

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado
para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

Cultivo de cobertura como antecesor de maíz bajo agricultura de precisión

Alumno: Cola, Leonardo

DNI: 27.933.697

Director: Ing. Agr. Marcos Bongiovanni

Río Cuarto - Córdoba

Noviembre de 2016

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	1
ÍNDICE DE TABLAS	2
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE GRÁFICOS	4
RESUMEN	5
SUMMARY	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Antecedentes.....	8
1.2. HIPÓTESIS.....	10
1.3. OBJETIVOS.....	10
1.3.1Objetivo general:.....	10
1.3.2. Objetivos específicos:.....	10
2. MATERIALES Y MÉTODOS	11
2.1 Sitios Experimentales.....	11
2.2 Suelo.....	11
2.3Determinaciones.....	12
2.4 Diseño experimental y tratamiento.	13
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
3.1 N-NO ₃ ⁻	15
3.2 Precipitaciones.....	16
3.3 Rendimientos convencionales.....	17
3.4 Análisis por Ambientes.....	17
3.5 Rendimientos por ambientes.....	18
3.6 Distribución de rendimientos.....	19
4. CONCLUSIONES	21
5. BIBLIOGRAFÍA	22

Índice General

Resumen.....	Pág. 5
Introducción.....	Pág. 7
➤ Zonas de Influencia de napa	
Antecedentes.....	Pág. 8
➤ Definición de cultivos de cobertura	
➤ Funciones de los cultivos de cobertura	
Hipótesis.....	Pág. 10
➤ Objetivos general	
➤ Objetivos específicos	
Materiales y Métodos.....	Pág. 11
➤ Fertilidad química y textura	
➤ Descripción del manejo del cultivo de maíz	
➤ Fotos	
Resultados y Discusión.....	Pág. 14
➤ Mediciones de cultivos de cobertura	
➤ Evolución volumétrica del perfil	
➤ Precipitaciones	
➤ Temperaturas máximas	
➤ Rendimiento de los ensayos analizado convencionalmente	
Análisis por ambientes.....	Pág. 17
➤ Altimetría y ambientación	
➤ Rendimiento de los ensayos analizado por ambientes	
➤ Gráficos de distribución empírica	
Conclusiones.....	Pág. 21
Bibliografía.....	Pág. 22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fertilidad química y textura de los lotes donde se hicieron los ensayos.....	12
Tabla2. Descripción del manejo del cultivo de maíz tardío.....	13
Tabla 3. Datos de los cultivos de cobertura.....	14
Tabla 4. Rendimiento de maíz sobre cobertura y sobre barbecho, por ambiente.....	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de Influencia de la napa.....	7
Figura 2. Imagen Satelital del campo Melideo.....	11
Figura 3. Cultivo de cobertura con control químico y barbecho.....	13
Figura 4. Maíz sobre cultivo de cobertura y sobre barbecho.....	13
Figura 5. Ambientación sobre altimetría del lote 2W.....	17
Figura 6. Altimetría: Corte Longitudinal del lote 2W.....	18

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolución del agua volumétrica	14
Gráfico 2. Distribución mensual de las precipitaciones.....	16
Gráfico 3. Temperaturas máximas de los meses Diciembre 2013 y Enero 2014.....	16
Gráfico 4. Rendimiento de maíz tardío.....	17
Gráfico 5. Distribución empírica-Todos los ambientes.....	19
Gráfico 6. Distribución empírica-Ambientes AP.....	20
Gráfico 7. Distribución empírica-Ambientes PP.....	20
Gráfico 8. Distribución empírica- Ambientes BP	21

RESUMEN

Palabras clave: Centeno; Cobertura; Ambientes; Maíz

El uso de cultivos de cobertura en el área pampeana se ha ido masificando, obteniéndose resultados heterogéneos según el objetivo para el que este está planteado. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de centeno como cultivo de cobertura (CC) en un suelo Haplustol éntico típico de la zona de Villa Valeria, Córdoba en lo concerniente a producción de biomasa, consumo de agua y efecto en el rendimiento del cultivo de maíz por ambientes.

Los ensayos fueron llevados a cabo en la zona de Villa Valeria, departamento General Roca, ubicado en la Pampa medanosa, con un perfil típico de la Serie del Campillo en lomas pronunciadas (Ustorthent típico) y un perfil típico de la Serie El Veintitrés (Haplustol éntico) en lomas y pendientes suaves donde la rotación de los últimos 10 años se compone de 50% Maíz de primera y 50% Soja.

El diseño experimental fue en franjas individuales de 1290 metros de largo x 6.8 metros de ancho (Lotes 2W y 4E), mientras que el lote 4W se diseñó en bloques de 1100 metros de largo x 6.8 metros de ancho siguiendo la secuencia CC/Barbecho (BB)/CC/BB/CC.

Se realizaron evaluaciones en la dinámica del agua en distintas épocas del cultivo de cobertura y del cultivo de maíz pudiéndose observar que sobre CC la cantidad de agua volumétrica en todas las mediciones fue inferior que sobre el tratamiento de BB.

Luego de la cosecha del maíz se procedió a analizar los rendimientos del mapa generado por la cosechadora separándolos según los ambientes previamente identificados.

Este análisis dio como resultado que en los ambientes Bajo Potencial (**BP**) el cultivo de maíz sobre centeno rindió en promedio 358 Kg/Ha más que sobre barbecho. En los ambientes Alto Potencial (**AP**) el maíz sobre centeno rindió 473 Kg/Ha menos que sobre barbecho y en el Potencial Promedio (**PP**), el maíz rindió 154 Kg/Ha más sobre centeno versus barbecho.

El aporte del análisis más detallado de los resultados de cosecha por ambiente nos permitió inferir que en los ambientes donde las limitantes para la producción son mayores debido a la posición en el relieve, contenido de arena y baja capacidad de retención de agua (**BP**), el centeno como cultivo de cobertura nos brindará un plus en rendimiento además de cumplir con los objetivos de aporte de carbono y control de erosión eólica. Por otro lado en ambientes donde los recursos son más abundantes y las expectativas de rendimiento del cultivo crecen (**AP**), hacer centeno como cultivo de cobertura genera un efecto depresor sobre el rendimiento del cultivo siguiente (Maíz tardío).

SUMMARY

Keywords: Rye; Coverage; Enviroments; Corn

The use of cover crops in the pampeana area it has gone massifiant, heterogeneous results according to the purpose for which it is raised. The objective of this study was to evaluate the behaviour of rye as a cover (CC) in a soil Haplustol entico typical of the area of De la Serna, Córdoba in regard to biomass production, consumption of water and effect on the yield of corn by environments.

Trials were carried out in the area of Villa Valeria, Department General Roca, located in the pampas hilly, with a typical profile of the series of Del Campillo on steep slopes (typical Ustorthent) and a typical of the series El Veintitrés profile (Haplustol entico) in hills and gentle slopes where the rotation of the last 10 years is composed of 50% corn and 50% soybeans.

The experimental design were individual of 1290 meters long for stripes 6.8 meters wide (2W and 4E), while the 4W was designed in blocks of 1100 meters long for 6.8 meters wide in the sequence CC/witness (BB) / CC/BB/CC.

Evaluations were made on the dynamics of water in different periods of coverage and the maize crop cultivation can be seen that about CC volumetric water in all measurements was lower on the treatment of BB.

After the corn harvest was to analyze the map generated by combine yields separating them according to previously identified environments.

