

UNRN – SEDE ATLÁNTICA  
INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO FINAL DE CARRERA

TESINA DE GRADO:

“Efectos de diferentes manejos de rastrojo de maíz  
(*Zea mays*) sobre el rendimiento del cultivo y la  
diversidad de lombrices edáficas”

Alumno: Rodrigo Cayuqueo

Director: Lucio Gabriel Reinoso

Co-directora: Julia Lucía Bazzani

## Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales cultivos anuales en el valle inferior del río Negro. Las condiciones climáticas de la región son adecuadas para la obtención de rendimientos óptimos, sin embargo esto acarrea una problemática para los productores, debido a una elevada concentración de rastrojos que no se degradan con facilidad por las bajas tasas de descomposición que se presentan en la región bajo estudio. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los manejos de residuos de cosecha planteados sobre el cultivo (rendimiento y absorción de nitrógeno) y sobre las lombrices de suelo (riqueza y abundancia). Se analizaron tres tratamientos: siembra directa (SD), rastrojo enterrado (RE) y rastrojo quemado (RQ), mediante los que se evaluó un híbrido de maíz y el ensamble de lombrices de suelo. Sobre el híbrido de maíz se analizó la biomasa aérea producida (en V3, R1 y R6), la radiación fotosintéticamente activa interceptada (en R1), el nitrógeno absorbido a cosecha, y el rendimiento final en grano para cada tratamiento. Las lombrices fueron muestreadas en tres fechas (Febrero, Junio y Octubre) y a dos profundidades (0-10cm y 10-20cm), de las cuales se obtuvieron la abundancia total, el porcentaje de adultos y juveniles, y los índices de diversidad (riqueza, diversidad y equidad). Los tratamientos de SD y RE tuvieron rendimientos en grano similares, al igual que en la absorción de nitrógeno total en la materia seca total aérea. Con respecto a las lombrices de suelo, se observaron valores de riqueza dentro de los rangos esperados para suelos en producción y no se cumplieron los aumentos en abundancia que se habían hipotetizados bajo SD, ya que se observó una tendencia de menor abundancia en SD en distintas fechas analizadas de muestreo. Se identificaron dos especies de lombrices (*Aporrectodea caliginosa* y *A. rosea*) y dos morfotipos.

Palabras claves: Maíz – Rastrojo – Lombrices de suelo.

**Contenido.**

Introducción.....	1
Hipótesis.....	4
Objetivos.....	4
Metodología de trabajo .....	5
Localización .....	5
Caracterización climática.....	5
Caracterización de los suelos.....	6
Diseño experimental.....	6
Preparación de los Tratamientos.....	7
Manejo del cultivo.....	8
Variables evaluadas del cultivo .....	9
Biomasa aérea acumulada: .....	9
Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi): .....	9
Nitrógeno en planta y en grano:.....	10
Rendimiento del cultivo:.....	10
Variables evaluadas de la comunidad de lombrices .....	12
Abundancia total de individuos: .....	13
Proporción de adultos y juveniles:.....	13
Índices de diversidad: .....	13
Análisis estadístico.....	13
Resultados y discusión. ....	15
Biomasa aérea acumulada.....	15
Radiación fotosintéticamente activa interceptada.....	16
Proteína en grano y en planta y Nitrógeno extraído.....	17
Rendimiento del cultivo. ....	19
Abundancia de lombrices .....	21
Proporción de Adultos/Juveniles. ....	23
Lombrices identificadas.....	25
Caracterización del ensamble de lombrices. ....	27
Conclusiones. ....	29
Bibliografía.....	30
Anexos.....	37

## Índice de Gráficos.

Gráfico 1	Superficie de hectáreas cultivadas del IDEVI.	1
Gráfico 2	Producción de MST por tratamiento.	15
Gráfico 3	Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada (%) para cada tratamiento.	17
Gráfico 4	Concentración de proteína (%) y nitrógeno absorbido ( $\text{Kg ha}^{-1}$ ) por tratamiento.	18
Gráfico 5	Rendimiento en grano del cultivo.	19
Gráfico 6	Variación de la abundancia de lombrices a una profundidad de 0 a 10 cm, entre tratamientos.	21
Gráfico 7	Variación de la abundancia de lombrices a una profundidad de 10 a 20 cm, entre tratamientos.	22
Gráfico 8	Proporciones de abundancia adultos y juveniles.	24
Gráfico 9	Abundancia de los diferentes adultos encontrados.	26

## Índice de Figuras.

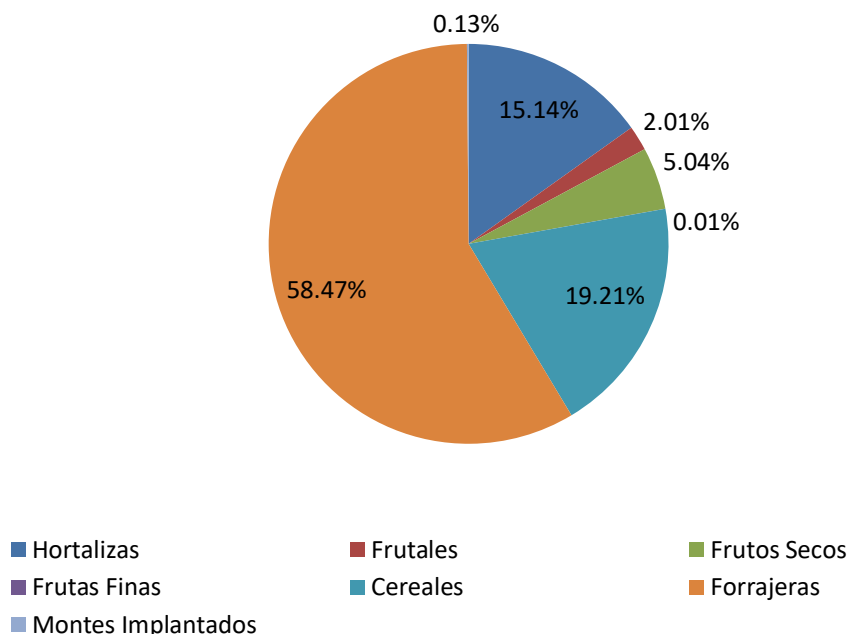
Figura 1	Ubicación geográfica del lugar en donde se llevaron a cabo los ensayos.	5
Figura 2	Diseño experimental del estudio.	7
Figura 3	Preparación de los Tratamientos.	8
Figura 4	Estados fenológicos del cultivo de maíz, al momento de obtener las muestras de Materia Seca Total	9
Figura 5	Medición de la Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada.	9
Figura 6	Etapas para la obtención de proteína en planta entera y en grano.	10
Figura 7	Etapas del muestreo de rendimiento del cultivo.	11
Figura 8	Muestreo e identificación de lombrices.	12
Figura 9	Lombrices identificadas.	25

## Índice de Tablas.

Tabla 1	Volumen de rastrojo inicial de cada tratamiento.	8
Tabla 2	Calendario de actividades realizadas sobre el cultivo.	8
Tabla 3	Fórmulas utilizadas para el cálculo de los índices ecológicos.	13
Tabla 4	Caracterización de las variables estudiadas, detalle del diseño experimental considerado en cada una.	14
Tabla 5	Componentes de rendimiento del cultivo de maíz.	20
Tabla 6	Índices de biodiversidad para las profundidades de 0 a 10 cm, calculados en base a las abundancias de adultos.	27
Tabla 7	Índices de biodiversidad para las profundidades de 10 a 20 cm, calculados en base a las abundancias de adultos.	28

## Introducción.

El valle inferior del río Negro abarca más de 80.000 hectáreas desde la localidad de Guardia Mitre, hasta la desembocadura en el Océano Atlántico (Berasategui, 2002). Comprende una estepa gramínea, con 24.000 hectáreas niveladas y bajo riego para el desarrollo de actividades agrícolas (Papadakis, 1960; Masota, 1975). Hay una gran variedad de cultivos en el valle inferior, también denominado IDEVI (Instituto de Desarrollo del Valle Inferior) (Gráfico 1).



*Gráfico 1.* Superficie de hectáreas cultivadas del IDEVI. Se muestran los porcentajes de las hectáreas cultivadas para diferentes producciones, sobre un total de 16.160 hectáreas en producción. Confeccionado en base a Declaraciones Juradas IDEVI 2016-2017.

El maíz (*Zea mays*) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, pertenece a la familia *Poáceas* (Gramíneas), tribu *Maydeas*, y es la única especie cultivada del género *Zea*. En Argentina es el cereal que más superficie representa, tomando como referencia las últimas diez campañas (2006/2007 – 2016/2017). El área sembrada del mismo alcanzó alrededor de 7.300.000 has en la campaña 2016/2017 (Bolsa de Comercio de Rosario, 2016). En el IDEVI se sembraron 1.481 has de maíz, en la temporada 2016/2017, según las Declaraciones Juradas del mismo período.

La región del IDEVI cuenta con características climáticas de alta radiación y amplitud térmica considerable, que en conjunto definen condiciones ambientales apropiadas para la producción del cultivo de maíz bajo riego (Arriaga *et al.*, 1984). El potencial de rendimiento, del mencionado cultivo, fue evaluado en una serie de ensayos comparativos realizados por el INTA Valle Inferior, con altas densidades de siembra sin limitaciones

hídricas ni nutricionales. Los resultados destacan rendimientos en el orden de magnitud de los 20.000 Kg ha<sup>-1</sup> (Margiotta *et al.*, 2008; Margiotta *et al.*, 2009; Reinoso *et al.*, 2009). Sin embargo, se pueden observar rendimientos menores en la región, debido a diferentes factores como: la heterogeneidad de los suelos, el manejo del agua, la aplicación de fertilizantes y el control de malezas (Martínez *et al.*, 2012).

Los altos rendimientos del cultivo conllevan una producción de alto volumen de rastrojo (residuo que queda en el lote después de la cosecha). Las bajas temperaturas habituales durante el período de barbecho invernal y la escasa disponibilidad de agua (se suspende el riego entre los meses de mayo y agosto para el mantenimiento del sistema de riego), generan una baja tasa de descomposición de residuos vegetales. La acumulación de rastrojo en los lotes crea dificultades en la implantación de futuros cultivos y aumenta la incidencia de plagas del suelo, como babosas y bichos bolita (Rodrigo *et al.*, 1997; Kätterer, 1998; Pereyra, 2001; Kruse *et al.*, 2004).

Como estrategias de manejo de los rastrojos los productores optan por alternativas como: la siembra directa, la incorporación del rastrojo al suelo y la quema de los mismos, detalladas a continuación.

La siembra directa consiste en la implantación del cultivo sin remoción del suelo sobre una cobertura permanente del suelo con residuos de cosecha (Pognante *et al.*, 2011). El principal beneficio de esta práctica es la conservación del suelo, relacionado a la disminución del uso de maquinarias y de los tiempos operativos de las mismas, a las menores pérdidas de humedad por evaporación y a la continua cobertura de rastrojos en superficie (Lange, 2012). La siembra directa conlleva un aumento en el uso de herbicidas, mayores requerimientos tanto de fertilizantes, como de esfuerzos para el control de insectos dañinos y patógenos (Marelli, 1995).

La incorporación de rastrojo al suelo implica picar el rastrojo lo más pequeño posible, según la maquinaria disponible (entre 5 y 10 cm), para favorecer el proceso de descomposición en el suelo. Luego se realizan pasadas de arado al suelo para romper capas compactadas y favorecer la aireación del mismo (Carrasco *et al.*, 2018). Su finalidad es mantener o aumentar la materia orgánica del suelo, mejorando sus propiedades fisicoquímicas y biológicas. Los nutrientes de los rastrojos se van liberando al suelo, a medida que se descomponen por acción biológica de distintos organismos del suelo (Dhar *et al.*, 2014). Esta práctica es utilizada en varios países para mejorar las condiciones de los suelos agrícolas y con ello los rendimientos de los cultivos (Gangwar *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2010; Carrasco, *et al.*, 2018).

La quema de rastrojos es una práctica tradicionalmente utilizada para eliminar los residuos de cosecha de manera económica, fácil y rápida, dejando el terreno libre para las labores posteriores de labranza y siembra, además de permitir la disminución de enfermedades y plagas (Taladriz y Schwember, 2012; Ventrella *et al.*, 2016). Esta práctica tiene ciertas desventajas, entre ellas el aumento de la erosión al dejar totalmente descubierta la superficie del suelo, lo que incrementa el golpe directo de la gota de lluvia. También influye negativamente en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo,

reduciendo drásticamente la biomasa microbiana y el contenido de materia orgánica del suelo, por lo tanto disminuye los nutrientes y la calidad del suelo (Glaser *et al.*, 2002; Limon-Ortega *et al.*, 2009; Taladriz y Schwember, 2012).

Las distintas prácticas de manejo de cultivos, como la siembra directa, la incorporación y la quema de rastrojos, generan efectos en la biodiversidad edáfica responsable de distintas funciones ecosistémicas (Brown *et al.*, 2001; Lavelle *et al.*, 2006). Las lombrices de tierra (Annelida – Oligochaeta – Haplotaxida) comprendidas dentro de la macrofauna del suelo tienen la capacidad de modificar estructuralmente su ambiente edáfico facilitando la disponibilidad de recursos para otros organismos. Mediante sus movimientos aportan a la mezcla de restos vegetales con el material inorgánico del suelo, por otro lado el mucus digestivo presente en sus deposiciones estimula la actividad microbiana y la formación de microagregados estables (Lavelle *et al.*, 1994; Six *et al.*, 2000; Jongmans *et al.*, 2001; Klavivko, 2001; Coleman *et al.*, 2004).

