) evaluó la presencia de inóculos en rastrojo de cebada del patógeno *Dreschlera teres* causante de manchas foliares en cebada. Dichos inóculos permanecen en el campo mientras exista rastrojo en superficie (Gamba, 1989).

Luego de 29 meses fueron encontrados inóculos debido a que aún permanecía rastrojo en superficie y en otro ensayo hasta 32 meses después, aun se encontraba inóculos a causa de no haber una completa descomposición del rastrojo de cebada.

El objetivo del trabajo es determinar el tiempo de descomposición de rastrojos de diferente composición química dejado sobre la superficie y la posibilidad de lograr un menor tiempo de descomposición a través de la secuencia de cultivos.

2.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1 INTRODUCCIÓN

La descomposición de rastrojos en superficie depende de factores como la temperatura del aire y la humedad del suelo, (Douglas y Rickman1992; Stott 1990; Steiner1994; Ghidey y Alberts 1993). Aunque también se han utilizado la relación C/N y el contenido de nitrógeno (N), como parámetros de descripción de la descomposición de rastrojos (Douglas y Rickman 1992; Ghidey y Alberts 1993), no siempre estos valores se relacionan adecuadamente con las tasas de descomposición (Smith y Peckenpaugh 1986; Reinertsen 1984;Collins1990). Reinertsen (1984) citado por (Ma y Peterson 1999) por su parte, concluye que la descomposición en sus primeras etapas depende principalmente de la cantidad carbono (C)soluble y de la proporción de los niveles de C de disponibilidad intermedia.

2.2 FACTORES QUE DETERMINAN LA VELOCIDAD DE DESCOMPOSICIÓN DE RASTROJOS

2.2.1. Factores inherentes al rastrojo

2.2.1.1.Calidad del rastrojo

La calidad de los rastrojos es uno de los factores más importantes que afecta la descomposición de los mismos. Este factor influye tanto en la velocidad, como en el tipo de descomposición ya sea por bacterias (encargadas de la descomposición de aquellos compuestos mas fáciles de degradar como *los carbohidratos hidrosolubles*), o por hongos en los casos de los compuestos de mas difícil degradación, (como *lignina, celulosa y hemicelulosa*).

La calidad además es un factor que no solo varía según el cultivo sino también el estado vegetativo en que se encuentre y de que parte de la planta se este refiriendo. Aún así, puede haber variación dentro de la misma especie y en el mismo estado vegetativo, o sea que el manejo previo y el rendimiento a los cuales llega el cultivo van a afectar la calidad del rastrojo que deje el mismo.

Green y Blackmer(1985), obtuvieron mediante diferentes niveles de fertilización durante la etapa de desarrollo del cultivo de maíz (312 mg N Kg⁻¹, 1601 mg N Kg⁻¹, 1705 mg N Kg⁻¹ de rastrojo), relaciones C/N de 90/1, 57/1 y 45/1 respectivamente y con 120 mg N Kg⁻¹, una relación de 41/1 para soja. Esto demuestra que en un cultivo de alta relación C/N como el maíz, se logró bajar esta relación en el rastrojo mediante la fertilización, mejorando así la calidad del mismo.

Los autores(Douglas y Rickman,1992), subdividieron el proceso de descomposición de los rastrojos en dos fases, las cuales están determinadas principalmente por la composición química relativa de estos compuestos en cada rastrojo. Aquellos materiales que están compuestos por bajo contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa, tienen un descenso en peso seco relativo más rápido que aquellos que tienen un alto contenido de estos compuestos.

La fase I está determinada principalmente por el contenido inicial de nitrógeno; en la fase II la tasa de descomposición entre rastrojos de alto contenido inicial de nitrógeno y bajo varían muy poco. (Douglas y Rickman 1992)

Quemada y Cabrera (1995), indican que los parámetros que estiman con mayor precisión la pérdida inicial de carbono medida como CO₂, es la relación carbono nitrógeno(C/N) y lignina nitrógeno(lig./N) con un R²=0,82; para la predicción del nitrógeno mineral liberado al suelo considera la relación C/N.

La composición química de los residuos de la mayoría de los cultivos cambia dramáticamente durante su periodo de crecimiento.

Cuando la planta madura, su contenido de proteína, N y sus constituyentes solubles al agua decrecen en forma importante, mientras que la cantidad de hemicelulosa, celulosa y de lignina aumentan. En consecuencia los tejidos de plantas jóvenes se descomponen mas rápidamente que aquellos de plantas maduras.

En el proceso de descomposición, las fracciones solubles en agua (azúcar, almidón ácidos orgánicos, pectinas, taninos y una variedad de compuestos nitrogenados) están prontas para ser utilizados por la microflora. Menos disponibles se encuentran, el éter y las fracciones solubles en alcohol (grasa, ceras, resinas y aceites). Mientras que la hemicelulosa y la celulosa bajan con el tiempo ya que son utilizados como fuentes de C y energía.

La lignina sin embargo tiende a persistir y acumularse en la biomasa que se está consumiendo, por su resistencia a la descomposición microbiana.

La calidad del rastrojo, dada por las distintas proporciones de los componentes químicos del mismo, ha sido correlacionada con la pérdida de peso de los rastrojos (Vigil, Kissel 1991).

La mayor parte de pérdida de peso seco inicial estaría explicada por el lavado de compuestos orgánicos solubles (Christensen 1985 a) citado por Bent y Christensen (1986).

El pool de carbono soluble al agua aumenta al aumentar el contenido inicial de nitrógeno del rastrojo, lo que esta relacionado a la mayor perdida de peso seco inicial.(Bent y Christensen, 1986).

Los altos contenidos de nitrógeno de los rastrojos incrementan las tasas de descomposición y la pérdida de nitrógeno de los mismos(Christensen 1986)

Vigil, Kissel (1991), encontraron una correlación positiva entre las tasas de descomposición y el contenido inicial de nitrógeno.

Schomberg y Steiner (1999), demostraron que aquellos rastrojos que tuvieron más bajo contenido de nitrógeno inicial fueron los que inmovilizaron mas nitrógeno, obteniendo resultados similares para maíz y sorgo. Obtuvieron resultados en los cuales la alfalfa partió con 39 g. N por Kg. de rastrojo y culminó con 6g., en cuanto el maíz y el sorgo partieron de 11g. y culminaron con 16g., luego de transcurrido un año.

Por esto los residuos con bajo contenido de N o pobre relación C/N son asociados a menudo con bajas tasas de descomposición. Por otra parte, residuos con alto contenido de N y una relación mas equilibrada de C/N se descomponen a tasas más rápidas.

Aunque el contenido de N o la relación C/N pueden ser útiles en la predicción de las tasas de descomposición, ello debería ser utilizado con alguna precaución, ya que la relación C/N no dice nada sobre la capacidad de los microorganismos de utilizar ese C ó N.

Alexander (1961) ha sugerido que el contenido de lignina puede ser un parámetro más real en predecir la descomposición de los residuos que la relación C/N. La lignina es un constituyente de los residuos de los cultivos que resiste a la descomposición por los microorganismos. La tasa de descomposición de los residuos es a menudo proporcional a su contenido de lignina. Residuos con alto contenido de lignina se descomponen mas lento, que aquellos con baja cantidad de lignina.

Collins *et al.*(1990) encontraron mayor contenido de CO₂ liberado por la descomposición de mezclas de los distintos componentes del rastrojo de trigo, que por la descomposición de cada componente por separado. El patrón de colonización de los residuos mezclados es distinto, produciendo la descomposición mas rápida de un compuesto que de otros. Esto permitiría el rápido crecimiento de la biomasa microbiana encargada de la descomposición total de los residuos.

Griffin (1972) citado por Collins *et al.*(1990) encontró que el número de microorganismos formado sobre los compuestos de mayor calidad es superior a las poblaciones formadas en aquellos de menor calidad. El desarrollo de las hifas de los hongos a través de las sustancias de distinta calidad permite la utilización de sustratos de residuos adyacentes estimulando la descomposición de los compuestos de menor calidad de la mezcla.

Broder y Wagner(1988) encontraron que la descomposición de rastrojo de maíz enterrado estaba dada básicamente por hongos, siendo la población de estos un 3,14 y 16% superiores en soja y trigo respectivamente.

La descomposición bacteriana es mas importante en aquellos rastrojos con un mayor contenido de nitrógeno ó baja relación C/N.(Broder y Wagner 1986).

Broder y Wagner (1986), obtuvieron resultados en los cuales la descomposición del rastrojo de soja fue básicamente por bacterias, siendo estos resultados 4 y 4,2 veces mayor que para maíz y trigo respectivamente. Para el rastrojo de soja el contenido de carbohidratos solubles fue mayor y mayor tasa de descomposición, para maíz y trigo fueron semejantes los contenidos de carbohidratos y la tasa de descomposición.

2.2.1.2. Cantidad de rastrojo en superficie

Broadbent y Bartolomew (1949), Hallam y Bartolomew(1953) encontraron en estudios de laboratorios que el % de descomposición de residuos orgánicos fue inversamente relacionado al nivel de residuos agregado. Aunque la producción total de CO₂ se incrementó con el aumento de los niveles de deposición de residuos, el % de residuo de C que se convierte a CO₂ progresivamente descendió; citado por Parr y Papendick (1978).

Broadbent y Bartolomew (1949), citado por Parr y Papendick (1978), sugirieron que los pequeños % de descomposición con altas cargas de rastrojo podría estar asociado a factores físicos o biológicos que restringen el crecimiento y la actividad microbiana en un volumen de suelo dado.

Los resultados de Brown y Dikey(1970), citado por Parr y Papendick (1978), quienes estudiaron la descomposición de paja de trigo bajo condiciones de campo, están de acuerdo con los resultados de los investigadores de laboratorio antes mencionados.

Utilizando tres métodos de ubicación (enterrado en el suelo, sobre la superficie y suspendido en el aire sobre la superficie) ellos observaron que el % de descomposición de la paja de trigo estaba inversamente relacionado con la cantidad de residuos aplicada.

En este punto Parnas (1975); citado por Parr y Papendick (1978) señalo que aunque el % de descomposición descendió cuando la concentración de sustrato aumento, la tasa absoluta de descomposición (velocidad de perdida de peso de los residuos medido como cantidad de CO₂ liberado) se incrementa como resultado de la deposición del sustrato.

Stroo y Elliot (1989) demostraron que no existían diferencias entre las tasas respiratorias para 1.500 y 3.000 Kg de rastrojo/ha, sin embargo para cantidades de 6.000 kg./ha se encontró un descenso de 10%. Resultados similares a estos fueron obtenidos en 1986, donde se verificó una tasa de descomposición para parcelas con 6.000 Kg./ha. de rastrojo, menor a la tasa registrada en parcelas con 3.000 Kg/ha (Stott,1989); citados por Stroo y Elliot (1989).

Según Parr y Papendick (1978) cuanto mayor es el contenido de rastrojo agregado, mas tiempo es requerido para que la mineralización neta restablezca la concentración inicial de nitrato presente en el suelo y mayor proporción de NO₃ presente originalmente fue inmovilizado.

2.2.1.3. Tamaño de corte del rastrojo

J.H Smith y C.L.Douglas (datos no publicados) observaron en estudio de laboratorio que diferentes tamaños de partículas de paja de trigo conteniendo el mismo nivel de N se descomponían a la misma tasa en el suelo. Sin embargo los tres tamaños de partículas estudiados fueron 0,25-0,50 mm, 0,15-0,25 mm, y menores a 0,15 mm, esto podría representar un rango muy estrecho para caracterizar diferencias en la utilización de la microflora del suelo.

En estudios de los efectos del picado y cortado de paja de arroz, sobre la descomposición en dos suelos arcillosos pesados bajo condiciones de campo, Saien y Brodbent(1977) observaron un pequeño pero significativo incremento en la descomposición de los segmentos largos de paja(15-20 cm) comparado con los segmentos mas cortos(1-4 cm). Aparentemente los materiales mas largos proveyeron mas aireación para la actividad microbiana en los suelos arcillosos.

Los efectos del tamaño de partícula sobre la descomposición de hojas de pino fue estudiado por Allison(1965); citado por Parr y Papendick (1978). Cinco tamaños de partículas fueron preparados (3,35-4,75; 1,7-3,35; 0,85-1,7; 0,35-0,85 y menores a 0,85 mm) y se mezclaron a un mismo nivel en el suelo y con suficiente contenido de nitrato de amonio de forma de aumentar el contenido de N a 2%. La descomposición (basada en la evolución del CO₂) durante los primeros 30 días se incremento significativamente con los tamaños de partícula mas chicos. Consecuentemente las cuatro fracciones mas pequeñas(menores a 3,35 mm) se descomponían a niveles similares mientras que las fracciones mas grandes(3,35-4,75 mm) se descomponían mas lentamente durante los 110 días de incubación.

Por otra parte Moas y Adamson (1972) reportaron que el tamaño de partícula de la corteza de las 2 especies forestales evaluadas (sawdust, y sphagnum peat's) tenia poco efecto sobre su tasa de descomposición en el suelo; citado por Parr y Papendick (1978).

2.2.2. Factores del ambiente

2.2.2.1. Humedad:

Parr y Papendick(1978), mencionan que la descomposición de residuos requiere agua para el crecimiento microbiano, para la difusión de nutrientes, y para la hidrólisis durante los procesos metabólicos.

Los requerimientos hídricos para el crecimiento y supervivencia de diferentes microorganismos varía considerablemente y es por eso que la disponibilidad de agua tiene un efecto selectivo sobre la microflora total dentro de un sistema.