This analysis resulted in environments low potential (BP) on rye corn yielded on average 358 Kg/Ha more than about witness. In environments high potential (AP) on rye corn yielded 473 Kg /Ha less on witness and the potential average (PP), corn yielded 154 Kg /Ha more about rye versus witness.

The contribution of the more detailed analysis of the results of harvesting by environment allowed us to infer that in environments where the constraints for the production are higher because of the position in the relief, content of sand and low water holding capacity (BP), the rye as a cover crop will provide us with a plus in performance in addition to complying with the objectives of the contribution of carbon and wind erosion control. On the other hand in environments where resources are more abundant and growing expectations of crop yield (AP), making rye cover crop will have a depressant effect on the performance of the following crop (late corn).

1. Introducción

Según los especialistas, la incorporación de Cultivos de Cobertura (CC) tienen muchas funciones diferentes dependiendo del caso, *Kruger y Quiroga (2012)* señalan al menos doce objetivos de sostenibilidad que justifiquen incluir CC en las rotaciones.

Los CC, especialmente las gramíneas le darán a los macroagregados mayor estabilidad, incrementando la calidad estructural de los suelos (*Rubio et al, 2012*). De hecho, los beneficios físicos de los suelos con inclusión periódica de CC son poco controvertidos, hay una vasta información y análisis que así lo demuestran (*Rillo, et. al, 2012, Alessandria et. al, 2012*). También hay numerosos experimentos y ensayos favorables (expresados en rendimiento) que dictan la conveniencia de adoptar los cultivos de cobertura en zonas de baja producción donde la relación interfase suelo- atmosfera no es óptima (*Scianca et. al, 2013, Lardone et. al, 2013*).

Sin embargo, a veces la toposecuencia de los lotes es bastante compleja, siendo poco clara la posibilidad de sectorizar estos lugares en macroambientes e identificar aquellos en los que es ventajoso incluir CC. Tal heterogeneidad da como resultado microambientes (generalmente copiando la topografía) que con un uso unificado nos imposibilita generar un manejo de rotación adecuado para cada uno. En ciertos sectores de los lotes, tenemos zonas de Bajo potencial (**BP**), lomas con alto contenido de arena sin acceso a la napa (Banda I, **Fig. 1**), sectores de producción promedio (**PP**), donde a mayor cercanía de la napa el potencial aumenta (Banda II, **Fig. 1**) y zonas de Alto potencial (**AP**) con libre acceso a la napa (Banda III, **Fig. 1**).

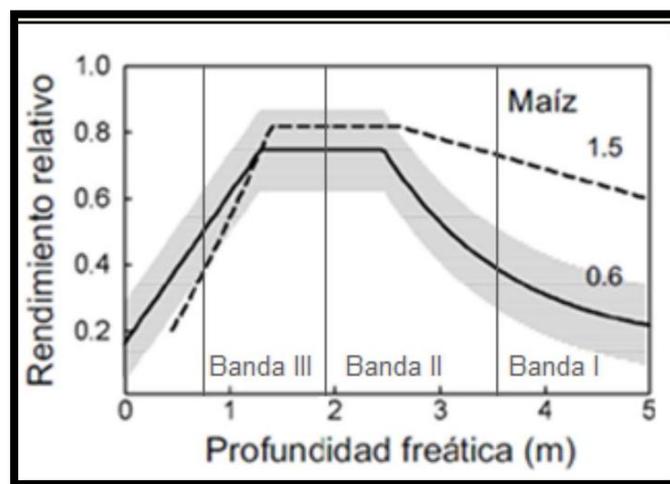


Fig. 1: Efecto de la profundidad de la napa sobre el rendimiento de maíz
(Adaptado de *Jobaggy y otros, 2010*)

Teniendo este marco como referencia, el objetivo de los ensayos aquí planteados fue comparar el rendimiento de Maíz tardío sobre antecesores distintos: Soja de primera y Soja de primera/Centeno de Cobertura en un campo en el departamento General Roca, provincia de Córdoba y establecer la diferencia entre un análisis convencional y un análisis alternativo por ambientes a la hora de evaluar la conveniencia de la incorporación de cultivos de cobertura en esta situación.

1.1 Antecedentes

Cultivos de cobertura (CC):

Los cultivos de cobertura se definen como una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual no tiene objetivo de cosecha. Entre las Gramíneas más usadas se encuentra el Centeno, por su gran resistencia al frío, tolerancia a sequía y producción de abundante volumen de residuo, junto con la avena (*Scianca et al.*, 2010)

Hay múltiples propósitos de realizar un cultivo de cobertura:

- **Fijación de carbono (C):**

El aporte de C por parte de los residuos de cultivos es el principal factor que afecta la MO (*Hendrix et al.*, 1998) y consecuentemente las propiedades edáficas relacionadas con el coloide orgánico. *Wander y Traina* (1996) comprobaron que los contenidos de MO fueron significativamente mayores cuando se incorporaron cultivos de cobertura a la rotación. Por su parte *Ding et al.* (2005) comprobaron que la inclusión de cultivos de cobertura afectó positivamente y en mayor grado las fracciones livianas de la MO.

- **Reducir erosión hídrica y eólica:**

La baja cobertura de rastrojos puede incrementar el riesgo de erosión hídrica y eólica exponiendo al suelo a la energía cinética de las lluvias, y los fuertes vientos, reduciendo la estabilidad estructural, clave para el ingreso de agua al suelo.

La incorporación de cultivos de cobertura invernal proporcionan una fuente adicional de cobertura viva, como también el “laboreo biológico” de sus raíces, que mejora la estructura, porosidad y estabilidad estructural de los agregados (*Walker y Reuter*, 1996)

- **Capturar nutrientes móviles como nitrógeno (N) y azufre (S):**

La captura de NO_3^- durante el largo periodo de barbecho que tiene lugar entre cultivos de verano (marzo-octubre) es otro de los objetivos perseguidos al establecer CC, minimizando la lixiviación durante el otoño, principalmente en suelos arenoso franco y franco arenoso de la Planicie Medanosas (*Fernández et al.*, 2005). En relación con este objetivo, *Strock et al.* (2004) reportaron que las pérdidas de N de NO_3^- por lixiviación en un suelo moderadamente drenado se redujeron en un 13

% en una rotación maíz-soja cuando un cultivo de centeno se implantó durante el periodo de barbecho. *Nyakatawa et al.* (2001) observaron un 23 a 82% menos de NO_3^- en CC que bajo barbecho desnudo. Similares resultados fueron obtenidos por *Quiroga et al.* (1999) quienes trabajando sobre Haplustoles énticos determinaron entre 70 y 83% menos de NO_3^- bajo verdeo de invierno. Este efecto puede resultar de suma importancia si consideramos que al incrementarse la proporción de residuos con menor relación C/N (soja) puede resultar inferior la inmovilización por parte de microorganismos. La relación C/N de los rastrojos fluctúa entre 30/1 (leguminosas) y 80/1 (gramíneas), dependiendo directamente del cultivo en cuestión (*Tisdale*, 1991).