De acuerdo a sus características ecológicas, las especies se clasifican en: epigeas, endogeas y anécicas (Bouché, 1977; Lavelle *et al.*, 1989; Edwards y Bohlen, 1996). Las lombrices del primer grupo viven típicamente en la superficie o en las porciones superiores del suelo minera; se alimentan de la materia orgánica del suelo más raíces muerta o vivas. Las especies anécicas se alimentan de la hojarasca que mezclan con el suelo de los horizontes superiores y se refugian en madrigueras verticales semipermanentes excavadas en el suelo. Por último las especies endogeas habitan los horizontes minerales del suelo, consumen más que las epigeas y que las anécicas; y se nutren de materia orgánica más humificada; aunque algunas especies pueden ocasionalmente movilizarse hasta la superficie y alimentarse de la hojarasca superficial.

Las poblaciones de lombrices son sensibles a cambios en su entorno edáfico tales como las perturbaciones en el suelo, efectos de los agroquímicos y el reemplazo de la biodiversidad vegetal natural por cultivos (Edwards y Bohlen, 1996; Zerbino, 2007; Domínguez *et al.*, 2009). Numerosos estudios evidencian que la reducción de labranza estimula las poblaciones de estos organismos, viéndose reflejado en un aumento en la abundancia en situaciones de labranza cero o reducida (Barnes y Ellis, 1979; Edwards y Lofty, 1982; House y Parmelee, 1985; Mackay y Klavivko, 1985; Wardle, 1995).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes manejos de residuos de cosecha sobre el rendimiento del cultivo de maíz y la diversidad de las lombrices en los suelos bajo estudio.

## **Hipótesis.**

El sistema de siembra directa de maíz en surcos con riego gravitacional presenta rendimientos en grano y nitrógeno absorbido por la materia seca aérea equivalentes al sistema de rastrojo enterrado y quemado. Los mayores valores de riqueza y abundancia de lombrices adultas se asocian al sistema de siembra directa.

## **Objetivos.**

### Objetivo general:

Evaluar el efecto que producen los diferentes manejos de residuos de cosecha sobre el rendimiento del cultivo de maíz y la diversidad de las lombrices en los suelos bajo estudio.

### Objetivos específicos:

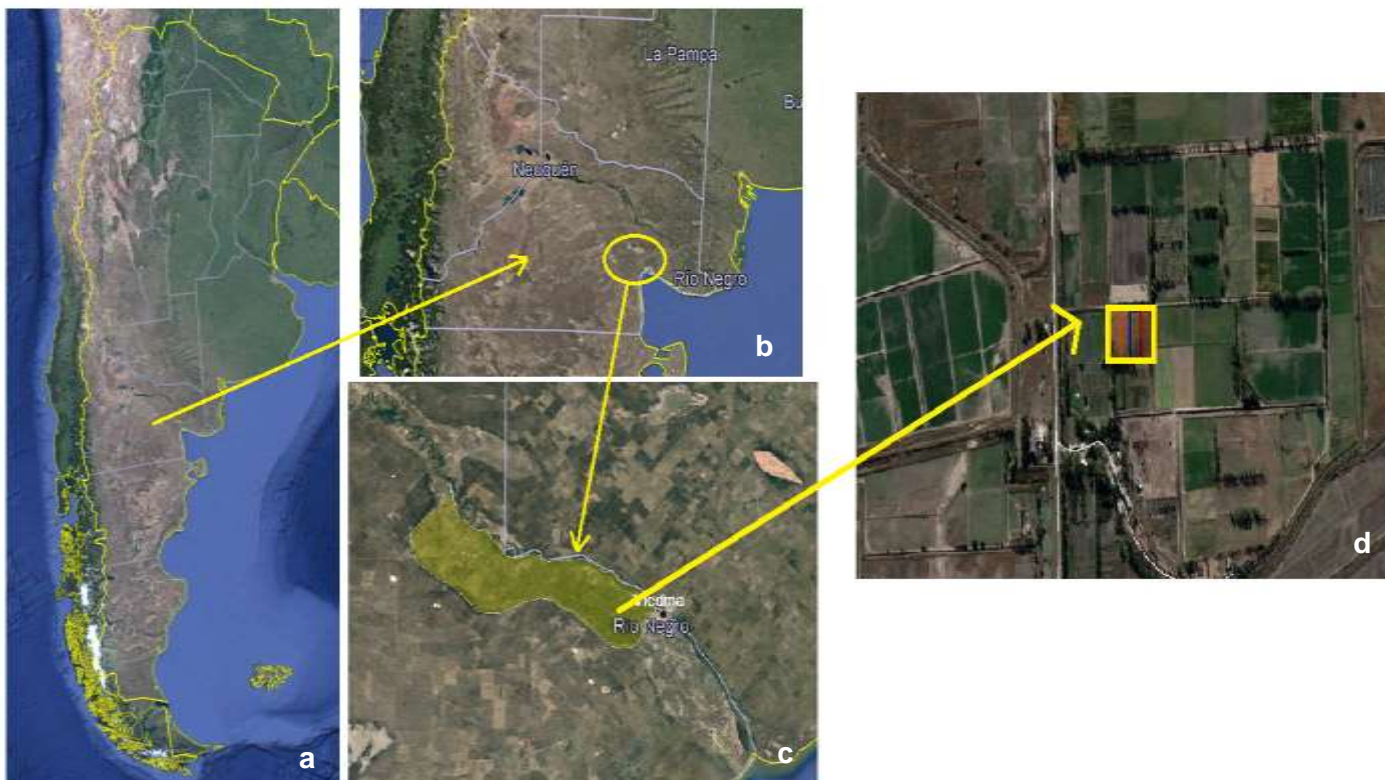
- Evaluar el efecto de tres manejos de residuo de cosecha sobre el rendimiento del cultivo de maíz.
- Determinar la extracción de nitrógeno del cultivo de maíz bajo riego gravitacional.
- Identificar la riqueza específica de lombrices de suelo en los tratamientos analizados.
- Analizar el efecto de diferentes manejos de residuos de cosecha sobre la abundancia de lombrices.



## Metodología de trabajo

### Localización

La zona en que se enfoca el estudio está ubicada en la parte Este de la Patagonia septentrional, dentro del valle inferior del río Negro (Argentina). Se trata de una larga planicie fluvio-aluvial que se extiende por unos 100 km en la margen sur del río, desde la primera angostura (sitio de la bocatoma del distrito de riego del IDEVI), hasta la desembocadura en el océano Atlántico (Rosso, 2012).



*Figura 1.* Ubicación geográfica del lugar en donde se llevaron a cabo los ensayos. a) Provincia de Río Negro. b) Zona del valle inferior del río Negro. c) IDEVI. d) Ubicación del lote (S 40°47'51,28'' O 63°03'38'') en donde se realizó el estudio. Fuente de las imágenes: Google Earth.

### Caracterización climática

El clima del valle inferior del río Negro se clasifica según Thorntwaite (1948) y Burgos y Vidal (1951) como semiárido mesotermal, con nulo exceso de agua y baja concentración térmica estival. Papadakis (1960) por su parte, lo clasifica como “peripampeano semiárido casi marítimo”.

Según registros de la estación agro-meteorológica de la Estación Experimental Agropecuaria Valle Inferior del Río Negro (EEAVI) para una serie de 44 años, el valle presenta una temperatura media anual de 14,1 °C, la temperatura máxima media anual es de 20,9 °C, registrándose en los meses de diciembre enero y febrero las temperaturas medias máximas más elevadas. En cuanto a la temperatura mínima media anual, la

misma es de 7,9 °C, para los meses de junio, julio y agosto. El promedio de días libres de heladas meteorológicas es de 199, ocurriendo la fecha media de primera helada el 1° de mayo, mientras que la fecha media de la última es el 13 de octubre.

La precipitación media anual es de 408 mm, con variaciones interanuales entre 196 mm (año 2008) y de 697 mm (año 2000). Estacionalmente el régimen de precipitaciones es primavero-estival, concentrándose el 65 % de las lluvias sin una distribución homogénea durante el año, ya que en los meses de diciembre y enero no superan los 65 mm. La evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) anual calculada según las fórmulas sugeridas por Blaney- Criddle (1962) y Thornthwaite (1948), es de 1037 mm, 1058 mm y 1009 mm respectivamente. El déficit hídrico o necesidad de riego según la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) calculada mediante la ecuación FAO-Penman-Monteith (Allen *et al.* 1998) y las precipitaciones, es de 650 milímetros anuales. Las precipitaciones no cubren las necesidades hídricas de los cultivos en ninguno de los meses, acentuándose el déficit en el periodo estival durante la máxima demanda del cultivo de maíz.

### Caracterización de los suelos

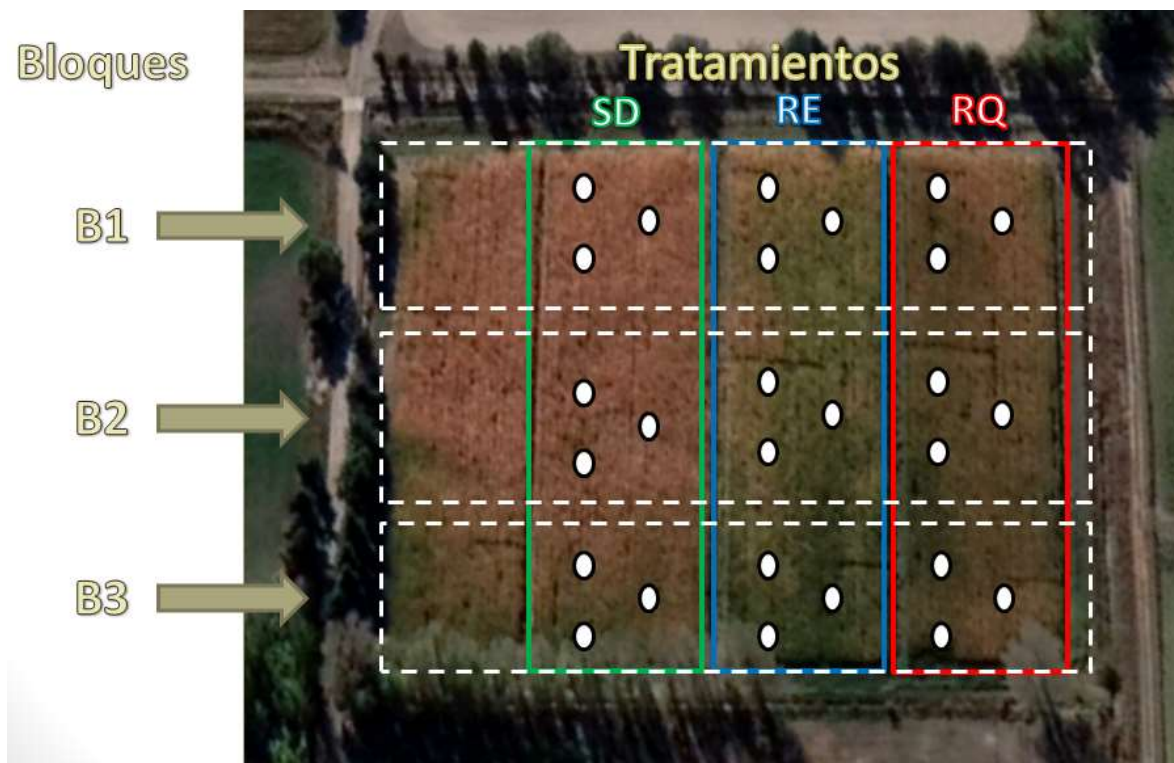
El IDEVI está desarrollado sobre sedimentos aluvionales depositados por procesos fluviales recientes, con presencia de estratificaciones que tienen origen en dos reiteradas ingresiones marinas. En general, dominan suelos de textura media a fina. El relieve es plano con pequeñas ondulaciones con formación de cordones que superan en algunos casos los dos metros de altura (Reinoso, 2014).

En general las pendientes que se dan tanto en sentido longitudinal como transversal al río son bajas (menos del 1%). La elevación media sobre el nivel del mar se encuentra alrededor de los 4 metros de altura. Las cotas más altas del terreno, entre 5 y 6 metros, corresponden a lomadas que en forma de cordones se distribuyen por toda la superficie del valle, pero con prevalencia en el sector norte.

Los suelos sobre los que se realizó el estudio están conformados por sedimentos de origen fluviolacustre, se clasifican como Haplusterts Arídicos con 11,8% de arena, 37,6 % de limo, 50,8% de arcilla, 4,32% de MO, pH 7,9 y 24 ppm P Bray (Soil Taxonomy, 2006), que fueron sistematizados en el año 1971 con fines de riego gravitacional (Reinoso, 2014).

### Diseño experimental

El estudio se realizó en la EEAVI convenio Provincia de Rio Negro- INTA (40° 48´ S; 63° 05´ O). Las dimensiones, características edáficas y el sistema de riego, utilizados en este lote son típicas de las chacras destinadas a la agricultura en el valle inferior, de las cuales un 15% se dedican a la producción de cereales (Tagliani *et al.*, 2011). Se trabajó en un lote de 1,5 has (150m x 110m), dentro del cual se delimitaron parcelas de 0,34 has (100m x 35m) para los diferentes tratamientos a analizar: siembra directa (SD), rastrojo enterrado (RE) y rastrojo quemado (RQ). El diseño experimental utilizado en este trabajo fue en parcelas divididas en bloques (B1, B2 y B3) y tres repeticiones en cada bloque.



*Figura 2.* Diseño experimental del estudio. Referencias de la ubicación de tratamientos y bloques. SD- siembra directa. RE- rastrojo enterrado RQ- rastrojo quemado. Los puntos de color blanco indican los puntos de extracción de las muestras. Fuente de la imagen: Google Earth.

### Preparación de los Tratamientos

Sobre un cultivo antecesor de maíz se realizaron las labores detalladas a continuación para la conformación de los tratamientos analizados:

- Siembra directa: se cosecho el cultivo previo manteniendo el rastrojo en pie, de manera de no alterar los surcos conformados previamente para reutilizarlos (Fig. 3.a)
- Rastrojo enterrado: se preparó de acuerdo a los criterios de labranza convencional, se realizó una desmalezada mecánica y luego tres pasada de rastra, al momento de la siembra se conformaron los surcos para el riego del mismo (Fig. 3.b).
- Rastrojo quemado: se quemó el rastrojo del cultivo antecesor y se utilizaron los surcos ya conformados (Fig. 3.c).

