

## Caracterización de rastrojos en sistemas agrícolas estabilizados

Carlos Galarza, Pedro Vallone, Vicente Gudelj, Cristian Cazorla, Tomás Baigorria.  
INTA EEA Marcos Juárez – mjsuelos@mjuarez.inta.gov.ar

### Introducción

En los ensayos de larga duración de manejo de suelos y cultivos de la Estación Experimental de INTA Marcos Juárez se evaluaron históricamente los rendimientos físicos de granos bajo distintas alternativas productivas. Esas producciones se relacionaron a parámetros de Física y Química de suelos para explicar los cambios producidos. Desde el inicio de esta década se avanzó en estudios detallados de Materia Orgánica del Suelo (MOS) como indicador de calidad del mismo. Por último, en las situaciones en que los suelos parecen haber mejorado, o al menos mantenido sus condiciones, deben caracterizarse los aportes de residuos acumulados en el tiempo, para considerar la posibilidad de reconocer esos aportes como Indicadores de Sistemas Sustentables.

Álvarez, R (2005), estudiando 298 ensayos de larga duración de todo el mundo concluyó que los incrementos en el carbono orgánico del suelo (COS) están asociados a sistemas de labranzas conservacionistas y fertilizaciones nitrogenadas reiteradas en el tiempo. Sólo situaciones en que se superaron aplicaciones acumuladas de nitrógeno N de 1 t/ha, mostraron incrementos en COS. Cada nueva tonelada de N acumulado en el tiempo determinó, en promedio, un incremento de 2 t/ha de COS con respecto a los testigos sin fertilizar.

Según Paustian et al (1997) la disponibilidad de N influye sobre los niveles de C del suelo, en una gran variedad de formas. El efecto más claro es a través del incremento de los volúmenes de residuos aportados por las plantas. Según los niveles de fertilización empleados y la extracción de nutrientes producida, se modifica la velocidad de descomposición de esos restos, encontrando algunos casos con decrecimiento del C orgánico del suelo como respuesta a adiciones bajas de N. Por el contrario adiciones anuales de 80 kg/ha de N permitieron estabilizar 13 y 27 t/ha de MO en tratamientos con agregados anuales de 5,6 t/ha de rastrojos o aserrín de madera durante 31 años.

Según los antecedentes mencionados, es la cantidad de C y de N aportados al sistema, sus interrelaciones, y

la actividad biológica de los suelos la que determina que se incremente o no el COS.

Los residuos con alta relación C:N (maíz = 60; Trigo = 70-80) ofrecen un sustrato con gran reserva de energía metabolizable para los microorganismos del suelo (bajo la forma de uniones químicas ricas en energía). Al consumir esos residuos desprenden C hacia la atmósfera (como CO<sub>2</sub>) y reciclan el N que forma parte de sus proteínas. Al desprender parte del C del residuo, se enriquece en N y la relación C:N va disminuyendo. Al llegar a valores cercanos a 20 la emisión de CO<sub>2</sub> se hace muy lenta y los procesos que continúan acomplejan esos materiales en lugar de consumirlos.

El objetivo de esta comunicación es realizar una contribución al diagnóstico de producción a partir de algunos resultados de evaluaciones de rastrojos provenientes de distintas situaciones de manejo. Se discuten las posibles relaciones entre rendimientos y residuos (calidad y cantidad), y se especula sobre sus influencias en las velocidades de descomposición y en la inmovilización biológica del N para otros cultivos.

### Materiales y métodos

Para los estudios que se discuten en esta comunicación se evaluaron los rastrojos de tres sitios posibles antecesoras de Trigo de la región.

Por un lado, un lote demostrativo con Maíz-Trigo/Soja ubicado en la localidad de Corral de Bustos sobre un suelo argiudol típico, brinda información preliminar del rastrojo de Maíz.

Por el otro un ensayo experimental en Marcos Juárez, con la rotación agrícola Maíz-Trigo/Soja-Soja en el cual se evaluaron los residuos de cosecha después de Maíz y de Soja de primera.