- **Eficiencia en el uso del agua:**

En muchas zonas agrícolas de nuestro país las precipitaciones no logran cubrir los requerimientos del uso consuntivo de los cultivos y frecuentemente limitan el rendimiento y la respuesta a la fertilización. La evaporación es el principal factor de pérdida de agua, estimándose que entre el 50 y 75 % de la precipitación anual retorna a la atmósfera sin intervenir en el proceso productivo (*Bennie y Hensley*, 2000). Generalmente, en el período de barbecho, las precipitaciones ocurridas exceden la capacidad de retención de los suelos, evaporándose, escurriendo o percolando en profundidad, resultando en una baja eficiencia en el uso del agua. Por lo tanto, la inclusión de un cultivo de cobertura (CC) que utilice el excedente de agua en la generación de biomasa, secuestrando carbono (C), nitrógeno (N) y otros nutrientes, sería una alternativa a considerar, en rotaciones de cultivos bajo sistemas agrícolas de secano de la región Semiárida Pampeana, en los cuales el agua es el principal factor limitante en la producción. Sin embargo es necesario también considerar que se reconoce que el consumo hídrico de éstos durante el invierno podría interferir en la normal oferta de agua para el cultivo sucesor (*Duarte*, 2002).

- **Depresión de la napa freática:**

En aquellos suelos donde la presencia de napa está muy cercana a la superficie, los CC pueden mejorar esta situación mediante el consumo de agua y la fijación de nutrientes en los residuos, permaneciendo disponibles en un período posterior disminuyendo los riesgos de lixiviación. El consumo de agua en los primeros centímetros del perfil puede además mejorar la transitabilidad de los suelos en períodos húmedos.

- **Efecto sobre malezas:**

La competencia de las malezas por agua y nutrientes es una de las principales limitantes que condicionan el éxito de los cultivos en regiones semiáridas. El manejo de las mismas durante el largo período de barbecho, implica la utilización de herbicidas. Otra alternativa para su control, puede ser la implantación de un cultivo de cobertura (*Daliparthy et al.*, 1994). En diferentes estudios (*Scianca et al.*, 2006; *Sardiña et al.*, 2008) se han comprobado que la cobertura puede reducir la densidad y biomasa de malezas.

1.2 HIPÓTESIS

El centeno utilizado como cultivo de cobertura mejora las propiedades físicas del suelo y en determinados ambientes no deprime el rendimiento del cultivo de maíz.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento de centeno como cultivo de cobertura en un suelo Haplustol éntico típico de la zona de Villa Valeria en lo concerniente a producción de biomasa, consumo de agua y efecto en el cultivo de maíz.

1.3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Medir la producción de biomasa en el cultivo de centeno.
- Determinar el Costo Hídrico del centeno diseñado como cultivo de cobertura
- Evaluar el rendimiento de maíz sobre centeno y sobre barbecho por ambientes

2. Materiales y métodos:

Los ensayos fueron llevados a cabo en el campo Melideo, ubicado en la zona de Villa Valeria, departamento General Roca, ubicado en la Pampa medanosa, con un perfil típico de la Serie del Campillo en lomas pronunciadas (Ustorthent típico) y un perfil típico de la Serie El Veintitrés (Haplustol éntico) en lomas y pendientes suaves. La rotación de los últimos 10 años se compone de 50% Maíz de primera y 50% Soja.



Fig. 2: Imagen Satelital del campo Melideo

Diseño del ensayo

Para la campaña 2012-13 se realizaron dos ensayos, y para la campaña 2013-14, un ensayo. Los dos primeros (Lotes 2W y 4E) fueron franjas individuales de 1290 metros de largo x 6.8 metros de ancho, mientras que el último (Lote 4W) se diseñó en bloques de 1100 metros de largo x 6.8 metros de ancho siguiendo la secuencia CC/Barbecho (BB)/CC/BB/CC.

Determinaciones en el suelo

La fertilidad química (pH: potenciometría 1/2,5. Sulfatos: Turbidimetría. Fósforo: Método Kurtz y Bray I), materia orgánica por Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) y datos de granulometría (Gee and Bauder 1986) de los lotes donde se hicieron los ensayos se detallan en la **tabla 1**.

Los análisis de nitrógeno del suelo se realizaron a una profundidad de 0-60 cm y los valores de N-NO_3^- fueron determinados mediante la metodología de reducción por cadmio (Keeney and Nelson 1982).

La determinación de humedad gravimétrica se realizó por secado microondas. (Gómez Lorenzini et. al, 2007)

Con el dato de humedad gravimétrica del suelo y la Densidad Aparente (DAp) promedio del campo 1,4 Mg.m⁻³, se determinó humedad volumétrica y se calculó el costo hídrico de los centenos. La estimación de la DAp se hizo en función de la textura y manejo de los lotes.

Tabla 1: Fertilidad química y textura de los lotes donde se hicieron los ensayos

Lote	Posición	Año	M.O.T. (%)	M.O.J. (% Tot.)	P (ppm)	S (ppm)	pH	Arcilla (%)	Arena (%)
2W	Loma	2012	0.7	23.4	27.0	6.5	6.3	4.5	86.0
2W	Bajo	2012	1.3	47.0	34.9	6.1	6.1	8.2	71.6
4E	Loma	2012	0.5	58.8	34.1	5.5	6.4	7.5	77.9
4E	Bajo	2012	1.5	20.9	49.3	6.1	6.4	14.0	46.7
4W	Loma	2013	0.8	61.0	35.0	9.0	6.6	S/D	S/D
4W	Bajo	2013	1.3	70.5	52.7	11.0	6.6	S/D	S/D

Determinaciones en el cultivo de cobertura

La variedad utilizada de centeno fue “Berexine”, de ciclo corto, sembrado a 19 cm de espaciamiento, con una densidad de 30 Kg/Ha de semilla + 40 Kg/ha de urea. En el lote 4W de la campaña 2013-2014 la dosis de UREA fue de 50 Kg/ha.

Los Centenos se secaron con 1,6 litros de Roundup Full cuando estos se encontraban en el estadio de espiga embuchada y tuvieron diferente producción de materia seca en función de las condiciones de cada campaña (**Tabla 3**). Al momento del secado del centeno se cortaron 3 metros lineales (0.57 mt²) aleatorios de plantas para la determinación de la materia seca. Los resultados de contenido de agua, en planta fueron obtenidos mediante el secado con microondas (Gómez Lorenzini et. al, 2007).

La comparación se basó únicamente en el antecesor (Barbecho o Centeno de cobertura), siendo la tecnología de manejo del cultivo de verano la misma para ambos casos. La variación en el manejo del cultivo de verano se realizó de acuerdo al ambiente de producción y se puede observar en la **tabla 2**.

Luego del secado del cultivo de cobertura con herbicida se sembró un cultivo de maíz con distintos híbridos según el lote. Los materiales utilizados fueron Dekalb 670 MGRR, Dekalb 190 MGRR y La Tijereta 632 MGRR

La cosecha del maíz se realizó con máquina y se midió rendimiento a campo por medio de pesadas con monotolva.

