

COBERTURA EN EL SUDOESTE BONAERENSE EN SUELOS BAJO SIEMBRA DIRECTA

FERNANDO MANUEL LÓPEZ^{1*}; MATÍAS EZEQUIEL DUVAL¹; JUAN MANUEL MARTÍNEZ¹
& JUAN ALBERTO GALANTINI¹⁻²

Recibido: 25-11-14

Recibido con revisiones: 14-07-15

Aceptado: 02-09-15

RESUMEN

El manejo bajo siembra directa (SD) se asocia generalmente con altos niveles de residuos de cultivos sobre la superficie del suelo, lo que tiene efectos positivos sobre la fertilidad física y química, la biología del suelo y el control de la erosión. Sin embargo, la ausencia de cobertura puede tener un efecto más negativo en la calidad del suelo en el largo plazo que la labranza convencional. En el presente trabajo se determinó la presencia de residuos en superficie y la cobertura del suelo a la siembra de cultivos invernales en los años 2011, 2012 y 2013. El área de estudio comprendió el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (SOB), Argentina, donde se muestrearon más de 120 lotes bajo SD. Nuestros objetivos fueron: i) presentar una metodología sencilla para el muestreo de residuos en superficie; ii) determinar el estado actual de la cobertura del suelo por residuos en lotes bajo SD en el SOB; iii) establecer la relación entre cantidad de residuos en superficie y cobertura del suelo, para los cultivos predominantes del SOB. Más de la mitad de lotes bajo SD evaluados en la región subhúmeda-semiárida del sudoeste bonaerense presentaron una cobertura del suelo menor a la indicada por la bibliografía como adecuada para proteger el suelo contra la erosión. Aproximadamente la mitad de los lotes con cultivos invernales como antecesor tendrían una adecuada cobertura del suelo, mientras que en promedio, los cultivos estivales no logran el 30% de cobertura. En estos últimos sería de gran importancia la cobertura del suelo por vegetación espontánea. Los datos analizados demuestran la dificultad en la región para la producción de materia seca y su permanencia como cobertura del suelo, aún en manejos con agricultura continua bajo siembra directa.

Palabras clave. Rastrojo; Residuos; Agricultura conservacionista.

SOIL COVER UNDER NO TILL SYSTEMS IN SOUTHWESTERN BUENOS AIRES PROVINCE

ABSTRACT

No tillage (NT) is generally associated with high levels of crop residues on the soil surface, which has positive effects on physical and chemical fertility, soil biology and erosion control. However, the absence of soil cover under no-tillage may have a worse effect on soil quality in the long term than conventional tillage. In this study, we determined the presence of surface residues and soil cover in fields under winter crops in years 2011, 2012 and 2013. The study area included southwestern Buenos Aires province (SOB), Argentina, where over 120 fields under NT were sampled. Our objectives were to: i) establish a simple methodology for surface residues sampling; ii) determine the current status of surface residues and soil cover in cropped fields under NT in SOB; iii) establish the relationship between amount of surface residues and soil cover for the predominant crops of SOB. A large proportion of fields in the subhumid-semiarid region of SOB had lower soil cover than the required by the literature to be considered conservation agriculture, which would provide adequate protection against erosion. In the studied area, near half of the winter crops left adequate soil cover while, in average, summer crops did not leave the minimum of 30% soil cover. In these sites, the soil cover provided by spontaneous vegetation would increase this percentage. The analyzed data showed the difficulty in the region for the production of dry matter and its permanence the soil cover provided by spontaneous vegetation would be of great importance as soil cover, even in agricultural fields with continuous no-tillage.

Key words. Stubble; Residues; Conservation agriculture.

¹ CERZOS-CONICET

² CIC-Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur

* Autor de contacto: fmlopez@criba.edu.ar

INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha ocurrido un gran incremento del área bajo siembra directa (SD) en la Argentina, llegando a superar el 75% de la superficie agrícola-ganadera del país (Aapresid, 2012). Debido a esta expansión acelerada de la SD en el sudoeste bonaerense (SOB), es escaso el conocimiento de sus efectos en las condiciones edafoclimáticas de la región subhúmeda-semiárida pampeana. El manejo en SD se asocia generalmente con altos niveles de residuos de cultivos en la superficie del suelo, lo que tiene efectos positivos sobre la fertilidad física y química y la biología del suelo (Abril *et al.*, 2005; Mulumba & Lal, 2008). En zonas subhúmedas-semiáridas en particular, la SD tiene las ventajas de reducir el riesgo de erosión y mejorar propiedades físicas y químicas de los suelos debido a la presencia de residuos en superficie (Wilhem *et al.*, 1986; Lal, 2000; Quiroga *et al.*, 2005; Wilhelm *et al.*, 2007; Blanco-Canqui & Lal, 2009). Por lo contrario, suelos sin cobertura son propensos al desprendimiento de partículas, sellado de la superficie, formación de costras y compactación (Blanco-Canqui & Lal, 2009). Según Govaerts *et al.* (2006) y Baudron *et al.* (2012) en sistemas bajo SD es esencial la presencia de residuos en superficie ya que SD sin cobertura puede tener un efecto aún más negativo en la calidad del suelo a largo plazo que la labranza convencional, debido a la compactación excesiva y la reducción de la infiltración.