En el campo el contenido hídrico del suelo y de los residuos, fluctúa diaria y estacionalmente. Los cambios más grandes y rápidos ocurren en las capas superficiales. Los residuos en superficie están normalmente sujetos a mayores fluctuaciones de humedad que el suelo, porque estos son los primeros en recibir la humedad de las lluvias y de la condensación, además son los primeros en secarse por la evaporación. Incluso durante periodos secos los residuos y la superficie del suelo pueden fluctuar de húmedo a seco en un ciclo diario.

Esto es porque ellos virtualmente pueden secarse por el aire durante el día y rehumedecerse durante la noche por medio de la condensación atmosférica. Los cambios principales en las capas profundas del suelo solo ocurren a través de las lluvias, irrigación o extracción de las plantas. En una seca extrema algunos microorganismos pueden morir por desecación, sin embargo otras especies no solo sobreviven sino que continúan creciendo a muy bajas tasas. En contenidos altos de humedad, el crecimiento microbiano en sitios específicos puede ser limitado por el bajo contenido de oxígeno o incrementar los gases tóxicos por la baja difusión del aire a través del agua.

En síntesis, la composición de especies de la microflora es regulada por la disponibilidad del agua.

Para un mismo tipo de rastrojo, si se produce un cambio en la disponibilidad de agua (por ej. seca), se va a ver afectada la tasa de descomposición del rastrojo.(Smith y Douglas; Brow y Dickey 1970); citado por Schomberg y Steiner(1999).

Aulakh et. al.(1991) obtuvieron una mayor tasa de producción de CO₂ de residuos incorporados en suelos con menor contenido de humedad (60%) que en suelos con exceso de agua(90%) e inversamente relacionada a la relación C/N. Mencionan que las posibles causas de la menor liberación de CO₂ en suelos con alto contenido de agua, esta relacionada a la menor actividad microbiana debido al menor contenido de aire y a que probablemente el CO₂ liberado quede atrapado en la tierra empapada por el agua. Estos mismos autores encontraron que a medida que la descomposición avanzó la diferencia en producción de CO₂ entre un suelo y otro disminuyó.

Aulakh et. al.(1991) mencionan que el régimen de humedad es importante al inicio del proceso de descomposición y mas aún en aquellos rastrojos de baja relación C/N.

La humedad influye de una forma importante sobre la descomposición de los compuestos fácilmente degradables, luego de la desaparición de estos pierde importancia dicho factor; (Stoot et al. 1986;Roper 1985) citados por Douglas y Rickman (1992).

2.2.2.2. Temperatura

Según Parr y Papendick(1978) la temperatura también tiene una importante influencia en el crecimiento y actividad de los microorganismos, en consecuencia, tendrá un gran efecto en la tasa de descomposición de los residuos. La mayoría de los microorganismos del suelo son considerados como mesófilos, esto es porque exhiben su máximo crecimiento y actividad entre un rango de 20-30°C.

El suelo también contiene algunos microorganismos conocidos como psicrófilos, por lo que su mejor crecimiento se da a temperaturas por debajo de los 20°C, y por otro lado tiene aquellos que se desarrollan solo en altas temperaturas llamados termófilos, los cuales exhiben su máximo crecimiento entre los 50-60°C.

Sammersy Biederbeck(1973); citado por Parr y Papendick (1978), revisaron el efecto selectivo de la temperatura sobre los microflora total del suelo y concluyeron que la temperatura que aumenta la flora mesófila, resultó en un incremento en la actividad y número de la microflora. Ellos también encontraron que cuando los suelos fueron encubados a temperaturas crecientes desde 20-60°C, la descomposición de la materia orgánica fue marcadamente acelerada siendo los actinomicetes predominantes sobre las bacterias. Consecuentemente de acuerdo a Stefanioc(1968), la incubación del suelo a temperaturas por debajo de los 20°C el crecimiento de los actinomicetes descendió mas que lo de los hongos y las bacterias.

Durante el período de alta radiación solar, la superficie desnuda de suelos húmedos, pueden alcanzar los 35°C mientras que para suelos secos pueden exceder los 60°C. Similarmente los residuos de color oscuro pueden llegar a extremos comparables a estos últimos, debido a su baja conductividad termica; Belvins y Frye (1993) citado por Creus et.al.(1998). Las fluctuaciones diarias de la temperatura diaria de 35°C ó mayores pueden ocurrir en la superficie del suelo en zonas calurosas. Las variaciones de temperatura diaria y anuales se acercan a un ciclo sinusoidal, en respuesta a la radiación solar, con desviación de su verdadera periodicidad debida a la variabilidad climática.

Las fluctuaciones de temperatura diaria disminuyen con la profundidad del suelo y se aproximan a su valor medio, el cual usualmente varia solo levemente con la profundidad.

Los residuos en superficie tienden a amortiguar las temperaturas extremas de la superficie del suelo, por medio del sombreado de la radiación solar incidente, reflejando la radiación de onda larga y manteniendo el suelo mas frío. Dentro de ciertos límites, la media del aire, puede ser utilizada para estimar las temperaturas promedio del suelo o la del residuo en superficie.

La mayoría de los estudios de los niveles de descomposición han sido llevado a cabo a temperaturas constantes, sin embargo el crecimiento microbiano y su actividad a temperaturas constantes puede ser condicionado por alguna exposición a temperaturas previas. El crecimiento y la actividad pueden ser adversamente afectados donde las temperaturas fluctúan alrededor de un promedio que fue mantenida constante. Por ej. , la incubación de suelos no refrigerados previamente a temperaturas fluctuantes (14-3°C) fue menos destructiva en el número de microbios que en los suelos previamente refrigerados, y las reducciones en el numero fue mayor con temperaturas fluctuantes que con temperaturas constantes a 8°C (Biederbeck y Campbell, 1971; Campbell *et al.* 1970); citado por Parr y Papendick (1978).

Aparentemente un efecto deletéreo de las temperaturas fluctuantes es mas evidente cuando el máximo o el mínimo de temperatura dentro de un ciclo se aproxima o excede a un punto en que es crítico el crecimiento del organismo. El efecto perjudicial puede entonces persistir por algún tiempo después que las temperaturas han retornado a su rango optimo. Cuando la temperatura fluctúa dentro de un rango optimo de crecimiento microbiano, existe poco efecto deprimente de estos cambios y el crecimiento aparece relacionado a la temperatura media del ciclo(Parr y Papendick 1978)

Stoot et al.(1986) menciona que la temperatura influye de una forma importante sobre la descomposición de los compuestos fácilmente degradables, luego de la desaparición de estos pierde importancia dicho factor; citado por Douglas y Rickman (1992).

2.2.2.3. Fertilidad del suelo

El contenido total de nitrógeno de un número diferente de residuos orgánicos y de cultivos, cuyos valores están por encima de 1,5 a 1,7% de nitrógeno no deberían necesitar de fertilizantes nitrogenados, o no requieren de N para cubrir las demandas de los microorganismos durante la descomposición (Parr y Papendick 1978).

Esto debería corresponder a una relación C/N de 25 a 30 para algunos materiales. El contenido de nitrógeno de la mayoría de los residuos de cultivos maduros, sin embargo, es considerablemente menor que el nivel crítico de 1,5-1,7% (por ej. la paja de trigo se encuentra en un rango de 0,2-0,6 y los tallos de maíz en un rango de 0,7 a 1,0 % de N), por lo que existe una tendencia a que la aplicación de estos rastrojos a los suelos podría inducir deficiencia de nitrógeno. Grandes cantidades de carbono oxidable de tales residuos crean una demanda microbiana para el nitrógeno el cual puede inmovilizar el nitrógeno del residuo y utilizar el N inorgánico del suelo durante periodos prolongados(Parr y Papendick1978).

Por otra parte, residuos tales como estiércol de animal, residuos cloacales pueden contener altos contenidos de nitrógeno de tal forma que el N inorgánico (probablemente como NH_3) se formaría a través de la descomposición microbiana tan pronto como la aplicación fue hecha.

La aplicación de fertilizante nitrogenado a los residuos con bajo contenido de nitrógeno puede acelerar su descomposición. Sin embargo el incremento en la tasa de descomposición, ocurre tan pronto después de la aplicación de este. Como consecuencia de la aplicación después de 6 a 9 meses existiría poca diferencia en la duración de la descomposición de residuos con el agregado o no de nitrógeno.

Allison (1955); citado por Parr y Papendick(1978), encontró que bajo condiciones favorables para la descomposición, aproximadamente 50% del total de carbono de los residuos se perdió como CO_2 en un periodo de 2-6 meses. Por lo que en el tiempo en que estos residuos son descompuestos a humus, solo permanece el 25% o menos del C original en planta. La magnitud de las pérdidas varía con la cantidad de nitrógeno agregado.

Es por esto, que los estudios se han concentrado en las condiciones que pueden existir en los primeros estadios de descomposición de los residuos que conduzcan a la inmovilización microbiana del N inorgánico y posiblemente a una deficiencia de N para el crecimiento de las plantas. En algunos casos puede ser posible para un productor la aplicación de N adicional, de forma de acelerar la descomposición del residuo. Particularmente si otro cultivo será sembrado. Sin embargo la adición o no de N es realmente dependiente del suelo, del cultivo y de las prácticas de manejo de los residuos, (Parr y Papendick 1978).

Bajos sistemas de laboreo convencional, donde los productores han aplicado corrientemente fertilizante nitrogenado a los niveles recomendados para un óptimo rendimiento, el nivel de N del suelo, probablemente será adecuado para una rápida descomposición de la mayoría de los residuos de los cultivos, sin inmovilización microbiana. Lo que es desconocido si ocurre para el caso de los sistemas de residuos en superficie, Parr y Papendick (1978).

El descenso en la relación C/N resulta de la pérdida de C como CO₂ debido a la actividad respiratoria de la microflora durante la descomposición de los residuos. Cuando la relación C/N permanece alta (30 ó por encima) el N de la paja es rápidamente asimilado e inmovilizado por los microorganismos que utilizan la paja como fuente C y energía. Por esto el contenido del mismo en los residuos se incrementa con el proceso de la descomposición, Parr y Papendick (1978).

Wilson y Raymer (1992), mencionaron que la disponibilidad de nitrógeno en el suelo afecta la velocidad de liberación de nitrógeno del residuo.

Sin embargo, la adición de este aumenta la tasa de descomposición de los residuos afectando la disponibilidad del mismo en el suelo (Blackmer y Green 1995).

Binford y Blackmer (1992); citado por Blackmer y Green(1995) encontraron que el 32% del nitrógeno aplicado en maíz sobre maíz se encontró inmovilizado en la fracción orgánica, 6 semanas después de la aplicación.

Blackmer y Green (1995) determinaron inmovilización neta creciente del nitrógeno del suelo y del fertilizante agregado como N₁₅ marcado, proporcional a la cantidad de rastrojo presente en el suelo. La inmovilización neta fue mayor y por mayor tiempo, cuanto mayor cantidad de rastrojo esté presente.

Durante el periodo de mineralización neta la mayor parte del nitrógeno proviene del suelo y no del fertilizante por lo que la fuente del nitrógeno resulta ser la materia orgánica del suelo y el nitrógeno del rastrojo y no el inmovilizado en la biomasa microbiana; (Blackmer y Green 1995).

Frente a bajas cantidades de rastrojo presente (2g/kg de suelo) el exceso de nitrógeno no aumento la tasa de mineralización sino que determino mayor disponibilidad de este en el suelo. Con altas cantidades de rastrojo(8g/kg) todo el nitrógeno fue inmovilizado, el tiempo de inmovilización aumento y la tasa de mineralización aumento con el agregado del mismo, hasta cuando se cubrió los requerimientos de nitrógeno; (Blackmer y Green 1995)

Hay que considerar también que a mayores niveles de materia orgánica en el suelo, la actividad microbiana se establece a niveles superiores (Dommergues 1988); citado por Stroo y Elliot (1989), es posible que se produzca una cierta migración de microorganismos del suelo a los rastrojos.

Stroo y Elliot (1989) no encontraron diferencias significativas ($p < 0.005$) entre las tasas de descomposición en diferentes suelos con iguales potenciales de agua, pero con contenidos de materia orgánica de 13 a 36 g/ kg.

2.2.3. Tipo de laboreo

El tipo de laboreo determina la ubicación de los rastrojos en el perfil. El laboreo convencional se caracteriza por la incorporación total de los rastrojos y el no laboreo por la presencia de los mismos sobre la superficie.

Mc Calla y Duley (1943) investigaron la descomposición de paja de trigo (alta relación C/N) y alfalfa (baja relación C/N) cuando fue aplicado a la superficie del suelo o mezclado en este bajo condiciones controladas de humedad y temperatura; citado por Parr y Papendick (1978).

La paja de trigo aplicada a la superficie del suelo (4,48 ton. métrica/há) perdió solo el 45% de su peso por la descomposición después de dos meses comparado con un 82% para la paja que fue mezclada en el suelo. Sin embargo cuando los residuos de alfalfa fueron aplicados en superficie aproximadamente un 72% de su peso original se perdió después de dos meses. La duración de la descomposición fue la misma que cuando los residuos de alfalfa fueron mezclados en el suelo.

De acuerdo con Mc Calla y Duley (1943), los residuos de alta relación C/N tales como paja de trigo se descompondrían más lentamente en la superficie del suelo, debido a una deficiencia de N y otros nutrientes necesarios para sustentar la descomposición microbiana. Cuando estos residuos son mezclados con el suelo tales deficiencias son suplementadas por el suelo. Por esto los residuos de alfalfa aportarían suficiente N y otros nutrientes para la descomposición por la microflora nativa; citado por Parr y Papendick (1978).

Estudios similares Goodling y Mc Calla(1945) encontraron que la tasa de descomposición de paja de trigo y tallo de maíz fue esencialmente la misma si los residuos fueron mezclados con el suelo o dejado en superficie; citado por Parr y Papendick (1978).