El lote demostrativo, iniciado en 1999/2000 (Convenio INTA-AAPRESID-IPNI-ASP) cuenta con una deficiencia moderada de fósforo. Tiene franjas de

más de 0,5 ha por tratamiento, sin repeticiones, con diferentes manejos de fertilización (cuadro 1). Los

resultados serán considerados a nivel exploratorio.

### Cuadro 1. Lote Demostrativo. Corral de Bustos. Dosis medias (kg/ha) de nutrientes usados en Maíz.

Tratam.	Dosis N	Dosis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (P)	Dosis S.	Otros
Testigo absoluto	0	0	0	
S (azufre)	20	0	17	
NP Uso actual del productor (UAP)	77	49 (21)	0	
N Diagnóstico (UAP)	112	0	0	
NPS Diagnóstico (UAP)	89	46 (20)	12	
Balanceda/Completa	142	76 (38)	16	Mg; Zn; B
N PS Reposición	148	71 (35)	15	

En el experimento de Marcos Juárez, iniciado en 1994, el suelo es argiudol típico bien provisto de fósforo. El diseño experimental en parcelas subdivididas, cuenta con los tres cultivos todos los años, tres repeticiones y tratamientos ubicados en subparcelas de 450m<sup>2</sup>.

En el cuadro 2 se presentan las dosis medias de fertilizantes aplicados, los efectos y tratamientos evaluados y los rendimientos medios obtenidos en las situaciones estudiadas, como referencia de los cultivos desarrollados en cada situación de manejo.

### Cuadro 2. Ensayo de EEA Marcos Juárez: Resumen de efectos y tratamientos evaluados y rendimientos obtenidos por los cultivos (n=3 repeticiones y 8 años).

Efectos Estudiados	Tratamientos	Rendimiento de Grano kg/ha			
		Maíz	Trigo	Soja 2 <sup>a</sup>	Soja 1 <sup>a</sup>
Efectos de fertilización	SD sin Fertilización (Testigo)	7658	1492	2451	3489
	SD con Fertilización Uso del productor (UAP) *1	11996	2658	2789	3700
	SD con Fertilización a reposición **2	12727	2910	2749	3615
Efectos de Labranzas	Labranzas Combinadas (media con UAP y SD continua (media con UAP y sin Fert.))	10287	2068	2520	3501
		9964	2075	2620	3594
Efectos de Cultivo de Cobertura	SD Con cultivo de Cobertura (media con UAP y sin Fert.)***4	8411	2283	2478	3283
	SD Sin Cultivo de Cobertura (media con UAP y sin Fert.)	9964	2075	2599	3594

\*1 (UAP): N: de 75 a 90 kg/ha/año; P: de 20-25 kg/ha/año; S de 18-22 kg/ha/año dependiendo en cada caso del cultivo que se trate.

\*\*2 Se aplica el doble de las dosis de UAP

\*\*\*3 Labranzas combinadas: SD en Soja 2<sup>a</sup>; Labores Mínimas con discos en Trigo; Labranza Vertical/cinzel en Soja y Maíz.

\*\*\*\*4 Cultivo de Cobertura invernal: Avena antes de Soja de 1<sup>a</sup> y de Maíz.

Se evaluó la cantidad total de residuos acumulados y su contenido de C y N. Se presume que los lotes en estudio tienen un cierto grado de estabilización por contar con más de 10 años de SD continua con similar manejo.

Para el muestreo, realizado en invierno, se usaron anillos de ¼ m<sup>2</sup> y se recolectaron 6 submuestras por tratamiento. Se sacó el rastrojo fresco de maíz o soja y todo residuo de cultivos anteriores. Se secó en estufa y por pesada se determinó el volumen total.

Una alícuota se molió a grado de polvo para poder realizar determinaciones de C y N por combustión seca en autoanalizador Leco TruSpec CN.