La cobertura del suelo es uno de los principios de la "agricultura de conservación" establecidos por la FAO (<http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>). Bajo este nombre se denomina al manejo del suelo destinado a sostener altos rendimientos de los cultivos con las mínimas consecuencias negativas sobre los recursos agua, suelo y ambiente (Hobbs *et al.*, 2008). Fuentes *et al.* (2009) establecieron que en sistemas agrícolas de conservación, independientemente del sistema de labranza utilizado, es necesaria una cubierta orgánica permanente o semi-permanente del suelo para asegurar el mantenimiento de su calidad. Según la FAO una cobertura de suelo inferior a 30% no se considera como agricultura de conservación. Lal (2003) coincide con este valor y estableció que cualquier método de labranza que deje suficientes residuos de cultivos para cubrir al menos el 30% de la superficie del suelo después de la siembra, puede ser considerado agricultura de conservación. Así mismo, según Scopel *et al.* (1998) 30% de cobertura del suelo sería el límite que permite una importante reducción de la pérdida de agua por escorrentía. Sin embargo, a pesar del papel fundamental que cumple la cobertura del suelo en el mantenimiento de la calidad edáfica en zonas sub-

húmedas-semiáridas, son escasos los trabajos que determinan la presencia de residuos en superficie, probablemente debido a la dificultad para el muestreo de la cobertura.

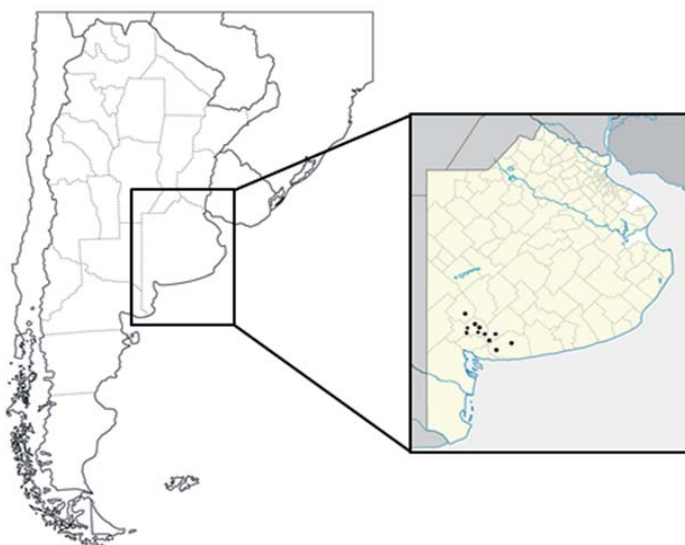
La importancia de determinar el porcentaje de cobertura del suelo radica en que la mayoría de las ventajas de los residuos en superficie (inhibición de malezas, control de la erosión y disminución de la evaporación) se deben al grado de cobertura del suelo (Naudin *et al.*, 2011). Según Mulumba & Lal (2008) existe un nivel umbral de cobertura por rastrojos por encima del cual el efecto sobre las propiedades del suelo no es significativo. Este nivel crítico de cobertura debe ser establecido en cada sitio específico, según tipo de suelo y condiciones del medio ambiente. Debido a la falta de un protocolo sencillo para realizar las mediciones de cobertura, es importante la determinación de un primer adelanto en el establecimiento de una metodología práctica para el muestreo de residuos en superficie y la determinación de la cobertura del suelo. Además, en ambientes semiáridos y subhúmedos, como el SOB, donde la variabilidad de las precipitaciones puede modificar tanto el aporte de residuos como su descomposición durante el barbecho, es importante conocer el nivel de cobertura de los suelos logrado en suelos bajo SD. En el presente trabajo se determinó la presencia de residuos en superficie en más de ciento veinte lotes de producción bajo SD en el SOB, para determinar cuál era la cantidad de residuos, la cobertura del suelo y la relación entre ambos parámetros. Nuestros objetivos fueron: i) presentar una metodología sencilla para el muestreo de residuos en superficie; ii) determinar el estado actual de la cobertura por residuos en Haplustoles y Argiustoles bajo SD en el SOB; iii) establecer la relación entre cantidad de residuos en superficie y cobertura del suelo, para los cultivos predominantes del SOB.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante los años 2011, 2012 y 2013 en Haplustoles y Argiustoles (INTA, 1989) bajo SD en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. La zona de muestreo comprendió los partidos de Coronel Dorrego, Coronel Pringles, Tornquist y Pigüé, correspondiéndose con la zona subhúmeda-semiárida del SOB (Fig. 1). Los sitios seleccionados correspondían a lotes pertenecientes a productores de la regional Bahía Blanca de la Asociación Argentina de productores en Siembra Directa (AAPRESID) destinados a la siembra de trigo (*Triticum aestivum* L.) o cebada (*Hordeum vulgare* L.). El muestreo se realizó durante los meses de Mayo, Junio y Julio,