Se detalla en la tabla 1 el volumen de rastrojo en superficie de cada tratamiento. Dicho volumen corresponde al acumulado de un cultivo de maíz precedente, correspondientes al periodo 2016/2017.

Tabla 1: Volumen de rastrojo inicial en cada tratamiento.

Tratamientos	MS de rastrojo ( $\text{Kg ha}^{-1}$ )	
	Media	D.E.
SD	20584	5228,44
RE	3829	383,24
RQ	3553	240,30

SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado. DE = desvío estándar.



Figura 3. Preparación de los Tratamientos. a) Siembra directa. b) Rastrojo Enterrado. c) Rastrojo Quemado.

### Manejo del cultivo

El manejo realizado sobre el cultivo fue el mismo para todos los tratamientos, el 28 de Noviembre del 2017 se realizó la siembra del híbrido KWS 3800 G con una densidad de 90.000 plantas/ha. La cantidad de plantas logradas fue de 78.571 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

Se realizaron 7 riegos durante todo el ciclo del cultivo, detalle en tabla 2. Se fertilizó el 5 de enero de 2018 con una dosis de 300  $\text{kg ha}^{-1}$  de urea. Para el control de malezas se aplicó Glifosato, el 19 de Diciembre de 2017 y el 5 de Enero de 2018, con una dosis de 3 l  $\text{ha}^{-1}$  al 62% de concentración de principio activo.

Tabla 2. Calendario de actividades realizadas sobre el cultivo

Actividades	Fechas							
Siembra	28/11/17							
Riegos	1/12/17	11/12/17	24/12/17	05/01/18	20/01/18	01/02/18	22/02/18	
Fertilización (150 Kg de N $\text{ha}^{-1}$ )	05/01/18							
Aplicación de Glifosato al 62% (3 l $\text{ha}^{-1}$ )	19/12/17							

### Variables evaluadas del cultivo

#### *Biomasa aérea acumulada:*

Se determinó utilizando tres plantas por tratamiento cortadas a nivel del suelo sobre los surcos del centro de cada bloque. En los estados V3, R1 y R6 (Fig. 4), de acuerdo a los estados fenológicos descritos por Ritchie y Hanway (1982). Estas plantas fueron trozadas y posteriormente secadas en estufa a 65° C, hasta peso constante. Se determinó la productividad de materia seca total aérea acumulada (MST) en: estado vegetativo (tallo más hojas) y en estado reproductivo (grano, tallo, hojas y marlo). El valor final se expresó en gramos por planta.



Figura 4. Estados fenológicos del cultivo de maíz, al momento de obtener las muestras de MST. a) Estado V3. b) Estado R1. c) Estado R6.

#### *Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi):*

Se realizó un muestreo (compuesto por 25 mediciones) para cada tratamiento, durante el estadio R1. Cada medición se realizó con un ceptómetro (Fig. 5), integrando el flujo de fotones recibido en un metro lineal. La barra del ceptómetro se ubicó desde el centro de un entresurco hasta el centro del entresurco contiguo durante el mediodía solar, en un día soleado, de acuerdo a la metodología propuesta por Gallo y Daughtry (1986). Los valores de RFAi se expresaron en porcentajes de RFAi por tratamiento estudiado.

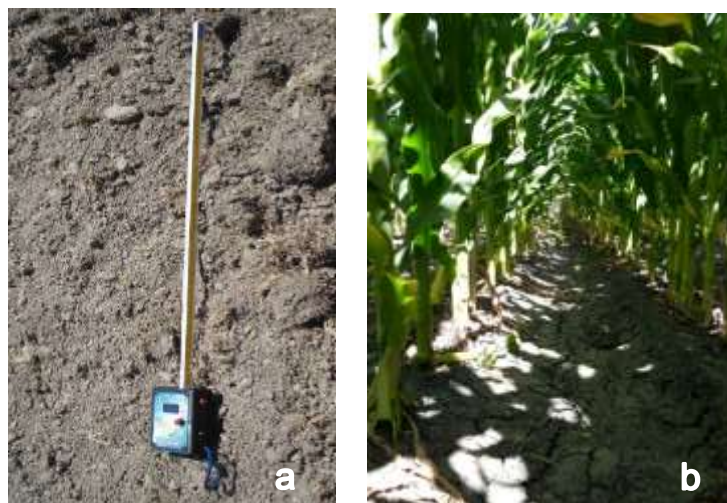


Figura 5. Medición de la RFAi. a) Sensor lineal quantumR (Cavadevices, B.A, Argentina). b) Ubicación del sensor para la medición.

### *Nitrógeno en planta y en grano:*

Los valores de proteína en planta (tallo más hojas) y en grano, se obtuvieron siguiendo el método de Kjeldahl, la concentración de N se determinó sobre muestras previamente utilizadas para el cálculo de MST en madurez fisiológica (R6). Cada muestra fue molida y tamizada con una malla de 1 mm, el análisis se realizó sobre una alícuota del 10% del peso seco inicial de cada muestra (Fig. 6).

El porcentaje de proteína se obtuvo del producto de la concentración de nitrógeno en la muestra por un factor 6,25, según la metodología propuesta por García Martínez (2013).

Los valores de la absorción de N se expresaron en  $\text{kg ha}^{-1}$ . En el caso de la proteína en grano y en planta entera, se expresaron en porcentajes de proteína para cada tratamiento.



**Figura 6.** Etapas para la obtención de proteína en planta entera y en grano. a) Hojas basales de los tratamientos (nótese la removilización de nitrógeno en SD y RE). b) Secado de las muestras. c) Digestión. d) Titulación final.

### *Rendimiento del cultivo:*

Se cosecharon en R6 todas las espigas de maíz en los dos surcos centrales de cada réplica sobre una superficie de  $2,8 \text{ m}^2$ . Se determinó el rendimiento total y el de sus componentes: peso de mil granos, número de granos por  $\text{m}^2$ . Las espigas se trillaron, posteriormente se pesó el grano limpio y se determinó su contenido de humedad (Fig. 7).

Los valores de rendimiento se obtuvieron a partir de las muestras tomadas cuando el cultivo llegó a madurez fisiológica y fue secado hasta llegar a la madurez comercial (humedad de grano de 14,5%).

La fórmula para estimar el rendimiento final, con los valores de humedad necesaria, se presenta a continuación:

$$\text{Granos secados} = \text{Granos húmedos} * ((\text{Humedad inicial} - \text{Humedad final}) / (100 - \text{Humedad final}))$$

Dónde:

- Granos secados representa el valor en  $\text{kg ha}^{-1}$  de granos cosechados una vez secados a la humedad de cosecha correspondiente.
- Granos húmedos es el valor inicial en  $\text{kg ha}^{-1}$  de granos cosechados.
- Humedad inicial es el contenido de humedad inicial de los granos.
- Humedad final es el contenido de humedad final de los granos, el cual es 14,5%.



*Figura 7.* Etapas del muestreo de rendimiento del cultivo. a) Corte de plantas. b) Traslado a la sala de estufas. c) Cortado y embolsado para el posterior secado en la estufa. d) Secado de las muestras y obtención de los datos.

### Variables evaluadas de la comunidad de lombrices

Dentro de cada bloque se delimitó una parcela de 20 m x 20 m, en su interior se fijaron tres puntos de extracción de muestras de suelo (monolito) dispuestos en zigzag, con una separación de 10 metros superficiales entre ellos. Para la extracción de organismos se siguió la metodología TSBF adaptada por Bedano y Domínguez, en Santos (2017). Los muestreos se realizaron con una periodicidad cuatrimestral, de manera de tener información en un estado vegetativo (Febrero – V6), uno reproductivo (Junio - R6) y una situación posterior a la cosecha (Octubre).

Cada monolito consistió en un cuadrante de 25cm x 25cm x 20cm (largo x ancho x profundidad), que se dividió en dos sub-muestras, de 0 a 10 cm y 10 a 20 cm de profundidad (Fig. 8.a). La separación de organismos se realizó a ojo desnudo en el campo, los organismos colectados se preservaron en alcohol al 90% para su posterior recuento e identificación taxonómica mediante el uso de claves (de Mischis, 1991). En los casos en que no fue posible identificar la especie, se describieron morfotipos en función de las diferencias morfológicas externas encontradas. Las diferentes etapas de obtención de lombrices se observan en la figura 8.



*Figura 8.* Muestreo e identificación de lombrices. a) Monolito (Unidad Experimental). b) Extracción de lombrices a campo. c) Materiales para el fijado de las lombrices. d) Imagen de lombrices bajo la lupa.



A partir de los organismos colectados se obtuvieron las siguientes variables:

*Abundancia total de individuos:*

El número de organismos totales (adultos y juveniles) se expresó en metros cuadrados a 10 cm de profundidad [ind m<sup>-2</sup>].

*Proporción de adultos y juveniles:*

Se calculó en base a las abundancias encontradas.

*Índices de diversidad:*

Se cuantificó la riqueza de especies (S) y se calcularon los índices de Simpson ( $\lambda$ ) y equidad de Pielou (J'), según Moreno (2001). Los cálculos se realizaron con Microsoft Excel 2010 (Tabla 3). Los datos de abundancia obtenidos fueron expresados en número de organismos en metros cuadrados a 10 cm de profundidad.

*Tabla 3. Fórmulas utilizadas para el cálculo de los índices ecológicos.*

<i>Riqueza (S)</i>	Número total de especies obtenido por un censo de la comunidad.	
<i>Índice de Simpson (<math>\lambda</math>)</i>	$\lambda = \sum p_i^2$	$p_i = n_i/N$ ; $n_i$ = abundancia para la especie i; N= total de individuos de todas las especies
<i>Equidad de Pielou (J')</i>	$J' = H'/H' \text{ máx.}$	$H'$ = Índice de Diversidad; $H' \text{ máx} = \ln S$ ; S: total de especies.

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de las variables del cultivo de maíz (biomasa total aérea, radiación fotosintéticamente activa interceptada, nitrógeno en planta y en grano, rendimiento de cultivo), calculando medidas de dispersión central y visualizando tendencias. Se prevé realizar a futuro, análisis cuantitativos incorporando datos de diferentes años de este experimento, para cumplir con el supuesto de aleatorización de las parcelas divididas, en caso de decidir utilizar ANOVA.

Los resultados la variable abundancia total de lombrices (detalles en Tabla 4) fueron examinados mediante un análisis de la varianza (ANOVA), y las medias se compararon mediante un test LSD Fisher con una significancia del 95%. Se corroboró el cumplimiento de los supuestos de ANOVA mediante el análisis de los gráficos de residuos aleatorios asociados a cada observación (normalidad, homogeneidad de varianzas, independencia y aditividad bloque-tratamiento); utilizando el software estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2017).

Para buscar las diferencias entre los diferentes manejos de rastrojo, en todos los casos con reiteradas fechas de muestreo (detalle en Tabla 4), los análisis de la varianza se realizaron para cada fecha evitando violar el supuesto de independencia temporal.

Tabla 4. Caracterización de las variables estudiadas, detalle del diseño experimental considerado en cada una.

<i>Variables analizadas</i>	<i>Unidad experimental</i>	<i>Análisis de bloque</i>	<i>Fechas de muestreo</i>	<i>Estructuras de ANOVA</i>
<i>Biomasa aérea</i>	2 m lineales por bloque	Si	3 coincidiendo con los estadios del cultivo: v3, r1 y r6	NO
<i>Radiación Interceptada</i>	20 m lineales	No	1 en estadio de r1	NO
<i>Porcentaje de Proteína y Nitrógeno absorbido</i>	2 m lineales por bloque	Si	1 en estadio r6	NO
<i>Rendimiento</i>	2 m lineales y 3 repeticiones por bloque	Si	1 en estadio r6	NO
<i>Abundancia de lombrices totales</i>	Parcelas de 20mx20m	Si	3 muestreos, cada 4 meses	E1*

Estructura de ANOVA: E1- Abundancia de lombrices ~ Trat + Prof + [Bloque].

\* Indica estructura de ANOVA, para cada fecha de muestreo.

## Resultados y discusión.

### Biomasa aérea acumulada.

A continuación (Gráf. 2) se observa la acumulación de MST por tratamiento, para cada estado fenológico. La evolución de la producción de MST tuvo un desarrollo normal en el cuál se pudo observar en el estado V3 (Gráf. 2.a), una menor acumulación en el tratamiento de RE en comparación con los demás tratamientos. Luego, en el estado R1 (Gráf. 2.b), se visualiza una mayor acumulación en el tratamiento RQ en comparación con RE y SD. Para el estado R6 (Gráf. 2.c) no se observó una diferencia muy notoria entre los tres tratamientos. En el anexo 1 se pueden encontrar las tablas con los datos correspondientes.