Tabla 2: Descripción del manejo del cultivo de maíz tardío

Lote	Ambiente	Híbrido	Voleo (DAP)	Siembra (S10Z)	Chorreado (SolMix)	Fecha de Siembra	Densidad (Semillas/Ha)
4E	BP	DK 670	102	41	240	20/12/2012	46.000
	AP		224	63			68.000
2W	BP	DK 190	95	49	159	15/12/2012	52.000
	AP		219	63			67.000
4W	BP	LT 632	44	45	-	14/12/2013	50.000
	AP		190	60			65.000



Fig. 3: Cultivo de cobertura con control químico (derecha) y barbecho (izquierda)



Fig.4: Maíz sobre cultivo de cobertura (derecha) y sobre barbecho (izquierda)

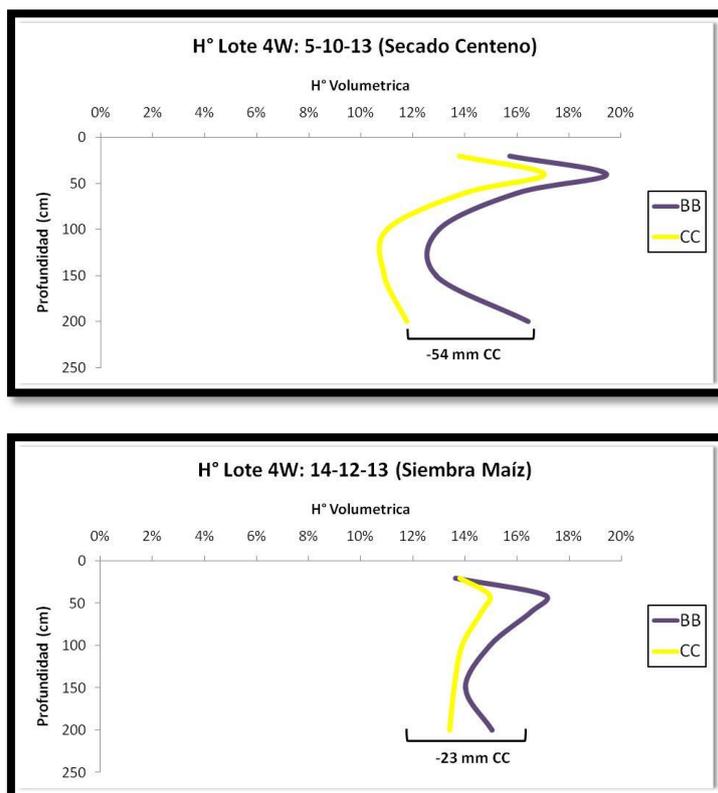
Tabla 3: Materia seca producida, lluvias ocurridas entre siembra y secado en los cultivos de cobertura.

Lote	Fecha de Siembra	Fecha de Secado	Lluvias entre siembra y secado (mm)	MS Kg/HA	Costo Hídrico Centeno (mm) ⁴
4E	20/04/2012	11/09/2012	120	8200	97
2W	02/05/2012	17/09/2012	103	6800	Sin Datos
4W	25/04/2013	05/10/2013	59	2600	54

4: Costo hídrico calculado como la diferencia entre el consumo de agua del cultivo de cobertura en relación al consumo de agua en el barbecho.

3. Resultados y discusión:

Haciendo un seguimiento más pormenorizado del ensayo del lote 4W se puede apreciar los cambios en la dinámica del agua en los distintos tratamientos en distintas fechas y a diferentes profundidades del suelo en un ambiente Potencial Promedio (**Gráfico 1**).



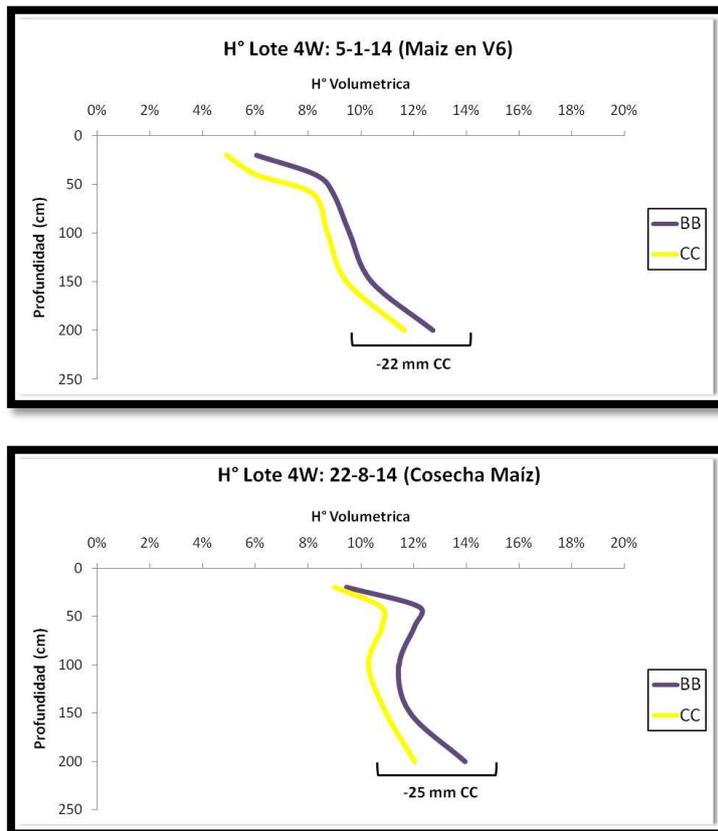


Gráfico 1: Evolución del agua volumétrica en los dos tratamientos en un ambiente **Potencial Promedio** hasta los 2 metros de profundidad.

La campaña 2012-2013 se caracterizó por las altas precipitaciones en primavera y las bajas precipitaciones en verano recibiendo un total de 647 mm (**Gráfico 2**), en tanto que la campaña 2013-2014, recibió un 33% menos de lluvia que el promedio anual (494 mm, 735 mm respectivamente), con una distribución desfavorable de precipitaciones para los cultivos estivales (la suma de lluvias de Noviembre, Diciembre y Enero fueron 184 mm menores que el promedio). Esta última campaña también se caracterizó por sus altas temperaturas en los meses de Diciembre y Enero (**Gráfico 3**)

El nitrógeno ($N-NO_3^-$) remanente de ambos tratamientos se comparó a la siembra del maíz en el lote 4W en un ambiente PP siendo los resultados: 11.80 ppm sobre CC y 8.97 ppm sobre BB. Cuando el maíz se encontraba en V6 (6 hojas) la diferencia se sostenía con valores de 9.65 ppm sobre CC contra 7.34 ppm sobre BB.

En el **gráfico 4**, donde se observa que el rendimiento del cultivo de maíz sembrado en el mes de Diciembre sobre barbecho fue mayor que sobre cultivo de cobertura (entre 200 y 800 Kg/Ha) en las tres situaciones evaluadas.

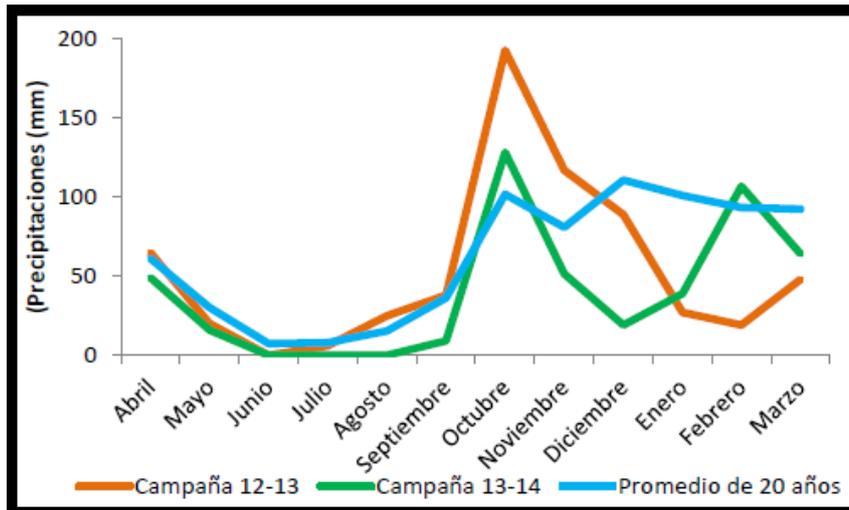


Gráfico 2: Distribución mensual de las precipitaciones de las campañas 2012/13, 2013/14 y promedio histórico de la serie 1994/2014.