Figura 1. Ubicación de los establecimientos donde se determinó presencia de residuos en superficie y cobertura del suelo durante los años 2011, 2012 y 2013.

Figure 1. Field locations where surface residues and soil cover were determined during years 2011, 2012 and 2013.



correspondientes con la fecha de siembra de ambos cultivos en la zona. Además, se añadieron mediciones en ensayos con diferentes cantidades de cobertura llevados a cabo durante los años 2012 y 2013. En total se muestrearon 123 lotes de productores y 18 parcelas de ensayos con diferentes coberturas.

Metodología para el muestreo de residuos en superficie y determinación de cobertura del suelo

Para el muestreo de la cobertura se utilizó un marco de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) realizado con hierro perfil L, de 1,5 cm de ala. Dicho diseño permite sostener el marco mientras se cortan y recolectan los residuos. El corte de los residuos por el borde interno del marco se realizó con un cuchillo de hoja fina. En cada sitio se procedió a tomar una muestra de residuos en superficie. Previo a juntar la cobertura se obtuvo una fotografía del marco conteniendo los rastrojos, a una altura de 1,2 m, perpendicular a la superficie del suelo. La fotografía se obtuvo con una cámara digital de 10 "megapíxeles", con "flash" para aumentar el contraste entre los residuos y el suelo. Al momento de la fotografía se colocó al costado del marco una pizarra de melamina de 0,2 x 0,3 m donde se colocaron los datos del muestreo (año, cultivo antecesor, productor y número de lote) con fibrón de tinta al agua. Luego de fotografiar la muestra se juntaron todos los residuos contenidos en el marco.

La muestra se secó en estufa a 60 °C hasta peso constante y se pesó para determinar la cantidad de residuos contenidos en el marco de muestreo. Como se observó que los suelos en los que la cobertura era menor aumentaba la cantidad de suelo adherido a los restos vegetales cosechados, se procedió a estandarizar los valores mediante el siguiente procedimiento.

Las muestras se molieron a un tamaño menor de 2 mm con un molino de cuchillas. Se realizó la determinación de

materia orgánica (MO) por un método similar al establecido por Davies (1974) para la determinación de MO en suelos. Se colocaron aproximadamente 5 g de muestra en crisoles de porcelana y se calcinaron en mufla a 430 °C durante 4 h. Por diferencia de peso se calculó el contenido de materia orgánica libre de cenizas de la muestra (Ecuación 1).

$$\text{Ecuación 1: } MO = \frac{PS - PC}{PS - P \text{ crisol}} * 100$$

Donde: MO: materia orgánica en la muestra (%).

PS: peso de la muestra seca a 105 °C y el crisol (g).

PC: peso de la muestra calcinada y el crisol (g).

P crisol: peso del crisol (g).

Con el procedimiento anterior también se determinó el contenido de minerales en muestras de los cultivos evaluados como antecesores en el estudio (trigo, cebada, soja y girasol), sin presencia de partículas de suelo, para no contabilizarlos como minerales del suelo cuando se determina cenizas a la muestra recolectada (Ecuación 2).

$$\text{Ecuación 2: } \text{Minerales} = 100 - MO$$

Donde: Minerales: contenido de minerales del tejido vegetal (%).

MO: materia orgánica del tejido vegetal (%), determinada con el procedimiento de la ecuación 1.

Conociendo el contenido de minerales de los rastrojos de los diferentes cultivos se corrigió el valor de cobertura descontando el peso correspondiente a las partículas de suelo (Ecuación 3).

Ecuación 3:

$$\text{Rastrojo (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Residuos} * \text{MO}}{100 - \text{Minerales}} * 40000$$

Donde: Residuos: Total de residuos recolectados en el marco de muestreo (kg).

MO: contenido de materia orgánica de los residuos recolectados (%), calculado con la ecuación 1.

Minerales: Contenido de minerales del tejido vegetal del rastrojo del cultivo antecesor (%), calculado con la ecuación 2.

Los resultados se expresaron como materia orgánica libre de partículas de suelo, en kg ha⁻¹, según la ecuación 3.