El lote demostrativo de Corral de Bustos había sido sembrado con trigo pocos días antes del muestreo y habían transcurrido casi 80 días desde la cosecha de maíz como para incorporar parcialmente y consumir cerca de 25% del material remanente y reducir las relaciones de C:N en 15-20 puntos. En el ensayo de Marcos Juárez, al momento de muestreo de Maíz, habían transcurrido

sólo 70 días desde la cosecha y los rastrojos no habían sido tocados.

En el ensayo de Marcos Juárez se fraccionaron los restos en dos partes por zarandeo: una mayor (rastrajo grueso) y otra menor (rastrajo fino) a 1cm. Con esta operación se logró una aceptable separación de los rastrojos frescos del último año, de los más antiguos, y contar con una aproximación de la velocidad de descomposición de los residuos.

Simultáneamente a las determinaciones de rastrojos de cultivos, se evaluó el Material Vegetal y Residuo Acumulado Aéreo en una Pastura de Referencia sembrada el mismo año de inicio del Ensayo de Marcos Juárez, junto a éste. Cuenta en la actualidad con una población exclusiva de gramíneas (*Festuca*

sp.; *Agropirum* sp. y *Lolium* sp). La alfalfa inicialmente incluida en la consociación desapareció después de 6 a 7 años.

## Resultados y discusión

### Corral de Bustos. Antecesor MAIZ

En el cuadro 3 se presentan los volúmenes de Rastrojo evaluados, los contenidos de N y C en (%) y como masa.

A continuación se realizan algunas consideraciones que discuten las diferencias observadas entre tratamientos. Se aclara que al no tener diseño experimental con repeticiones, la información es sólo orientativa.

**Cuadro 3. Rendimientos de Maíz, rastrojo total residual, concentraciones de C y N, masas, y relación entre ambas. Corral de Bustos. Antecesor MAIZ.**

Tratamiento	Granos Kg/ha	Rastrojo Total kg/ha *1	N %	C%	Relac. C/N	Masa C kg/ha	Masa N kg/ha
Testigo absoluto	6271	7000	1,01	39,4	39	2758	70,7
S (Azufre)	7574	8866	1,09	43,1	39	3821	96,6
NP uso actual del prod. (UAP)	8535	7560	1,10	40,5	37	3062	83,1
N Diagnóstico (UAP)	8606	9333	1,23	42,2	34	3938	114,7
NPS Diagnóstico (UAP)	9581	9053	1,06	39,9	38	3612	95,9
Balanceada/Completa	10553	7373	1,34	44,2	33	3258	98,8
NPS Reposición.	11119	7560	1,26	44,2	35	3341	95,2

\*1. Promedio de 6 submuestras

Se observa que a pesar de provenir de Maíz y muchos años de SD, no hay grandes volúmenes de rastrojo acumulado al momento de la evaluación.

El tratamiento N (diagnóstico) es uno de los que muestra más abundante rastrojo pero sus rendimientos no fueron tan altos. Esto puede ser fruto de una alta producción de Materia Seca (MS) estimulada por ese nutriente, pero a una baja conversión y traslocación de asimilados a grano, limitada por otras deficiencias (posiblemente P y en segundo término S). A pesar de mostrar una gran respuesta en los rendimientos respecto al testigo, mucho mayor es la respuesta en producción de MS (en relación a otros tratamientos) que se capitaliza sólo parcialmente en un rendimiento intermedio, dejando mucho rastrojo (9333kg/ha), rico en N (114kg/ha), y con baja relación C:N (34).

El tratamiento NP, con una menor dosis de N pero complementada con P, conservó menor cantidad de Materia Seca Total (MST). Seguramente una mayor eficiencia de conversión y traslocación a grano dio por resultado rendimientos similares pero mucho menos rastrojo en volumen (7560 kg/ha) y contenido de N (83kg/ha).

Los tratamientos S y Testigo presentaron cultivos muy deficientes de N y P, con baja y muy baja producción de MST respectivamente. En el testigo casi todo el N que entregó el suelo fue convertido en asimilados y traslocado al grano, dejando un rastrojo de poco volumen, pobre en N y por lo tanto de relación C:N algo más alta. El azufre mejoró levemente la producción de grano y algo más la de rastrojo, pero claramente está limitado por la falta de N y de P.