Fuente: elaboración propia con datos de registros del establecimiento.

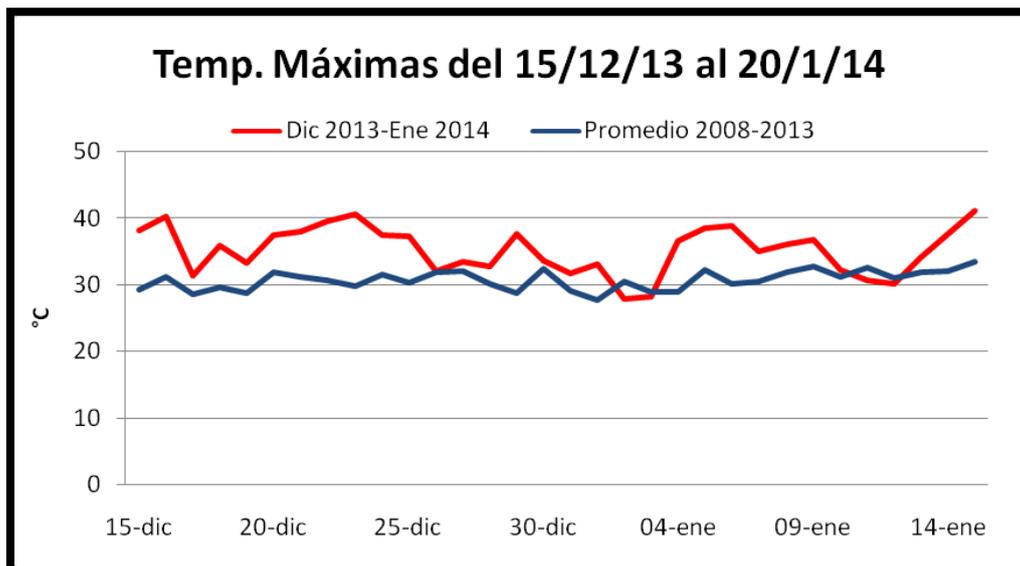


Gráfico 3: temperaturas máximas de los meses Diciembre 2013 y Enero 2014

Fuente: elaboración propia con datos de registros del establecimiento.

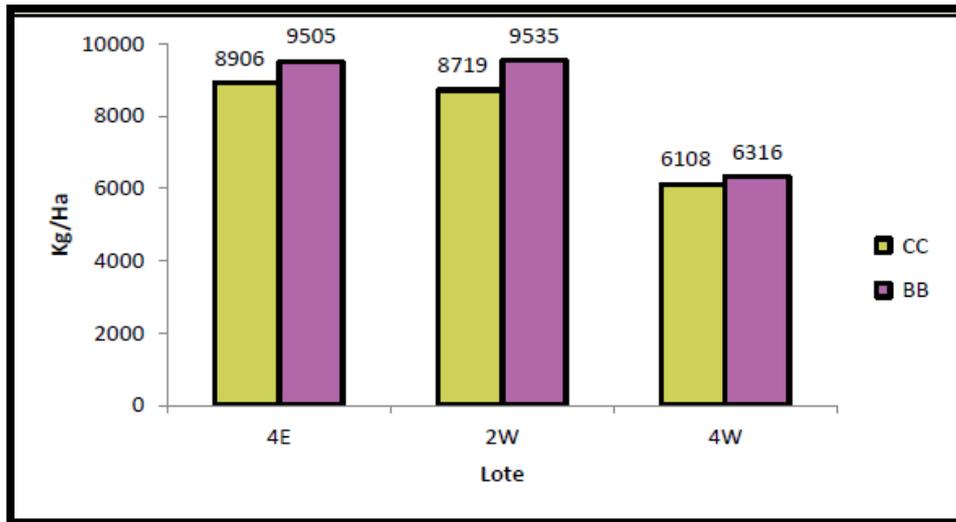


Gráfico 4: Rendimiento de maíz tardío sobre cultivo de cobertura (CC) y sobre barbecho (BB)

Análisis por ambientes

El campo en el cual se realizaron los ensayos está totalmente ambientado y se realiza dosis variable de semilla de maíz y fósforo desde la campaña 2010-2011. Para dicha ambientación se aplicó el uso de distintas capas de información (mapas de rendimiento históricos del cultivo de maíz, altimetría con señal correctora RTK e imágenes satelitales multiespectrales) pudiendo identificarse 3 zonas contrastantes: Alto Potencial (**AP**), Potencial Promedio (**PP**) y Bajo Potencial (**BP**) (**Fig. 5**)

Teniendo en cuenta que los centenos de cobertura de este campo están planteados para ambientes con alto contenido de arena y bajo contenido de materia orgánica total (MOT) y que el establecimiento en cuestión es sumamente heterogéneo, se realizó un análisis de cada ensayo por ambiente. Cada tratamiento mapeado con monitor de rendimiento se lo sometió a una limpieza de los extremos y se lo corrigió por el rendimiento real ajustado con el dato de la Monotolva con el software Farm Works (*Trimble Navigation Limited*) y se compararon los puntos resultantes por cada ambiente identificado.