Epstein; citado por Parr y Papendick (1978) obtuvo pequeñas diferencias en la tasa de descomposición de alfalfa verde, si esta fue mezclada con el suelo, aplicado en superficie como mulch o incorporado como capas.

Parr y Reuszer(1959) encontraron que la tasa de descomposición de la paja de trigo mezclada con el suelo fue sustancialmente mayor que cuando la paja fue aplicada en bandas o en capas. Pero solo durante la semana inicial de incubación Después de un periodo prolongado, la descomposición acumulada fue mayor para los tratamientos localizados. No se conocen si la microflora nativa de la paja fue responsable de estos resultados; citado por Parr y Papendick (1978).

Los valores de NRV (valor de nitrógeno requerido) y la demanda de otros nutrientes que favorecen la actividad microbiana, serían mas altos en estos experimentos para residuos con una alta relación C/N que bajo condiciones de campo donde los factores que afectan la descomposición están por debajo del optimo. Por esto, los resultados obtenidos en laboratorio sobre la descomposición de residuos en el suelo, deberían ser extrapolados al campo con considerable precaución, como lo señalaron Smith y Douglas(1971); citado por Parr y Papendick (1978).

Los residuos en superficie normalmente persisten por mas tiempo que los incorporados (Santanatoglia et al.1989) citado por Creus et. al. (1998) debido a que están sometidos a mayores variaciones de humedad, porque son los primeros en recibir el agua de las precipitaciones y la condensación, y también en secarse por efecto de la evaporación (Parr y Papendick 1978).

Según Blevins y Frye (1993) citado por Creus et. al. (1998) , los residuos en superficie, generalmente de color más claro que el suelo, reflejan más la radiación y reducen la cantidad de energía que llega directamente al mismo, produciendo un menor calentamiento lo que afecta la actividad microbiana y por consecuencia la tasa de descomposición del rastrojo.

La posición en que se ubican los rastrojos, cambia la velocidad de descomposición de los mismos generando una disponibilidad diferencial de los nutrientes en el tiempo (Schomberg et al. 1994).

Christensen (1986), ha mencionado, que dependiendo de sus contenidos iniciales, la concentración de nitrógeno de los residuos en superficie varían mas lentamente.

Según Smith y Sharpley (1990), los residuos incorporados inmovilizaron por un tiempo más breve que los superficiales.

El rastrojo en superficie afecta la colonización de los residuos por los microorganismos, debido a la menor cantidad de nutrientes disponibles en la cercanía de la fuente carbonada, por el menor contacto entre el suelo y los residuos. (Brow, Dickey 1970).

Wagger et al.(1985), obtuvieron resultados en que del nitrógeno mineralizado de rastrojos incorporados de trigo y maíz fue de 12% al 15% y un 12% al 33%, encontrado en el cultivo siguiente. En cambio cuando el rastrojo es dejado en superficie permite un mejor aprovechamiento por los cultivos siguientes ya que el nitrógeno es liberado lentamente, en este caso se encontraron valores de hasta un 80% de aprovechamiento dejando una estación de crecimiento sin sembrar.

Bent y Christensen (1986) en experimentos realizados de descomposición de rastrojo de trigo en diferentes posiciones, obtuvieron valores de pérdida de peso seco de 35% en un mes, 50% en ocho meses y 80 a 90% en un año para rastrojo enterrado. No existiendo diferencias entre diferentes profundidades de enterrado (5;10 y 15 cm). Para paja suspendida en el aire sobre el suelo(45 cm) obtuvieron pérdidas de un 13% en un mes y al año del 44%. Para rastrojo sobre la superficie del suelo las pérdidas en el primer mes fueron del 22 al 33% y después del año alcanzó a un 36%.

Douglas y Rickman (1992) encontraron que rastrojos enterrados además de tener una descomposición mas rápida, tiene una fase I de descomposición mas marcada por lo que tiene una descomposición menos lineal que la descomposición de los rastrojos en superficie, la mayor parte de la descomposición de estos últimos ocurre en la fase II de los rastrojos enterrados, por lo cual es una descomposición mas lineal.

Aulakh et. al.(1991) encontraron que rastrojos enterrados de trigo, soja y maíz, luego de los 35 días inmovilizaron 32-34 mg de nitrógeno; en superficie inmovilizaron menos, 22-30 mg en el mismo período. En el rastrojo de vetch(*Vicia villosa* Roth), cuya relación C/N=8 se obtuvo una mineralización neta tanto incorporado como en superficie, 51% y 36% respectivamente.

Schomberg et al. (1994), obtuvieron para rastrojo de sorgo y trigo una inmovilización neta de nitrógeno superior a un año, en el caso de los residuos en superficie y 120 días para los residuos enterrados. El valor de $N_{m\acute{a}x}$.(gramos de nitrógeno inmovilizado por kilogramo de biomasa original) como N_{eqv} .(gramos de nitrógeno por kilogramos de biomasa perdida) resultaron influidos por el tipo de rastrojo y por el lugar en que estos se encontraban ubicados, pero no por el régimen hídrico.

Los residuos en superficie se mantienen mucho mas tiempo que los enterrados debido a que esta posición los somete a una alternancia rápida de estados de humedad y sequedad y ascensos y descensos bruscos de temperatura que los residuos enterrados, lo cual enlentece su colonización por parte de los microorganismos, lo cual al final da como resultado un enlentecimiento de la descomposición (Brow y Dickey 1970;Douglas1980), citado por Schomberg (1994).

3.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (E.E.M A.C) durante el periodo julio de 1999-marzo del 2000 en tres de las secuencias de cultivos evaluadas en un experimento mantenido sin laboreo desde 1993.

- Soja sembrada sin laboreo sobre barbecho de invierno en tratamientos con agricultura continua desde 1993.
- Soja sembrada sin laboreo sobre pradera de tres años en tratamientos con rotación cultivo/pastura.
- Maíz sembrado sin laboreo sobre barbecho de invierno en tratamientos en agricultura continua desde 1993.

Los tratamientos evaluados fueron tallos de trigo, soja y maíz obtenidos al momento de la cosecha de estos cultivos en diciembre de 1998(trigo), marzo de 1999(maíz) y mayo de 1999(soja) y mezclas de soja+trigo y maíz+trigo. Los mismos fueron conservados secos hasta el momento de colocarlos sobre la superficie del suelo, el 22 de julio de 1999.

Los rastrojos fueron colocados en bolsas de tull de 20*20cm, de color blanco con malla de 1mm con la cantidad de rastrojo equivalente a una producción de grano de 3000Kg/ha de trigo y soja y 8000Kg/ha de maíz, lo cual correspondió a 27g de soja, 11g de trigo y 32g de maíz. Esto permitió una cobertura de 100% de la superficie ocupada por cada bolsa(400 cm²).

El rastrojo de soja y soja+trigo se colocó sobre los tratamientos que tuvieron cultivo de soja en 1999/2000; el de maíz y maíz+trigo sobre los que tuvieron maíz y el de trigo sobre ambos cultivos de verano.

Se colocaron 12 bolsas de cada tratamiento de rastrojo en dos niveles de fertilidad del suelo definido por su contenido de materia orgánica(4,3 % y 5%) en los primeros 5 cm del perfil y que corresponden a los bloques I y II del experimento de largo plazo.

3.2 DETERMINACIONES REALIZADAS.

Las determinaciones realizadas, para medir la descomposición de los respectivos fueron se realizaron a los 41, 69, 98,132,185 y 248 días post iniciado el experimento (22 de julio de 1999).

a) Del rastrojo

- Peso seco
- Contenido de nitrógeno
- Composición química (lignina, celulosa, hemicelulosa)

b) En el Suelo

- Nivel de NO_3 a 5cm del suelo.

a) Para las determinaciones de peso seco de cada rastrojo, se tomaron 2 bolsas (repeticiones) de cada rastrojo(2 de trigo,2 de soja o maíz y 2 de la mezcla) por bloque, siendo un total de 36 bolsas por muestreo. Luego de ser levantadas las muestras del campo se las llevo a la estufa durante 72 horas a 60°C y luego recién mediante una balanza de precisión se determinó el peso seco de los rastrojos. Luego de la determinación de peso seco, fueron molidas las muestras para realizar las determinaciones de nitrógeno en el rastrojo, mediante el método Kjeldhal.

La determinación de la composición química de cada rastrojo fue realizada en laboratorio del I.N.I.A.

b) Para las mediciones de nitratos del suelo, se tomaron muestras de suelo(5 cm de profundidad) del lugar donde se encontraban las muestras de rastrojo. Se las seco a 60°C durante 72 horas y luego fueron molidas para realizar la determinación de nitratos, mediante la técnica de electrodo de N-NO_3 , con equipo Orion, modelo 93-07, con CaSO_4 como floculante.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO

El diseño experimental utilizado corresponde a parcelas al azar con 2 repeticiones.

El análisis estadístico se realizó para cada nivel de fertilidad de suelo y, dado que no existió efecto significativo de esta variable, se re analizaron los datos tomando 4 repeticiones por tratamiento por fecha de muestreo.

Los datos fueron analizados como medidas sucesivas en el tiempo utilizando el PROCEDIMIENTO MIXED (Statistical Analyses Systems 1996). El modelo utilizado fue el siguiente

```
y= manejo rastrojo manejo*rastrojo fecha fecha*manejo fecha*rastrojo
manejo*rastrojo*fecha;
RANDOM repeticion(manejo*rastrojo);
REPEATED /TYPE=cs subject=repeticion(tratamientos)
```

Para cada rastrojo y manejo anterior se determinaron curvas de descomposición de rastrojos y cambio de la composición química en función del tiempo, tomando como variable dependiente la pérdida de peso seco, el % de N y la cantidad de nitrógeno (g) en el rastrojo en términos absolutos y relativo al inicial.

%N = % de nitrógeno en el rastrojo
N.rel = nitrógeno relativo al contenido inicial
C/N = relación carbono nitrógeno
N = contenido de nitrógeno en gramos
P.seco = peso seco en gramos
P.seco rel = peso seco relativo al contenido inicial

Para cada variable se realizó la comparación de los coeficientes estimados (intercepto y pendiente).

3.4 CARACTERIZACION CLIMATICA

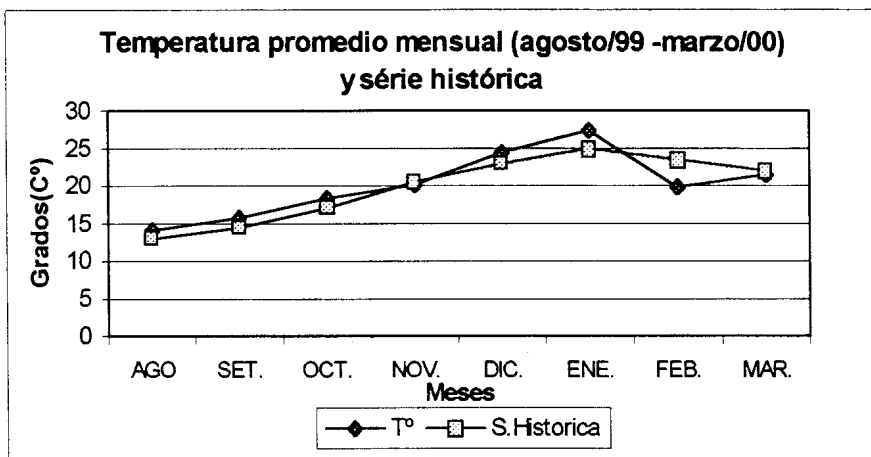


Figura 1. Temperatura del aire, promedio para el periodo agosto de 1999 a marzo del 2000 y serie histórica para el mismo periodo.

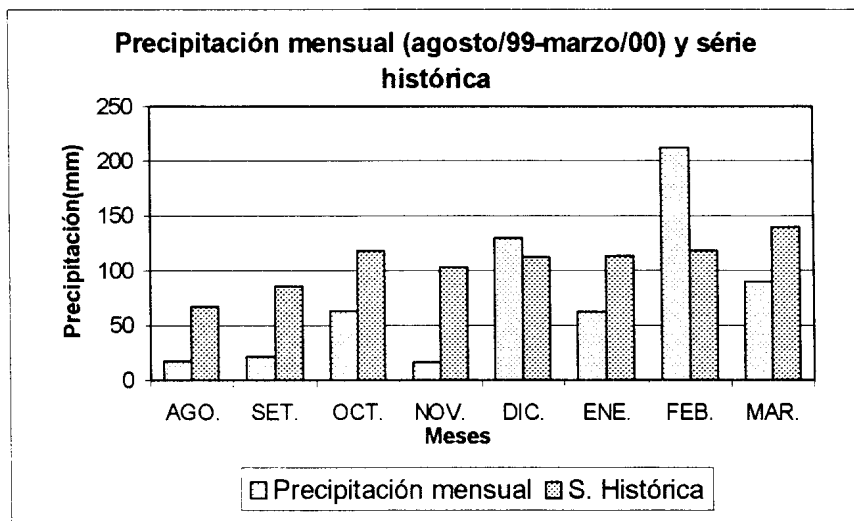


Figura 2. Precipitación mensual para el periodo agosto de 1999 a marzo del 2000 y serie histórica para el mismo periodo.

*Para los meses diciembre y enero, fueron adicionados 100 mm y 50 mm, respectivamente mediante riego.

3.5 ANÁLISIS

Para cada rastrojo y manejo anterior se determinaron curvas de descomposición de rastrojos y cambio de la composición química en función del tiempo, tomado como variable dependiente la pérdida de peso seco, el % de N y la cantidad de nitrógeno(g) en el rastrojo en términos absolutos y relativos al inicial.

Para cada variable se realizó la comparación de los coeficientes estimados (intercepto y pendiente).