En el resto de los tratamientos, la fertilización más equilibrada N-P-S, incrementó notablemente los rendimientos, pero presentando dos respuestas diferentes en los rastrojos según la abundancia de N.

\*Por un lado “NPS a reposición” y “Fertilización Balanceada completa” (fertilizados con altas dosis) dieron muy altos rendimientos con buena producción de rastrojos. Como éstos presentan una composición equilibrada y rica en N aceleraron su degradación (N estimula mayor proliferación microbiana) y al momento de la evaluación tienen sólo 7,3 y 7,5 ton/ha de rastrojo. El valor menor de la relación C:N indica

que ya disminuye la inmovilización del N, necesario para el Trigo.

\*Por el otro, “NPS Diagnóstico (UAP)” (con dosis bajas) produjo un gran rendimiento impulsado por una conversión y traslocación a grano mucho mayor que en los dos tratamientos anteriores, pero dejando un rastrojo mucho más pobre en N (1,06% vs.1,34% y 1,26%). Aquí la relación C:N es mayor señalando que seguirá descomponiéndose por más tiempo y reteniendo el N en la biomasa microbiana durante el inicio del cultivo de trigo (Inmovilización biológica del N).

Nótese que estos tres tratamientos contienen igual masa de N/ha pero las más altas relaciones C:N determinan más tiempo de inmovilización (situación desfavorable para la nutrición del Trigo que se sembró), y más tiempo de descomposición (más tiempo y volumen de emisión de CO<sub>2</sub>).

Marcos Juárez. Antecesor MAIZ

En el cuadro 4 se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas sobre el antecesor maíz del ensayo de Marcos Juárez.

**Cuadro 4: Rastrojo total residual y en fracciones, concentraciones de C y N, masas, y relación entre ellos.**

Efectos Estudiados	Rastrojos kg/ha*1			C %		N %		Masa C kg/ha		Masa N kg/ha		Relac. C:N		Masa total kg/ha	
	Total	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	C	N
SD sin Fertilización	9644	8342	1302	42	31	0.81	1.50	3559	409	68	20	52	21	3968	88
SD con Fertilización (UAP)	8400	7232	1168	43	31	0.90	1.65	3138	361	65	19	48	19	3500	84
SD con Fertilización a reposición.	13689	12069	1619	44	31	0.90	1.80	5278	501	108	29	48	19	5779	137
Labranzas Combinadas (media con y sin Fert.)	9600	8826	773	43	30	0.76	1.56	3806	238	67	13	58	20	4044	80
SD continua (media con y sin Fert.)	9022	7787	1235	43	31	0.86	1.57	3349	384	67	19	50	20	3734	86
Con cultivo de Cobertura (media con y sin Fert.)	9756	8362	1393	43	32	0.66	1.62	3573	448	56	23	64	20	4021	79
Sin Cultivo de Cobertura (media con y sin Fert.)	9022	7787	1235	43	31	0.86	1.57	3349	384	67	19	50	20	3734	86

\*1: n= 6 submuestras por parcela. Tres repeticiones

Como puede verse, el rastrojo fino (residual de cultivos anteriores) es muy escaso y representa entre el 14 y 12% del total en los tratamientos con SD (1302 y 1619 kg/ha) y sólo el 8% en los de labranzas combinadas (773 kg/ha). El rastrojo grueso (corresponde casi totalmente al maíz nuevo) es muy abundante, tiene una alta relación C:N (de 48 a 64) que predice un largo período de descomposición e inmovilización biológica del N durante el proceso (tanto mayor cuanto más alta la relación).