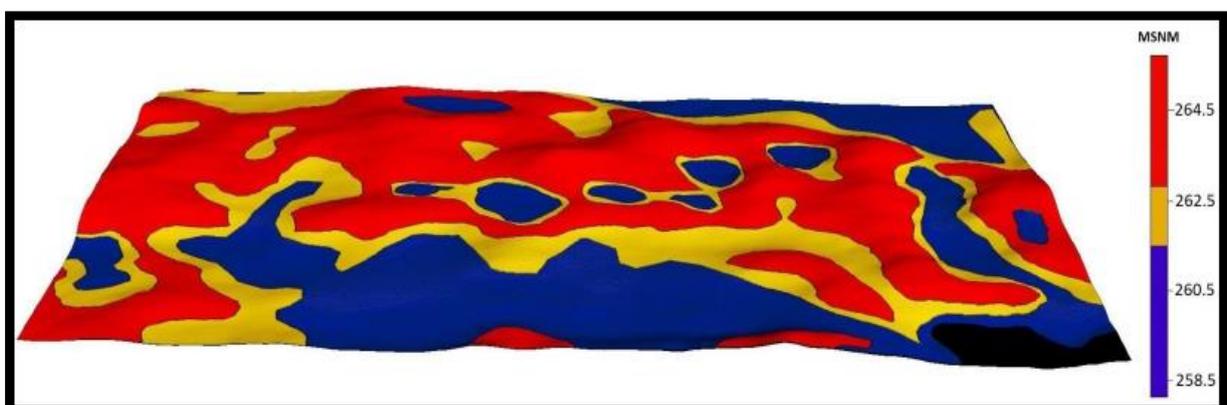


Figura 5: Ambientación sobre altimetría del lote 2W

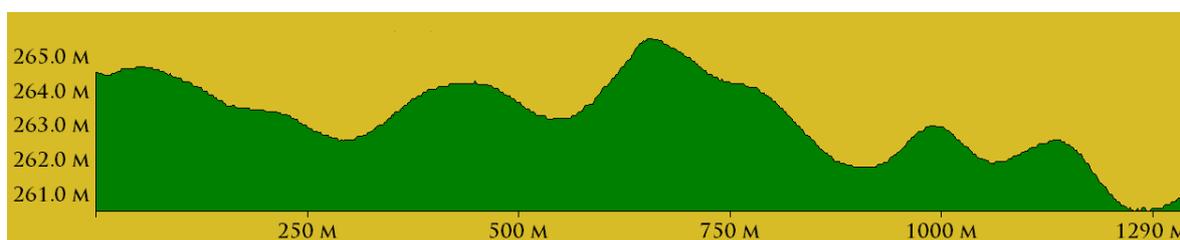


Figura 6: Altímetria: Corte Longitudinal del lote 2W

Este análisis dio como resultado que en los ambientes **BP** el cultivo de maíz sobre centeno rindió en promedio 358 Kg/Ha más que sobre barbecho y en todos los lotes en los que se hizo la observación, ésta favoreció al CC. Si nos vamos al otro extremo y analizamos el ambiente **AP** pudimos observar que en este tipo de ambiente donde predomina la influencia positiva de la napa freática, el maíz sobre centeno rindió 473 Kg/Ha menos que sobre barbecho y en todos los casos la diferencia fue favorable para este antecesor. El ambiente de transición entre estos dos últimos sería el **PP**, en el cual el maíz rindió 154 Kg/Ha más sobre centeno versus barbecho (**Tabla 4**). El análisis por ambientes de la información nos indica que la utilización de cultivos de cobertura redonda en mayor rendimiento de maíz en los ambientes más restrictivos (**BP**).

Tabla 4: rendimiento de maíz sobre cobertura y sobre barbecho, por ambiente.

Lote	Ambiente	Kg/Ha Centeno Cobertura	Kg/Ha Barbecho	Diferencia cobertura/barbecho (kg/ha)	Promedio cobertura/barbecho (kg/ha)
4W	AP	6.268	6.387	-119	-473
4E		7.870	8.715	-845	
2W		8.062	8.517	-455	
4W	PP	5.774	5.274	500	154
4E		7.029	6.877	153	
2W		7.517	7.707	-190	
4W	BP	4.792	4.317	475	358
4E		5.611	5.326	285	
2W		5.220	4.905	315	

Utilizando el software Infostat (*Di Rienzo J.A. et al 2015*) para graficar la distribución de rendimientos de maíz en función del antecesor, se puede observar que sobre cultivo de cobertura son más estables y que para los lotes estudiados, aquellos ambientes de menos de 6200 Kg/Ha tuvieron una respuesta positiva a la incorporación de CC, tomando como medida el rendimiento del maíz tardío. También se observa que estos casos donde se manifiesta conveniente la incorporación de cultivo de cobertura

abarcan alrededor del 25% de los puntos, mientras que en el 75% restante el cultivo de maíz rinde menos sobre CC. (Gráfico 5)

Cuando se ve la distribución de rendimientos en función del antecesor por ambientes (Gráfico 6, 7 y 8), el punto de quiebre en el cual el rendimiento de maíz tardío mejora con la incorporación de CC es similar (ambientes de menos de 6 – 6,5 T/ha), la diferencia es la proporción de puntos en cada ambiente donde se manifiesta esta situación, siendo solo del 10% en los mejores ambientes (AP) y llegando hasta el 50% en los ambientes de PP.

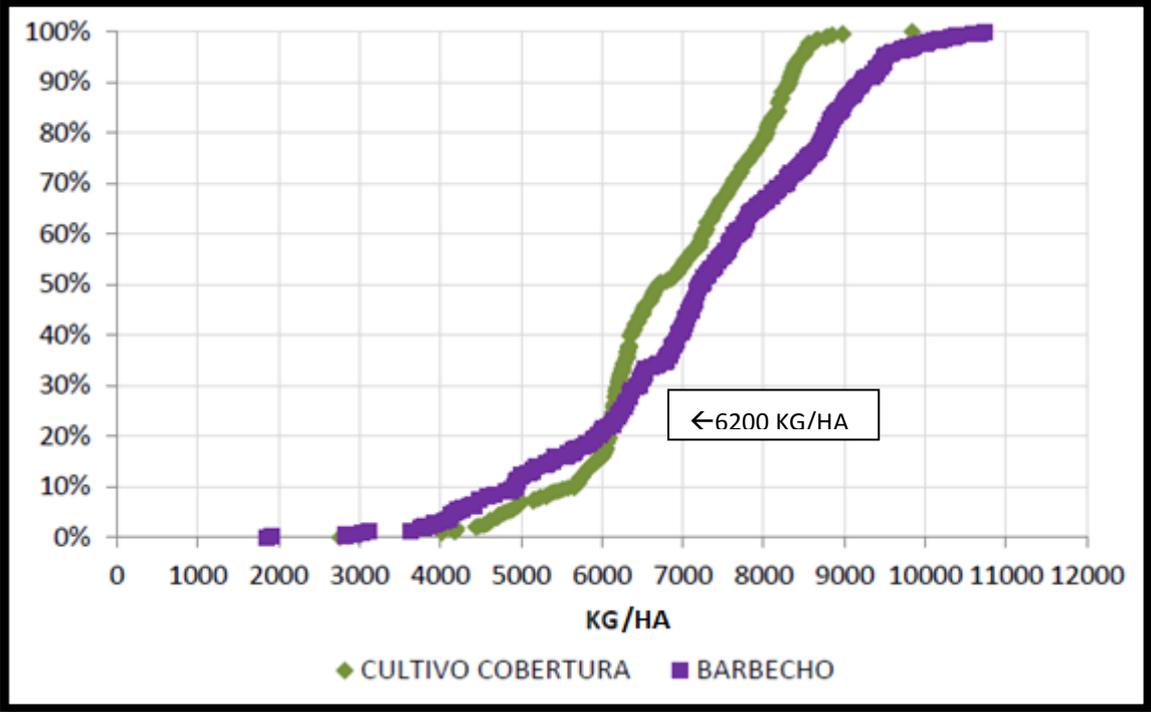


Gráfico 5: Distribución de rendimientos de maíz (Kg/Ha) en función del antecesor (todos los ambientes)

