

## **IMPACTO DE LA INTENSIDAD DE USO DEL SUELO Y VARIABILIDAD ESPACIAL DEL TERRENO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE SORGO A ESCALA DE CHACRA EN LOMADAS DEL ESTE**

José A. Terra<sup>1</sup> y Álvaro Roel<sup>1</sup>

### **INTRODUCCIÓN**

La agricultura uruguaya ha tenido cambios importantes luego de la crisis de 2001-2002 asociados a la consolidación de la siembra directa, a la aparición de transgénicos y a la fluctuación de los precios de los granos y la carne. Esto ha determinado que la frontera agrícola se haya expandido a regiones de menor potencial, principalmente asociado a la aplicación del paquete tecnológico asociado a la soja (siembra directa – transgénicos) y al silo de grano húmedo de sorgo en áreas ganaderas.

Existe poca información para los Argisoles del este sobre la viabilidad productiva y la sostenibilidad del recurso suelo en sistemas de rotaciones en siembra directa de largo plazo que incluyan cultivos graníferos en la rotación. Las prácticas de manejo de suelos en lomadas deben mitigar la menor capacidad de almacenamiento de agua y de exploración radicular efectiva de los cultivos en estos suelos. La disponibilidad de agua resultante de la interacción entre las propiedades de los suelos, la topografía y el clima explican gran parte de la variabilidad de rendimiento de los cultivos de secano en las chacras. Aunque es aceptado que el efecto de las prácticas de manejo de suelos sobre los cultivos debería considerar la variación del suelo y el terreno, esto ha sido raramente abordado por la investigación. A diferencia de los ensayos parcelarios, los ensayos en fajas a escala de chacra mediante el uso de cosechadoras equipadas con monitores de rendimiento y GPS permiten la evaluación del efecto de prácticas de manejo a través de

---

<sup>1/</sup> Ing. Agr. Ph.D, INIA Treinta y Tres

todo el terreno; por tanto una mejor aproximación a la adaptabilidad de esas prácticas en condiciones de producción (Mallarino et al., 2000).

El **objetivo** del trabajo es determinar el efecto relativo e interactivo a escala de chacra de algunas prácticas de manejo con la variación espacial de los suelos sobre la productividad de los cultivos de sorgo y soja en suelos de la unidad Alférez sometidos a diferentes intensidades de uso en siembra directa.

Los trabajos se centran en sorgo y soja priorizando tres aspectos básicos.

- 1) La integración de estos cultivos en sistemas de producción en siembra directa que incluyan la rotación con pasturas.
- 2) La búsqueda de prácticas de manejo en siembra directa que maximicen la disponibilidad de agua para el cultivo como principal factor limitante del rendimiento y que minimicen los efectos negativos del pastoreo animal (compactación y pastoreo de rastrojo).
- 3) El estudio de la interacción entre estas prácticas de manejo y la variabilidad espacial del terreno sobre la productividad y variación espacial de los cultivos y las propiedades dinámicas de los suelos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Los estudios fueron realizados dentro del experimento de rotaciones de la UEPP que evalúa desde 1995, cuatro Intensidades de uso del suelo con siembra directa: Pastura mejorada permanente (MP); Rotación Larga (RL) = 2 años de cultivos anuales (invierno y verano) y 4 años de pasturas; Rotación Corta (RC) = 2 años de cultivos y 2 años de pasturas; Cultivo Continuo (CC) = 2 cultivos por año; contando al mismo tiempo con todos los componentes de las distintas intensidades de uso del suelo en potreros de 6 ha.

La mitad de cada potrero de 6 ha en la fase de cultivos de la rotación se siembra con cultivos graníferos basados en una secuencia Sorgo-Soja y pasturas anuales y/o perennes dependiendo de la rotación. Dentro de cada parcela de 3 ha con cultivos de verano (5 cada año) se instala un ensayo en fajas que evalúa 4 tratamientos de manejo de suelos resultantes de la combinación de 2 niveles de rastrojo (alto o bajo) generados por pastoreo invernal, y el uso o no de subsolado (paraplow). Cada uno de los experimentos consta de 3 bloques y 2 repeticiones por bloque. Las fajas conteniendo los

tratamientos son de aproximadamente 100 m de largo y 7-10 m de ancho (dependiendo de las dimensiones del potrero) y están dispuestas a favor de la pendiente interceptando la máxima variación del terreno posible. De esta forma, cada año existen dos experimentos en fajas sobre la RC y dos experimentos sobre la RL, uno conteniendo sorgo y otro soja en cada rotación (Fig. 1.a y Fig. 1.b); al tiempo que otro experimento se encuentra sobre CC conteniendo sorgo o soja en años alternados. Para la cosecha de las fajas se utiliza una cosechadora equipada con monitor de rendimiento y GPS lo que permite conocer el efecto del tratamiento a escala de chacra y también la variación espacial de rendimientos a través del terreno.