Cuando no existió una relación lineal con el tiempo de descomposición y para comparaciones entre rastrojos en una misma fecha, los datos fueron analizados como medidas sucesivas en el tiempo utilizando el PROCEDIMIENTO MIXED del sistema Statistical Analysis System Ver.6.11 1996; SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina U.S.A.).

4.RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. EFECTO DEL TIPO DE RASTROJO UBICADO EN SUPERFICIE

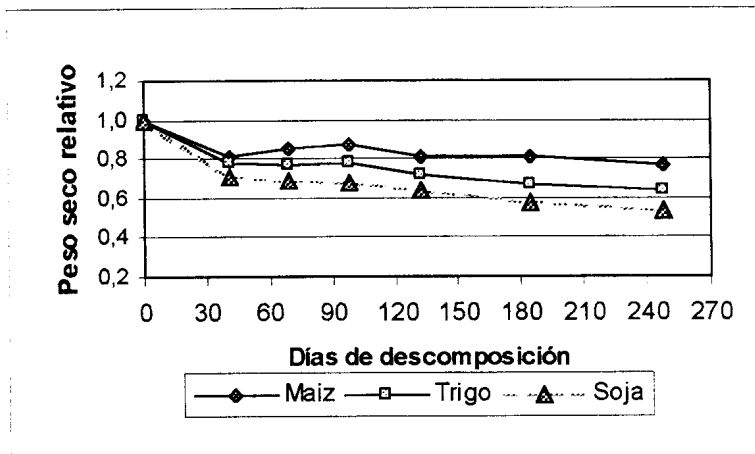
La pérdida relativa de peso seco y de nitrógeno respecto al inicial variaron significativamente con el tipo de rastrojo (Cuadro 1)

Cuadro 1. Coeficientes de regresión (b) para la pérdida de peso relativa al peso inicial de rastrojos de maíz, soja y trigo en función del tiempo de descomposición

Fuente de variación	Perdida Peso Seco Relativo	Nitrógeno Relativo al inicial
Rastrojo	b	b
Maiz(1)	-0,00058*	0,00287**
Soja(2)	-0,00153**	-0,00131**
Trigo(3)	-0,00122**	-0,00010ns
b ₁ -b ₂	0,000998**	0,00418**
b ₁ -b ₃	0,00064*	0,00298**
b ₂ -b ₃	-0,00031+	-0,00120*

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; + tendencia $p < 0,11$; ns = no significativo

La pérdida de peso relativo hasta 248 días fue mayor en soja, seguido por trigo y la menor tasa de pérdida la presentó el rastrojo de maíz (Figura 1).



Rastrojos/Días	41	69	98	132	185	248
Maiz-Soja	**	**	**	**	**	**
Maiz-Trigo	ns	*	*	**	**	**
Soja-Trigo	**	**	**	**	**	***

*** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$

Figura 1. Pérdida relativa de peso seco para rastrojos de maíz, trigo y soja descomponiéndose sobre el suelo respecto al peso inicial.

Estas diferencias ya aparecieron en el primer muestreo (41 días) donde el maíz perdió un 19% de su peso inicial, el trigo un 22% y la soja un 29%.

Estas tendencias se mantuvieron a lo largo de todo el periodo, donde la tasa de descomposición del maíz siempre fue la más baja, culminando el periodo con un 77% respecto su peso inicial.

El rastrojo de trigo presentó una pérdida de peso seco intermedia respecto a los otros dos rastrojos. A los 41 días perdió un 22 % y culminó el ensayo con un 36% menos de su peso inicial.

Sánchez, Studdert, Echeverría (1996), obtuvieron resultados similares donde el carbono remanente del rastrojo de maíz fue mayor que el de soja, el cual perdió un 29% de su peso seco inicial durante los primeros 40 días de descomposición, llegando al final del periodo con un 54% de su peso inicial.

Residuos caracterizados por una baja relación C/N, como la soja producen mineralización simultanea de carbono y nitrógeno lo cual se debería a la mayor perdida de ambos elementos en la fracción lábil (carbohidratos solubles) (Christensen, 1985; Sánchez *et al.* 1996; Vanlauwe *et al.* 1994)

La rápida pérdida inicial de peso de los rastrojos esta asociada a la lixiviación (Christensen 1985) y a la descomposición de los constituyentes orgánicos hidrosolubles (Reinertsen *et al.* 1984). La celulosa y lignina se degradan a menor tasa (Broder, Wagner 1988).

Los microorganismos actúan rápidamente sobre aquellos compuestos de mas fácil degradación (carbohidratos solubles), quedando aquellos de mas difícil degradación (lignina, celulosa y hemicelulosa).

Douglas y Rickman (1992) dividen este proceso en dos fases. La fase I en la cual se degradan todos los compuestos que son mas fácilmente atacados por los microorganismos y la fase II donde se descomponen los compuestos como lignina, celulosa y hemicelulosa.

El largo de estas dos fases en el proceso de descomposición de los rastrojos, está determinado principalmente por la composición química relativa de estos compuestos en cada rastrojo. Aquellos materiales que están compuestos por bajo contenido de lignina, celulosa y hemicelulosa, tienen un descenso en peso seco relativo más rápido que aquellos que tienen un alto contenido de estos compuestos.

En el cuadro 2 se muestra la composición química de los rastrojos evaluados al inicio del experimento

Cuadro 2 Composición química al inicio del experimento de los rastrojos de trigo, soja y maíz utilizados.

Rastrojo	FDN(%)	FDA(%)	Hemicel.(%)	%N
Maíz	96.6	56.6	40.0	0.38
Trigo	84.9	59.4	25.5	0.52
Soja	79.6	62.0	17.6	1.57

FDN= Fibra detergente neutro; FDA= Fibra detergente ácida;
Hemicel.= FDN-FDA

El rastrojo de soja tenía menor proporción de fibra total (FDN) mayor proporción de FDA (lignina y celulosa) seguido por trigo y maíz. El contenido más alto de FDN fue el de maíz, lo que concuerda con datos presentados por Tambascio *et al.* (1998)

Durante el proceso de descomposición de los rastrojos se cuantificó una desaparición diferencial de peso y del componente fibra. A los 41 días desapareció el 27,4 %, 29,8 % y 30 % de la FDN, FDA y peso seco respectivamente del rastrojo de soja; un 21%, 17,6% y 22% del trigo y el 23,2%, 12% y 20% en el maíz. Posteriormente continuaron descendiendo pero a una menor tasa. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Perdida diaria de peso seco(b) durante las fase I(hasta 41días) y fase II (41 a 248 días), para los rastrojos de maíz, trigo y soja.

	Fase I	Fase II
Rastrojo	b	b
Maíz	$-4,63 \times 10^{-3}$	$-1,93 \times 10^{-4}$
Trigo	$-5,36 \times 10^{-3}$	$-6,76 \times 10^{-4}$
Soja	$-7,07 \times 10^{-3}$	$-8,21 \times 10^{-4}$

Para los tres rastrojos, la tasa de pérdida de peso fue mayor en la Fase I que en la II, manteniéndose el mismo orden de los rastrojos dentro de cada Fase.

En la Fase I (primer muestreo) el rastrojo de soja presentó las mayores pérdidas de peso seco, con una reducción proporcional de FDN y FDA. En cambio los rastrojos de maíz y trigo tuvieron menores descensos de peso seco y se redujo proporcionalmente más la FDN que FDA, por lo que mayor proporción del peso seco residual estuvo compuesta por FDA (Cuadro 3 y 4; Figura 2).

Cuadro 4. Evolución del peso seco, contenido y % de FDN y FDA de los rastrojos de maíz trigo y soja.

Rastrojo	Días	P. Seco g	FDN%	FDN g	FDA%	FDA g
Maíz	0	32,0	96,6	30,92	57	18,10
	41	25,9	91,6	23,75	62	16,00
	98	27,9	94,9	26,49	61	16,90
	248	24,7	93,6	23,15	64	15,78
Trigo	0	11,0	84,9	9,34	59	6,53
	41	8,6	85,6	7,37	62	5,38
	98	8,6	89,2	7,69	62	5,36
	248	6,4	93,3	5,98	64	4,13
Soja	0	27,0	79,7	21,51	62	16,74
	41	19,1	81,5	15,61	61	11,76
	98	18,4	82,8	15,24	59	10,79
	248	14,5	92,8	13,48	64	9,27

Esta tendencia de pérdida diferencial se mantuvo en el tiempo, siendo para el rastrojo de soja el 37%, 45% y 47%, en trigo 36%, 37% y 42%, en maíz 25%, 13% y 25% de FDN, FDA y peso seco respectivamente.

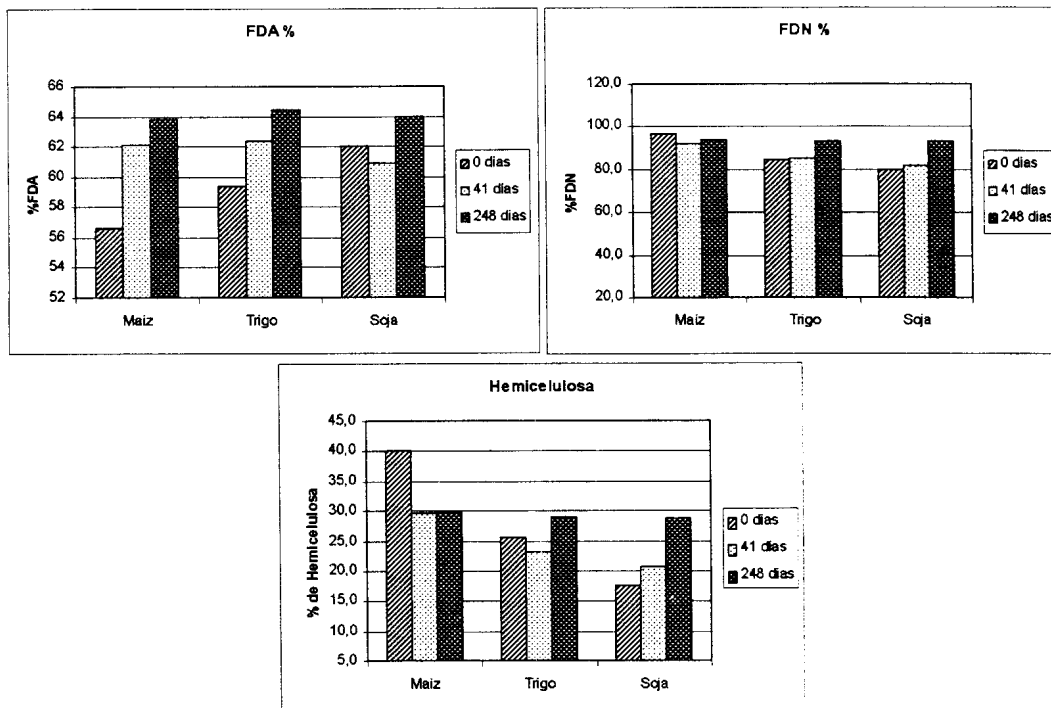


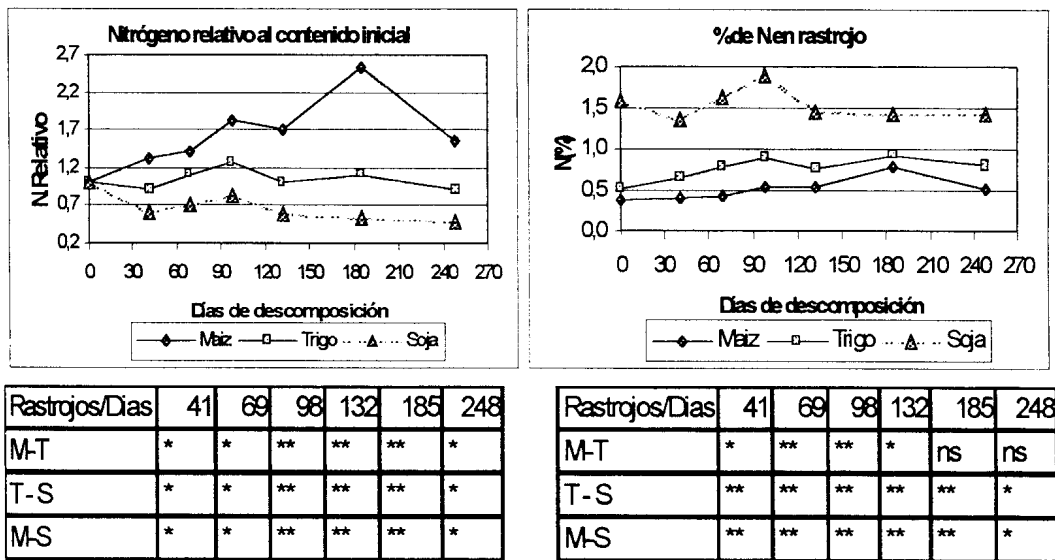
Figura 2. Evolución en porcentaje de FDN, FDA y su diferencia (estimación de la Hemicelulosa) para los rastrojos de maíz, trigo y soja en superficie, en función del tiempo.

El rastrojo de maíz tuvo un rápido descenso en el porcentaje de hemicelulosa en los primeros 41 días; en cambio el rastrojo de soja leve incremento y el trigo mostró un pequeño descenso. Esto sugiere que la pérdida de FDN en los primeros 41 días en rastrojo de soja estuvo dada por la celulosa, ya que hubo muy poca variación en el contenido de hemicelulosa y FDA. Esto es posible debido a que la hemicelulosa se encuentra ligada a la fracción lignina, dificultando el acceso a los microorganismos. El grado de asociación se ve afectado según la especie, material genético y ambiente, Wilson et. al. (1991) y Williams et. al.(1996).