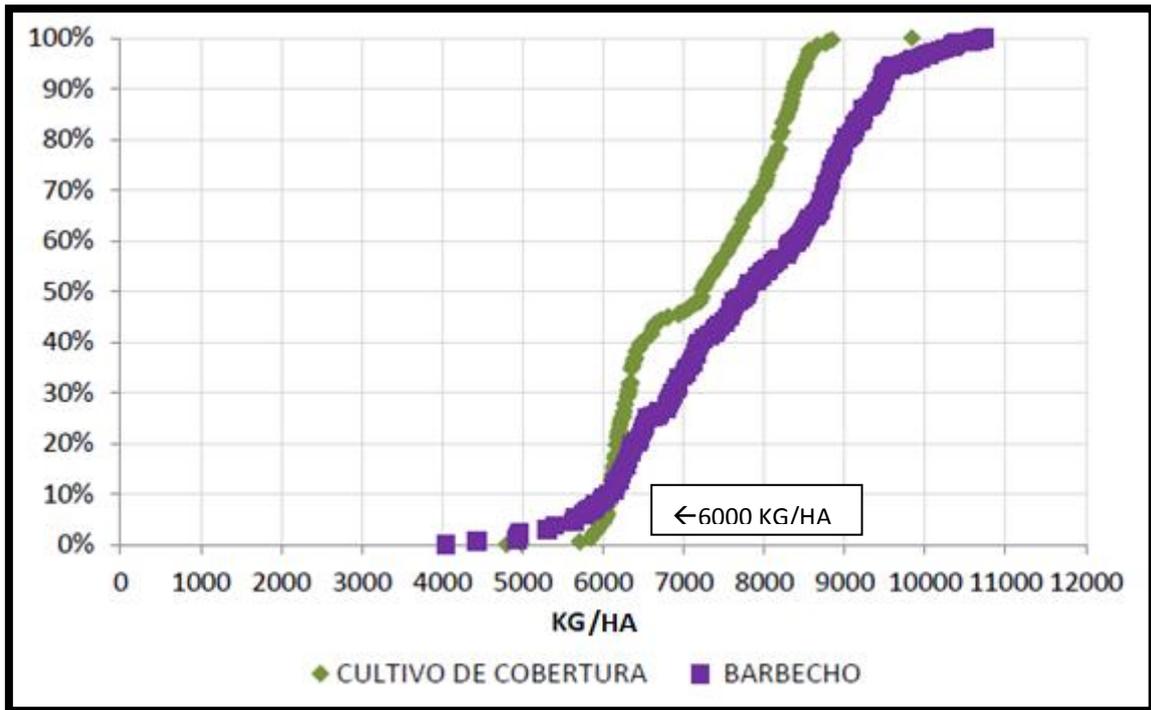


Gráfico 6: Distribución de rendimientos de maíz (Kg/Ha) en función del antecesor (para ambientes AP)

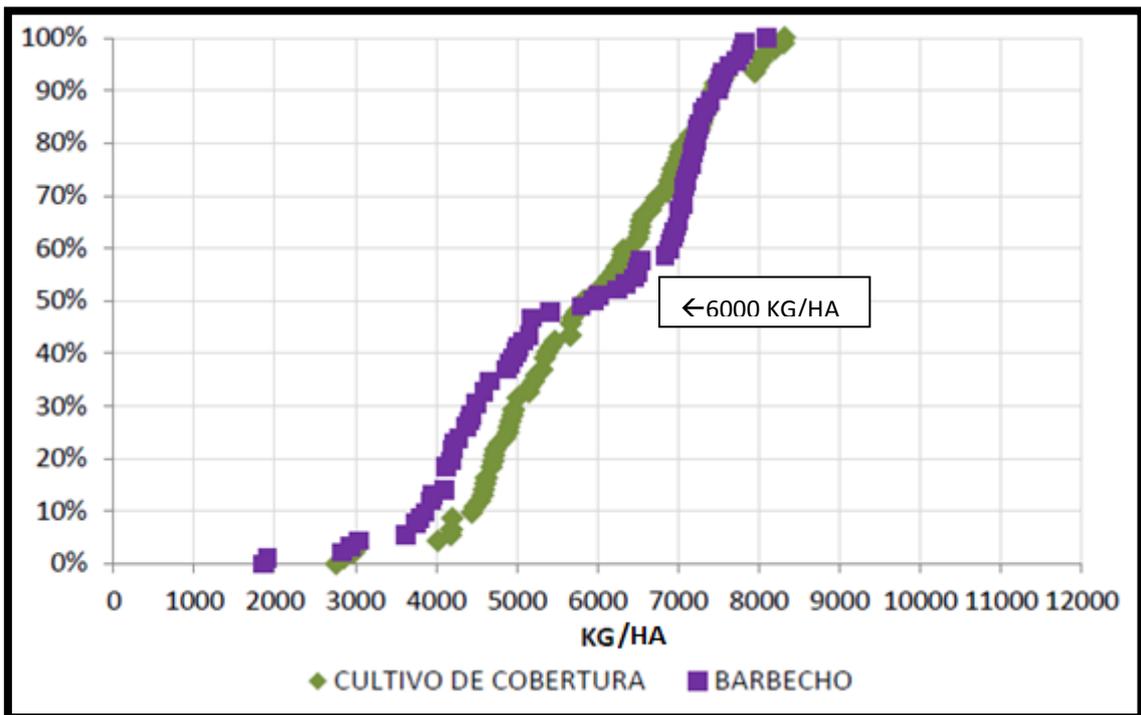


Gráfico 7: Distribución de rendimientos de maíz (Kg/Ha) en función del antecesor (para ambientes PP)

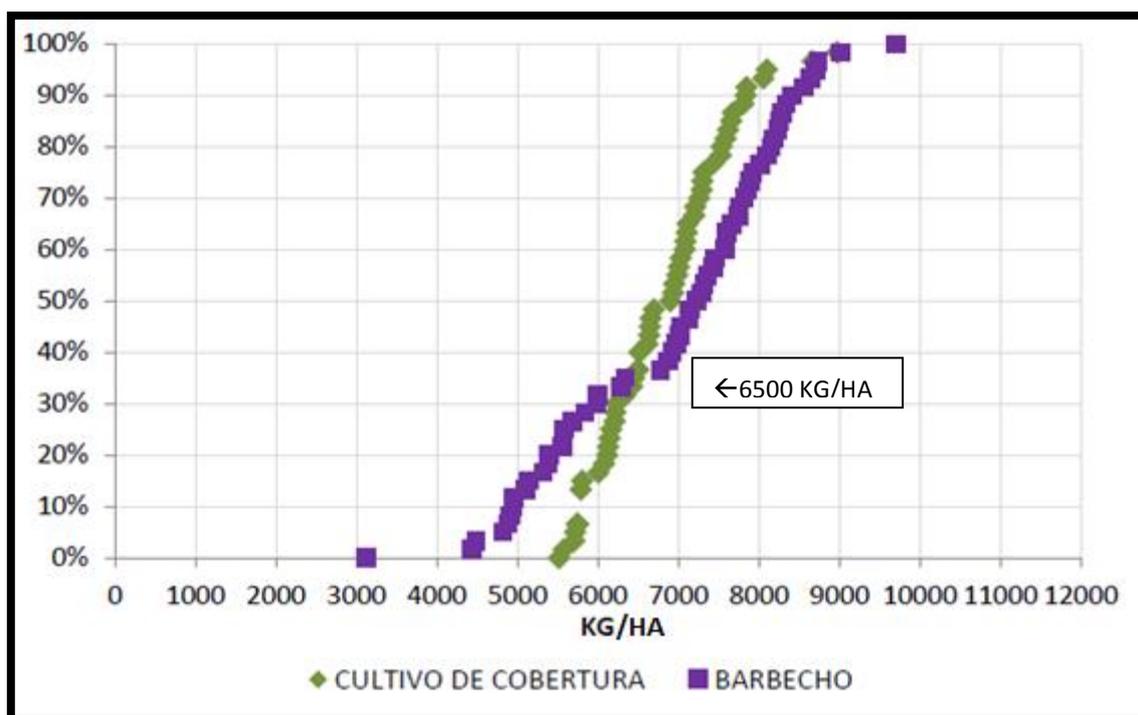


Gráfico 8: Distribución de rendimientos de maíz (Kg/Ha) en función del antecesor (para ambientes **BP**)

Conclusiones

Consideramos que el aporte del análisis más detallado de los resultados de cosecha por ambiente permitió inferir que en los ambientes donde las limitantes para la producción son mayores debido a la posición en el relieve, contenido de arena y baja capacidad de retención de agua (**BP**), el centeno como cultivo de cobertura brinda un plus en rendimiento además de cumplir con los objetivos de aporte de carbono y control de erosión eólica. Por otro lado en ambientes donde los recursos son más abundantes y las expectativas de rendimiento del cultivo crecen (**AP**), hacer centeno como cultivo de cobertura tendrá un efecto depresor sobre el rendimiento del cultivo siguiente (Maíz tardío).