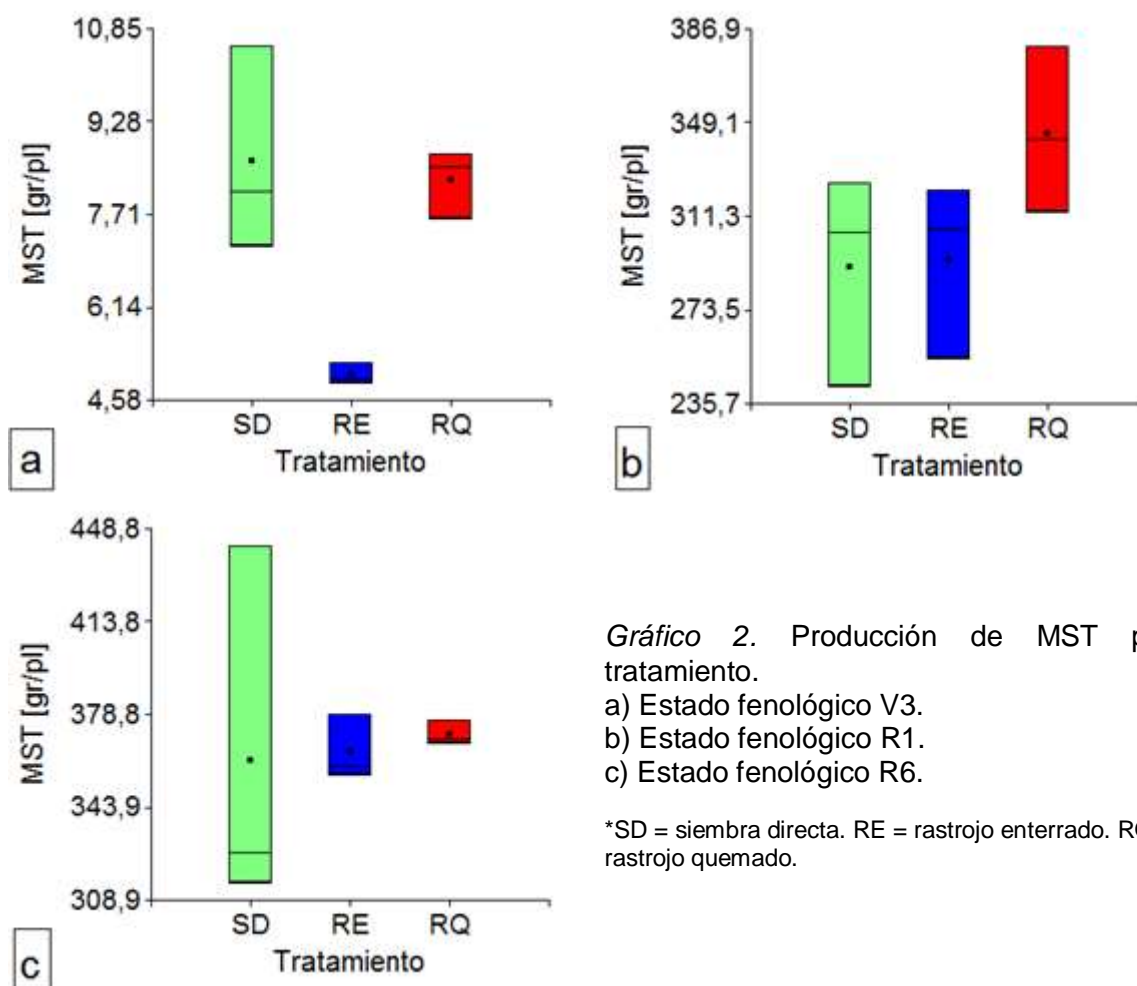


Gráfico 2. Producción de MST por tratamiento.

a) Estado fenológico V3.

b) Estado fenológico R1.

c) Estado fenológico R6.

\*SD = siembra directa. RE = rastraje enterrado. RQ = rastraje quemado.

Comparando los resultados obtenidos con los de los autores Rodríguez *et al.* (2008), no se observan coincidencias en los estados V6 (se asemeja a los tomados en V3), ya que estos observaron una mayor acumulación de MST en RE con respecto a SD, aunque, hubieron coincidencias con los resultados obtenidos al estado de R6, en el cuál no se encontraron diferencias entre SD y RE al igual que aquí. Su trabajo evaluó un híbrido de maíz bajo riego bajo RE y SD con una dosis de nitrógeno de 180 kg ha<sup>-1</sup>.

También se encontraron coincidencias con los resultados obtenidos por Forján *et al.* (2014), los cuales no presentaron diferencias en acumulación de MST entre SD y RE para el estado de R6. Estos autores realizaron una evaluación de un híbrido de maíz bajo RE y SD a una dosis de 135 Kg N ha<sup>-1</sup>.

No se encontraron coincidencias con el trabajo presentado por los autores Álvarez *et al.* (2006), ellos identificaron diferencias entre tratamientos de SD y RE para la producción de MST a madurez fisiológica, en el cuál fue mayor en RE. Su estudio comparó el comportamiento de un híbrido de maíz bajo SD y RE analizando las variables de rendimiento del cultivo asociando los a las condiciones texturales del suelo.

Además de los resultados discutidos anteriormente, se observa una tendencia en la acumulación de MST para los tratamientos realizados. Dicha tendencia muestra que los maíces bajo RQ presentaron mayores valores medios de MST que RE y SD. Esto pudo ser causado por una mayor temperatura del suelo en el tratamiento RQ originado por la quema del rastrojo, la cual elevó la temperatura en los primeros centímetros del suelo. En cuanto a SD, la causante de una menor producción de biomasa aérea pudo deberse a que la propia práctica de siembra directa genera atrasos en la emergencia del cultivo por registrar temperaturas más bajas en el suelo que las prácticas convencionales (Rizzalli, 1998). La producción de biomasa por parte del tratamiento RE fue coincidente con estudios previos (Andrade *et al.*, 1996; Duncan, 1975) en donde los valores de MST son similares a estos, aunque no coinciden con los valores de MST en V3, esta menor acumulación pudo deberse a otros factores que influyen sobre el establecimiento del cultivo.

#### Radiación fotosintéticamente activa interceptada.

En el gráfico 3 se muestran los resultados de RFAi para cada tratamiento en R1. El tratamiento de SD tuvo los menores valores, seguidos de RE, presentando los mayores valores el tratamiento de RQ. En el anexo 2 se pueden encontrar las tablas con los datos correspondientes.

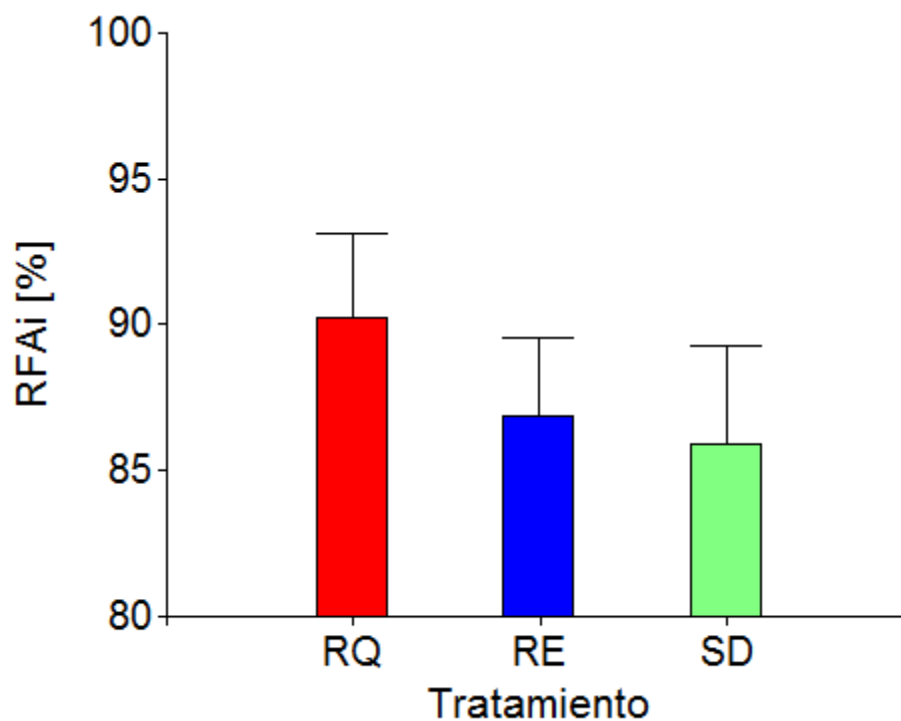


Gráfico 3. Radiación Fotosintéticamente Activa Interceptada (%) para cada tratamiento.

\*SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado.

La radiación incidente que se obtuvo para los tratamientos SD y RE no presentan diferencias notables, por lo cual coinciden con los resultados presentados por Rodríguez *et al.* (2008). Estos autores analizaron la radiación sobre los tratamiento SD y RE al estado de R1.

La demora en la producción de MS que se observó en el gráfico 2 pudo ser la causante de que las plantas de los tratamientos RE y SD tuvieran una menor producción de biomasa aérea al estado de R1, lo cual se tradujo en menores valores de RFAi. Ya que según Andrade *et al.* (1996), cuando las plantas de maíz tienen entre 4 y 6 hojas expandidas, el meristema apical finaliza con la diferenciación de hojas y comienza a diferenciar las espiguillas estaminadas de la futura panoja. En ese momento queda determinado el número total de hojas que tendrá la planta y por lo tanto el área foliar potencial que podrá alcanzar. En definitiva, la evolución del índice de área foliar (IAF) será quien defina la dinámica de intercepción de radiación solar por el cultivo.

#### Proteína en grano y en planta y Nitrógeno extraído.

Los valores de concentración de proteínas en grano para cada tratamiento se encuentran en el gráfico 4. El tratamiento RQ tuvo una concentración menor a los tratamientos RE y SD. En cuanto a la concentración de proteína en planta entera, no se hallaron diferencias entre los tratamientos realizados (Gráf. 4.b).

A partir de los resultados previamente mencionados, se realizó la estimación de nitrógeno absorbido por el cultivo a madurez fisiológica. No se identificaron diferencias entre los mismos. En el anexo 3 se pueden encontrar las tablas con los datos correspondientes.

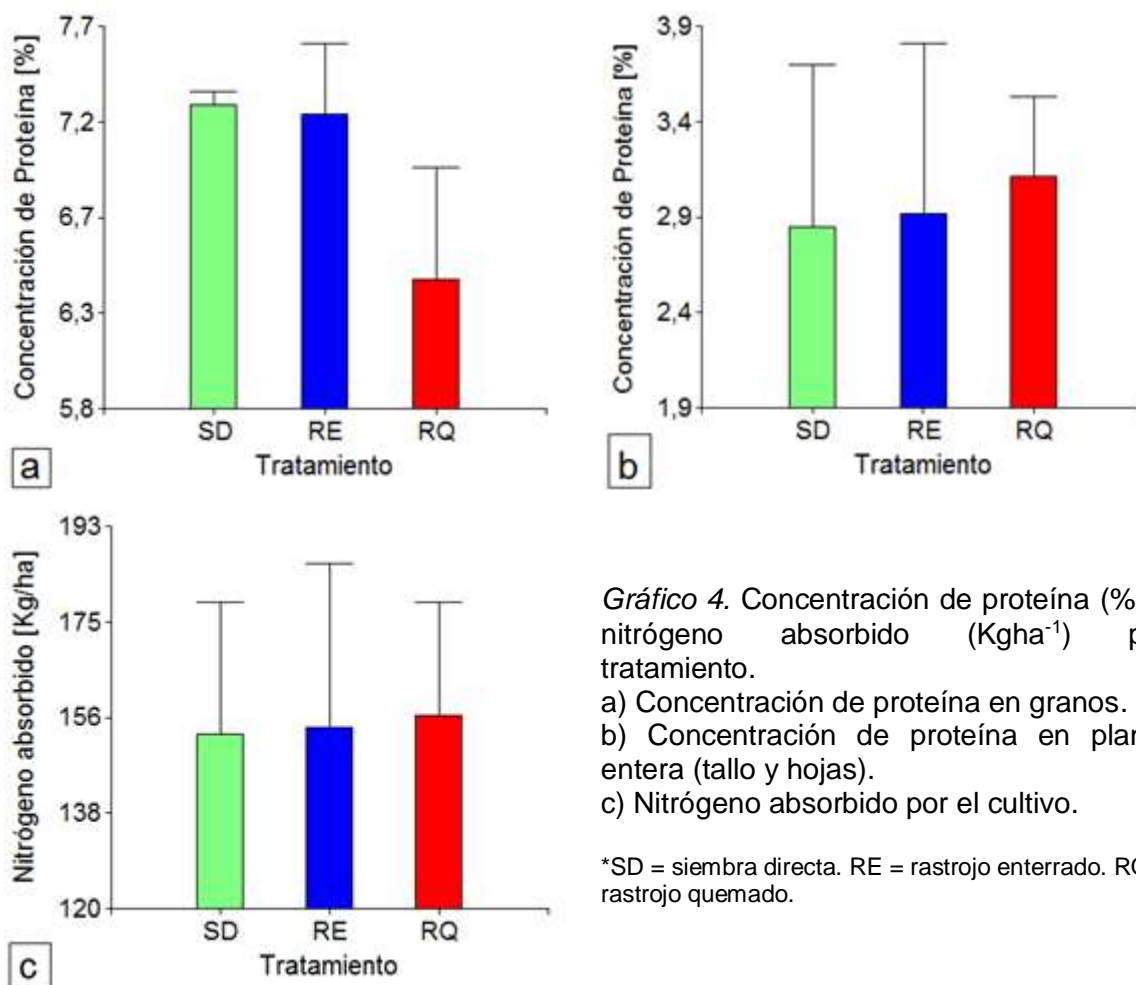


Gráfico 4. Concentración de proteína (%) y nitrógeno absorbido ( $\text{Kg/ha}^{-1}$ ) por tratamiento.

- a) Concentración de proteína en granos.  
 b) Concentración de proteína en planta entera (tallo y hojas).  
 c) Nitrógeno absorbido por el cultivo.

\*SD = siembra directa. RE = rastrajo enterrado. RQ = rastrajo quemado.

Con respecto a la concentración de proteína en grano, se observó que estos resultados difieren de los hallados por Forján *et al.* (2014), el cual observó una mayor concentración de proteína en grano bajo RE en comparación con SD.

El nitrógeno absorbido por el cultivo coincidió con lo reportado por Rodríguez *et al.* (2008), el cual no presentó diferencias entre los tratamiento SD y RE. Hubo diferencias con respecto a Aparicio *et al.* (2002), los mismos presentaron mayores concentraciones de nitrógeno absorbido por el tratamiento de SD en relación con RE. Estos autores analizaron un híbrido de maíz bajo SD y RE con dosis de nitrógeno de  $120 \text{ Kg ha}^{-1}$ . Echeverría y Rozas (2001) observaron mayores valores de nitrógeno absorbido bajo RE en relación a SD, difiriendo de los resultados aquí obtenidos. Echeverría y Rozas (2001) trabajaron sobre un híbrido de maíz bajo SD y RE con dosis de  $210 \text{ Kg de N ha}^{-1}$ .