El procesamiento de las fotografías para determinar el porcentaje de cobertura del suelo se realizó mediante el programa CobCal v2.1 de utilización libre. Con él se determinó el porcentaje de suelo cubierto por residuos, dentro del marco, al momento del muestreo.

Análisis estadístico

Para analizar la relación entre cantidad de residuos en superficie y cobertura del suelo se realizaron regresiones lineales simples mediante el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2012).

En los gráficos de dispersión se estableció la línea límite (Sumner, 1987), debido a la importancia de la evaluación de casos extremos en datos obtenidos en ensayos o muestreos a campo. Además se determinaron niveles críticos de residuos en superficie y se separaron los niveles de cobertura en dos subgrupos, con una metodología análoga a la utilizada por Cate y Nelson (1971). Este método resultó adecuado para el establecimiento de niveles críticos debido a la falta de normalidad de los datos de cobertura del suelo. Para cada subgrupo obte-

nido se ajustó una regresión lineal simple para la evaluación de la tasa de cobertura del suelo con el aumento de los residuos en superficie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 123 lotes de productores muestreados, durante los tres años, la mayor parte (78%) poseía rastrojos de cultivos invernales (trigo o cebada) y solo una pequeña parte (22%) correspondían a rastrojos de cultivos de verano (Fig. 2). La presencia dominante de antecesor trigo o cebada muestra la predominancia de cultivos de invierno, lo que concuerda con la alta implementación de monocultivos de cereales bajo SD en la región semiárida-subhúmeda del SOB.

Se observó una gran variabilidad en la cantidad de rastrojos, encontrándose valores de 0 hasta 9614 kg ha⁻¹ al momento de la siembra del cereal de invierno, siendo la cobertura promedio de 34,9% con 2413 kg ha⁻¹ de residuos en superficie (Tabla 1). Estos valores de residuos en superficie concuerdan con Quiroga *et al.* (2005) quienes observaron entre 600 y 5400 kg ha⁻¹ de residuos en Hapludoles y Haplustoles del noreste de La Pampa y oeste de Buenos Aires. En nuestro estudio si bien el promedio de cobertura fue superior al límite establecido por la FAO para que sea considerado como agricultura de conservación cabe destacar que el 53,6% de los lotes no llegaba al 30% de cobertura del suelo (Fig. 3). A nivel zonal, Duval *et al.* (2013) ya han informado los bajos aportes de residuos por los cultivos de cosecha en la zona semiárida pampeana, debido a los bajos rendimientos de los cultivos, lo que resulta en un efecto negativo sobre la materia orgánica del suelo.

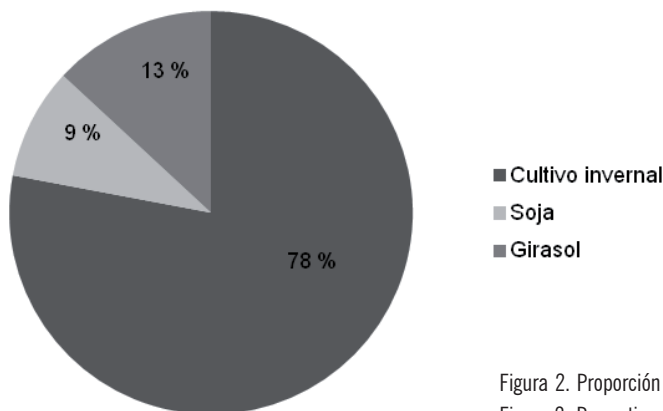


Figura 2. Proporción de cultivos antecesores al trigo o cebada (n=123).

Figure 2. Proportion of predecessor crops to wheat or barley (n = 123).

Tabla 1. Estadística descriptiva de cantidad de rastrojos en superficie y cobertura del suelo en lotes bajo siembra directa del sudoeste bonaerense (Argentina): rastrojos de cultivos invernales (CI, trigo y cebada) y cultivos estivales (CE, soja y girasol) durante los años 2011, 2012 y 2013.

Table 1. Descriptive statistics of amount of surface stubble and soil cover under no-tillage soils in southwestern Buenos Aires province (Argentina): winter crops stubble (CI, wheat and barley) and summer crops stubble (CE, soybean and sunflower) during years 2011, 2012 and 2013.

| Antecesor | | n | Media | CV (%) | Mín | Máx | Mediana |
|-----------|---------------------------------|-----|--------|--------|-------|--------|---------|
| Todos | Residuos (kg ha ⁻¹) | 123 | 2413,5 | 66,2 | 0,0 | 9614,3 | 2383,3 |
| | Cobertura (%) | | 34,9 | 74,5 | 0,0 | 95,9 | 27,5 |
| CI | Residuos (kg ha ⁻¹) | 96 | 2524,0 | 66,6 | 0,0 | 9614,3 | 2446,7 |
| | Cobertura (%) | | 35,8 | 72,3 | 0,0 | 95,9 | 29,8 |
| CE | Residuos (kg ha ⁻¹) | 27 | 2005,3 | 57,8 | 189,7 | 4521,3 | 2209,9 |
| | Cobertura (%) | | 31,5 | 82,7 | 4,3 | 90,5 | 19,6 |