El avance práctico de estos hallazgos lleva a sembrar los cultivos de cobertura en los ambientes de mayor proporción de lomas y dentro de cada lote a realizar las coberturas sectorizando las siembras solo en esos ambientes, debido a que quedó demostrado que en ambientes **BP** y **PP** el efecto del centeno como cultivo de cobertura resulto beneficioso en rendimiento en un porcentaje considerable de los casos

Sería valioso explorar que sucede con estas dos rotaciones y su posterior efecto en los cultivos estivales en el mediano y largo plazo.

Bibliografía

Alessandria, E, M Arborno, H Leguía, L. Pietrarelli, J Vicente, J Zamar. 2013. Introducción de cultivos de cobertura en agroecosistemas extensivos de la región central de Córdoba. En: “Contribuciones de los Cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción”. Alvarez Et. al. 1° Edición. INTA, 2012. La Pampa.

Bennie A. y M. Hensley 2000. Maximizing precipitation utilization in dryland agriculture in South Africa, a review. *Journal of Hydrology*. 241:124-139.

Daliparthi J., Herbert S., y P. Veneman 1994. Dairy manure application to alfalfa: crop response, soil nitrate, and nitrate in soil water. *Agron. J.* 86, 927– 933.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Ding G., Liu X., Herbert S., Novak J., Dula A., y B. Xing 2005. Effect of cover crop management on soil organic matter. *Geoderma*. Article in Press.

Duarte G. 2002. Sistemas de Producción de girasol en la región húmeda de Argentina. En Manual práctico para el cultivo de girasol. Editores Díaz-Zorita M. y Duarte G., 313 pp.

Fernandez R., Funaro D. y A. Quiroga 2005. Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. *Boletín de divulgación técnica* N° 87. Aspectos del manejo de los suelos en sistemas mixtos de las regiones semiárida y subhúmeda Pampeana.

Gee, G. and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. *Methods of soil analysis Part 1 Agron. Monogr.* 9. A. Klute (ed.). ASA, MADison, WI. USA pp 383-409.

Gomez Lorenzini M.S, Vidal Arcos S. Correlación de determinación de humedad de suelos mediante secado de horno y en microondas. *Revista de la construcción*, vol. 6, núm. 1, 2007, pp 28-34. Pontificia Universidad Católica de Chile.

Hendrix P. F., Franzluebbbers A. J. and D. V. McCracken 1998. Management effects on C accumulation and loss in soils of the southern Appalachian Piedmont of Georgia. *Soil Till. Res.*47:

245-251

Jobbágy, E., M. Nossetto, J. Mercau. Interacción entre Napas Freáticas y Cultivos. 2010. 9° Curso Internacional de Agricultura de Precisión

Keeney D.R. and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen, en *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and Microbiological properties*, Agronomy monographs, no. 9, second edition, ASA.SSSA., pp 643-693.

Klute A. 1986. Water retention: Laboratory methods, en *Methods of soil análisis, Part 1, Physical and mineralogical methods*, Agronomy monographs no. 9, second edition, ASA.SSSA., pp 635-660.

Kruger, H y A. Quiroga. 2012. La “Interfase suelo-atmósfera” y su valor estratégico en regiones semiáridas. En: “Contribuciones de los Cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción”. Alvarez Et. al. 1° Edición. INTA, 2012. La Pampa.

Lardone, A., C. Justo, M. Barraco, C. Scianca, W. Miranda. Especies de Cultivos de Cobertura como antecesores de maíz tardío y soja. 2013

Nelson D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, Organic carbon and organic matter, en *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and Microbiological properties*, Agronomy monographs, no. 9, second edition, ASA.SSSA., pp 539-577

Nyakatawaa E, K. Reddya y K. Sistani 2001. Tillage, cover cropping, and poultry litter effects on selected soil chemical properties. *Soil. Till. Res.* 58, 69-79.

Quiroga A., Ormeño O., Bono A., Rodríguez N., Montoya J. y F. Babinec 1999. Aspectos del manejo de suelo y productividad del girasol en la región semiárida pampeana. *Bol. Tec.* N° 63 EEA Anguil.

Tisdale S. 1991. *Fertilidad de Suelos y Fertilizantes*. México, Editorial Limusa. 760 p.

Rillo, S, C Alvarez, R. Bagnato, E. Noellemeyer, 2012. Cultivos de cobertura: gramíneas y leguminosas en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. En: “Contribuciones de los Cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción”. Alvarez Et. al. 1° Edición. INTA, 2012. La Pampa.

Rubio, G, C. Mosca, M.F Varela, C. Scianca, M. Taboada. 2012. Estructura de suelos arenosos bajo cultivos de cobertura. En: “Contribuciones de los Cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los

sistemas de producción”. Alvarez Et. al. 1° Edición. INTA, 2012. La Pampa.

Sardiña C., Lurdes G., Orelia M. y A. Quiroga 2008. Cultivo de cobertura, efectos de la fertilización sobre la producción de biomasa, eficiencia de uso del agua y el cultivo sucesor. VII Congreso Nacional Trigo y V Simposio Cereales Otoño Invernales. Santa Rosa, La Pampa, Argentina

Scianca C., Álvarez C., Barraco M., Quiroga A. y P. Zalba 2006. Cultivos de cobertura. Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas. XX Congreso AACCS, Salta, Argentina.

Scianca C., Varela MF, Barraco M, Álvarez C; Quiroga A. 2010. Cultivos de cobertura en Hapludol Thpato Árgico: Análisis de cinco campañas– En Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. INTA.

Scianca.C, Barraco.M, Alvarez.C, Quiroga.A. 2013. Cultivos de cobertura de Hapludol Thpato Argico: Análisis de cinco campañas – En Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. INTA.

Strock J., Porter P. y M. Russelle 2004. Cover cropping to reduce nitrate loss through subsurface drainage in the northern U.S. Corn Belt. J. Environ.Qual. 33: 1010-1016.

Tisdale S, Nelson y Werner L. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Hispanoamericana, (1 edición) Mexico DF

Trimble Navigation Limited, Farm Works, 2010-2016

Walker J y J Reuter (Eds). 1996. Indicators of catchments health: a technical perspective CSIRO. Melbourne

Wander M. y S. Traina 1996. Organic fractions from organically and conventionally managed soils: I. Carbon and nitrogen distribution. Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 1081– 1087.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Agricultura de precisión para los Cultivos de Cobertura

Alumno: Cola, Leonardo
DNI: 27.933.697

Director: Ing. Agr. Marcos Bongiovanni

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

Ing. Agr. Bonadeo Elena _____

Ing. Agr. Marzari Rosana _____

Ing. Agr. MSc. MSc. Bongiovanni, Marcos _____

Fecha de Presentación: 22/02/2017.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____

Secretario Académico