En las parcelas fertilizadas se notan dos efectos contrastantes. En el tratamiento con fertilización moderada según uso actual del productor (UAP) se obtuvieron muy altos rindes (cuadro 2), posiblemente con una altísima eficiencia de conversión y traslocación de asimilados a grano. Esto determina un alto índice de

cosecha y el rastrojo menos abundante. Nótese también que la masa total de N es aún menor a la del testigo absoluto (todo el N que entró en planta se fue como grano).

Por otro lado el tratamiento con fertilización a reposición dio rendimientos similares pero dejando 5 t/ha más de rastrojo y con una masa de N sensiblemente superior. Como las relaciones C:N son similares, ambos tratamientos van a ir descomponiendo sus rastrojos a ritmos similares, hasta llegar a relaciones menores a 30:1 (nivel en el que se empiezan a estabilizar). Durante ese proceso emiten CO<sub>2</sub> y mantienen reciclando el N. Al llegar a la etapa estable las cantidades de C residual en uno y otro caso serán completamente diferentes (casi el doble en tratamiento de reposición) y serán las determinantes en el balance final del sistema.

El efecto de la remoción del suelo para la implantación de maíz en el tratamiento Labranzas Combinadas se hace notar claramente en la fracción de Rastrojo Fino (773kg/ha). Si bien el rastrojo grueso es abundante, la relación C:N es muy alta y la masa total de N una de las más bajas (menor al testigo). Esto determinaría una descomposición más prolongada, inmovilizando el N y emitiendo CO<sub>2</sub> por más tiempo. Al llegar a relaciones de C:N estables (entre 30 y 20) este tratamiento habrá perdido tanto o más C que sus pares en SD.

Por último el tratamiento con Cultivo de Cobertura muestra un rastrojo abundante (0,7 t/ha más que SD sin cultivo de cobertura) pero con mucho menor rendimiento. En este caso la inmovilización de N que ocasiona la avena anterior al maíz provoca una deficiencia temporal notable, aún en la parcela fertilizada con dosis moderada (UAP) (datos no presentados: se muestran promedios de tratamiento con y sin fertilizante). También se considera que el consumo de agua de ese cultivo de cobertura atenta contra la implantación del maíz.

La baja eficiencia de transformación de asimilados en grano, evidenciada por la gran producción de MST (rastrojo grueso) pero bajo rendimiento de estos tratamientos, hacen pensar que la deficiencia nutricional se da en las primeras épocas del desarrollo de la planta.

En este periodo se definen los destinos reproductivos, y se resiente el potencial de rendimiento por una limitación del número de granos viables. Posteriormente, la inmovilización de N por los residuos de avena se atenúa parcialmente y los nutrientes son suficientes para llenar el menor rendimiento potencial generado. Queda así definido un cultivo con bajo rendimiento y regular producción de rastrojos generados hacia finales de ciclo. La permanente deficiencia por inmovilización de N determina que el rastrojo cuente también con una baja concentración y stock de N.

#### Marcos Juárez. Antecesor SOJA

Aquí los diferentes tratamientos cuentan con una muy baja a moderada cantidad de rastrojos (cuadro 5), sólo los tratamientos fertilizados superan las 8 t/ha de residuos. Se destaca la gran participación de los residuos finos (de cultivos anteriores) en el total (representan cerca del 35% en los tratamientos fertilizados).

El tratamiento con Labranzas Combinadas presenta el más bajo nivel de rastrojos de toda la secuencia (aún antes de ser sometido a labranzas: 4480 kg/ha). Con este volumen tan bajo de cobertura el suelo podría estar expuesto a erosión por lluvias o vientos intensos.