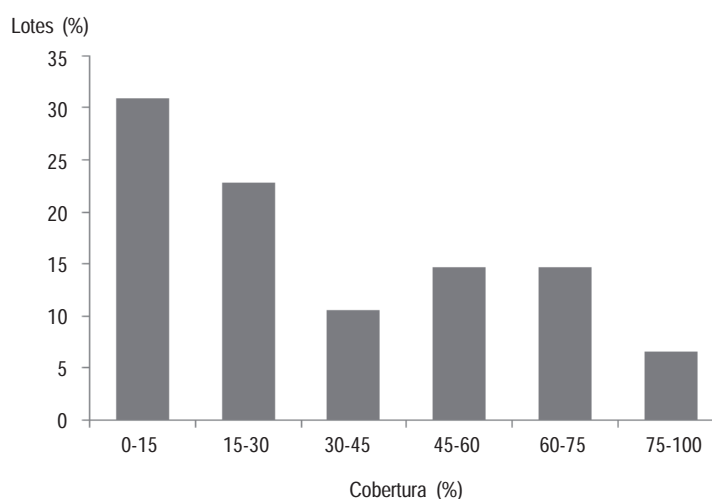


Figura 3. Distribución de lotes según rangos de porcentaje de cobertura del suelo (n=123).

Figure 3. Sites distribution according to percentage of soil cover (n=123).

Dada la variabilidad de cantidad de residuos y cobertura del suelo entre cultivos invernales y estivales, se procedió a clasificar las muestras según antecesor. Se obtuvieron dos subgrupos de muestras:

- cultivos invernales como antecesores (CI) y
- cultivos de verano como antecesores, soja (*Glycine max Merr. L.*) o girasol (*Helianthus annuus L.*) (CV).

Dentro del grupo CI los lotes poseían rastrojos de trigo o cebada mayormente, aunque dentro de este grupo, se encontraron dos lotes con cultivo de arveja como antecesor.

En la totalidad de lotes se observó una tendencia a una mayor cantidad de residuos y cobertura en superficie en lotes con cultivo invernal como antecesor, aunque se observa

una gran variabilidad de los datos. Mientras que el trigo y cebada dejaron en promedio 2577 kg ha⁻¹ de rastrojos con 36,6% de cobertura a la siembra del cultivo posterior, los cultivos estivales dejaron unos 2000 kg ha⁻¹ de residuos con una cobertura de la superficie de 31,5%.

Cabe destacar los valores de 0% de cobertura del suelo correspondientes al cultivo de arveja como antecesor. Si bien dicho cultivo es de baja frecuencia en la zona, posee un bajo aporte de residuos y de alta calidad por lo que su rápida descomposición deja el suelo descubierto durante gran parte del barbecho de verano, hasta la siembra del cultivo invernal siguiente.

En cuanto a los antecesores CV, el 63% de los lotes poseía menos de 30% de cobertura de la superficie de suelo

al momento de la siembra del cultivo invernal, demostrando un bajo aporte de rastrojos y de rápida descomposición, no permitiendo cumplir en la mayoría de los casos con el límite crítico de cobertura establecido por la bibliografía. En México, Scopel *et al.* (2004) observaron incrementos del rendimiento de maíz con valores de residuos en superficie de 1000 kg ha⁻¹, bajo clima semiárido tropical. En el presente estudio el 89% de los lotes muestreados superó esa cantidad de cobertura.

Cuando se establece la relación entre cantidad de residuos en superficie y la cobertura del suelo en la totalidad de los lotes se obtiene una relación muy baja ($R^2 = 0,40$). Esa baja explicación de la variación de la cobertura por la presencia de residuos en superficie se debe a la variabilidad de materiales analizados, los que tienen relaciones cantidad:cobertura muy variables y a la variación en su disposición. Debido a la heterogeneidad de rastrojos evaluados se procedió a establecer la relación entre cantidad de residuos en superficie y cobertura del suelo según el tipo de antecesor: cultivo de invierno como antecesor (CI, $n = 96$) y cultivo de verano como antecesor (CV, $n = 27$).