Se puede interpretar, por los resultados obtenidos, que la aplicación de N para los tres tratamientos fue eficiente debido a que la absorción de N no presenta diferencias entre los

mismos. Esto no demuestra que lo hayan aprovechado de la misma forma los tres tratamientos, para el caso de RQ, sus valores de proteína en grano (%) fueron menores a los de SD y RE, pero su rendimiento en grano (ver apartado “Rendimiento del cultivo”) fue mayor al igual que el peso de los mismos (P1000). En RQ el nitrógeno aportado con el fertilizante estaría disponible para su aprovechamiento más tempranamente con respecto a los otros tratamientos, y de esta forma generó una espiga con mayor peso de grano traduciéndose en un mayor rendimiento (ver en el siguiente apartado). Por el contrario, el tratamiento SD genera condiciones que hacen más lenta la descomposición de los residuos, produciendo una inmovilización de nitrógeno mayor, y por un período más prolongado que bajo otras prácticas agrícolas como la RE o RQ (Sánchez *et al.* 1998; Rice y Smith 1984).

### Rendimiento del cultivo.

Las variaciones en el rendimiento en grano se pueden observar en el gráfico 5. El tratamiento de RQ tuvo un valor ampliamente mayor a SD y a RE. También se observa que los tratamientos SD y RE presentaron valores similares en rendimiento en grano.

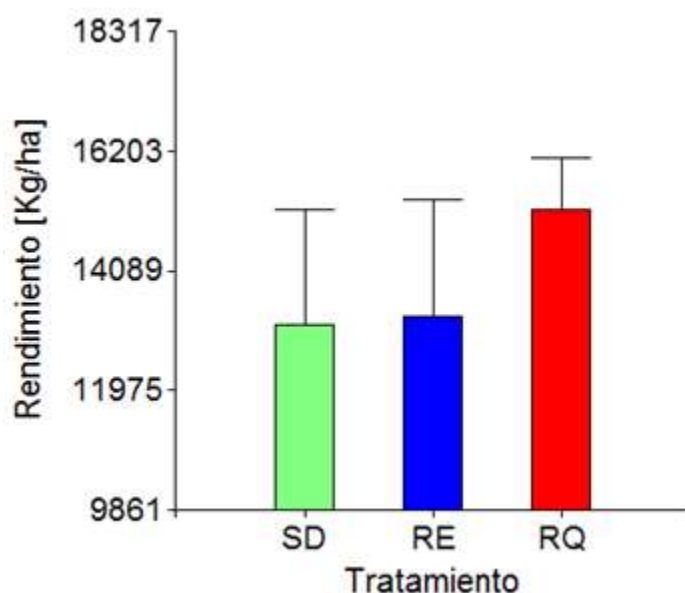


Gráfico 5. Rendimiento en grano del cultivo.

\*SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado.

A continuación, en la tabla 5, se muestran los resultados de los componentes del rendimiento final del cultivo entre tratamientos. Los valores identificaron diferencias en el peso de mil granos, en donde fue mayor en los granos bajo el tratamiento de RQ. Para número de granos por metro cuadrado no se hallaron variaciones entre tratamientos.

Tabla 5. Componentes de rendimiento del cultivo de maíz. Los valores fueron expresados en medias estadísticas.

Tratamiento	P 1000 (gr)		Nº granos/m <sup>2</sup>	
	Media	D.E	Media	D.E.
SD	282,83	12,24	4111	135
RE	299,47	10,51	4133	335
RQ	349,90	13,55	4174	113

SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado. DE = desvío estándar.

Según autores como Martínez *et al.* (2012) un buen rendimiento esperado en la zona del IDEVI es de 11.000 kg ha<sup>-1</sup> con expectativas de los 15.000 kg ha<sup>-1</sup> en una parcela productiva. Los rendimientos obtenidos fueron equivalentes a los valores históricos previstos de la zona.

El peso de mil granos es una variable determinante en el rendimiento final (Tabla 5), en el tratamiento RQ los valores de P1000 fueron mayores a los obtenidos en SD y RE. Difiere con el análisis realizado por Álvarez *et al.* (2006), estos autores no hallaron diferencias en el P1000 entre los tratamientos de SD y RE. Para la variable “número de granos”, estos autores tampoco identificaron diferencias significativas, relacionadas al manejo del rastrojo, entre tratamientos.

Autores como Aparicio *et al.* (2002), Forján *et al.* (2014) y Rodríguez *et al.* (2008) analizaron el rendimiento en grano del maíz en SD y RE, para los cuales no obtuvieron diferencias significativas entre ellos, teniendo coincidencia con los resultados obtenidos aquí. Echeverría y Rozas (2001) no tuvieron coincidencias con nuestros resultados debido a que presentaron mayores rendimientos bajo RE en comparación con SD.

En lo que respecta al tratamiento RQ, un trabajo de Vélez *et al.* (2011) evaluó los rendimientos del cultivo de maíz en zonas donde se quemó el rastrojo accidentalmente previo a la siembra. El rendimiento del cultivo en RQ se vio afectado teniendo mermas significativas en relación a los cultivos bajo SD, y es por ello que no tienen coincidencia con los resultados obtenidos aquí, donde el rendimiento en RQ fue mayor a SD.

Al ser el rendimiento el resultante de todo un ciclo de cultivo, son muchos los factores que influyen sobre él. El tratamiento RQ presentó un desarrollo más rápido reflejado en la producción de MST, esto benefició la producción de área foliar para tener mayor RFAi. Además, los maíces bajo este tratamiento aprovecharon de una mejor manera el nitrógeno aplicado en relación a los otros tratamientos. Todo esto influyó para que el rendimiento de RQ sea mayor, y fue directamente relacionado con el componente P1000.

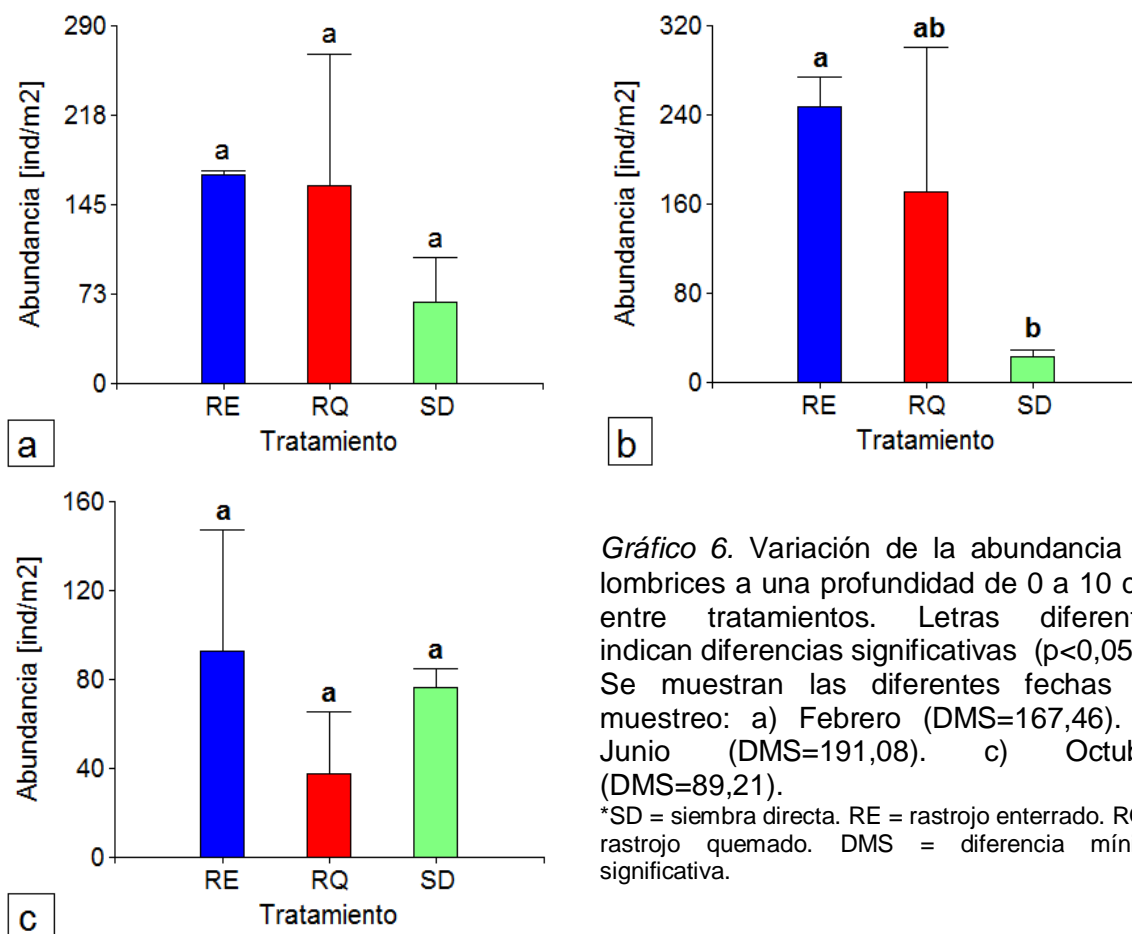
El rendimiento que presentó SD con respecto al tratamiento RQ, pudo estar relacionado a un efecto que describen autores como Fabrizio *et al.* (2000). Estos plantean que la SD puede reducir el rendimiento del cultivo en los primeros años de implantación bajo esta práctica porque se genera una menor disponibilidad de N como consecuencia de una menor mineralización de los residuos orgánicos y una mayor compactación del suelo, los que afectarían su crecimiento y absorción de nutrientes y agua por las raíces.



Los maíces bajo el tratamiento RE tuvieron valores similares a SD, en los valores de las variables analizadas (MST, RFAi, N absorbido). Las labores realizadas sobre el suelo generan aumentos en la temperatura del mismo, y disminuyen su contenido de agua; la incorporación del rastrojo al suelo aumentó la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo (Fox y Bandel, 1986). Estas condiciones explicarían el resultado final del cultivo bajo RE.

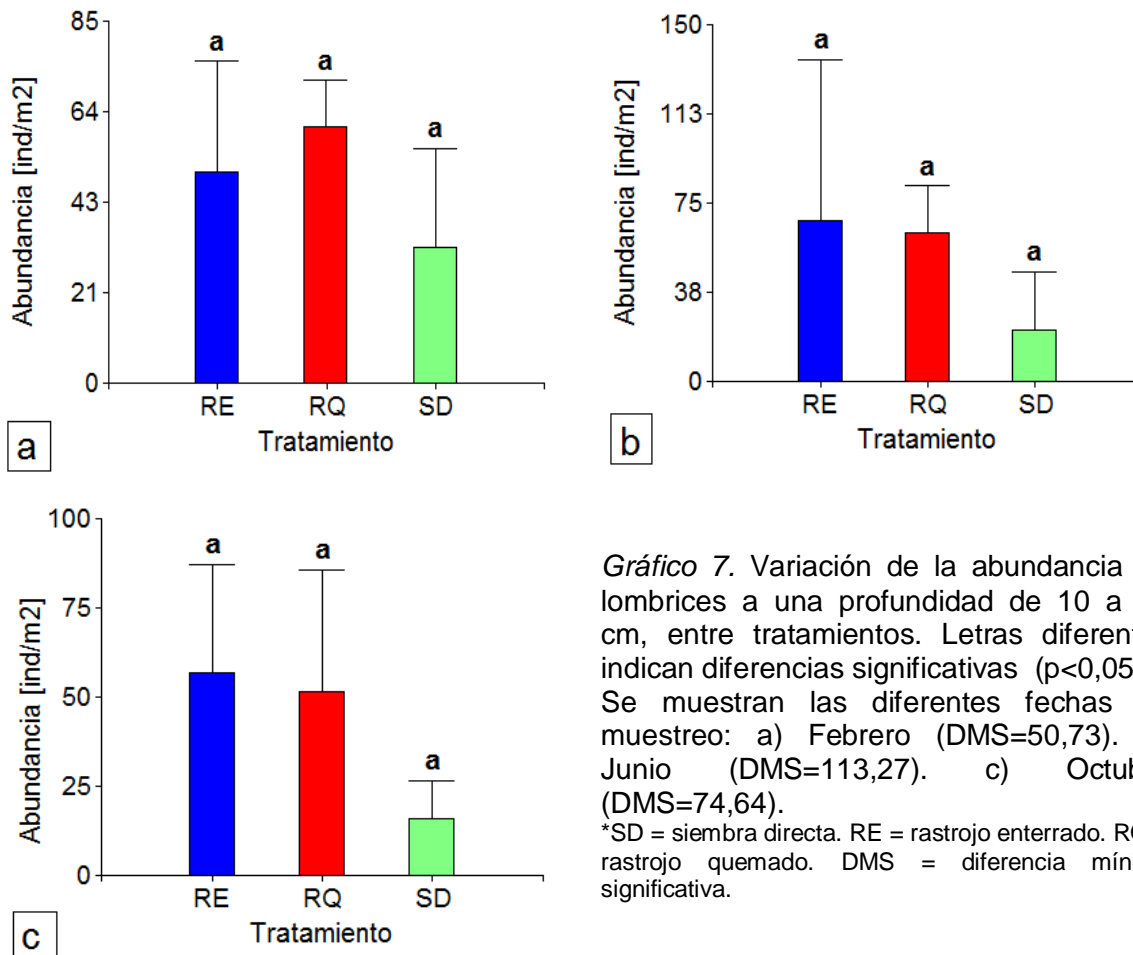
### Abundancia de lombrices

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis de la variación de abundancias totales de lombrices (adultos y juveniles), a una profundidad entre 0 y 10cm. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el mes de junio con menores valores en SD y mayores en RE, RQ presentó una situación intermedia (DMS = 191 individuos) (Gráf. 6.b). Los muestreos de febrero (Gráf. 6.a) y octubre (Gráf. 6.c) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos analizados. En el anexo 4 se pueden encontrar las tablas con el detalle de los datos analizados.