### **Sorgo Granífero**

Los ensayos se sembraron en 3 **situaciones de chacra** (intensidades de uso del suelo):

- a) Cultivos anuales continuos (CC, Potrero 11) en siembra directa desde 1995. Sudangrá o moha – avena o raigrás (1995-2004), soja (2004-2005) – raigrás (2005).
- b) Rotación Corta (RC, Potrero 9): 2 años de doble cultivo anual forrajero y 2 años de pasturas desde 1995 en siembra directa. Antecesoros inmediatos: Pradera de trébol rojo + Raigrás (2003-2005), raigrás (2005).
- c) Rotación Larga (RL, Potrero 3) = 2 años de doble cultivo anual forrajero y 4 años de pasturas desde 1995 en siembra directa. Antecesoros inmediatos: Pradera de trébol blanco + lotus + festuca (2001-2005), raigrás (2005).

### **Tratamientos en Fajas:**

- 1) Pastoreo Invernal Restringido (retiro de animales 4-5 semanas antes de la primera aplicación de glifosato).
- 2) Pastoreo Invernal Restringido + Subsulado con Paraplow a 40 cm.
- 3) Pastoreo Invernal Intenso (retiro de animales una semana antes de la aplicación).
- 4) Pastoreo Invernal Intenso + Subsulado con Paraplow a 40 cm.

Número de Bloques: 3 (ladera alta, ladera media y ladera baja), 2 repeticiones/bloque (Fig.1).

### **Manejo común de los ensayos:**

Aplicación de Herbicida: a) 4.5 l/ha de glifosato (Rango<sup>®</sup>) + 0.2 l/ha de Hyspray + 0.3 l/ha de Dicamba 48% (Dombel<sup>®</sup>), 28/9/05. b) 3 l/ha de glifosato (Rango<sup>®</sup>) + 0.3 l/ha de Hyspray, 26/10/05. c) 2.5 l/ha de glifosato (Dupont<sup>®</sup>) + 1.5 l/ha de Atrazina 90% (Gesaprim<sup>®</sup>) + 1 l/ha de Metolacloclor (Dual Gold<sup>®</sup>) 17/11/05.

Fecha Siembra: 17/11/05. Distancia entre hileras 0.4 m. Densidad: 10 kg/ha. Híbrido: DK39. Curasemillas insecticida: Imidacloprid 60% (Gavilán<sup>®</sup>), 500 cc/100 kg semilla.

Antidoto Metolaclor: Concep III, 40cc/100 kg semilla. Siembra Directa: Semeato Personale Drill 6 líneas (sistema abresurco facón-guillotina).

Fertilización: 150 kg/ha 15-30-15 (NPK) a la siembra (45% surco, 55% voleo) + 100 kg/ha de Urea a V8, 15/12/05.

Cosecha: 5/4/06

Determinaciones:

Análisis de suelo (0-15 cm) a la siembra en 24 puntos por chacra.

Cantidad de rastrojo a la siembra e implantación en 48 puntos por chacra,

Agua en el suelo (0-90 cm) cada 15 días con sonda neutrones en 24 puntos en 1 chacra,

Altura de planta durante el ciclo en 48 puntos por chacra.

Contenido de clorofila en hojas durante floración (SPAD) y análisis de planta (N) en 48 puntos/chacra.

Número de panojas, tamaño de panojas y cosecha manual en 48 puntos dentro de la chacra.

Cosecha mecánica con cosechadora equipada con GPS y monitor de rendimiento a lo largo de todas las fajas.

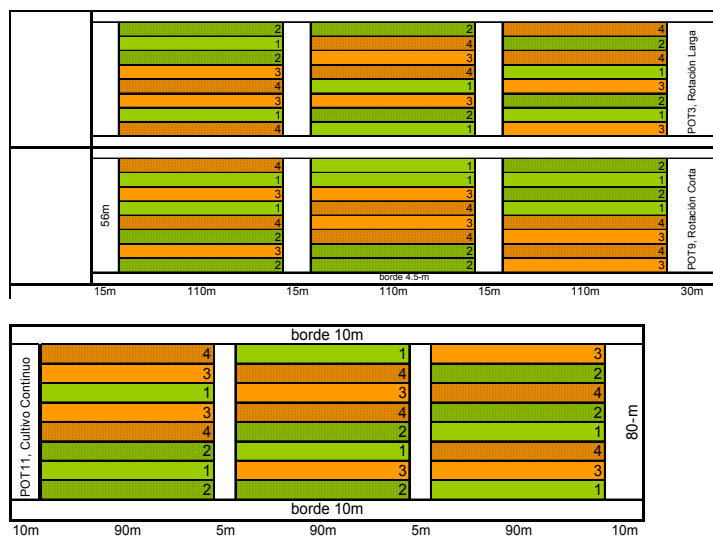


Fig. 1.a. Esquema representativo de la disposición de los tratamientos evaluados en las tres chacras de sorgo durante la zafra 2005-2006.

**SOJA**

Los ensayos se sembraron en 2 situaciones de chacra (intensidades de uso del suelo):

- a) Rotación Corta (RC, Potrero 10) = 2 años de doble cultivo anual forrajero y 2 años de pasturas desde 1995 en siembra directa. Antecesoires inmediatos: trébol rojo + raigrás (2002-2004) – raigrás (2004), sorgo grano (2004-2005) – raigrás (2005). Análisis de suelo = C orgánico = 19 g/kg; P = 9 µg/g (Bray I); K = 20 meq/100g. y pH = 5.5.
- b) Rotación Larga (RL, Potrero 4): 2 años de doble cultivo anual forrajero y 4 años de pasturas desde 1995 en siembra directa. Antecesoires inmediatos: trébol blanco + lotus + festuca (2000-2004) – Raigrás (2004) sorgo forrajero (2004-2005) – raigrás (2005).