**Cuadro 5. Rastrojo total y en fracciones, concentraciones de C y N, masas, y relación entre ellos.**

Efectos Estudiados	Rastrojos kg/ha			C %		N %		Masa de C kg/ha		Masa de N kg/ha		Relac. C:N		Masa total kg/ha	
	Total	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	Grueso	Fino	C	N
SD sin Fertilización	7782	5467	2315	45	32	1.23	1.65	2456	748	66	39	37	19	3204	105
SD con Fertilización (UAP)	8036	4922	3114	45	34	1.38	1.73	2194	1045	87	66	25	16	3239	154
SD con Fertilización a reposición.	8688	5386	3302	44	31	1.64	1.98	2377	1028	88	65	27	16	3405	153
Labranzas Combinadas (media con y sin Fert.)	4480	3295	1185	45	31	1.48	1.81	1482	368	42	22	35	17	1849	65
SD continua (media con y sin Fert.)	7909	5194	2714	45	33	1.30	1.69	2325	896	77	53	31	17	3222	129
Con cultivo de Cobertura (media con y sin Fert.)	8051	6060	1991	43	29	1.44	1.93	2610	571	121	29	27	20	3181	137
Sin Cultivo de Cobertura (media con y sin Fert.)	7909	5194	2714	45	33	1.30	1.69	2325	896	77	53	31	17	3222	129

La muy baja cantidad de N en los residuos de este tratamiento se pueden deber a una alta removilización de los asimilados hacia grano durante su llenado. Este fenómeno se da cuando el sistema de fijación

Biológica del Nitrógeno (FBN) no funciona eficientemente y en el suelo falta N en etapas posteriores a floración plena. Esa inhibición de los nódulos en raíces se da cuando se fertiliza con N ó se

hace una labranza que mineraliza algo de N. Éste ingresa en planta, genera una regular masa vegetativa pero limitando la nodulación temprana, posteriormente no alcanza para cubrir totalmente la demanda del llenado y debe traslocarse casi totalmente al grano. Como resultado se da un rendimiento similar a tratamientos con mejor nutrición pero con un rastrojo más pobre en cantidad y masa total de N. Es evidente que la baja eficiencia de la FBN resiente su balance en el sistema y siempre se presenta con menor reserva.

El tratamiento con cultivo de cobertura de avena no parece mostrar ventajas en esta etapa de la secuencia en cuanto a los niveles de C y N de reserva, respecto de su par de comparación en SD sin avena durante el invierno. Por el contrario, parece afectar levemente sus rendimientos, quizás motivada por el consumo de agua que dificulta una mejor implantación del cultivo.

Por último el tratamiento con reposición de nutrientes, produce rendimientos similares al fertilizado según los usos actuales del productor y aumentando sólo 0,6 t/ha la cantidad de rastrojo producido. Esta pequeña diferencia no parece ser un

argumento sólido para mantener este manejo en soja de 1ª.

La mediana a baja cantidad de residuos de los diferentes tratamientos y la buena reserva y disponibilidad de N del sistema en este momento hacen pensar nuevamente que parece mucho más razonable sembrar el Trigo después de la soja de 1ª que del maíz. Los residuos frescos más ricos en N, de las leguminosas, mejorarán la nutrición de las gramíneas y los residuos de éstas por inmovilización del N (alta relación C:N) promoverán más eficientes sistemas de FBN. Por otro lado la abundancia de residuos de Maíz compensará la baja producción de la soja y se mantendrá una reserva de C más constante en el tiempo.

Marcos Juárez. Pastura de referencia.

En el cuadro 6 se presentan resultados de referencia de la pastura implantada al inicio y junto al ensayo recién considerado.

En esta parcela, la cantidad de residuos y de C y N presentes, superan ampliamente a cualquiera de los manejos agrícolas analizados anteriormente.

#### **Cuadro 6. Pastura de Referencia. Materia Seca Total Aérea, concentraciones de C y N masas, y relación entre ambas.**

<b>Materia Seca Aérea Acumulada</b>	<b>N %</b>	<b>C %</b>	<b>Masa N kg/ha</b>	<b>Masa C kg/ha</b>	<b>Relac. C:N</b>
16480 kg/ha	1,15%	35%	189	5745	31

Si bien no se discriminó entre material vivo y muerto (la pastura está activa todo el año), se considera que estos valores de N y relación C:N representan un promedio de una amplia gama de valores tendientes a un equilibrio estable. Siempre hay restos frescos con alta relación C:N (posiblemente superiores a 50:1) pero simultáneamente hay residuos muy finos, en contacto directo con el suelo, con una relación C:N suficientemente baja como para asegurar fracciones de N disponibles para el crecimiento de las plantas y de la Biomasa Microbiana que metaboliza esos residuos.