Al final del período, a pesar de que los rastrojos partieron de cantidades y proporciones de fibra diferentes, culminaron con las proporciones similares de FDN y FDA (Figura 2) y por consecuencia similar proporción de hemicelulosa (93% FDN, 64%FDA y 29% hemicelulosa).

La soja tuvo mayor tasa de pérdida de peso seco no solo por la pérdida de los carbohidratos solubles en la primera fase, sino que siguió con una mayor tasa durante todo el período respecto a los rastrojos de trigo y maíz, por lo que aún aquellos compuestos de mayor grado de dificultad de descomposición (lignina, celulosa y hemicelulosa) serían más degradados en soja que en trigo y maíz.

Frankenberger y Abdelmagid (1985), mencionan que la mineralización de nitrógeno a partir de los rastrojos es fuertemente afectada por el contenido de nitrógeno de los mismos. En la Figura 6 se presenta la evolución de la cantidad y porcentaje de nitrógeno en los rastrojos.



**p<0,01; *p<0,05; + tendencia p<0,11; ns = no significativo

M= Maíz, T= Trigo, S= Soja

Figura 3 Evolución de nitrógeno relativo al contenido inicial y del % de nitrógeno, en función del tiempo para los rastrojos de maíz, trigo y soja.

Los cambios en la cantidad de nitrógeno relativo al inicial corroboran lo demostrado anteriormente con la pérdida de peso seco.

El rastrojo de maíz que tiene una alta relación C/N, presentó un 33% más de nitrógeno relativo a los 41 días respecto al inicial. Este valor continuó aumentando hasta el quinto muestreo (185 días), culminando el periodo con un 57% más de lo que partió. Esto demuestra que durante todo este periodo estuvo inmovilizando nitrógeno.

Los altos contenidos de nitrógeno de los rastrojos incrementan las tasas de descomposición y la pérdida de nitrógeno de los mismos (Christensen 1986). Una correlación positiva entre tasas de descomposición y la pérdida de contenido de nitrógeno inicial fue encontrada por Vigil y Kissel (1991).

El % de N inicial del rastrojo de soja fue de 1,6 %, por lo que sería suficiente para los microorganismos encargados de la descomposición. Esto permitió que desde el primer momento estuvo aportando nitrógeno al sistema, ya que existió un descenso continuo en la cantidad de nitrógeno en el rastrojo. El % de N en el rastrojo aumentó a partir de los 41 días llegando a un máximo cercano a 2% entre los 98 y 132 días momento, a partir del cual se registró un descenso hasta el final del periodo, marcando así un balance neto positivo de nitrógeno. En ningún momento mostró inmovilización neta de nitrógeno. Si bien aumentó su % de N después de los 41 días, la cantidad de nitrógeno en el rastrojo fue 82% del valor inicial, o sea que en un balance general aportó al sistema.

El rastrojo de trigo mantuvo la misma cantidad de N durante todo el período, por lo que el % de N aumentó como consecuencia de la pérdida de peso.

La inmovilización registrada en el rastrojo de maíz sería debido a que el contenido de nitrógeno del mismo no es suficiente para satisfacer los requerimientos de los microorganismos, por lo que estos se ven obligados a inmovilizar para continuar con el proceso de descomposición (Hadas *et al* 1992).

Andrén *et al* (1993) citado por Creus *et al.* (1998), mencionan que los rastrojos actúan como fuente de nutrientes, particularmente de nitrógeno y bajo ciertas condiciones, pueden actuar como destino del nitrógeno disponible a través de la acción de los microorganismos, que lo incorporan a la biomasa microbiana y a la materia orgánica.

Creus *et al.* (1998), también obtuvieron resultados en que el % de N del rastrojo de maíz en superficie se incrementó generando una inmovilización de nitrógeno aunque esto fue solo un 5%. Esto se debería al incremento relativo de la concentración de nitrógeno a medida que avanza la descomposición de los rastrojos de alta relación C/N (Schomberg *et al.* 1994), ya que el nitrógeno del rastrojo es liberado mas lentamente que el carbono (Wilson y Raymer 1992).

También Sánchez *et al.*(1996) determinaron que los rastrojos de maíz se descomponían más lentamente que el de soja, lo cuál se asoció esto con una intensa inmovilización del nitrógeno durante la descomposición del rastrojo de maíz (Sánchez 1997).

4.2. FACTORES DE MANEJO QUE MODIFICAN LA VELOCIDAD DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS RASTROJOS

4.2.1 Fertilidad del suelo

Los resultados de los análisis estadísticos, no presentaron diferencias significativas para los dos niveles de Materia Orgánica del suelo (bloques I y II) evaluados (4.3% y 5.0%).

Cuadro 5. Valor "F" para cada variable de respuesta en dos niveles de fertilidad de suelo.

Fuente de variación	Peso Seco (g)	Peso Seco Rel. al inicial	Nitrógeno Relativo al inicial	Nitrógeno (%)	Nitrógeno (g)	Carbono (g)	Coefficiente de Variación
Fertilidad	1.03 ns	2.5 ns	0.26 ns	0.06 ns	0.15 ns	1.08 ns	0.71 ns
Fertilidad xRastrojo xFecha	0.85 ns	0.41 ns	0.44 ns	0.23 ns	0.69 ns	0.85 ns	0.28 ns

ns= no significativo, $p < 0,05$

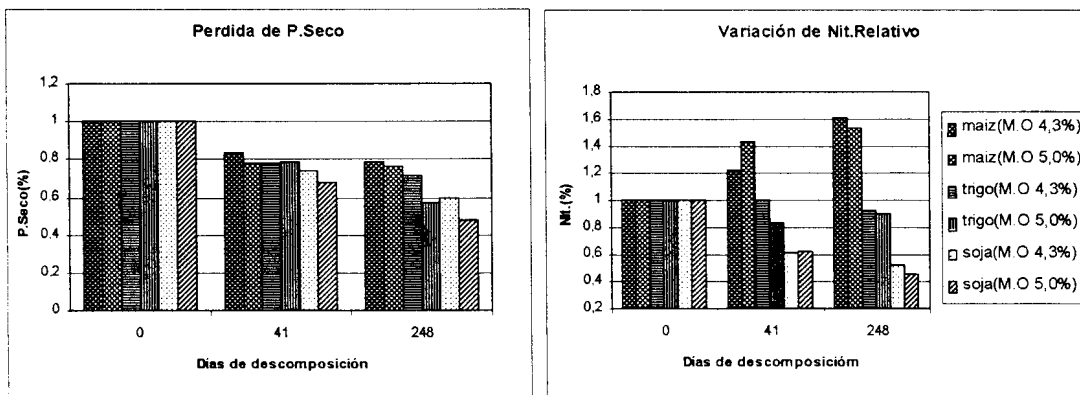


Figura 4. Pérdida relativa de peso seco y cantidad de nitrógeno en el rastrojo a través del tiempo para rastrojos de trigo, maíz, soja en dos niveles de materia orgánica del suelo.

La pérdida de peso seco porcentual y cambio relativo de nitrógeno de los rastrojos de maíz, trigo y soja, siguió la misma evolución en el tiempo en los dos niveles de materia orgánica del suelo.

Stroo y Elliot (1989) estudiaron el efecto del tipo de suelo sobre la descomposición de rastrojo en superficie. Estos analizaron la posibilidad de que la materia orgánica del suelo aporte de alguna forma nitrógeno que pueda ser utilizado en la descomposición de los rastrojos.

Estos autores tampoco encontraron diferencias significativas ($P < 0,005$) entre las tasas de descomposición de rastrojos diferentes en suelos con iguales potenciales de agua, pero con contenidos de materia orgánica de entre 13 a 36 g/kg.

Blackmer y Green (1995) trabajando con N^{15} demostraron que la descomposición de rastrojos se enlentece cuando el nitrógeno del suelo+fertilizante es limitante, pero que por encima de determinado nivel, esto deja de tener efecto, por lo que la fertilidad del suelo representara una limitante para la descomposición de rastrojos en superficie solo a niveles muy bajos.

Esto explica los resultados obtenidos, ya que los niveles de materia orgánica evaluados, fueron de 4,3% y 5,0% respectivamente y el contenido de $N-NO_3$ del suelo en los primeros 5 cm del perfil fue superior a 22 ppm durante todo el periodo evaluado, por lo que no sería limitante para el proceso de descomposición.

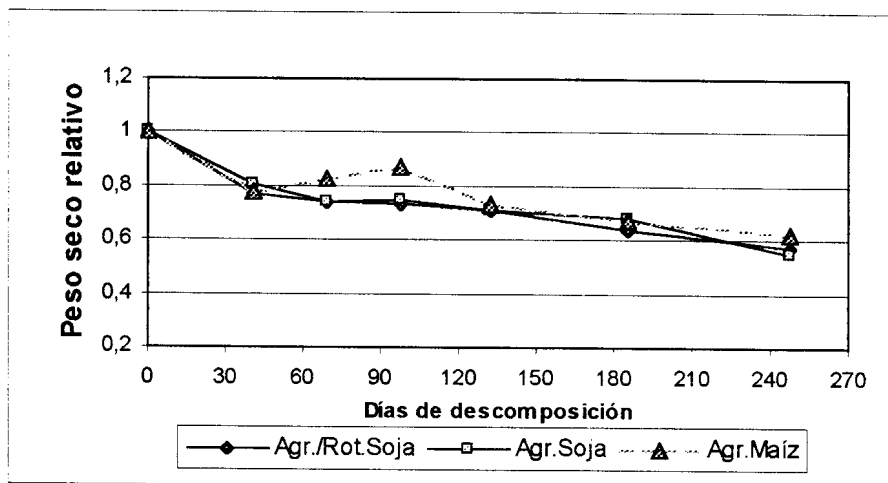
4.2. 2.Efecto del manejo anterior sobre la tasa de descomposición del rastrojo de trigo

Los resultados obtenidos en la descomposición del rastrojo de trigo sobre distintos manejos del año anterior no mostraron diferencias significativas sobre la pérdida relativa de peso seco ni relación C/N.

Cuadro 6. Coeficientes de regresión y sus significancias para la pérdida de peso de rastrojo y cambio de relación C/N de trigo descomponiéndose sobre rastrojos de soja y maíz.

	Peso seco	Relación C/N
Manejo anterior	b	b
Agr. Soja (1)	-0.00092 **	-0.076 **
Agr. Maíz (2)	-0.0013 **	-0.13 **
Agr/Rot. Soja (3)	-0.0014 **	-0.076 **
$b_1 - b_2$	0.00037 ns	0.05 ns
$b_1 - b_3$	0.00048 ns	-0.0004 ns
$b_2 - b_3$	0.00011 ns	-0.05 ns

**** $p < 0,01$; ns=no significativo**



Man.\Fecha	41	69	98	132	185	248
AS-AM	ns	**	*	ns	ns	*
AS-ARS	ns	ns	ns	ns	ns	nd
AM-ARS	ns	**	*	ns	ns	ns

**p<0,01; *p<0.05; + tendencia p<0,11; ns= no significativo nd=no disponible
AS=Agr.Soja; AM=Agr.Maíz; ARS=Agr./Rot.Soja

Figura 5. Pérdida relativa de peso de rastrojo de trigo sobre rastrojos de soja y maíz en sistemas de siembra directa continua (Agr.Soja y Agr.Maíz) y sobre soja en siembra directa con rotación cultivo pastura (Agr./rot.Soja).

La descomposición del rastrojo de trigo sobre el suelo con maíz como cultivo antecesor (alta relación C/N) solo difirió significativamente de la ocurrida sobre soja como antecesor entre los 69 y 98 días pos inicio de los tratamientos, no existiendo diferencias entre rotación cultivo/pastura o agricultura continua sin laboreo.

La descomposición del rastrojos sobre el suelo, o sea no son incorporados como es el caso de laboreo convencional, no tienen suficiente contacto con el suelo, ofreciendo mayor dificultad al acceso de los microorganismos hacia el sustrato a ser descompuesto. Además la disponibilidad de N-NO₃ en los 5 cm superficiales fue muy alta durante todo el período en todos los manejos, lo que confirmaría que esto no sería la limitante para la descomposición. Esto indicaría que los rastrojos en superficie se descomponen dependiendo mas del nitrógeno contenido en el material que el aporte desde el suelo.

Parcker (1957), citado por Broder y Wanger (1988) menciona que el único movimiento que el nitrógeno puede tener hacia la superficie sería con el vapor de agua cuando ocurre la evaporación de la misma y ésta entre en contacto con el rastrojo que esta sobre la superficie.

Existió un descenso marcado en el peso seco del rastrojo de trigo durante los primeros 41 días de descomposición (Figura 5) prácticamente iguales para los tres manejo, perdiendo un 20%, 22% y 23% los rastrojos sobre los manejos anteriores Agr.Soja, Agr.Maíz y Agr./ Rot.Soja respectivamente. Al finalizar el periodo a los 248 días, las diferencias entre el manejo anterior Agr.Soja y Agr./ Rot.Soja se mantuvieron en un 3%. Comparando el manejo anterior Agr.Soja y Agr.Maíz las diferencias pasaron de un 2% a un 8% y el manejo anterior Agr./ Rot.Soja respecto a Agr.Maíz cambió del 1% al 5%, cuyos valores finales fueron 54%, 62% y 57% respecto al peso inicial.

La cantidad de N en el rastrojo, no presenta significancia para manejo, fecha y la interacción fecha por manejo, mientras que si afectado el % de N. (Cuadro 7).