El mismo análisis de variaciones de individuos totales entre tratamientos para diferentes fechas de muestreo, se realizó a una profundidad mayor entre 10 y 20cm. En estos últimos resultados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos

( $p < 0,05$ ). Si bien es interesante destacar que tanto junio (Gráf. 7.b) como en octubre (Gráf. 7.c) presentaron la misma tendencia con mayores abundancias en RE, una situación intermedia en RQ y menores valores en SD. En el anexo 5 se encuentran las tablas con el detalle de los datos evaluados.



Estudios similares que evaluaron la abundancia de lombrices en tres manejos de rastrojo (siembra directa, rastrojo quemado y rastrojo enterrado), como el realizado por Virto *et al.* (2007); llegaron a resultados diferentes a los nuestros con mayores abundancias en SD, intermedias en RQ y las más bajas en RE. De igual modo nuestros resultados no coinciden con trabajos de comparación entre labranza convencional (RE) y SD, en los que esta última alberga una comunidad de lombrices con mayor abundancia (Clapperton *et al.*, 1997; Jordan *et al.*, 1997; Brito Vega *et al.*, 2006). Todos estos estudios refuerzan lo propuesto tanto por Gantzer y Blake (1978), como por House y Parmelee (1985); que la SD favorece el establecimiento de las lombrices de suelo al proporcionar un entorno más favorable por los residuos en superficie, más alimento disponible en superficie y la permanencia de sus galerías intactas. Las diferencias encontradas entre estas investigaciones y los resultados obtenidos pueden deberse a los tiempos de

establecimiento de los tratamientos analizados con un mínimo de 3 años contra 1 año, respectivamente.

Sin embargo estudios como los de Domínguez et al. (2014) y Domínguez y Bedano (2016), obtuvieron resultados similares donde la SD no se asoció a una mayor abundancia de lombrices. Según los autores, las bajas abundancias en SD pudieron deberse al uso de insecticidas para el control de plagas en el cultivo.

#### Proporción de Adultos/Juveniles.

En el análisis de todas las situaciones relevadas se encontró una mayor proporción de juveniles respecto a los adultos, superando el 50% de los individuos encontrados. De la información presentada en el gráfico 8 es evidente que el porcentaje de adultos presenta para todos los tratamientos analizados, en ambas profundidades, los menores valores durante junio (Gráf. 8.c y 8.c).

En lo que respecta al porcentaje de lombrices adultas y juveniles, se observan resultados similares en distintos trabajos en donde el porcentaje de juveniles fue superior al 82% (Clapperton *et al.* 1997; Masín *et al.* 2011; Smith *et al.* 2008), coincidiendo con los nuestros que van entre 70% y 100% de juveniles en todos los muestreos analizados.

El efecto de anegamiento en el suelo provocado por el sistema de riego gravitacional realizado en el lote, pudo ser la causante de que haya un alto porcentaje de individuos juveniles en los todos los tratamientos analizados, ya que Momo *et al.* (1993) establece que el anegamiento de los suelos es uno de los factores que limitan la presencia de lombrices edáficas.

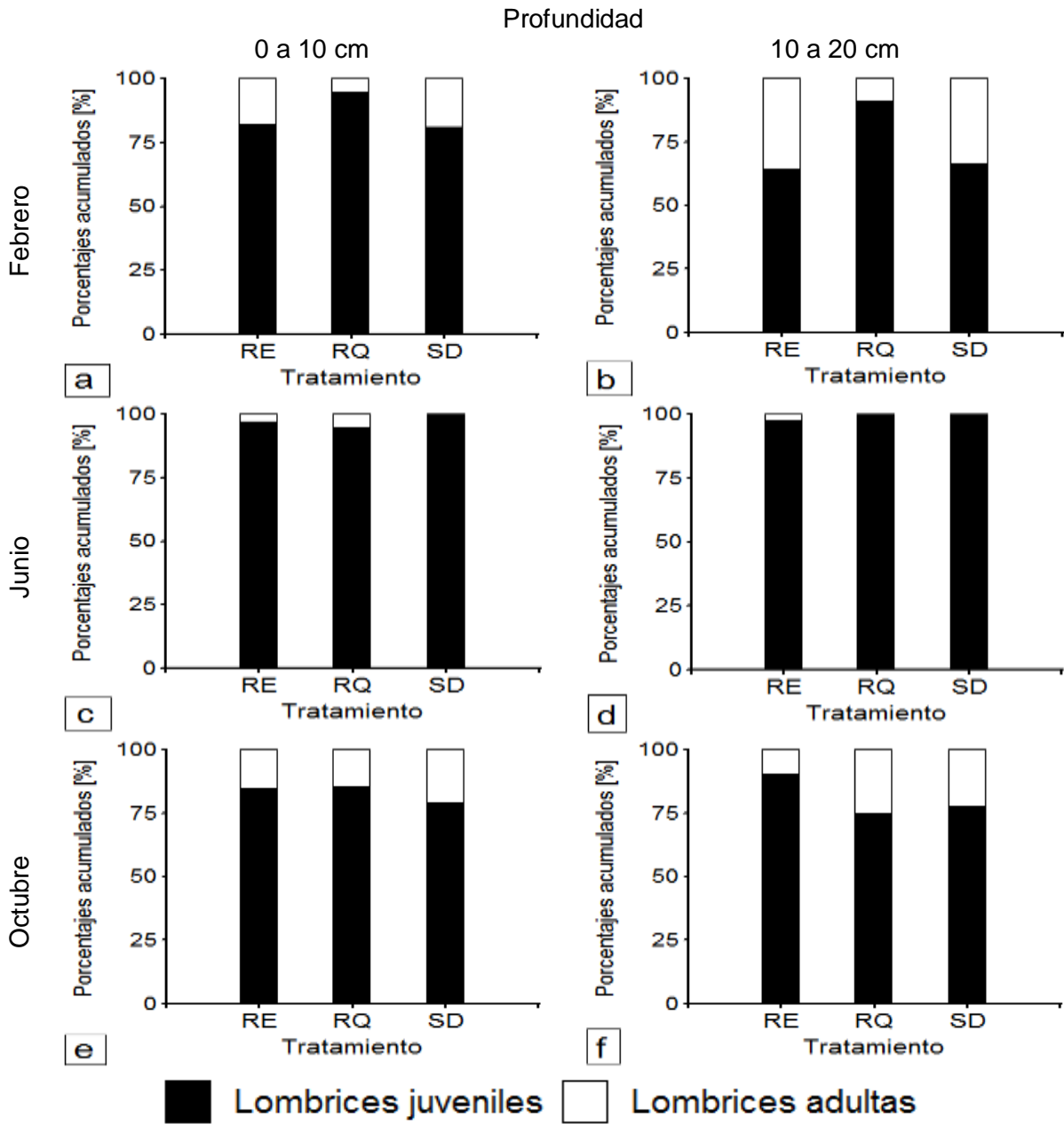


Gráfico 8. Proporciones de abundancia adultos y juveniles. Cada línea horizontal de gráficos representa una fecha de muestreo, sobre la izquierda se muestra la profundidad 0 a 10 cm y a la derecha 10 a 20 cm.

\*SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado.

### Lombrices identificadas.

Entre los individuos adultos colectados se identificaron dos especies: *Aporrectodea rosea* y *A. caliginosa*; y dos morfotipos (Fig. 9). En el gráfico 9 se observa en detalle las abundancias de las mismas por fecha y profundidad de muestreo.



Figura 9. Lombrices identificadas. La escala en todos los casos corresponde a 2 cm.

Las especies identificadas son de origen europeo, pertenecen a la familia Lumbricidae del género *Aporrectodea*. En febrero, para la menor profundidad (0-10 cm), se registró la presencia de *A. rosea* y *A. caliginosa* en todos los tratamientos, mientras que el morfotipo 2 estuvo sólo en RQ (Gráf. 9.a). A mayor profundidad (10-20 cm) *A. rosea* se mantuvo presente en los tres tratamientos y *A. caliginosa* solo en RE (Gráf. 9.b). En el mes de junio solo se encontró *A. caliginosa*, en RE y RQ a menor profundidad y en RE a mayor profundidad. Por último en octubre, superficialmente se registró la presencia del morfotipo 1 en todos los tratamientos; *A. caliginosa* en RE y RQ y *A. rosea* solo en RE. A mayor profundidad se encontró *A. rosea* en todos los tratamientos, *A. caliginosa* en RQ y el morfotipo 1 solamente en SD.

Los individuos del género *Aporrectodea* son relativamente tolerantes a las actividades agrícolas, como la labranza de disco, al poder persistir más profundamente en el subsuelo que otras especies endógeas (Berry y Karlen, 1993). Particularmente *A. caliginosa* es considerada como una especie pionera, capaz de colonizar rápidamente ambientes perturbados (Momo *et al.*, 1993). La aparición conjunta de *A. caliginosa* y *A. rosea* ha sido previamente reportada en diferentes ambientes, evidenciando que no existe exclusión competitiva espacial entre ellas. Los estudios previos sugieren que esto se debe a un desfase temporal en los períodos de máxima actividad reproductiva (Andersen 1987; Falco *et al.* 1995). Las variaciones temporales de estos picos de actividad difieren en orden de aparición y momento del año para cada especie, entre los trabajos mencionados y nuestros resultados. Esto podría deberse a las diferencias en las condiciones ambientales, disponibilidad de alimento y tipo de producciones analizadas.

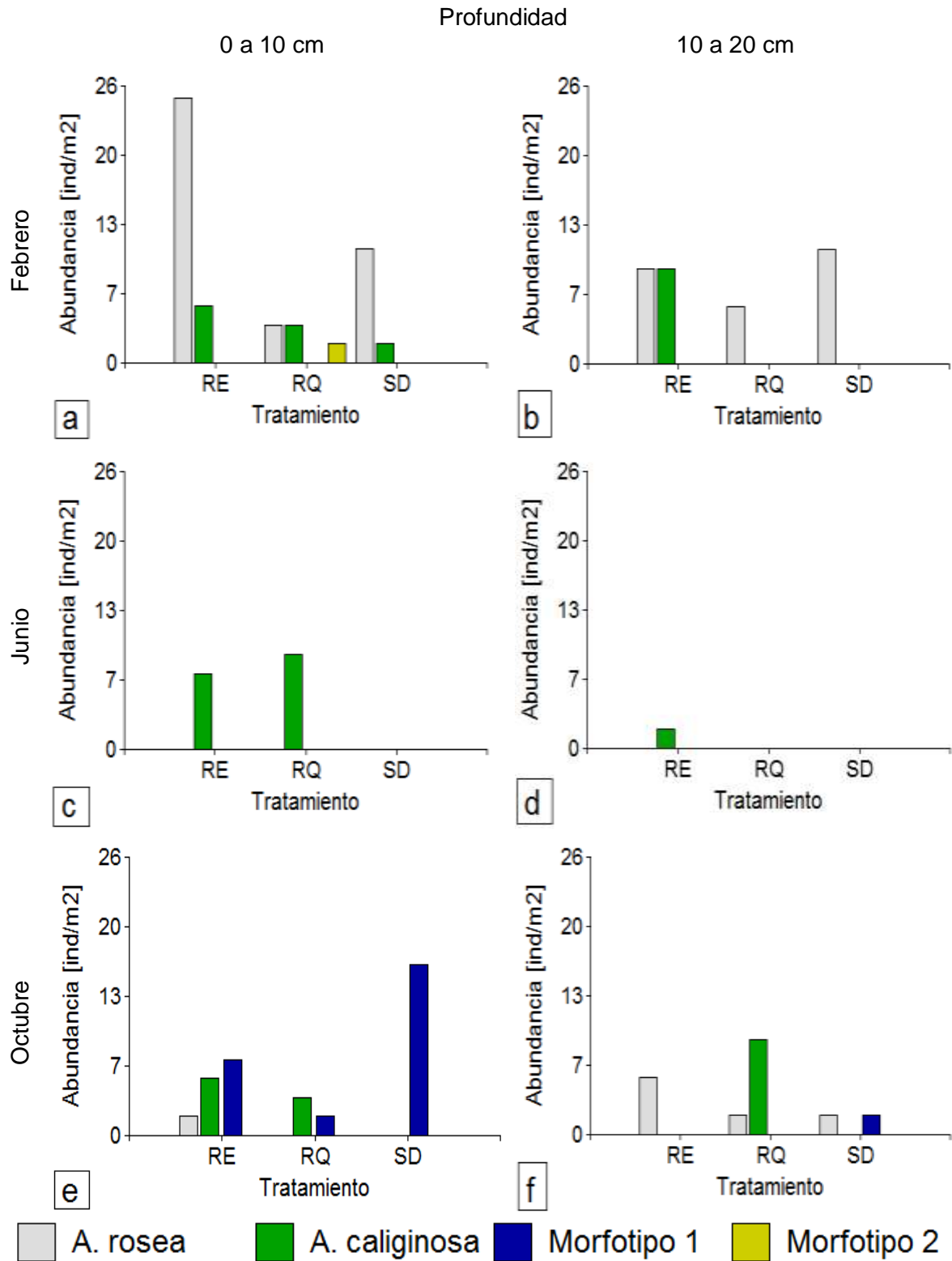


Gráfico 9. Abundancia de los diferentes adultos encontrados. Cada línea horizontal de gráficos representa una fecha de muestreo, sobre la izquierda se muestra la profundidad 0 a 10 cm y a la derecha 10 a 20 cm.

\*SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado.

### Caracterización del ensamble de lombrices.

En la tabla 6 se presentan los índices ecológicos calculados sobre los individuos adultos encontrados en la primera profundidad, a continuación se detallara las variaciones entre tratamientos por fecha y posteriormente se describirá el comportamiento de la comunidad de cada tratamiento a lo largo del tiempo.