En la Figura 4 se observan los datos de cantidad de residuos y cobertura del suelo para los rastrojos de cultivos invernales, utilizando lotes de productores y parcelas de ensayos con diferentes cantidades de cobertura. La línea de tendencia de segundo grado ajustada ($p < 0,01$) explica el 72% de la variabilidad de la cobertura a partir de la cantidad de residuos en superficie para valores de residuos entre 0 y 10000 kg ha⁻¹. Según la ecuación encontrada para lograr

un 30% de cobertura con cultivos invernales se necesitarían unos 2000 kg ha⁻¹ de rastrojos de trigo o cebada en superficie. No obstante, cabe destacar la gran dispersión de los datos, probablemente debido a la disposición de los residuos en superficie, ya que ejerce una gran influencia en el porcentaje de suelo cubierto.

Los resultados obtenidos al relacionar los residuos con el porcentaje de cobertura del suelo coinciden con Scopel *et al.* (1998) quienes también observaron un 100% de cobertura del suelo con cerca de 10000 kg ha⁻¹ de residuos de maíz. Sin embargo, la línea límite propuesta por Sumner (1987) para la evaluación de datos extremos permite observar dos lotes donde con cantidades inferiores de rastrojos se logró una gran cobertura del suelo (Fig. 5). Dichos valores corresponden a lotes donde con 3615 y 6900 kg ha⁻¹ se logró 95 y 100% de cobertura, respectivamente. Ambos casos coincidían con rastrojos de trigo que se encontraban en su mayoría con una disposición horizontal por lo que se logró gran porcentaje de cobertura con cantidades de residuos muy inferiores a las establecidas por la curva de ajuste.

El límite crítico determinado por una metodología similar a la establecida por Cate y Nelson (1971) resultó ser de 5668 kg ha⁻¹ de residuos en superficie y una cobertura del 78% del suelo. Este nivel de residuos en superficie nos permitió separar dos subgrupos dentro de CI como antecesor, uno de baja cantidad y otro de alta cantidad. Dentro del subgrupo de baja cantidad de residuos en superficie se logra una relación lineal ($p < 0,01$) entre cantidad de residuos y cobertura, donde la cantidad de rastrojos explica el

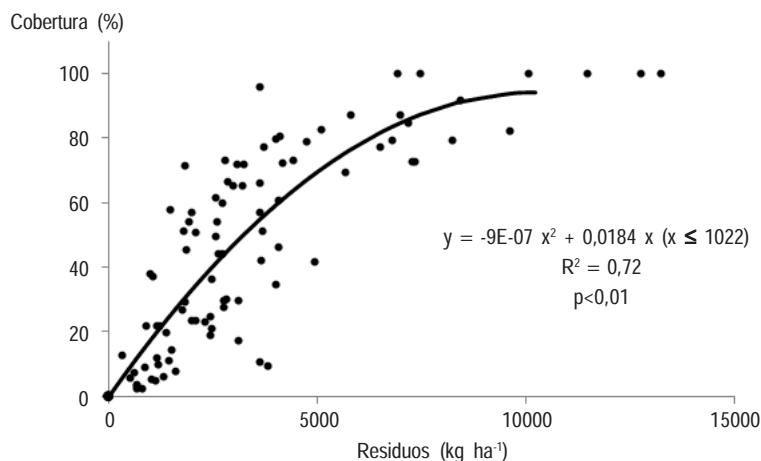


Figura 4. Relación entre residuos en superficie y cobertura del suelo en sitios con antecesor cultivo de invierno ($n = 96$).

Figure 4. Relationship between surface residues and soil cover in sites with winter crop as predecessor ($n = 96$).

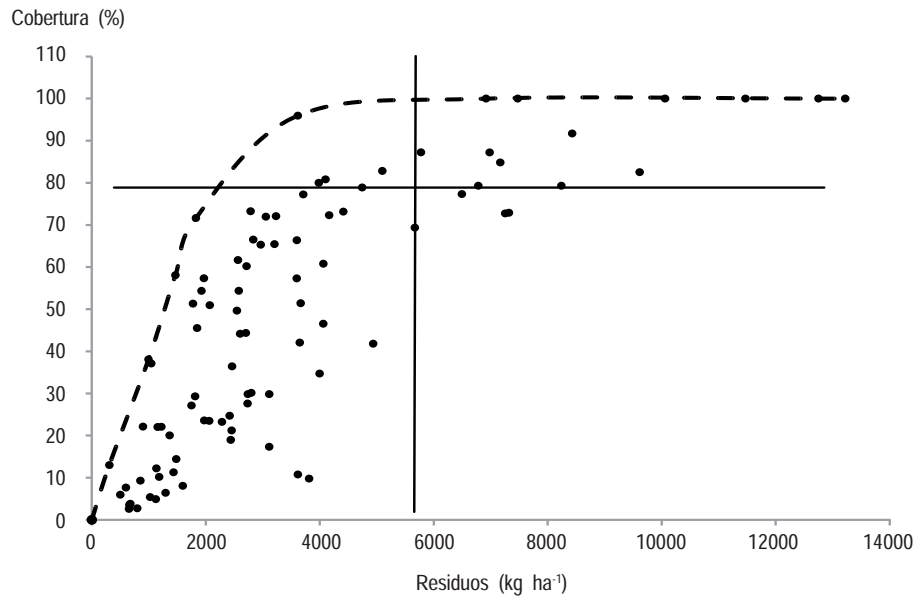


Figura 5. Relación entre residuos en superficie y cobertura del suelo en lotes con cultivo invernal como antecesor: línea límite (línea punteada) y límites críticos (líneas continuas).