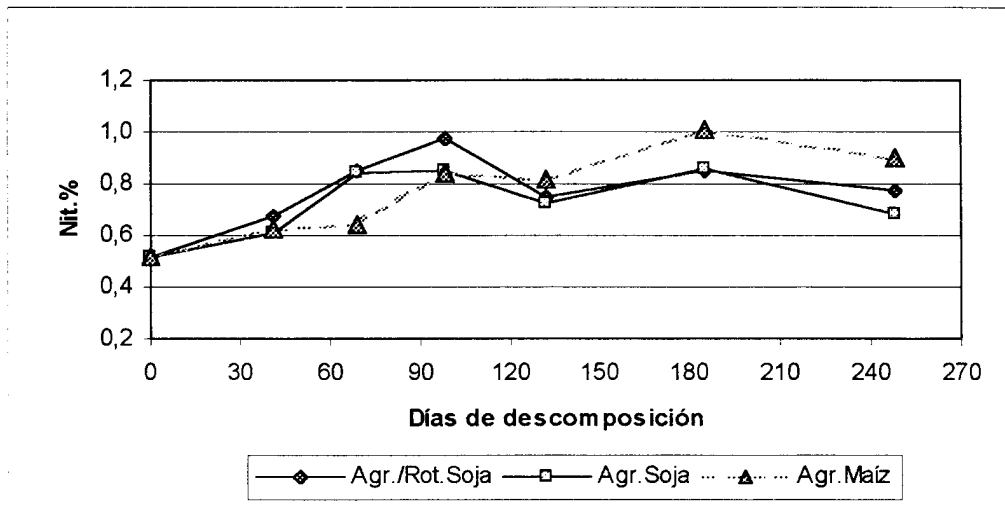
Cuadro 7. Valor "F" del análisis de varianza para % de nitrógeno en el rastrojo de trigo y cambio relativo respecto al contenido inicial.

Fuente de Variación	Nitrógeno (%)	Nitrógeno (g)
Manejo	1.63 ns	0.56 ns
Fecha	29.6 **	0.07 ns
Fecha x Manejo	2.85 +	2.07 ns

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, + tendencia $p < 0,11$; ns= no significativo

La cantidad de nitrógeno presente en el rastrojo de trigo no se modificó con ninguno de los manejos evaluados ni a través del tiempo, lo que confirma la no-inmovilización de nitrógeno desde el suelo.

El incremento diferencial significativo en el % de nitrógeno entre rastrojos se asocia a la pérdida de carbono (peso seco) registrada con el tiempo (Figura 6).



Manejo/Fecha	41	69	98	132	185	248
ARS-AM	ns	*	ns	ns	*	**
ARS-AS	ns	ns	+	ns	ns	ns
AS-AM	ns	**	+	ns	*	+

** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, + tendencia $p < 0,11$; ns= no significativo

AS=Agr. Soja; AM=Agr. Maíz; ARS=Agr./Rot. Soja

Figura 6. Evolución del % de nitrógeno del rastrojo de trigo en función del tiempo de descomposición y el manejo anterior.

El trigo sobre rastrojo de maíz, se comportó significativamente diferente a sobre rastrojos de soja ($p < 0.06$). En los muestreos realizados entre los 98 y 132 días, el rastrojo de trigo sobre soja alcanzó aproximadamente 1% de nitrógeno y este valor fue alcanzado recién después de los 185 días sobre rastrojo de maíz. Este comportamiento diferencial se asocia a los momentos en que se registraron diferencias en la pérdida de peso seco.

Es muy probable que el rastrojo de trigo que esta sobre soja (Agr.Soja y Agr./Rot.Soja) entre los 98 y 132 días comenzara una liberación neta de nitrógeno, lo que comenzaría recién a los 248 días con el rastrojo que se descompuso sobre maíz (Agr.Maíz).

4.2. 3. Mezclas de rastrojos

El análisis de varianza para la fuente de variación rastrojo detectó diferencias significativas para las tres variables analizadas según el rastrojo y mezclas (contenido de nitrógeno relativo al inicial, % de N y C/N) (Cuadro 8). En tanto, el manejo anterior no modificó las variables analizadas.

La fecha no presentó diferencias para el contenido de nitrógeno relativo y si para las otras dos (%N y C/N).

La interacción fecha x rastrojo, presento diferencias significativas para las tres variables, en cambio la interacción fecha x manejo no fue significativa, por lo que a lo largo de todas las fechas el manejo tampoco afectó a la descomposición de los rastrojos en superficie.

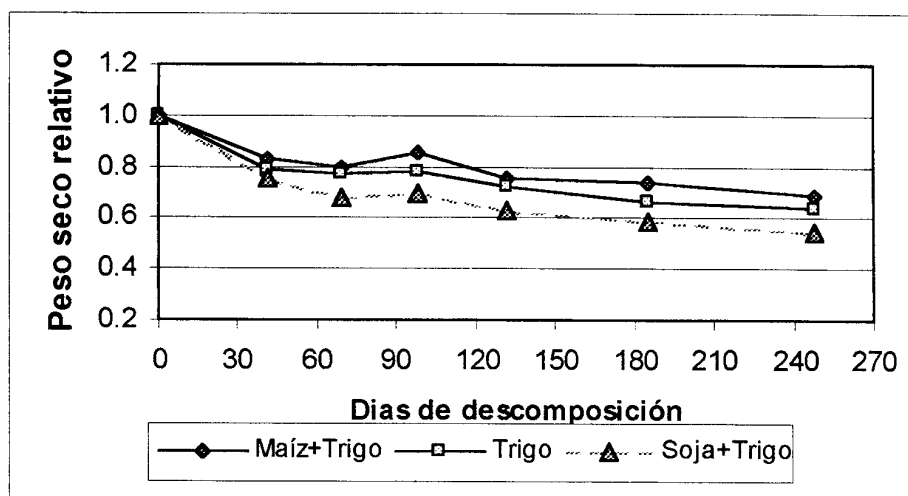
Cuadro 8. Valor "F" del análisis de varianza para peso seco relativo, nitrógeno relativo, contenido de nitrógeno y relación C/N

Interacción	Peso Seco Relativo	Nitrógeno Relativo	Nitrógeno (g)	C/N
Rastrojo	0.32 ns	3.78**	49.98**	35.87**
Manejo	1.11ns	0.46ns	1.13ns	0.53ns
Fecha	219.50**	0.04 ns	4.65*	39.57**
Fecha x Rastrojo	2.28*	5.40 **	2.41*	5.14**
Fecha x Manejo	1.19ns	1.34 ns	1.43 ns	0.79ns

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; +tendencia $p < 0,11$; ns= no significativo

La pérdida de peso seco de mezcla de rastrojo de soja+trigo respecto al trigo solo fue un 3% superior a los 41 días y alcanzó a un 9% a los 69 días terminando con una diferencia del 10% menos en peso seco (Figura 7).

Los resultados de la mezcla maíz+trigo demuestran una pérdida de peso seco del 31% con relación al 36% del rastrojo de trigo solo, diferencia que no fue significativa. (Figura 7).



mezclas/días	41	69	98	132	185	248
(M + T) - (S + T)	ns	*	**	**	**	**
(M + T) - (T)	ns	ns	ns	ns	+	ns
(S + T) - (T)	ns	**	**	**	*	**

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; + tendencia $p < 0,11$; ns = no significativo

M+T= maíz+trigo, S+T= soja+trigo y T= trigo

Figura 7. Pérdida de peso seco relativo en función del tiempo para las mezclas de rastrojo maíz+trigo, soja+trigo y para rastrojo de trigo.

La mezcla de un rastrojo de baja relación carbono nitrógeno (soja) con uno de alta (trigo) tuvo un efecto positivo sobre la velocidad de descomposición del de alta relación C/N (Cuadro 9).

Cuadro 9. Coeficientes de regresión (b) para la pérdida de peso relativa al peso inicial para las mezclas de rastrojo maíz+trigo, soja+trigo y rastrojo de trigo en función del tiempo de descomposición

Fuente de Variación	Perdida Peso Seco Relativo
Rotación	b
M+T=(1)	-0,00095**
S+T=(2)	-0,00160**
T=(3)	-0,00120**
b ₁ -b ₃	0,00027 ns
b ₂ -b ₃	-0,00036 *

**p<0,01; * p<0,1; ns=no significativo

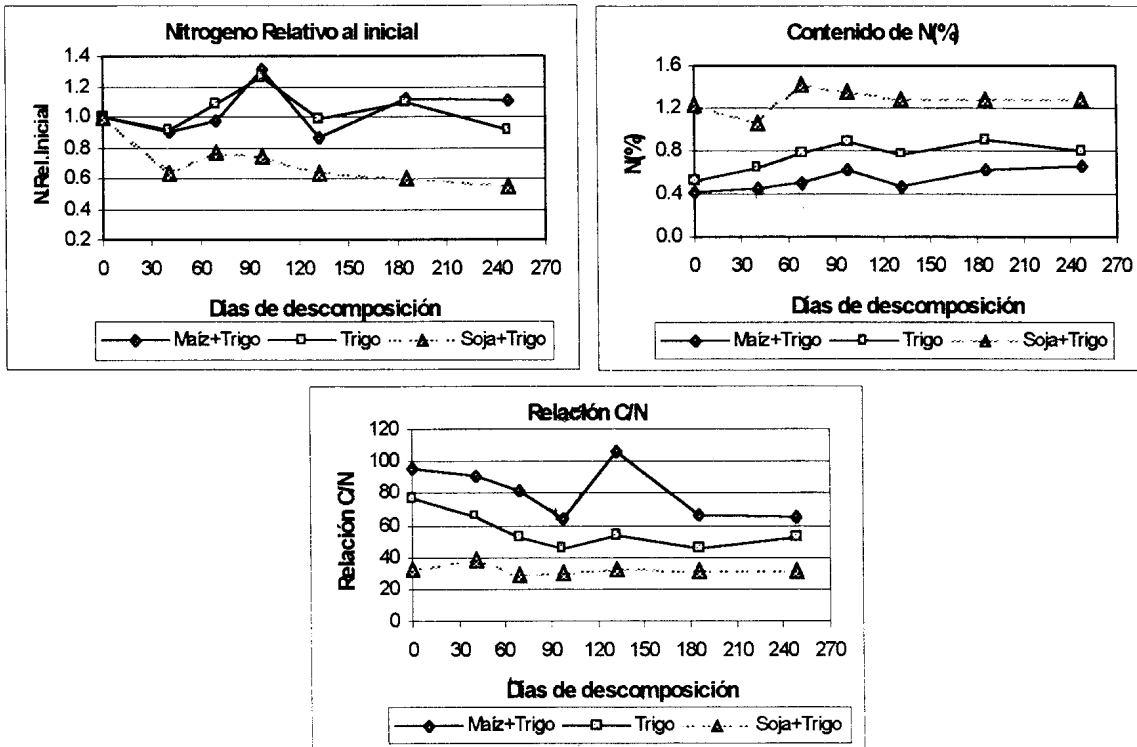
Para las mezclas, como se menciona para los rastrojos puros, se pudo apreciar dos etapas de pérdidas de peso, donde también se apreció que aquella mezcla que tuvo una mayor pendiente de la curva inicial también fue la que perdió mas peso a lo largo de todo el periodo.

Cuadro 10. Valores de perdida diaria de peso seco(b) para las fase I(hasta 41días) y fase II (41 a 248 días), para las mezclas de rastrojos de maíz+trigo,soja+trigo y rastrojo de trigo.

	Fase I	Fase II
Rastrojo	b	b
Maíz+Trigo	-4,15x10 ⁻³	-6,76x10 ⁻⁴
Soja+Trigo	-6,10x10 ⁻³	-1,01x10 ⁻³
Trigo	-5,36x10 ⁻³	-6,76x10 ⁻⁴

Como síntesis de los resultados de las comparaciones de los efectos de las mezclas de rastrojo, tenemos que el rastrojo de la mezcla de soja+trigo, es el que se descompuso más rápido seguido por el de trigo y luego por la mezcla maíz+trigo.

La mezcla de soja+trigo tuvo 1,2% de nitrógeno inicial, lo que representa una importante mejora de la calidad del residuo a descomponer comparando con el de trigo solo. Durante el período en estudio, este porcentaje se mantuvo aun con descenso de peso seco, por lo que existió liberación neta de nitrógeno (Figura 8)



Nrel	Das	(M+T)-(S+T)	(M+T)-(T)	(S+T)-(T)	N(%)	Das	(M+T)-(S+T)	(M+T)-(T)	(S+T)-(T)	C/N	Das	(M+T)-(S+T)	(M+T)-(T)	(S+T)-(T)
	41	+	ns	**		41	**	*	**		41	**	**	**
	69	ns	ns	**		69	**	**	**		69	**	**	**
	98	**	ns	**		98	**	*	**		98	**	**	**
	132	ns	ns	**		132	**	**	**		132	**	**	**
	185	**	ns	**		185	**	**	**		185	**	**	**
	248	**	ns	**		248	**	ns	**		248	**	+	**

** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; + tendencia $p < 0,11$; ns = no significativo

M+T= maíz+trigo, S+T= soja+trigo y T= trigo

N rel .= nitrógeno relativo al contenido inicial, N(%)=contenido de nitrógeno en %, C/N= relación carbono nitrógeno

Figura 8. Evolución de nitrógeno relativo al contenido inicial, del % de nitrógeno y relación C/N en función del tiempo para las mezclas de rastrojos de maíz+trigo, soja+trigo y rastrojo de trigo.

De los rastrojos analizados, la mezcla maíz+trigo y trigo sin diferencias entre ellos, fueron los que inmovilizaron nitrógeno por mas tiempo, luego la mezcla de soja+trigo.