Durante el mes de febrero, se vio el ensamble con mayor abundancia en el tratamiento RE, francamente dominado por la especie *A. rosea*. En RQ se encontraron los mayores valores de riqueza en una situación altamente equitativa y con baja abundancia. SD en cambio presentó una abundancia intermedia, y una composición equitativa. Posteriormente, en junio, se encontraron bajas abundancias tanto en RE como RQ, con dominancia completa de *A. caliginosa*. En SD la ausencia de adultos no permitió el cálculo de los índices. Por último, en octubre, RE presentó la mayor diversidad entre los tratamientos analizados y adquirió una estructura equilibrada. RQ recupero la equitatividad y disminuyo su riqueza, con respecto a la situación inicial. En el caso de SD se volvieron a encontrar individuos adultos con estructura dominada por el morfotipo 1.

El ensamble del tratamiento RE durante el verano estuvo compuesto predominantemente por *A. rosea*, seguida en abundancia por *A. caliginosa*. Durante el invierno hubo una disminución en la riqueza y solo se encontraron representantes de *A. caliginosa*. A inicios de la primavera se identificó la presencia de *A. rosea*, *A. caliginosa* y el morfotipo 1, siendo este último el de mayor abundancia. RQ en el inicio tuvo una comunidad compuesta por *A. rosea*, *A. caliginosa* y morfotipo 2, las dos especies de *Aporrectodea* presentaron igual abundancia mayor a la del morfotipo 2. Durante junio solo se colectaron juveniles y en octubre únicamente adultos de morfotipo 1. Durante el periodo estival SD presento una comunidad compuesta por *A. rosea* y *A. caliginosa*, esta última ampliamente dominante. En las colectas invernales solo se obtuvieron individuos juveniles y a inicios de primavera el ensamble paso a estar dominado totalmente por el morfotipo 1.

*Tabla 6.* Índices de biodiversidad para las profundidades de 0 a 10 cm, calculados en base a las abundancias de adultos.

<i>Fecha</i>	<i>Tratamiento</i>	<i>Riqueza (S)</i>	<i>Índice de Simpson (<math>\lambda</math>)</i>	<i>Índice de Pielou (J)</i>	<i>Abundancia (ind/m<sup>2</sup>)</i>
Febrero	RE	2	0,71	0,21	30
	RQ	3	0,32	0,96	9
	SD	2	0,76	0,59	12
Junio	RE	1	1,00	-	7
	RQ	1	1,00	-	9
	SD	0	-	-	0
Octubre	RE	3	0,41	0,89	14
	RQ	2	0,56	0,92	5
	SD	1	1,00	-	16

A continuación se detallan tanto las comparaciones entre tratamientos para cada fecha de muestreo, como para cada tratamiento a lo largo del tiempo para los datos obtenidos de la profundidad de 10 a 20 cm. Durante febrero se observó un ensamble de mayor abundancia en RE, el cual estuvo compuesto por 2 especies con igual representación del género *Aporrectodea*. El tratamiento SD tuvo una abundancia intermedia seguida por RQ, ambos con presencia exclusiva de *A. rosea*. En junio sólo se hallaron lombrices adultas con una baja abundancia de *A. caliginosa* en RE. En el último muestreo en RE solo se encontró *A. rosea* con una baja abundancia. Los tratamientos SD y RQ presentaron estructuras de ensamble equilibradas y cada una estuvo representada por dos especies (*A. rosea*-*A. caliginosa* y *A. rosea* – morfotipo 1), RQ tuvo una abundancia intermedia y SD una abundancia baja.

La variación de los índices en cada tratamiento muestra que RE inicialmente presentó el ensamble de mayor abundancia, totalmente equilibrado compuesto por *A. rosea* y *A. caliginosa*, representadas equitativamente. En junio el ensamble estuvo dominado por *A. caliginosa* con las menores abundancias y en octubre por *A. rosea*. RQ en verano estuvo compuesto únicamente por *A. rosea*, en invierno no se colectaron adultos, y en primavera tuvo la mayor riqueza con *A. rosea* y *A. caliginosa*, ligeramente dominado por esta última. En el caso del tratamiento SD el ensamble estuvo compuesto sólo por *A. rosea* en febrero, sin adultos en junio y en el último muestreo con *A. rosea* y morfotipo 1 de manera equitativa.

Tabla 7. Índices de biodiversidad para las profundidades de 10 a 20 cm, calculados en base a las abundancias de adultos.

Fecha	Tratamiento	Riqueza (S)	Índice de Simpson ( $\lambda$ )	Índice de Pielou (J)	Abundancia (ind/m <sup>2</sup> )
Febrero	RE	2	0,50	1,00	18
	RQ	1	1,00	-	5
	SD	1	1,00	-	11
Junio	RE	1	1,00	-	2
	RQ	0	-	-	0
	SD	0	-	-	0
Octubre	RE	1	1,00	-	5
	RQ	2	0,72	0,65	11
	SD	2	0,50	1,00	4

Al igual que lo reportado por Masín *et al.* (2011) se encontraron bajos valores, tanto en la riqueza específica como en los índices de diversidad. Esto puede deberse a que ambos ambientes estudiados corresponden a zonas en donde hay un amplio historial agrícola con cierta dependencia de insumos agrícolas. Los tratamientos que presentaron los mayores valores de riqueza (3) fueron RQ y RE, en febrero y octubre respectivamente, y ambos en la primera profundidad.



## **Conclusiones.**

Este trabajo representa una primera aproximación sobre el efecto que generan los distintos manejos de rastrojos sobre el cultivo de maíz con riego gravitacional y las lombrices de suelo. Es interesante destacar que a partir del mismo se cuenta con las primeras descripciones y análisis sobre la composición del ensamble de lombrices que habitan los suelos productivos de la región, ya que no existen antecedentes con este enfoque en cultivos anuales en la zona bajo riego gravitacional de los valles irrigados del este de la Norpatagonia.

Bajo los tratamientos analizados se encontraron diferentes respuestas en la parte productiva y en la macrofauna. Los rendimientos en grano logrados y la absorción de nitrógeno total en la materia seca total aérea fueron similares entre SD y RE, lo que sugiere que la SD sería una opción viable para la producción de maíz bajo riego gravitacional en la zona. Si bien RQ mostró mayores rendimientos en grano y absorciones de nitrógeno similares a los tratamientos mencionados previamente, no sería recomendable por asociarse a un menor balance de carbono en el suelo y consecuentemente aportes de gases de efecto invernadero que no fueron considerados para el presente trabajo. Respecto a las lombrices la riqueza se encuentra dentro de los rangos esperados para suelos en producción sin los aumentos en la abundancia hipotetizados inicialmente bajo SD. Frente a estos primeros resultados surge la necesidad de hacer un seguimiento en el tiempo para evaluar la evolución de las tendencias y resultados encontrados.

La SD puede ser tomada como una práctica benéfica en cuanto a la captura de carbono y el balance positivo consecuente, la reducción en los costos por uso de maquinarias y un buen rendimiento en grano con respecto a los valores históricos de la zona. Continuar profundizando los estudios, tanto de aspectos productivos como los relacionados a los efectos sobre la biodiversidad del suelo, es de vital importancia para lograr un acabado entendimiento de los agroecosistemas en esta región particular que permita adaptar las prácticas productivas a los procesos ecológicos. Motivo por el cual se prevé continuar con estudios que incorporen análisis como las variaciones en las propiedades físicas y químicas del suelo, tasa descomposición de rastrojos, temperatura del suelo y efectos sobre otros representantes de la macrofauna edáfica.

## Bibliografía.

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., y Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56*. FAO, Rome, 300(9), D05109.
- Álvarez, C., Peinemann, N., y Quiroga, A. (2006). *Sistemas de labranza, propiedades edáficas y rendimiento de maíz en molisoles diferenciados por el régimen hídrico*. Buenos Aires: AIANBA p. 1-10.
- Andersen, N. C. (1987). *Investigations of the ecology of earthworms (Lumbricidae)*. In arable soil. p. 112-131.
- Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S. y Otegui, M. (1996). *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Editorial la Barrosa. Balcarce. 292 p.
- Aparicio, V., Costa, J. L., Echeverría, H., y Caviglia, O. (2002). *Evaluación de propiedades edáficas y crecimiento del maíz bajo diferentes sistemas de labranza en cuatro sitios del sudeste bonaerense*. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 31(3), p. 55-71.
- Arriaga, H. O., Chidichimo, M. E., Cattaneo, D. M., Orsini, N. M., Margiotta, F. A., Iglesias, H., Bardelois E., Salguero, J., y Figueroa, M. (1984). *El cultivo del maíz con riego al sur del paralelo 40 L.S.* III Congreso Nacional de Maíz, Pergamino p. 134-145.
- Barnes, B. T., y Ellis, F. B. (1979). *Effects of different methods of cultivation and direct drilling, and disposal of straw residues, on populations of earthworms*. Journal of Soil Science, 30(4), p. 669-679.
- Bedano, J. C., Cantú, M., y Doucet, M. (2004). *La influencia de distintos sistemas productivos en la densidad de ácaros edáficos en agroecosistemas de Córdoba, Argentina*. Ciencia del Suelo. 22(2), p. 106-119.
- Berasategui, L. (2002). *Estadísticas climáticas del Valle de Viedma 30 años*. Serie Técnica nº 20. Año 1 –nº 2- ISSN 1666-6054. EEA Valle Inferior del Río Negro (convenio provincia de Río Negro- INTA), Viedma.
- Berry, E. C., y Karlen, D. L. (1993). *Comparison of alternative farming systems. II. Earthworm population density and species diversity*. American Journal of Alternative Agriculture, 8(1), p. 21-26.
- Blaney, H. F., y Criddle, W. D. (1962). *Determining consumptive use and irrigation water requirements* (No. 1275). US Department of Agriculture. p. 16-26.
- Bolsa de comercio de Rosario, *Anuario estadístico 2016*. Disponible en: [\[https://www.bcr.com.ar/es\]](https://www.bcr.com.ar/es)
- Bouché, M.B. 1977. *Strategies lombriciennes*. Ecological Bulletins 25, p. 122-132.

- Brito Vega, H., Espinosa-Victoria, D., Figueroa-Sandoval, B., Fragoso, C., y Patrón-Ibarra, J. C. (2006). *Diversidad de lombrices de tierra con labranza de conservación y convencional*. Terra Latinoamericana, 24(1), p. 99-108.
- Brown, G. G., Pasini, A., Benito, N. P., De Aquino, A. M., y Correia, E. F. (2001). *Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no tillage agroecosystems: A preliminary analysis*. In *International Symposium on Managing biodiversity in agricultural ecosystems* (p. 8-10). Londrina: Embrapa Soja.
- Burgos, J. J., y Vidal, A. (1951). *Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite*. Revista Meteoros, 1(1). p. 12-32.
- Carrasco, J., y Aguirre, C. (eds.) (2018). *Rastrojos del cultivo de Maíz: elementos a considerar para su manejo*. Boletín INIA Nº 385. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Rayentué. Rengo, Chile. 66 p.
- Clapperton, M. J., Miller, J. J., Larney, F. J., y Lindwall, C. W. (1997). *Earthworm populations as affected by long-term tillage practices in southern Alberta, Canada*. Soil Biology and Biochemistry, 29(3-4), p. 631-633.
- Coleman, D. C., Crossley, D. A., y Hendrix, P. F. (2004). *Fundamentals of Soil Ecology*. Second Edition. Elsevier Academic Press. USA. 386 p.
- De Mischis, C. C. (1997). *Earthworms (Annelida, Oligochaeta) of a provincial reserve in Cordoba, Argentina: A preliminary survey*. Soil Biology and Biochemistry, 29(3-4), p. 235-236.
- Declaración Jurada de riego. 2016/2017. IDEVI. Viedma, Rio Negro.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar/>
- Domínguez, A., Bedano, J. C., Becker, A. R., y Arolfo, R. V. (2014). *Organic farming fosters agroecosystem functioning in Argentinian temperate soils: Evidence from litter decomposition and soil fauna*. *Applied Soil Ecology*, 83, p. 170-176.
- Domínguez, A., y Bedano, J. C. (2016). *The adoption of no-till instead of reduced tillage does not improve some soil quality parameters in Argentinean Pampas*. *Applied Soil Ecology*, 98, p. 166-176.
- Duncan, W. G. (1975). *Maize*. In *Crop physiology: some case histories*. Ed. by L. Evans. London, Cambridge University Press. p. 23- 50.
- Echeverría, H. E., y Rozas, H. S. (2001). *Eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado al estadio de seis hojas del maíz bajo riego en siembra directa y labranza convencional*. Ciencia del suelo, 19(1), p. 57-66.