Figure 5. Relationship between surface residues and soil cover in sites with winter crop as predecessor: boundary line (dashed line) and critical limits (solid lines).

54% de la variabilidad de la cobertura del suelo. En este subgrupo, por cada 100 kg ha⁻¹ de aumento de los residuos en superficie la cobertura del suelo se incrementa 1,6%. Para coberturas por encima del nivel crítico también se observa una relación lineal entre residuos en superficie y cobertura ($p < 0,01$), explicando la cantidad de rastrojos solo el 39% de la variabilidad de la cobertura. Dentro de este grupo, por cada 100 kg de residuos la cobertura del suelo se incrementa un 0,3% en promedio.

La relación entre presencia de residuos y cobertura de la superficie del suelo para cultivos estivales resulta significativa pero con muy baja explicación ($R^2 = 0,27$), debido a la alta variabilidad de la relación peso:cobertura que poseen tanto los rastrojos de girasol como de soja y a la presencia de malezas en ambos cultivos antecesores (Fig. 6). En este caso se observaron situaciones donde con baja presencia de residuos en superficie (entre 900 y 2500 kg ha⁻¹) se logra una alta cobertura del suelo (entre 50 y 90%). Ana-

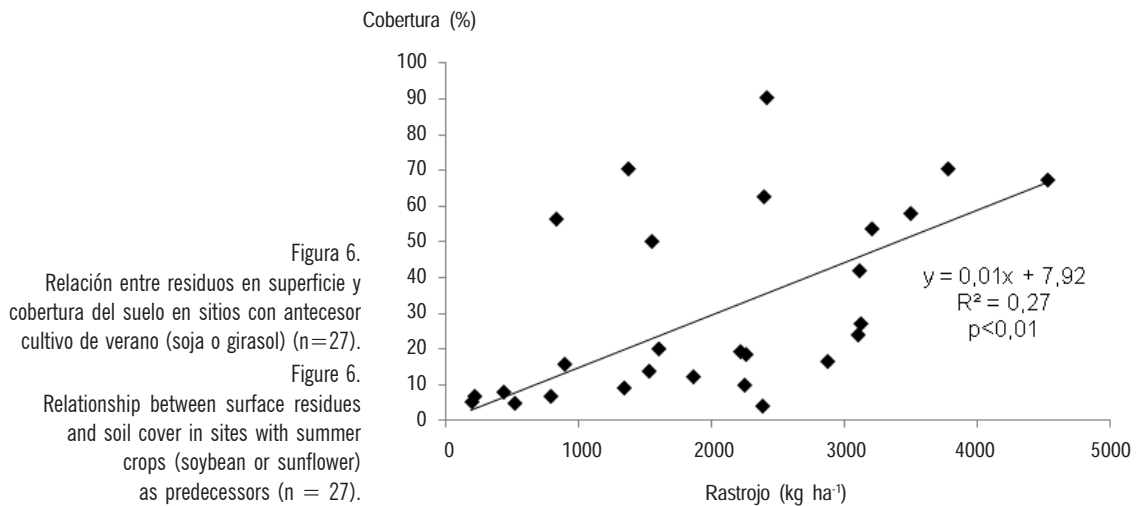


Figura 6. Relación entre residuos en superficie y cobertura del suelo en sitios con antecesor cultivo de verano (soja o girasol) (n=27).

Figure 6. Relationship between surface residues and soil cover in sites with summer crops (soybean or sunflower) as predecessors (n = 27).

lizando las imágenes con las que se determinó cobertura del suelo, se observó que estos datos coinciden con situaciones donde el cultivo de girasol se encontraba con gran presencia de malezas. En estos casos de baja cantidad de residuos la cobertura del suelo se debía a la cobertura por malezas ya secas en el momento del muestreo y no a la cobertura por el cultivo antecesor. Estos datos demuestran la importancia en la zona de la cobertura del suelo por malezas en lotes con cultivo de girasol, donde la presencia de residuos en superficie luego de la cosecha es muy baja.