5. Conclusiones

- La descomposición de rastrojos de soja sobre la superficie del suelo fue significativamente más rápida que la de maíz y trigo ($p=0.05$), a su vez el rastrojo de trigo tendió a descomponerse más rápido que el rastrojo de maíz ($p=0.1$).
- El rastrojo de soja cuya relación C/N es baja, alto contenido de nitrógeno inicial, bajo porcentaje de lignina y alta proporción de carbohidratos solubles en su constitución química, no inmovilizó N, el rastrojo de trigo inmovilizó N hasta los 98 días y el maíz lo hizo hasta los 185 días pos inicio de los tratamientos.
- En los tres rastrojos se identificó una fase rápida de pérdida de peso (FASE I de la descomposición) y una fase lenta (FASE II), pero en ambas se mantuvo la ubicación relativa de los rastrojos (soja > que trigo > que maíz).
- Luego de terminada la primera fase de descomposición el proceso se hace más lento, llegando todos los rastrojos a una composición química similar, porcentajes de fibra prácticamente iguales, por lo que la diferencia estará dada por la fase I y por la cantidad de restos secos que deje cada cultivo a la cosecha.
- Coincidiendo con la bibliografía, no se detectó diferencias significativas en la descomposición de los rastrojos en respuesta a la fertilidad del suelo, dado que se trabajó con niveles de materia orgánica superior a 4.3% y disponibilidad de N-NO₃ en el suelo superior a 20 ppm.
- Tampoco hubo efecto del manejo anterior del suelo dado por rotación o no con pasturas y cultivo antecesor.

- La mezcla del rastrojo de soja (baja relación C/N) con el rastrojo de trigo (alta relación C/N), mejoro la tasa de descomposición del rastrojo de trigo, aumentando la perdida de peso seco debido a la mejora en la calidad de la mezcla, aumentando el % de nitrógeno.
- La siembra de un cultivo de baja relación C/N, como antecesor a un cultivo como el trigo (alta relación C/N) permitió así una más rápida descomposición del rastrojo de trigo, por consecuencia menor tiempo de inmovilización de nitrógeno, como también en el caso de enfermedades deja una menor cantidad de rastrojo como sustrato para los patógenos (10% menos).

6. RESUMEN

Los rastrojos ubicados en superficie a consecuencia de la siembra directa normalmente permanecen por mas tiempos que los que son incorporados, afectando la tasa de descomposición y el proceso de mineralización/inmovilización del nitrógeno, nutriente fundamental para el desarrollo de los cultivos. El objetivo del trabajo es cuantificar la tasa de descomposición de rastrojos contratantes (soja, maíz y trigo)) y su posible modificación a través de la secuencia de cultivos (soja-trigo y maiz/trigo), y su fertilidad. Los tratamientos consistieron en un factorial de tipo de rastrojo (trigo, soja y maiz, trigo+soja y trigo+maiz) sobre tres de los manejos anteriores del citado experimento.

Soja en Agricultura continua sin laboreo (Agr.Soja)

Soja en rotación cultivo/pastura sin laboreo(Agr.Rot./Soja)

Maíz en agricultura continua sin laboreo.(Agr. Maíz)

El rastrojo de soja que presentó un mayor porcentaje de nitrógeno inicial (%N =1,57) y una baja relación C/N (25,5) tuvo una tasa de descomposición mas rápida, fase I ($-7,07 \times 10^{-3}$), fase II ($-8,21 \times 10^{-4}$), seguido por el rastrojo de trigo con un %N (0,52), C/N(76,92) con tasas de ($-5,36 \times 10^{-3}$) en la fase I y ($-6,76 \times 10^{-4}$) en la fase II, el maíz partió con un %N (0,38), C/N (105,26) y presentó tasas mas lentas, fase I (-4.63×10^{-3}) y en la fase II (-1.93×10^{-4}).

No se encontraron diferencias significativas en los factores que modifican la velocidad de descomposición de los rastrojos, tanto para la fertilidad del suelo como para el manejo anterior, ya que los niveles de materia orgánica del suelo son de 4,3% y 5,0%.

En las mezclas de rastrojo se obtuvieron diferencias significativas en las cuales la mezcla de rastrojo soja+trigo aumentó a 1,24 % el %N, C/N (32,26), con tasas de descomposición de ($-6,10 \times 10^{-3}$) en fase I y ($-1,01 \times 10^{-3}$) en fase II, mejorando la descomposición respecto a la del trigo en un 10%. La mezcla maiz+trigo bajo el % N (0,42), relación C/N (95,24) obteniendo tasas de descomposición, en la fase I (-4.15×10^{-3}), fase II ($-6,76 \times 10^{-4}$), resultando una tasa que no presentó diferencias significativas respecto a la del trigo cuyos valores en la fase I ($-5,36 \times 10^{-3}$) y en la fase II ($-6,76 \times 10^{-4}$)

7.SUMMARY

The crop residues situated in the surface as a consequence of no-tillage, normally remains for more time that when they are incorporated, affecting the rate of decomposition and mineralization process/ inmovilization nitrogen, (basic nutrient for the developing of cultivies. The aim of the work is quantifie the rate of crop decomposition envolved(soybean, wheat and corn) and its possible modification through the cultivies sequence (soybean-wheat and corn-wheat) and its fertility. The treatments consisted in a factorial of a kind of crop residues (wheat, soybean wheat+soybean and wheat+com) about the tree methods uses mentioned before, in the already mentioned experiment.

Soybean in agriculture continues no-tilled (Agr. soybean)

Soybean in rotation cultivate/pasture-land whit no till (Agr. Rotation/soybean)

Corn in agriculture continues no-tilled(Agr.Com)

The crop residues Which presented higher percentage inicial nitrogen ($N\%=1.57$) and an increasing relation C/N (25.5) had a faster rate decomposition, first period(-7.07×10^{-3}), second period (-8.21×10^{-4}), followed by the corn crop whit a $N\%$ of(0.52), C/N (76.92) whit rates of (-5.36×10^{-3}) in the first period and (-6.76×10^{-4}) in the second,the corn raises whit a $\%N$ (0.38), C/N (105.26) and presents a slowinging rate, first period(-4.63×10^{-3}) and in the second period (-1.93×10^{-4}).

It wasn't founded significative differences in the factors which modifies the speed of crop decomposition, as for the fertility of the surface as for the former managment, while the level of organic material of the surface are the 4.3% and 5.0%.

In the crop mixture were obtained significative differences in which the mixture of crop (Soybean+wheat) raised to a 1.24%, the $N\%$, C/N (32.26), whit the decomposition rate of (-6.10×10^{-3}) in the first period and (-1.01×10^{-3}) in the second period, improving the decomposition in relation whit wheat in a 10%. The mixture com+wheat decreased the $N\%$ in a (0.42) relation C/N(95.24) obtaining decomposition rates, in the first period (-4.15×10^{-3}), second period (-6.76×10^{-4}), resulting a rate whit no significative differences comparing whit the wheat which values in the first period were (-5.36×10^{-3}) and in the second period (-6.76×10^{-4})

8. BIBLIOGRAFIA

AJWA, H. A.; TABATABAI, M. A. 1994. Decomposition of Different Organic Material in Soil. *Biol. Fertil. Soils*. 18:175-182.

AULAKH, M. S.; DORAN, J. W.; WALTERS, D. T.; MOSIER, A. R.; FRANCIS, D. D. 1991. Crop Residue Type and Placement Effects on Denitrification and Mineralization. *Soil Sci. Soc. Am. J* 55:1020-1025.

BLACKMER, A. M.; GREEN, C. J. 1995. Nitrogen Turnover by Sequential Immobilization and mineralization during Residue Decomposition in Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J* 59:1052-1058.

BRODER, M. W.; WAGNER, G. H. 1988. Microbial Colonization and Decomposition of Corn, Wheat, and Soybean Residue. *Soil Sci. Soc. Am. J* 52:112-117.

CHRISTENSEN, B. T. 1986. Barley Straw Decomposition Under Field Initial Nitrogen Content On Weight Loss and Nitrogen Dynamics. *Soil Biol. Biochem.* 18:523-529.

COLLINS, H. P.; ELLIOT, L. F.; RICKMAN, R. W.; BEZDICEK, D. F.; PAPENDICK, R. I. 1990. Decomposition and Interactions Among Wheat Residue Components. *Soil Sci. Soc. Am. J* 54:780-785.

DOUGLAS C.L., JR. ; ALLMARAS R. R.; RAMIG. P.E.; ROAGER N. C, JR. 1980. Wheat Straw Composition and Placement Effects on Decomposition in Dryland Agriculture of the Pacific Northwest. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:833-837.

DOUGLAS, C. L., JR.; RICKMAN, R. W. 1992. Estimating Crop Residue Decomposition from Air Temperature, Initial Nitrogen Content, and Residue Placement. *Soil Sci. Soc. Am. J* 56: 272-278.

GREEN, C. J.; BLACKMER, A. M.; HORTON, R. 1995a. Nitrogen Effects on Conservation of Carbon During Corn Residue Decomposition in Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J* 59:453-459.

GREEN, C. J.; BLACKMER, A. M. 1995b. Residue Decomposition Effects on Nitrogen Availability to Corn or Soybean. *Soil Sci.Soc.Am. J* 59:1065-1070.

MA, L.; PETERSON, G.A.; AHUJA, L. R.;SHERROD, L.; SHAFFER, M. J.; ROJAS, K. W.1999. Descomposición de surface Crop Residues in Long-Term Studies of Dryland Agroecosystems. *Agron. J.*91:401-409.

QUEMADA, M.; CABRERA, M. L.1955. Carbon and Nitrogen Mineralized from Leaves and Stems of four Cover Crops. *Soil Sci.Soc.Am.J.*59:471-477

SANCHEZ, S. R.; STUDDERT, G. A.; ECHEVERRIA, H.E.1996. Descomposición de Residuos de Cosecha en un Argiudol Típico. *Ciencia del Suelo.*14: 63-68.

SANCHEZ, S. R.; STUDDERT, G. A.; ECHEVERRIA, H.E.1998a. Dinámica de la Mineralización del Nitrógeno de Residuos de Cosecha en Descomposición en un Argiudol Típico. *Ciencia del Suelo.*16: 1-6.

SANCHEZ, S. R.; STUDDERT, G. A.; ECHEVERRIA, H.E.1998b. Descomposición de residuos de Cosecha de Maíz y Dinámica del nitrógeno en el Suelo. *Ciencia del Suelo.*16: 51-57.

SAS Institute Inc. SAS® Procedures Guide for personal Computers, Version 6.11 Edition . Cary, C:SAS Institute Inc.,1995

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 Residuos Decomposing on a Fallow No-Till Soil Surface. *Soil Sci.Soc.Am. J* 63: 607-613.

STROO, H. F.; BRITOW, K. L.; Elliot, L.F.; PAPENDICK, R. I.; CAMPBELL, G. S. 1989. Predicting Rates of Wheat Residue Decomposition. *Soil Sci.Soc.Am. J* 53:91-99.

STUDDERT, G.A. 2000. La descomposición de residuos y la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. *Nuestro campo* VIII(69):8-12.

TAMBASCIO, W. J.; G. A. STUDDERT; H. E. ECHEVERRÍA ; A. M. QUADRELLI.2000. Descomposición a campo de residuos de cosecha de maíz y soja. Actas "XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo" (en CD, 4 páginas), Mar del Plata, 11-14 de abril de 2000.

TAMBASCIO, W. J.; G. A. STUDDERT; H. E. ECHEVERRÍA ; A. M. QUADRELLI.2000. Dinámica del nitrógeno en el suelo asociada a la descomposición de residuos de maíz y soja. In: Actas "XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo" (en CD, 4 páginas), Mar del Plata, 11-14 de abril de 2000.

PARR, J. F.; Papendick 1978. Factors Affecting the Decomposition of Crop Residues by Microorganism. Crop Residue Management Systems. U.S.A., ASA, CSSA, SSSA. pp101-129.

VIGIL, M. F.; KISSEL, D. E.; SMITH, S. J.1991. Field Crop Recovery and Modeling of Nitrogen Mineralized from labeled Sorghum Residues. Soil Sci.Soc.Am. J 55:1031-1037.