- Edwards, C. A., y Bohlen, P. J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. Third edition. Chapman & Hall. London, UK. 426 p.
- Edwards, C. A., y Lofty, J. R. (1982). *The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations*. Journal of applied Ecology, p. 723-734.
- Fabrizzi, K., García, F. O., Berardo, A., Picone, L., y Costa, J. (2002). *Dinámica del nitrógeno bajo dos sistemas de labranzas en un suelo no degradado*. En 9 Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Talca. p. 316-320.
- Falco, L., Momo, F., y Craig, E. (1995). *Asociaciones de lombrices de tierra y su relación con la cobertura vegetal en suelos forestados de Argentina*. Revista Chilena de Historia Natural, 68, p. 523-528.
- Forján, I. A. H., y Manso, L. (2014). *Producción de maíz bajo siembra directa y labranza convencional: Respuesta a la fertilización nitrogenada*. INTA Barrow, Buenos Aires, AR. 2 p.
- Fox, R. H. y Bandel, V. A. (1986). *Nitrogen utilization with no-tillage*. En Sprague MA, Triplett GB (eds.), No-tillage and surface-tillage agriculture. The tillage revolution. John Wiley y Sons, New York, New York, EEUU. p. 117-148.
- Gallo, K. P., y Daughtry, C. S. T. (1986). *Techniques for measuring intercepted and absorbed Photosynthetically Active Radiation in Corn Canopies 1*. Agronomy journal, 78(4), p. 752-756.
- Gantzer, C. J., y Blake, G. R. (1978). *Physical Characteristics of Le Sueur Clay Loam Soil Following No-till and Conventional Tillage 1*. Agronomy Journal, 70(5), p. 853-857.
- García-Martínez, E.; Fernández-Segovia, I. (2013). *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte*. Ed. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: [<http://hdl.handle.net/10251/16338>]
- House, G. J., y Parmelee, R. W. (1985). *Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems*. Soil and Tillage Research, 5(4), p. 351-360.
- Jongmans, A. G., Pulleman, M. M., y Marinissen, J. C. Y. (2001). *Soil structure and earthworm activity in a marine silt loam under pasture versus arable land*. Biology and fertility of soils, 33(4), p. 279-285.
- Jordan, D., Stecker, J. A., Cacnio-Hubbard, V. N., Li, F., Gantzer, C. J., y Brown, J. R. (1997). *Earthworm activity in no-tillage and conventional tillage systems in Missouri soils: a preliminary study*. Soil Biology and Biochemistry, 29(3-4), p. 489-491.
- Kätterer, T., Reichstein, M., Andren, O., y Lomander, A. (1998). *Temperature dependence of organic matter decomposition: a critical review using literature data analyzed with different models*. Biol. Fertil. Soils 27, p. 258-262.

- Kladivko, E. J. (2001). *Tillage systems and soil ecology*. Soil y Tillage Research 61: 61-76.
- Kruse, J., Kissel, D., y Cabrera, M. (2004). *Effects of drying and rewetting on C and N mineralization in soils and incorporated residues*. Nutr Cycl. Agroecosystems. 69, p. 247-256.
- Lange, A. (2012). *Girasol en Siembra Directa: dificultades y soluciones*. Mar del Plata, Argentina: Proceedings 18th International Sunflower Conference. p. 130-135.
- Lavelle, P., Barois, I., Martin, A., Zaidi, Z., y Schaefer, R. (1989). Management of earthworm populations in agro-ecosystems: a possible way to maintain soil quality?. In *Ecology of Arable Land—Perspectives and Challenges*. p. 109-122.
- Lavelle, P., Dangerfield, C., Fragoso, C., Eschenbrenner, V., López-Hernández, D., Pashanasi, B., y Brusaard, L. (1994). Chapter 6: *The relationship between soil macrofauna and tropical fertility*. In: The Biological management of tropical Soil Fertility. Woome, P. L. y Swift, M. J. (eds.) TSBF. A Wiley-Sayce Publication. p. 137-169.
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., y Rossi, J. P. (2006). *Soil invertebrates and ecosystem services*. European Journal of Soil Biology, 42, p. 3-15.
- Limon-Ortega, A., Govaerts, B., y Sayre, K. D. (2009). *Crop rotation, wheat straw management, and chicken manure effects on soil quality*. Agronomy Journal, 101(3), p. 600-606.
- Marelli, H. (1995). *Siembra directa y agricultura sostenible*. Córdoba: INTA EEA Marcos Juárez. p. 5-22.
- Margiotta, F. A., Reinoso, L., y Martínez, R. S. (2008). *Evaluación de Materiales Comerciales de Maíz Campana 2007/2008*. 13 pp. EEA INTA Valle Inferior. [En línea: <http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gov.ar/valleinferior/info/documentos/vegetal/MaizBeltran.pdf>] [Acceso: Abril 2012.]
- Margiotta, F. A., Reinoso, L., y Martínez, R. S. (2009). *Evaluación de Materiales Comerciales de Maíz. Campaña 2008/2009*. 25 p. EEA INTA Valle Inferior. [En línea: [http://www.syngentaenvivo.com.ar/2012/ensayos/Maizgrano/ECR\\_Maiz\\_Viedma\\_Beltran\\_2008\\_09.pdf](http://www.syngentaenvivo.com.ar/2012/ensayos/Maizgrano/ECR_Maiz_Viedma_Beltran_2008_09.pdf)]. [Acceso: Abril 2012.]
- Martínez, R. S., Margiotta, F., Reinoso, L., y Martínez, R. M. (2012). *Buscando alcanzar altos rendimientos del cultivo de maíz: experiencias en los valles norpatagónicos*. 3° Reunión Internacional de Riego. Argentina. Manfredi. INTA. p. 139-155.
- Masín, C. E., Rodríguez, A. R., y Maitre, M. I. (2011). *Evaluación de la abundancia y diversidad de lombrices de tierra en relación con el uso del suelo en el cinturón hortícola de Santa Fe (Argentina)*. Ciencia del suelo. 29(1), p. 21-28.

- Masota, H. (1975). *Reconocimiento detallado de suelos con fines de riego. Subzonas F y G II Etapa –Valle Inferior del Río Negro – Argentina*. IDEVI – Estación Experimental de Riego y Cultivos – Informe mecanografiado. 131p.
- Momo, F. R., Giovanetti, C. M., y Malacalza, L. (1993). *Relación entre la abundancia de distintas especies de lombrices de tierra (Annelids, Oligochaeta) y algunos parámetros fisicoquímicos en un suelo típico de la estepa pampeana*. *Ecología Austral*, 3(01), p. 007-014.
- Moreno, C. E. (2001). *Manual de métodos para medir la biodiversidad* (No. Sirsi) i9789688345436). Universidad Veracruzana. 49 p.
- Papadakis, J. (1960). *Clima y ecología*. Plan de desarrollo agrícola del Valle de Viedma. Anexo I Consejo Agrario Nacional. Italconsult. Roma.
- Pereyra, V., Feoli, C., y Sarlangue, H. (2001). *Cuadernillo Técnico N° 1. Girasol en siembra directa*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Agropecuaria Balcarce CC 276-(7620). 24 p.
- Pognante, J., Bragadichi, M., y Cristiano, C. (2011). *Siembra Directa*. Córdoba: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. INTA EEA Manfredi. 28 p. Disponible en: [[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-siembra\\_directa\\_2011.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-siembra_directa_2011.pdf)].
- Reinoso, L. (2014). *Rendimiento de maíz en el Valle Inferior del Río Negro: evaluación de la frecuencia de riego y la fertilización nitrogenada*. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias). Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Recuperada de: [<http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2410>]
- Reinoso, L., Martinez, R. S., Margiotta, F., Martinez, R. M., y Zalba, P. (2009). *Estudios de frecuencias de riego sobre el rendimiento de maíz en el Valle Inferior del Río Negro*. En Congreso Nacional del Agua Ed: Dirección Oficial de Impresiones, Rawson. 318 p. ISBN: 978-987-25369-0-9.
- Rice C. W. y Smith M. (1984). *Short term immobilization of fertilizer nitrogen at the surface of no-till and plowed soils*. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, p. 295-297.
- Ritchie, S. W., y Hanway, J. J. (1982). *How a corn plant develops*. Iowa State Univ. Spec. Rep 48. Coop. Ext. Service, Ames, IA. p. 1-21.
- Rizzalli, R. H., (1998). *Siembra directa y convencional de maíz ante distintas ofertas de nitrógeno*. Tesis. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Unidad Integrada Balcarce, Argentina. Argentina. 60 p.
- Rodrigo, A., Recous, S., Neel, C., y May, B. (1997). *Modelling temperature and moisture effects on C/N transformation in soils: Comparison of nine models*. *Ecol Model* 102, p. 325-339.

- Rodríguez, S., Studdert, G. A., Echeverría, H. E., y Bordenave, S. (2008). *Sistemas de labranza y nutrición nitrogenada de maíz (Zea mays L.) en el Sudeste Bonaerense*. En 21 Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis. AR. 6 p.
- Rosso, J. C. (2012). *Nuestro querido IDEVI: relatos y visiones de una utopía y su realidad*. Editorial EDUCO. 221 pp.
- Sánchez S. R., Studdert G. A. y Echeverría H. E. (1998). *Dinámica de la mineralización del nitrógeno de residuos de cosecha en descomposición en un argiudol típico*. Ciencia del Suelo 16, p.1-6.
- Santos, D. J., Wilson M. G., y Ostinelli M. M. (2017). *Metodología de muestreo de suelo y ensayos de campo: protocolos básicos comunes*. 2a ed. - Entre Ríos: Ediciones INTA.
- Six, J. A., Elliott, E. T., y Paustian, K. (2000). *Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture*. Soil Biology and Biochemistry, 32(14), p. 2099-2103.
- Tagliani, P. R., Miñon D. J., di Nardo Y., La Rosa F. A., Lascano O. J., Tellería A. C., Villegas Nigra H. M. (2011). *Valor agregado de la producción Sector primario*. Valle Inferior de Río Negro. IDEVI. CREAR. CURZA – Universidad Nacional del Comahue. EEA Valle Inferior (INTA – Prov. de Río Negro). Ministerio de Producción (Prov. de Río Negro). 122p.
- Taladriz, A. y Schwember, A. (2012). *Cereales en las zonas centro-sur y sur de Chile ¿Qué haces con los rastrojos?*. Agronomía y forestal, p. 24-28.
- Thornthwaite, C. W. (1948). *An approach toward a rational classification of climate*. Geographical review, 38(1), p. 55-94.
- Vélez, J. P., Sánchez, F., Bragachini, M., Méndez, A., Scaramuzza, F. y Villarroel, D. (2011). *Impacto del Incendio de Rastrojo de trigo Sobre el Rendimiento de Maíz*. Manfredi. INTA Editorial. 8 p. Disponible en: [<http://www.agriculturadeprecision.org/articulos/varios/Impacto-Incendio-Rastrojo-Trigo-Sobre-Cultivo-Maiz.asp>]
- Ventrella, D., Stellacci, A. M., Castrignanò, A., Charfeddine, M., y Castellini, M. (2016). *Effects of crop residue management on winter durum wheat productivity in a long term experiment in Southern Italy*. European journal of agronomy, 77, p. 188-198.
- Virto, I., Imaz, M. J., Enrique, A., Hoogmoed, W., y Bescansa, P. (2007). *Burning crop residues under no-till in semi-arid land, Northern Spain—effects on soil organic matter, aggregation, and earthworm populations*. Soil Research, 45(6), p. 414-421.

- Wardle, D. A. (1995). *Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices*. In *Advances in ecological research* (Vol. 26, p. 105-185). Academic Press.
- Zerbino, M. S. (2007). *Evaluación de la biomasa de lombrices de tierra en diferentes sistemas de producción del Uruguay*. *Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia*. Londrina: EMBRAPA, p. 287-296.
- Zhang, J., Wen, X., Liao, Y., y Liu, Y. (2010). *Effects of different amounts of maize straw returning on soil fertility and yield of winter wheat*. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 16(3), p. 612-619.



**Anexos.**Anexo 1.

Valores de biomasa aérea expresada en medias para cada tratamiento y en cada estado fenológico.

<i>Tratamiento</i>	<i>MST en V3 (gr pt<sup>-1</sup>)</i>		<i>MST en R1 (gr pt<sup>-1</sup>)</i>		<i>MST en R6 (gr pt<sup>-1</sup>)</i>	
	<i>Media</i>	<i>D.E</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>
SD	8,61	1,75	290,73	42,91	361,57	70,25
RE	5,00	0,18	293,87	35,49	364,77	12,52
RQ	8,29	8,29	344,97	33,69	371,50	4,57

SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado. DE = desvío estándar.

Anexo 2.

Radiación fotosintéticamente activa interceptada (RFAi) para cada tratamiento. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ).

<i>Tratamiento</i>	<i>RFAi en R1 (%)</i>	
	<i>Media</i>	<i>D.E</i>
SD	85,91	3,37
RE	86,86	2,68
RQ	90,21	2,95

SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado. DE = desvío estándar.

Anexo 3.

Proteína en grano y planta, N absorbido

<i>Tratamiento</i>	<i>Concentración de proteína en grano (%)</i>		<i>Concentración de proteína en planta entera (%)</i>		<i>Nitrógeno absorbido por el cultivo (kg ha<sup>-1</sup>)</i>	
	<i>Media</i>	<i>D.E</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>
	SD	7,28	0,07	2,81	0,85	153,30
RE	7,24	0,34	2,88	0,90	154,45	31,12
RQ	6,45	0,53	3,08	0,42	156,84	21,51

SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado. DE = desvío estándar.

Anexo 4.

Medias de abundancia de lombrices en profundidades de 0 a 10 cm. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

<i>Tratamiento</i>	<i>Febrero</i>			<i>Junio</i>			<i>Octubre</i>		
	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>Test LSD Fisher</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>Test LSD Fisher</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>Test LSD Fisher</i>
SD	65,78	36,31	a	23,11	6,16	b	37,33	8,15	a
RE	168,89	3,08	a	247,11	26,84	a	92,45	54,74	a
RQ	160	106,67	a	170,67	129,77	ab	76,44	28,22	a
	DMS = 167,46			DMS = 191,08			DMS = 89,21		

SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado. DMS = diferencia mínima significativa. DE = desvío estándar.

Anexo 5.

Medias de abundancia de lombrices en profundidades de 10 a 20 cm. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

<i>Tratamiento</i>	<i>Febrero</i>			<i>Junio</i>			<i>Octubre</i>		
	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>Test LSD Fisher</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>Test LSD Fisher</i>	<i>Media</i>	<i>D.E.</i>	<i>Test LSD Fisher</i>
SD	32	23,25	a	21,33	24,44	a	51,56	10,67	a
RE	49,78	26,31	a	67,56	67,53	a	56,89	30,33	a
RQ	60,44	11,10	a	62,22	20,19	a	16	34,29	a
	DMS = 50,73			DMS = 113,27			DMS = 74,64		

SD = siembra directa. RE = rastrojo enterrado. RQ = rastrojo quemado. DMS = diferencia mínima significativa. DE = desvío estándar.