Si no se consideran esos datos influenciados por la presencia de malezas la regresión obtenida es:

$$\text{Cobertura (\%)} = 0,012 \text{ Residuos (kg ha}^{-1}\text{)} R^2 = 0,66 \text{ (} p < 0,01 \text{)}$$

Según esta nueva ecuación por cada 100 kg de cobertura en superficie con residuos de soja o girasol la cobertura del suelo aumenta un 1,2%. A diferencia de los residuos de trigo o cebada, en el caso de rastrojos de cultivos de verano se necesitarían 2500 kg ha⁻¹ de residuos en superficie para lograr el 30% de cobertura. La dificultad para lograr dicho porcentaje de cobertura con cultivos estivales se debería a menores aportes de rastrojos de los cultivos de girasol y soja en la zona subhúmeda-semiárida pampeana, debido a los bajos rendimientos y baja producción de materia seca en la zona, y/o a una mayor velocidad de descomposición de estos residuos. Es destacable el aporte a la cobertura del suelo por la vegetación espontánea, que actúa como protectora del suelo frente a la baja cobertura por residuos de cultivos estivales.

CONCLUSIONES

Más de la mitad de lotes bajo siembra directa evaluados en la región subhúmeda-semiárida del sudoeste bonaerense presenta una cobertura del suelo menor a la establecida por la bibliografía como necesaria para considerarla agricultura de conservación, la que le proporcionaría una adecuada protección contra la erosión. Aproximadamente la mitad de los lotes con cultivos invernales como antecesor tendrían una adecuada cobertura del suelo, mientras que en promedio, los cultivos estivales no logran el 30% de cobertura. En estos últimos sería de gran importancia la cobertura del suelo por vegetación espontánea.

Los datos analizados demuestran la dificultad en la región para la producción de materia seca y su permanencia como cobertura del suelo, aún en manejos con agricultura continua bajo siembra directa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a los productores de la Regional Bahía Blanca de AAPRESID, a PROFERTIL SA y a la profesora Mercedes Ron por su valioso aporte para el análisis de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- AAPRESID. 2012. <http://www.aapresid.org.ar/>
- Abril, A; P Salas; E Lovera; S Kopp & N Casado-Murillo. 2005. Efecto acumulativo de la siembra directa sobre algunas características del suelo en la región semiárida central de la Argentina. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 23(2): 179-188.
- Baudron, F; P Tittonell; M Corbeels; P Letourmy & KE Giller. 2012. Comparative performance of conservation agriculture and current small holder farming practices in semi-arid Zimbabwe. *Field Crops Res.* 132: 117-128.
- Blanco-Canqui, H & R Lal. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Crit. Rev. Plant Sci.* 28: 139-163.
- Cate, RB Jr & LA Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35: 658-659.
- Davies, BE. 1974. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38: 138-151.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Duval, ME; J Galantini; J Iglesias & H Krüger. 2013. El cultivo de trigo en la región semiárida bonaerense: impacto sobre algunas propiedades químicas del suelo. *RIA* vol. 39 N°2, 178-184.
- FAO. <http://www.fao.org/ag/ca/es/6c.html>. 6 de octubre de 2014.
- Fuentes, M; B Govaerts; F De León; C Hidalgo; L Dendooven; KD Sayre & J Etchevers. 2009. Fourteen years of applying zero and conventional tillage, crop rotation and residue management systems and its effect on physical and chemical soil quality. *Eur. J. Agron.* 30: 228-237.
- Govaerts, B; KD Sayre & J Deckers. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil Till. Res.* 87: 163-174.
- INTA, 1989. Mapa de Suelos de la provincia de Buenos Aires, Escala 1:500.000. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires. 533 pp.
- Kumar K & Goh KM. 2000. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield and nitrogen recovery. *Advances in Agronomy* 68: 197-319.
- Lal, R. 2000. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. *Soil Sci.* 165: 191-207.
- Lal, R. 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22(2): 151-184.
- Mulumba, LN & Lal, R. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil & Tillage Research* 98: 106-111.

- Naudin K; E Scopel; ALH Andriamandroso; M Rakotosolofo; NRS Andriamarosa Ratsimbazafy; JN Rakotozandry; P Salgado & KE Giller. 2012. Trade-offs between biomass use and soil cover. The case of rice-based cropping systems in the lake Alaotra region of Madagascar. *Experimental Agriculture* 48, 194-209.
- Quiroga, AR; DO Funaro; R Fernandez & EJ Noellemeyer. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 23(1): 79-86.
- Scopel, E; B Muller; JM Arreola-Tostado; E Chavez Guerra & F Maraux. 1998. Quantifying and modeling the effects of a light crop residue mulch on the water balance: an application to rainfed maize in Western Mexico. *In: World Congress of Soil Science*, July 1998, Montpellier.
- Tisdale, SL; WL Nelson & JD Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. Macmillan Publishing Company, New York.
- Wilhelm, WW; JMF Johnson; DL Karlen & DT Lightle. 2007. Corn stover to sustain soil organic carbon further constrains biomass supply. *Agron. J.* 99: 1665-1667.