**Tratamientos en Fajas:**

- 1) Pastoreo Invernal Restringido (retiro animales 4-6 semanas antes de la primera aplicación de glifosato).
- 2) Pastoreo Invernal Restringido + Subsulado
- 3) Pastoreo Invernal Intensivo (retiro de animales 1 semana antes de la primera aplicación de glifosato).
- 4) Pastoreo Invernal Intensivo + Subsulado

Número de Bloques: 3 (ladera alta, ladera y ladera baja), 2 repeticiones/bloque.

**Manejo común de los ensayos:**

Herbicida Presiembra: a) 4.5 l/ha de glifosato (Rango<sup>®</sup>) + 0.2 l/ha de Hyspray + 0.3 l de Dicamba 48% (Dombel<sup>®</sup>), 28/9/05. b) 3 l/ha de glifosato (Rango<sup>®</sup>) + 0.3 l/ha de Hyspray, 26/10/05.

Herbicida Preemergencia: 2 l/ha de glifosato (Dupont<sup>®</sup>) 18/11/05

Herbicida Postemergencia: 3 l/ha glifosato (Rango<sup>®</sup>) 20/12/05

Fecha de Siembra: 15/11/05, Cultivar: A6411 RG. Distancia entre hileras 0.4-m. Densidad de siembra: 85 kg/ha. Siembra Directa: Semeato Personale Drill 6 líneas (sistema abresurco facón-guillotina).

Fertilización: 150 kg/ha 9-40-13 (N-P-K) a la siembra (45% surco, 55% voleo).

Insecticidas: 1 l/ha de Clorpirifos 48% (Pyriban<sup>®</sup>) contra Epinotia, 20/12/05. 1 l/ha de Clorpirifos 48% (Pyriban<sup>®</sup>) contra Epinotia, 5/1/06. 1.5 l/ha de Endosulfan 35% (Endosulf<sup>®</sup>) contra lagarta, 27/1/06. 1.2 l/ha Endosulfan 35% (Endosulf<sup>®</sup>) contra chinche, 3/3/06.



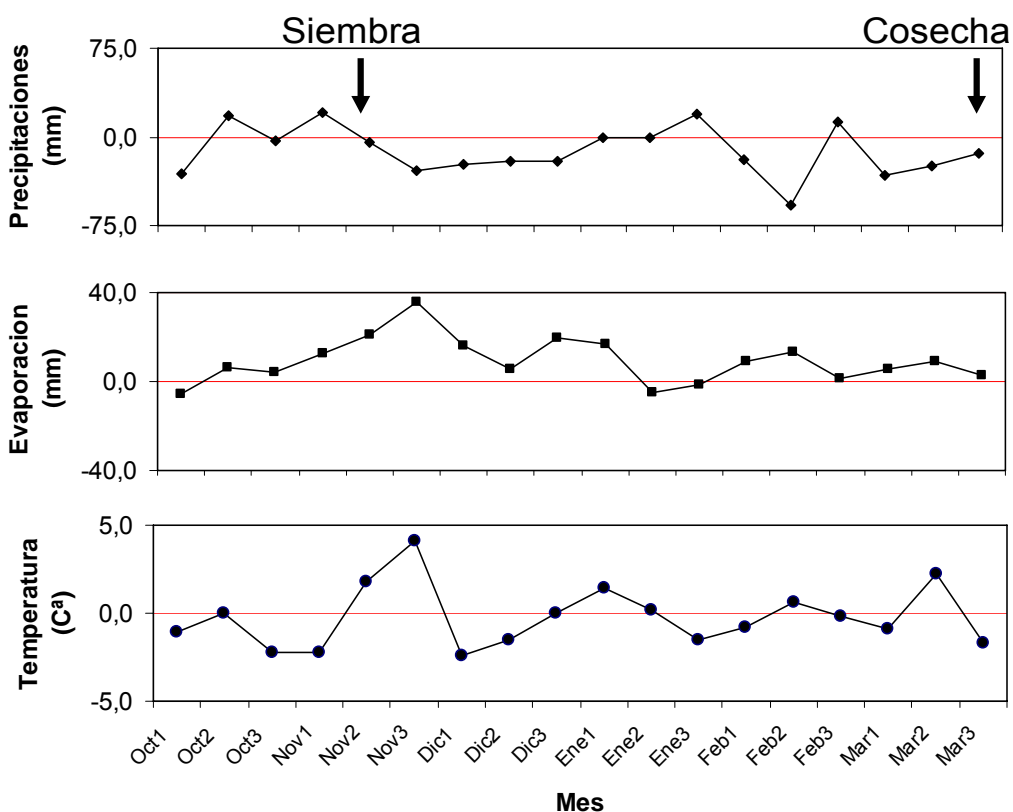


Fig. 2. Desviaciones respecto a la media histórica de las precipitaciones, temperatura media y evaporación potencial durante el periodo experimental.