Apéndice N° 1: Efecto del tipo de rastrojo

Variable dependiente Peso relativo

R ²	C.V.	Media
0.68	11.02	0.748

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	0.1844	27.10	0.0001
Manejo	2	0.1522	2.24	0.1091
Fecha	1	2.5294	371.56	0.0001
Fecha*rastrojo	4	0.0299	4.4	0.0019
Fecha*manejo	2	0.0080	1.19	0.3063

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	0.0021	0.32	0.8668
Manejo	2	0.0075	1.11	0.3302
Fecha	1	1.4942	219.50	0.0001
Fecha*rastrojo	4	0.0155	2.28	0.0612
Fecha*manejo	2	0.0080	1.19	0.3063

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int.Maíz	0.8895	0.0001	0.0345
Int.Soja	0.8711	0.0001	0.0218
Int.Trigo	0.9003	0.0001	0.0155
P.rel.Maíz (1)	-0.0005	0.0236	0.0002
P.rel.Soja(2)	-0.0015	0.0001	0.0001
P.rel.Trigo(3)	-0.0012	0.0001	0.0001
P.rel.1-2	0.0009	0.0057	0.0003
P.rel.1-3	0.0006	0.0224	0.0002
P.rel.2-3	-0.0003	0.1154	0.0001

Apéndice N°2 Efecto del tipo de rastrojo

Variable dependiente: Nitrógeno relativo

R ²	C.V.	Media
0.63	26.02	0.951

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	5.320	86.78	0.0001
Manejo	2	0.029	0.49	0.6154
Fecha	1	0.105	1.71	0.1918
Fecha*rastrojo	4	0.985	16.07	0.0001
Fecha*manejo	2	0.082	1.34	0.2639

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	0.2315	3.78	0.0053
Manejo	2	0.0283	0.46	0.6304
Fecha	1	0.0025	0.04	0.8372
Fecha*rastrojo	4	0.3312	5.40	0.0004
Fecha*manejo	2	0.0821	1.34	0.2639

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int.Maíz	1.2740	0.0001	0.1038
Int.Soja	0.8440	0.0001	0.0656
Int.Trigo	1.0541	0.0001	0.0466
N.rel.Maíz (1)	0.0028	0.0002	0.0007
N.rel.Soja(2)	-0.0013	0.0070	0.0004
N.rel.Trigo(3)	-0.00010	0.7539	0.0003
N.rel.1-2	0.0041	0.0001	0.0010
N.rel.1-3	0.0029	0.0004	0.0008
N.rel.2-3	-0.0012	0.0453	0.0006

Apéndice N°3: Efecto del tipo de rastrojo

Variable dependiente: % de nitrógeno

R ²	C.V.	Media
0.796	20.73	0.993

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	9.4891	223.72	0.0001
Manejo	2	0.0384	0.91	0.4051
Fecha	1	0.4296	10.13	0.0017
Fecha*rastrojo	4	0.1783	4.20	0.0026
Fecha*manejo	2	0.0606	1.43	0.2416

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	2.1200	49.98	0.0001
Manejo	2	0.0477	1.13	0.3261
Fecha	1	0.1971	4.65	0.0321
Fecha*rastrojo	4	0.1023	2.41	0.0498
Fecha*manejo	2	0.0606	1.43	0.2416

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int. Maíz	0.4587	0.0001	0.0863
Int. Soja	1.5632	0.0001	0.0546
Int. Trigo	0.6328	0.0001	0.0387
%N-Maíz (1)	0.0003	0.5787	0.0006
%N-Soja(2)	-0.0002	0.5226	0.0004
%N-Trigo(3)	0.0011	0.0002	0.0002
%N1-2	0.0006	0.4753	0.0008
%N1-3	-0.0007	0.2790	0.0006
%N2-3	-0.0013	0.0066	0.0004

Apéndice N°4: Efecto del tipo de rastrojo

Variable dependiente: Relación C/N

R ²	C.V.	Media
0.7566	27.77	51

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	31738.00	158.10	0.0001
Manejo	2	62.44	0.31	0.733
Fecha	1	8074.13	40.22	0.0001
Fecha*rastrojo	4	2809.23	13.99	0.0001
Fecha*manejo	2	159.26	0.79	0.4535

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	7200.7268	35.87	0.0001
Manejo	2	107.0643	0.53	0.5874
Fecha	1	7944.2260	39.57	0.0001
Fecha*rastrojo	4	1032.0660	5.14	0.0005
Fecha*manejo	2	159.2656	0.79	0.4335

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int.Maíz	118.5560	0.0001	5.9436
Int.Soja	27.7299	0.0001	3.7569
Int.Trigo	66.1985	0.0001	2.6681
C/N Maíz (1)	-0.2363	0.0001	0.0438
C/N Soja(2)	-0.0074	0.7882	0.0277
C/N Trigo(3)	-0.0941	0.0001	0.0199
C/N 1-2	-0.2288	0.0001	0.0589
C/N 1-3	-0.1421	0.0033	0.0478
C/N 2-3	0.0867	0.0122	0.0343

Apéndice N°5: Efecto del manejo anterior

Variable dependiente: Peso relativo

R ²	C.V.	Media
0.539	12.45	0.76

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	0.0197	2.16	0.1221
Fecha	1	0.7613	83.44	0.0001
Fecha*manejo	2	0.0105	1.15	0.3212

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	0.0077	0.85	0.4304
Fecha	1	0.7453	81.68	0.0001
Fecha*manejo	2	0.0105	1.15	0.3212

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int.Agr.Soja	0.8748	0.0001	0.0314
Int.Agr.Maíz	0.9312	0.0001	0.0309
Int.Agr.Rot.Soja	0.8933	0.0001	0.0309
P.rel.Agr.Soja (1)	-0.0009	0.0003	0.0002
P.rel. Agr.Maíz(2)	-0.0013	0.0001	0.0002
P.rel.Agr.Rot.Soja(3)	-0.0014	0.0001	0.0002
P.rel.1-2	0.0003	0.2650	0.0003
P.rel.1-3	0.0004	0.1479	0.0003
P.rel.2-3	0.0001	0.7277	0.0003

Apéndice N°6: Efecto del manejo anterior

Variable dependiente: Nitrógeno relativo

R ²	C.V.	Media
0.072	18.93	1.04

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	0.0271	0.70	0.5013
Fecha	1	0.0051	0.13	0.7171
Fecha*manejo	2	0.0862	2.21	0.1162

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	0.0266	0.68	0.5080
Fecha	1	0.0052	0.14	0.7138
Fecha*manejo	2	0.0862	2.21	0.1162

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int.Agr.Soja	1.0379	0.0001	0.0649
Int.Agr.Maíz	1.0103	0.0001	0.0641
Int.Agr.Rot.Soja	1.1127	0.0001	0.0640
N.rel.Agr.Soja (1)	-0.0001	0.7554	0.0005
N.rel. Agr.Maíz(2)	0.0006	0.1893	0.0004
N.rel.Agr.Rot.Soja(3)	-0.0007	0.1039	0.0004
N.rel.1-2	-0.0007	0.2593	0.0006
N.rel.1-3	0.0006	0.3703	0.0006
N.rel.2-3	0.0014	0.0390	0.0006

Apéndice N° 7: Efecto del manejo anterior

Variable dependiente: Relación C/N

R ²	C.V.	Media
0.352	19.64	55.95

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	78.8219	0.65	0.5237
Fecha	1	4530.2077	37.49	0.0001
Fecha*manejo	2	160.9857	1.33	0.2699

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	112.0467	0.93	0.4000
Fecha	1	4455.0916	36.87	0.0001
Fecha*manejo	2	160.9857	1.33	0.2699

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int.Agr.Soja	65.8887	0.0001	3.6171
Int.Agr.Maíz	69.7649	0.0001	3.5748
Int.Agr.Rot.Soja	62.9065	0.0001	3.5662
C/N.Agr.Soja (1)	-0.0765	0.0075	0.0278
C/N. Agr.Maíz(2)	-0.1293	0.0001	0.0262
C/N.Agr.Rot.Soja(3)	-0.0761	0.0049	0.0262
C/Nl.1-2	0.0528	0.1718	0.0382
C/N.1-3	-0.0004	0.9916	0.0382
C/N.2-3	-0.0532	0.1560	0.0371

Apéndice N°8: Efecto del manejo anterior

Variable dependiente: % de nitrógeno

R ²	C.V.	Media
0.3294	19.21	0.7537

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	0.0134	0.64	0.5296
Fecha	1	0.6364	30.34	0.0001
Fecha*manejo	2	0.0598	2.85	0.0638

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	0.0341	1.63	0.2028
Fecha	1	0.6200	29.56	0.0001
Fecha*manejo	2	0.0598	2.85	0.0638

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int.Agr.Soja	0.6479	0.0001	0.0476
Int.Agr.Maíz	0.5667	0.0001	0.0471
Int.Agr.Rot.Soja	0.6840	0.0001	0.0469
N.%Agr.Soja (1)	0.0007	0.0414	0.0003
N.% Agr.Maíz(2)	0.0017	0.0001	0.0003
N.%Agr.Rot.Soja(3)	0.0007	0.0282	0.0003
N.%1-2	-0.0010	0.0448	0.0005
N.%1-3	-0.00001	0.9808	0.0005
N.%2-3	0.00001	0.0411	0.0004

Apéndice N°9: Efecto del manejo anterior

Variable dependiente: Contenido de nitrógeno en gramos

R ²	C.V.	Media
0.065	19.55	0.062

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	0.00008	0.54	0.5861
Fecha	1	0.00001	0.07	0.7932
Fecha*manejo	2	0.00031	2.07	0.1329

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Manejo	2	0.000083	0.56	0.5735
Fecha	1	0.000009	0.07	0.7968
Fecha*manejo	2	0.000310	2.07	0.1329

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int.Agr.Soja	0.0626	0.0001	0.0040
Int.Agr.Maíz	0.0603	0.0001	0.0039
Int.Agr.Rot.Soja	0.0662	0.0001	0.0039
N.(g) Agr.Soja (1)	-0.000003	0.9079	0.00003
N.(g) Agr.Maíz(2)	0.00003	0.2074	0.00002
N.(g) Agr.Rot.Soja(3)	-0.000047	0.1121	0.00002
N.(g)1-2	-0.000040	0.3415	0.00004
N.(g)1-3	0.000043	0.3119	0.00004
N.(g)2-3	0.000084	0.0453	0.00004

Apéndice N°10: Efecto de las mezclas de rastrojos

Variable dependiente: Peso relativo

R ²	C.V.	Media
0.68	11.02	0.748

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	0.1844	27.10	0.0001
Manejo	2	0.1522	2.24	0.1091
Fecha	1	2.5294	371.56	0.0001
Fecha*rastrojo	4	0.0299	4.4	0.0019
Fecha*manejo	2	0.0080	1.19	0.3063

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	0.0021	0.32	0.8668
Manejo	2	0.0075	1.11	0.3302
Fecha	1	1.4942	219.50	0.0001
Fecha*rastrojo	4	0.0155	2.28	0.0612
Fecha*manejo	2	0.0080	1.19	0.3063

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int.Maíz+Trigo	0.8926	0.0001	0.0345
Int.Soja+Trigo	0.8842	0.0001	0.0218
Int.Trigo	0.9003	0.0001	0.0155
P.rel.Maíz+Trigo (1)	-0.0009	0.0002	0.0002
P.rel.Soja+Trigo(2)	-0.0015	0.0001	0.0001
P.rel.Trigo(3)	-0.0012	0.0001	0.0001
P.rel.1-2	0.0006	0.0684	0.0003
P.rel.1-3	0.0002	0.3343	0.0002
P.rel.2-3	-0.0003	0.0745	0.0001

Apéndice N°11: Efecto de las mezclas de rastrojos

Variable dependiente: Nitrógeno relativo

R ²	C.V.	Media
0.63	26.02	0.951

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	5.320	86.78	0.0001
Manejo	2	0.029	0.49	0.6154
Fecha	1	0.105	1.71	0.1918
Fecha*rastrojo	4	0.985	16.07	0.0001
Fecha*manejo	2	0.082	1.34	0.2639

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	0.2315	3.78	0.0053
Manejo	2	0.0283	0.46	0.6304
Fecha	1	0.0025	0.04	0.8372
Fecha*rastrojo	4	0.3312	5.40	0.0004
Fecha*manejo	2	0.0821	1.34	0.2639

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int. Maíz+Trigo	1.0206	0.0001	0.1038
Int. Soja+Trigo	0.8402	0.0001	0.0656
Int. Trigo	1.0541	0.0001	0.0466
N.rel. Maíz+Trigo (1)	-0.0001	0.8450	0.0007
N.rel. Soja+Trigo(2)	-0.0010	0.0309	0.0004
N.rel. Trigo(3)	-0.0001	0.7539	0.0003
N.rel. 1-2	0.0009	0.3824	0.0010
N.rel. 1-3	-0.00004	0.9612	0.0008
N.rel. 2-3	-0.0009	0.1179	0.0006

Apéndice N°12: Efecto de las mezclas de rastrojos

Variable dependiente: % de Nitrógeno

R ²	C.V.	Media
0.796	20.73	0.993

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	9.4891	223.72	0.0001
Manejo	2	0.0384	0.91	0.4051
Fecha	1	0.4296	10.13	0.0017
Fecha*rastrojo	4	0.1783	4.20	0.0026
Fecha*manejo	2	0.0606	1.43	0.2416

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	2.1200	49.98	0.0001
Manejo	2	0.0477	1.13	0.3261
Fecha	1	0.1971	4.65	0.0321
Fecha*rastrojo	4	0.1023	2.41	0.0498
Fecha*manejo	2	0.0606	1.43	0.2416

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int. Maíz+Trigo	0.4960	0.0001	0.0863
Int. Soja+Trigo	1.2106	0.0001	0.0546
Int. Trigo	0.6328	0.0001	0.0387
N% Maíz+Trigo (1)	0.0002	0.6787	0.0006
N% Soja+Trigo(2)	0.0006	0.1007	0.0004
N% Trigo(3)	0.0011	0.0002	0.0002
%N1-2	-0.0003	0.6417	0.0008
%N1-3	-0.0008	0.2257	0.0006
%N2-3	-0.0004	0.3721	0.0004

Apéndice N°13: Efecto de las mezclas de rastrojos

Variable dependiente: Relación C/N

R ²	C.V.	Media
0.7566	27.77	51

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	31738.00	158.10	0.0001
Manejo	2	62.44	0.31	0.733
Fecha	1	8074.13	40.22	0.0001
Fecha*rastrojo	4	2809.23	13.99	0.0001
Fecha*manejo	2	159.26	0.79	0.4535

Fuente	G.L.	C.M.	F	Pr.>F
Rastrojo	4	7200.7268	35.87	0.0001
Manejo	2	107.0643	0.53	0.5874
Fecha	1	7944.2260	39.57	0.0001
Fecha*rastrojo	4	1032.0660	5.14	0.0005
Fecha*manejo	2	159.2656	0.79	0.4335

Parametro	Estimación	Pr.> T	Error St.
Int. Maíz+Trigo	89.5907	0.0001	5.9946
Int. Soja+Trigo	34.9069	0.0001	3.7569
Int. Trigo	66.1985	0.0001	2.6681
C/N Maíz+Trigo (1)	-0.0717	0.1162	0.0454
C/N Soja+Trigo(2)	-0.0254	0.3583	0.0277
C/N Trigo(3)	-0.0941	0.0001	0.0199
C/N 1-2	-0.0462	0.4429	0.0601
C/N 1-3	0.0224	0.6497	0.0493
C/N 2-3	0.0686	0.0467	0.0343