#### **Consideraciones.**

? La aplicación de N como único nutriente en Maíz eleva sólo parcialmente los rendimientos, favoreciendo la producción de alto volumen de rastrojo, con buena concentración de N, si es que otros nutrientes (P y S) limitan los rendimientos. En Soja, en cambio, la abundancia inicial de N en el sistema inhibe la FBN y limita rendimientos de grano y residuos que además tienen baja reserva de N.

? Fertilizaciones con N P y S en dosis bajas (UAP) o sólo con N en suelos con mediana disponibilidad de P y S, determinan que los rendimientos de las gramíneas se eleven considerablemente, forzando una gran removilización, pero dejando un rastrojo poco abundante, empobrecido en N, con alta relación C:N, sujeto a ser consumido por los microorganismos y a eliminar una alta proporción de C. Así el aporte de Carbono estabilizado al sistema puede ser igual o menor que el de los testigos absolutos.

? Las fertilizaciones completas con dosis superiores al uso actual de productor determinaron siempre los más altos rendimientos. Los residuos son también los más abundantes y equilibrados. Inicialmente esos rastrojos se degradan rápidamente (por una mayor abundancia de biomasa microbiana) pero presentan varias ventajas desde el punto de vista de la producción y conservación del suelo.

? El mayor volumen de rastrojo de los tratamientos con alta fertilización compensa la velocidad de descomposición inicial y permite llegar rápidamente a relaciones de C:N estables (de 20 a 30) con mayor masa de C para capitalizar en MOS.

? Llegar más rápido a bajas relaciones C:N disminuye el tiempo de inmovilización biológica del N favoreciendo la nutrición de las gramíneas que siguen en la rotación.

? El mayor volumen de N acumulado en los tratamientos con alta fertilización permite una mejor nutrición de las gramíneas de la secuencia. Ese N no está expuesto a pérdidas ya que está retenido por la Biomasa Microbiana que metaboliza los residuos.

? Los abundantes residuos de Maíz deben usarse para compensar los exiguos de Soja.

? En el análisis realizado del tratamiento con Cultivo de Cobertura comparado con el de SD sin avena, no muestra ventajas muy significativas en las cantidades de C y N que mantiene como reserva. Debe resaltarse que en este estudio se promediaron los pares con y sin fertilización para despejar el efecto puro de la cobertura pero hay indicios suficientes para pensar en una interacción entre la fertilización y los efectos de ese cultivo, por lo que deberán ser considerados por separado.

? A los fines prácticos puede ser interesante considerar las Reservas de Residuos Nuevos (gruesos) y Viejos (finos), sus concentraciones de N y relaciones C:N como indicadores de disponibilidad de N, predictores de cobertura y de velocidad de descomposición de residuos.

? También se plantea la posibilidad de estudiar la inclusión de esas masas de N y las relaciones de C:N de los rastrojos en los modelos simplificados de diagnóstico de fertilización nitrogenada de maíz y trigo para mejorar su sensibilidad.

### Bibliografía Consultada

Delwiche C.C 1969. Carbon Cycle. Encyclopedia of soil science. Part I 1969.

Andriulo A. Cordone G.. Impacto de las labranzas y rotaciones sobre la MO de los suelos de la región pampeana húmeda. En Siembra Directa. p65-96. Ed hemisferio sur 1998.

Paustian, K., Collinns, H., and Paul, E., Managements Controls on Soil Carbon, in Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems, by CRC Press Inc. (1997).

Paustian, K., Parton, W. and Persson, J., Modeling Soil Organic Matter in organic-amended and nitrogen-fertilized long-term plots, Soil Sci. Soc. Am. J 56, 476, (1992)

Alvarez, R., A review of Nitrogen fertilizar and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. In Soil Use and Management (2005) 21, 38-52