Los análisis de suelos (0-10 cm.) realizados en las tres chacras durante la primavera de los últimos tres años (2003-2005) son presentados en el Cuadro 1. Los datos muestran que el contenido de nutrientes del suelo en los últimos 3 años, principalmente C, N y P fue afectado por las intensidades de uso del suelo aplicadas durante más de una década. El contenido de C orgánico y N total del suelo fue mayor en la rotación larga comparada con la rotación corta y el cultivo continuo, seguramente explicado por la mayor contribución de las pasturas de larga duración al aumento de ambos indicadores. Por otro lado, se observó un mayor contenido de P en el suelo en los sistemas de mayor intensidad de uso, posiblemente relacionado a la mayor frecuencia de cultivos anuales en la rotación utilizando fertilizantes fosfatados.

Cuadro 1. Efecto de la intensidad de uso del suelo medida como el largo de la fase de pasturas pluri anuales en la rotación (Corta: 2 años, Larga: 4 años) sobre el contenido promedio de nutrientes en el suelo (0-10-cm) durante los últimos 3 años en las chacras sembradas.

	pH	C.Org.	N	P	Ca	Mg	K	Na
Rotación	H <sub>2</sub> O	g/kg	g/kg	µg P/g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g
Rotación Larga	5.5	25.4	2.5	4.1	7.5	2.6	0.23	0.26
Rotación Corta	5.3	21.8	2.2	10.5	6.0	2.5	0.25	0.22
Cultivo Continuo	5.4	21.0	2.0	21.3	5.9	2.7	0.24	0.27

La cantidad de rastrojo durante el barbecho fue afectada tanto por el manejo del pastoreo en el verdeo previo como por la rotación. El tratamiento sin pastoreo durante las 4 semanas previas a la aplicación de herbicida dejó 900 kg/ha de materia seca de rastrojo en superficie, mientras que el tratamiento mas intenso donde se pastoreó el verdeo hasta una semana previa a la aplicación de glifosato dejó solo 490 kg/ha. Por otro lado, el potrero de cultivo continuo presentó la menor cantidad de rastrojo en superficie (385 kg/ha), mientras el potrero de la rotación corta fue el que tuvo mayor cantidad de rastrojo (1004 kg/ha) y por tanto mayor área de suelo cubierto durante el barbecho. De todas formas, las cantidades de rastrojo obtenidas en el ensayo, incluso en los mejores tratamientos, distan bastante de los niveles de rastrojo requeridos en los sistemas de siembra directa para proteger el suelo de la erosión y aumentar su capacidad de infiltración y conservación del agua durante el barbecho y las primeras etapas del cultivo.

A pesar de una leve tendencia a un mayor stand de plantas en el cultivo instalado en la chacra de la rotación larga comparado con el cultivo instalado en la chacra de la rotación corta (Fig. 3), no se observaron mayores diferencias entre los tratamientos de intensidades de uso y manejo de suelos en la instalación del cultivo. A pesar de que la población de 18 plantas/m<sup>2</sup> obtenida en el ensayo estuvo un poco por debajo de las 23 plantas/m<sup>2</sup> usualmente utilizada en los ensayos de evaluación de cultivares, la misma aun se encuentra dentro del rango recomendado en sorgo para suelos con riesgos de sequía elevados como los de Alférez. De todas formas, debido a su buena capacidad de



macollaje, el sorgo puede recuperar fácilmente pequeñas mermas en el stand de plantas como el observado en este experimento (Vanderlip, 1993).

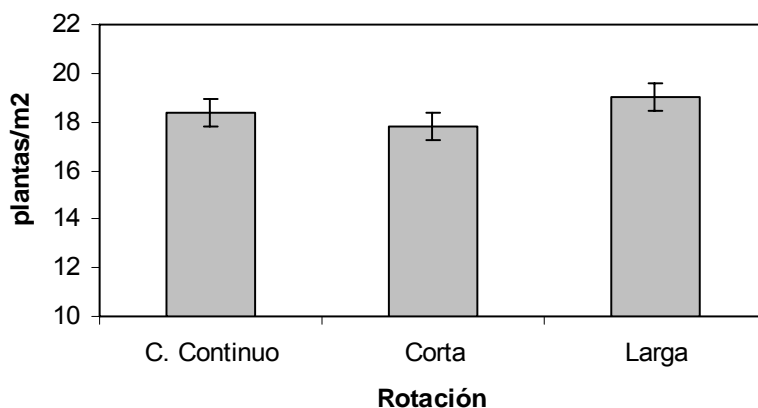


Fig. 3. Efecto de la intensidad de uso del suelo medida como el largo de la fase de pasturas plurianuales en la rotación (Corta: 2 años, Larga: 4años) sobre el stand de plantas obtenidas 30 días postemergencia en un cultivo de sorgo granífero. Las barras verticales indican la mínima diferencia significativa  $P=0.05$ .

No se encontraron diferencias entre rotaciones o manejos de suelos en el contenido de clorofila de la hoja bandera del cultivo estimadas por el SPAD a los 70 días postemergencia. Sin embargo, las lecturas del SPAD a los 75 días postemergencia mostraron que el contenido de clorofila fue algo mayor en el sorgo de la rotación larga que en el sorgo del cultivo continuo (Fig. 4). Tampoco en esta segunda medición se encontraron diferencias entre los tratamientos de manejo de suelos en el contenido de clorofila en planta. Debido a que en la mayoría de los cultivos el contenido de clorofila estimado por el SPAD usualmente está relacionado al contenido de N, esto sugiere un posible mayor contenido de N en planta en los cultivos sembrados luego de pasturas de larga duración. Este resultado es lógico de esperar considerando el aporte de N por fijación simbiótica realizado por las leguminosas en esas pasturas. De acuerdo a un estudio de Wood et al. (1992), valores de lectura del SPAD de 60 en el cultivo de maíz al inicio del periodo de llenado de grano se asocian a niveles de suficiencia de N en planta en ese cultivo.

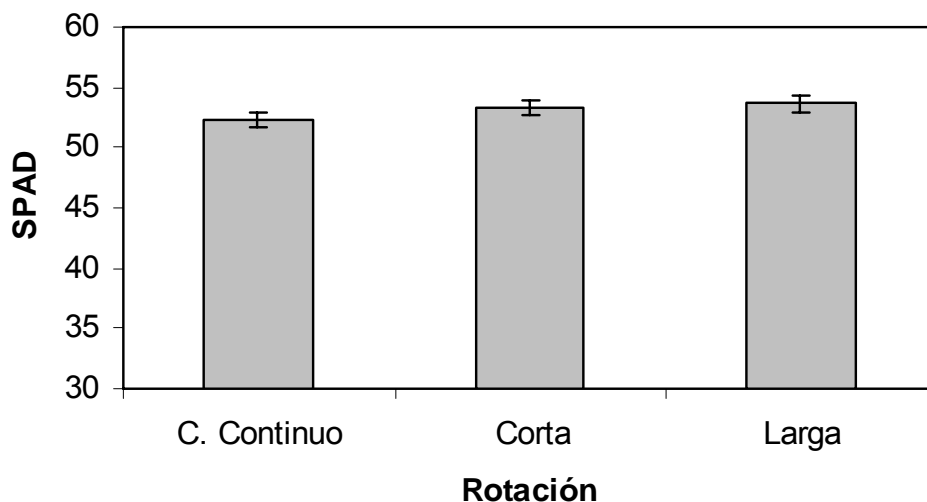


Fig. 4. Efecto de la intensidad de uso del suelo medida como el largo de la fase de pasturas pluri-anales en la rotación (Corta: 2 años, Larga: 4 años) sobre el valor obtenido con el medidor de clorofila (SPAD) en un cultivo de sorgo granífero 70 días postemergencia. Las barras verticales indican la mínima diferencia significativa,  $P=0.05$

Aunque durante el ciclo del cultivo las plantas de la rotación larga tuvieron una tendencia a ser algo más altas que las plantas de la rotación corta y del cultivo continuo, al fin del ciclo no se observaron diferencias significativas de altura del cultivo entre los distintos tratamientos de rotaciones o de manejo de suelos impuestos (media 1.54m). Similares tendencias se observaron entre las plantas del cultivo subsolado respecto a los no subsolados.

El cultivo de sorgo en la chacra de agricultura continua tuvo un 5% más de panojas por unidad de superficie que el cultivo de sorgo en la chacra de la rotación larga (Fig. 5;  $P=0.046$ ). A pesar del menor stand de plantas inicial en la chacra de la rotación corta comparada con la de la rotación larga, no se encontraron diferencias entre las mismas en el número de panojas a la cosecha, lo que implica que el cultivo compensó su menor stand de plantas a través de una mayor tasa de macollaje.

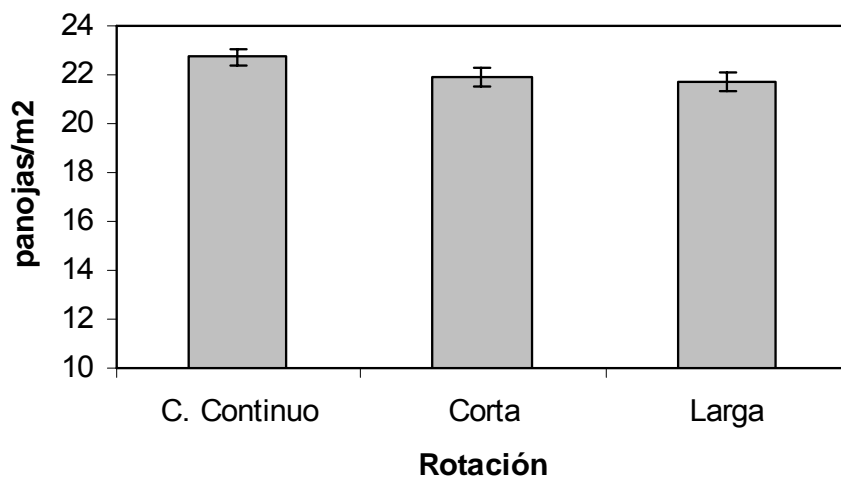


Fig. 5. Efecto de la intensidad de uso del suelo medida como el largo de la fase de pasturas plurianuales en la rotación (Corta: 2 años, Larga: 4años) sobre el numero de panojas de sorgo. Las barras verticales indican la mínima diferencia significativa  $P=0.05$ .

No se encontraron diferencias importantes en el contenido de agua del suelo (0-30 cm y 30-60 cm) entre los tratamientos de manejo de suelos en las diferentes posiciones topográficas durante el ciclo del cultivo de la chacra evaluada (rotación larga) (Fig. 6). Las mayores variaciones del contenido de agua durante el ciclo del cultivo fueron observadas en los primeros 30 cm del perfil. Al final del ciclo se encontraron algunas diferencias en el contenido de agua de los primeros 30cm del suelo entre posiciones topográficas, donde claramente el contenido de agua en las laderas altas fue menor que en la ladera media y baja. Si bien los Argisoles son considerados suelos que limitan la exploración radicular y por tanto presentan riesgo de sequía en verano, se puede observar que el cultivo también utilizó agua de la camada de 30-60cm de suelo.

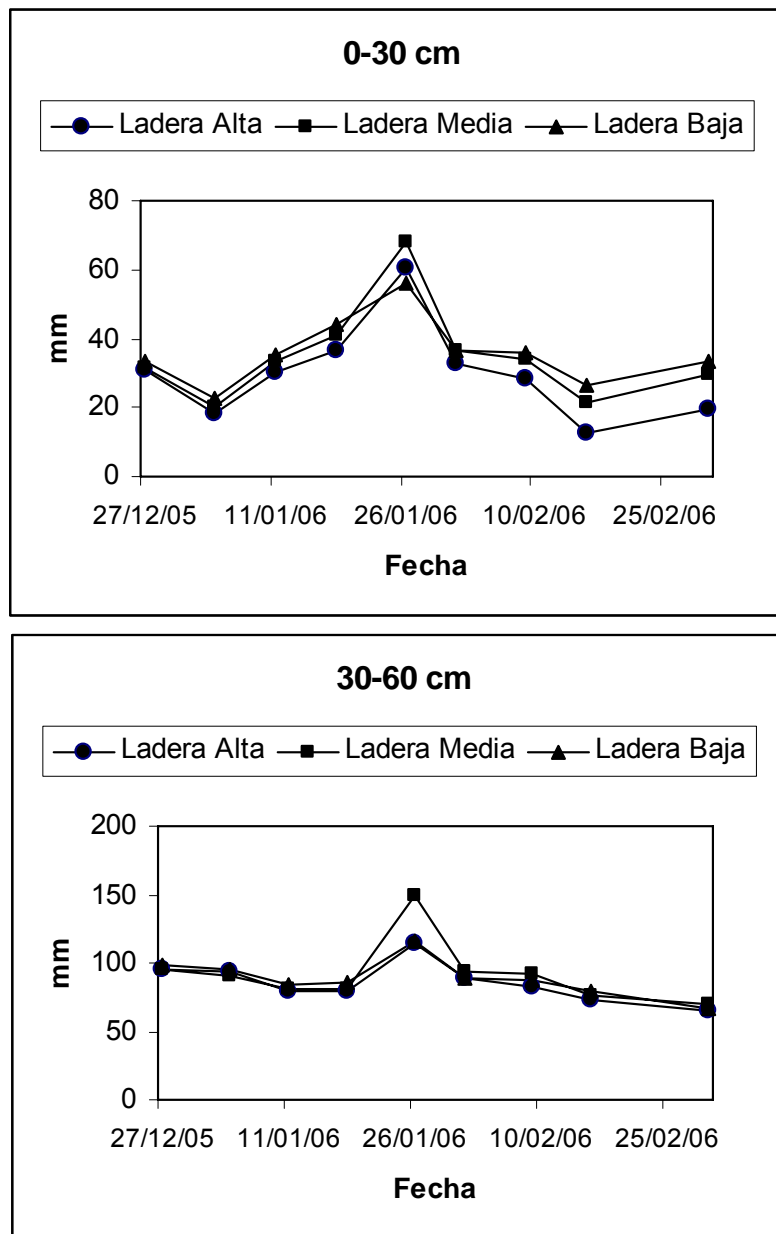


Fig. 6. Evolución del contenido de agua del suelo de 0-30 cm y de 30-60 cm durante el ciclo del cultivo de sorgo en tres posiciones topográficas de la chacra de la rotación larga promediado por tratamientos de manejo de suelos.

Se lograron altos rendimientos de grano de sorgo en todos los tratamientos y zonas de las chacras como puede apreciarse en los mapas de rendimiento obtenidos de las mismas (Fig. 7).

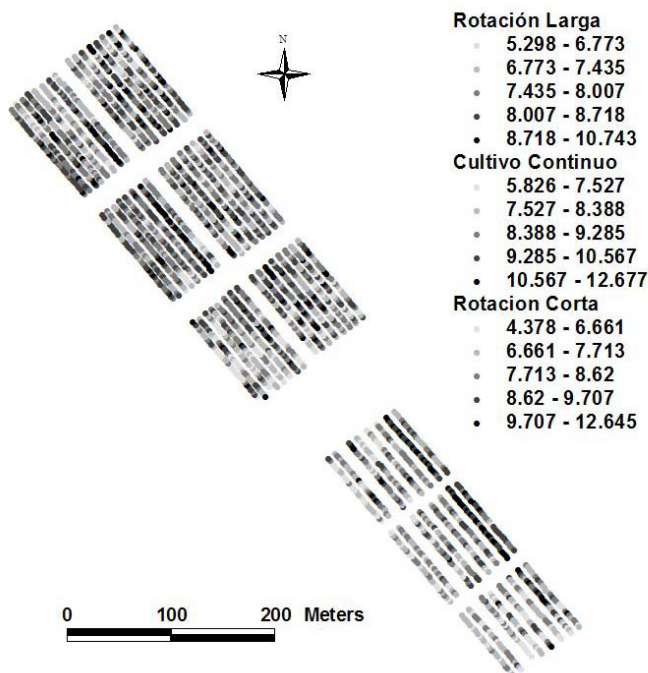


Fig. 7 Mapa de rendimiento del cultivo de sorgo generado por el monitor en las tres chacras evaluadas.

El rendimiento de grano de sorgo fue afectado por la rotación pero no por el manejo del pastoreo en el invierno previo o por el uso de subsolado (Cuadro 2). No se constataron interacciones entre rotaciones y manejos de suelo sobre el rendimiento de grano del cultivo.

Aunque inesperado, el cultivo de sorgo sobre la chacra de agricultura continua produjo un 11% y un 6% más de grano que el sorgo de la rotación larga sobre pradera de 4 años y de la rotación corta sobre pradera de 2 años, respectivamente. Al mismo tiempo, se observó que el rendimiento de sorgo en la rotación corta tuvo una fuerte tendencia ( $P=0.07$ ) a ser mayor que el rendimiento del sorgo en la rotación larga. No existe demasiada evidencia que ayude a explicar los menores rendimientos obtenidos en las chacras en rotación con pasturas respecto a la chacra de cultivos continuos. Se podría especular que el deterioro de las propiedades físicas del suelo que ocurren por el pisoteo animal durante la fase de pasturas pueda haber sido una de las causas del menor rendimiento obtenido en esta situación. Sin embargo, la mejor calidad del suelo inferida por el mayor contenido de C orgánico en las rotaciones con pasturas, el pastoreo directo y uniforme de los verdeos en todas las chacras durante el invierno previo y la ausencia de

respuesta al subsolado permiten descartar por el momento esa hipótesis. La calidad del rastrojo (relación C-N) y su relación con la dinámica de N tampoco aparece como la causa más probable que explique las diferencias de rendimientos, ya que las tres chacras correspondientes a cada una de las intensidades de uso evaluadas fueron sembradas con raigrás en el otoño previo para descartar esa posibilidad.

Una de las pocas explicaciones que se ha encontrado a los resultados obtenidos puede estar relacionada al contenido de P en el suelo en las tres situaciones de chacra (Cuadro 1). Parece claro que el contenido de P en el suelo en la chacra de la rotación larga se encontraba bastante por debajo de los niveles críticos reportados para sorgo (10-12 ppm), y es muy probable que los 45 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> agregados a la siembra no hayan sido suficientes para cubrir las demandas del cultivo en un año climáticamente favorable para la expresión de altos potenciales de rendimiento. Se estima que para producir un rendimiento de 8000 kg/ha un cultivo de sorgo necesita extraer del suelo (entre grano y rastrojo) alrededor de 90kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, es decir el doble del fósforo agregado a la siembra en nuestro experimento.

Cuadro 2. Impacto de 3 intensidades de uso del suelo (proporción pasturas y cultivos en la rotación) y de 4 manejos de suelos y rastrojos en el cultivo previo sobre el rendimiento de grano de sorgo cosechado con monitor de rendimiento en una Argisol de Alférez.

	Rotación (Pradera Antecesora)			Media
	Cultivo Continuo	Corta (2 años)	Larga (4años)	
Manejo Suelo-Pastoreo Previo	Mg/ha			
Pastoreo Aliviado	8.519 Aa	8.455 Aa	7.741 Ba	8.238 a
Pastoreo Aliviado + Subsulado	8.499 Aa	8.304 ABab	7.774 Ba	8.193 a
Pastoreo Intenso	8.699 Aa	7.690 Bb	7.703 Ba	8.031 a
Pastoreo Intenso + Subsulado	8.733 Aa	7.999 ABab	7.789 Ba	8.174 a
Media	8.613 A	8.112 B	7.752 B	
TEST Efectos Fijos	P > F	Error Std.		
Rotación	0.0002	0.193		
Manejo Suelos-Pastoreo	0.8078	0.222		
Rotación x Manejo	0.6343	0.385		

Valores seguidos por una misma letra Mayúscula dentro de la fila no difieren significativamente con un P=0.05  
Valores seguidos por una misma letra minúscula dentro de la columna no difieren significativamente con un P=0.05.

Las menores diferencias de rendimiento entre bloques fueron observadas en la rotación larga, sin embargo no se encontraron diferencias significativas de rendimiento entre bloques dentro de chacras en ninguna rotación ni tampoco interacción entre tratamientos de manejo de suelos y bloques ocupando posiciones topográficas contrastantes (Cuadro 3).

Cuadro 3. Impacto de 3 intensidades de uso del suelo (proporción de pasturas y cultivos en la rotación) y tres posiciones topográficas sobre el rendimiento de grano de sorgo en un Argisol de Alférez.

	Rotación (Pradera Antecesora)		
	Cultivo Continuo	Corta (2 años)	Larga (4 años)
Posición Topográfica	Mg/ha		
Ladera Alta	8.700	7.715	7.730
Ladera Media	8.900	8.390	7.755
Ladera Baja	8.235	8.235	7.775

Uno de los resultados más interesantes del trabajo surge al comparar los datos de rendimiento de grano de sorgo obtenidos con el monitor de rendimiento de la cosechadora contra los datos de rendimiento obtenidos con la cosecha manual de 48 sitios de 2 m<sup>2</sup> dentro de cada chacra (Cuadro 4). En primer lugar surge que el rendimiento estimado por la cosecha manual de los puntos sobreestimó en un 35% el rendimiento real obtenido con la cosechadora equipada con el monitor de rendimiento correctamente calibrado (error < 2%). Pero lo más trascendente es que las inferencias de los resultados son completamente diferentes con una metodología y con la otra. Como ya se vio, con el monitor de rendimiento se encontraron efectos significativos de la rotación en la productividad de grano del cultivo y los mayores rendimientos se encontraron en la chacra de cultivo continuo y los menores en la chacra de la rotación larga. Sin embargo, la estimación de rendimiento con la cosecha manual de algunos puntos de la chacra dice otra cosa completamente diferente; aunque no hubo efectos de la rotación en los rendimientos de grano ( $P \leq 0.05$ ), si se observó una fuerte tendencia a mayores rendimientos en la rotación corta en relación a la rotación larga ( $P = 0.14$ ) y el cultivo continuo ( $P = 0.08$ ). Los errores standard obtenidos con una y otra metodología también muestran que el error experimental en la cosecha mecánica fue menor que en la cosecha manual, por tanto se tiene mayor chance de encontrar diferencias entre tratamientos.

Cuadro 4. Impacto de 3 intensidades de uso del suelo (proporción de pasturas y cultivos en la rotación) y de 4 manejos de suelos y rastrojos en el cultivo previo sobre el rendimiento de grano de sorgo cosechado en 12 puntos georeferenciados por tratamiento en una Argisol de Alférez.

	Rotación			Media
	Cultivo Continuo	Corta (2-2 años)	Larga (2-4años)	
Manejo Suelo-Pastoreo Previo	Mg/ha			
Pastoreo Aliviado	10.714 Aa	11.441 Aa	10.809 Aa	10.988 a
Pastoreo Aliviado + Subsolado	11.028 Aa	10.815 Aa	11.282 Aa	11.042 a
Pastoreo Intenso	10.791 Aa	11.954 Aa	10.439 Aa	11.061 a
Pastoreo Intenso + Subsulado	10.573 Aa	11.226 Aa	10.877 Aa	10.892 a
Media	10.777 A	11.359 A	10.852 A	
TEST Efectos Fijos	P > F	Error Std		
Rotación	0.176	0.328		
Manejo Suelos-Pastoreo	0.970	0.378		
Rotación x Manejo	0.547	0.655		

Valores seguidos por una misma letra Mayúscula dentro de la fila no difieren significativamente con un P=0.05  
Valores seguidos por una misma letra minúscula dentro de la columna no difieren significativamente con un P=0.05.

## CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de tratarse de solo un año de evaluación el experimento permitió sacar importantes lineamientos. En primer lugar quedó de manifiesto el potencial del sorgo como cultivo promisorio para las zonas ganaderas de menor potencial agrícola en la medida que se los integre a sistemas productivos que integren la siembra directa y la rotación de pasturas y cultivos. El sorgo no respondió a los gradientes de rastrojo y compactación creada por el pastoreo invernal ni al subsolado como ha sido reportado en otros cultivos de verano, lo que confirma su rusticidad y sus menores requerimientos de agua. Sin ser un año ideal para el cultivo en términos climáticos, se produjo más de 8 toneladas/ha de grano lo que alcanzaría por ejemplo para suplementar a 25 novillos en terminación durante 100 días. Por otro lado se vio que no siempre sistemas con pasturas de larga duración son sinónimo de mejores rendimientos de cultivos comparados con sistemas de uso del suelo más intensivo.



El diseño de ensayos de campo a escala de chacra en fajas apareadas demostró ser una metodología novedosa para la evaluación de prácticas de manejo de suelos en el cultivo de sorgo. Esta nueva metodología de trabajo utilizando las herramientas de la agricultura de precisión tales como el GPS y el monitor de rendimiento permitieron la evaluación del efecto de prácticas de manejo a través de todo el terreno. Este informe permitió por lo tanto una mejor aproximación a la adaptabilidad de esas practicas a las condiciones reales de producción, que se caracterizan más por su heterogeneidad espacial y temporal que por su homogeneidad. La generalización del uso de estas herramientas en la investigación agrícola permitirá sin duda la exploración de nuevas técnicas de análisis de datos y de interpretación de los resultados además de significar un paso trascendente en la validación de tecnologías y facilitación de su adopción por los productores.

## **REFERENCIAS**

- Mallarino, A., M. Bermudez, D.J. Wittry, and P.H. Hinz. 2000. Alternative data managements and interpretations for strip trials harvested with yield monitors. In P.C. Robert et al. (ed.) Precision Agriculture [CD-ROM] Proc. Int. Conf., 5th, Bloomington, MN. 16-19 July 2000. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Vanderlip R.L., 1993. How a sorghum plant develops. Agronomy Department, Kansas Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Contribution N° 1203.
- Wood, S.W., D.W. Reeves, R.R. Duffield, and K.L. Edmisten. 1992. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. J. Plant Nutr. 15:487-500.