

Jornadas sobre biofumigación, biosolarización, abonos verdes y cultivos de cobertura en producciones intensivas

San Pedro, 8 y 9 de noviembre de 2022

Coordinación: Mariel Mitidieri

Organizadores

Mariel Mitidieri
Patricia Baffoni
María Virginia Brambilla
Fedra Albarracin
Natalia Meneguzzi
Verónica Obregón
Mariana Piola
Analía Puerta

Comité revisor

Patricia Baffoni
Natalia Meneguzzi
Mariel Mitidieri
Verónica Obregón
Analía Puerta

Colaboradores

Martín Barbieri
César Cejas
Julio Celié
Ramón Celié
Juan Carlos Díaz
Gerónimo Gutiérrez
Lorena Peña
Estela Piris

Instituciones patrocinantes

AAF - Asociación Argentina de Fitopatólogos
Municipalidad de San Pedro



¿Qué indicadores de suelo modifican los cultivos de cobertura en ensayos de larga duración en sistemas intensivos bajo cubierta?

Cristian Álvarez, Alberto Muguero y Carlos Pechín

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estación Experimental Agropecuaria Anguil.
Agencia de Extensión Rural General Pico; Argentina

alvarez.cristian@inta.gov.ar

Resumen

En la provincia de La Pampa el agua que se utiliza para riego bajo cubierta es derivada de acuíferos. Entre las problemáticas habituales de los suelos se encuentran la sodicidad, salinidad, pérdida de materia orgánica y fertilidad física. El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) junto a otros como acelga (*Beta vulgaris*) y tomate (*Solanum lycopersicum*) son los más cultivados en la provincia. Especies como centeno (*Secale cereale* L.) son usados para reciclar nutrientes, incorporar carbono y generar cobertura. Este trabajo tuvo como objetivo cuantificar y adaptar prácticas integradoras de conservación de los recursos suelo y agua para mejorar la productividad de los cultivos y el resultado económico de las empresas hortícolas, además de contribuir a la sustentabilidad ambiental de los sistemas intensivos de los cinturones verdes de la región pampeana. El ensayo se realizó en un invernadero ubicado en el Centro Regional de Educación Tecnológica en General Pico, La Pampa. Los tratamientos fueron: 1) Testigo absoluto (sin cultivo de cobertura) solo con uso de abonos orgánicos a partir del 5to año; 2) cultivo de cobertura (Centeno, Var. Quehué) (CC) incorporado durante 8 años consecutivos desde el 2012. Se evaluó rendimiento kg m⁻². Se tomaron muestras de suelo a 0-20 cm de profundidad, se determinó la conductividad eléctrica (CE) y pH y se realizaron determinaciones de infiltración. El pH varió, pero no se obtuvieron diferencias significativas en los ciclos de cultivos y años evaluados. La incorporación de CC después de 10 años mejoró significativamente las condiciones químicas del suelo medida a través de la CE, aspecto que contribuyó a incrementar la productividad con respecto al testigo en un 5 % para lechuga, 15 % tomate y 10 % acelga. Además, el aporte total al sistema en 10 años fue del 30 % de incremento en el rendimiento acumulado de todos los cultivos evaluados.

Palabras clave: sales - sistemas sustentables – productividad - alcalinización del suelo

What soil indicators modify cover crops in long-term trials in intensive under cover systems?

Abstract

In the province of La Pampa, water used for irrigation under cover is derived from aquifers. Common soil problems include sodicity, salinity, loss of organic matter and physical fertility. Lettuce (*Lactuca sativa*) together with others such as chard (*Beta vulgaris*) and tomato (*Solanum lycopersicum*) are the main cultivated crops in the province. Species such as rye (*Secale cereale* L.) are used to recycle nutrients, incorporate carbon and generate cover. The aim of this work was to quantify and adapt integrative soil and water conservation practices to improve crop productivity and the economic performance of horticultural enterprises, as well as to contribute to the environmental sustainability of intensive systems in Pampean region green belts. The trial was carried out in a greenhouse located at the Regional Centre for Technological Education in General Pico, La Pampa. The treatments were: 1) Absolute control (without cover crop) only with the use of organic fertilizers from the 5th year; 2) cover crop (Rye, Var. Quehué) (CC) incorporated for 8 consecutive years since 2012. Yield kg m⁻² was evaluated. Soil samples were taken at 0-20 cm depth, electrical conductivity (EC) and pH were determined and infiltration determinations were made. The pH varied, but no significant differences were obtained in the crop cycles and years evaluated. The incorporation of CC after 10 years significantly improved soil chemical conditions as measured by EC, which contributed to increase productivity with respect to the control by 5 % for lettuce, 15 % for tomato and 10 % for chard. In addition, the total contribution to the system over 10 years was a 30 % increase in the cumulative yield of all the crops evaluated.

Keywords: salts - sustainable systems – productivity - soil alkalisation

Introducción

A partir de la década de los 70 se incorpora y promueve en la Argentina la introducción de producción bajo cubiertas plásticas. Bajo esta modalidad de producción se generó y genera conflictos asociados al manejo de riego y la calidad de agua utilizada para sostener la productividad de los cultivos. En la provincia de La Pampa el agua que se utiliza para riego bajo cubierta en el área hortícola es derivada de acuíferos. En esa región, como en otros sitios de la Argentina, es común encontrar acuíferos de calidad regular para el riego (Auge & Hernández, 1983; Minghinelli, 1995).

Entre las problemáticas habituales de los suelos se encuentran las derivadas de sodicidad, salinidad, pérdida de materia orgánica y fertilidad física (Andriulo *et al.*, 1998; Barbacone & Costa, 1999; Costa & Aparicio, 1999; Caviglia & Paparoti, 2000). El aumento de la concentración de Na^+ afecta la estructura y porosidad de los suelos, alterando la circulación de los fluidos, propiciando la ocurrencia de anegamientos y dificultando la renovación del ambiente edáfico. Por otro lado, los suelos se tornan excesivamente duros al secarse y se encostran con facilidad, entre otros perjuicios (Vázquez *et al.*, 2006 a y b; Vázquez *et al.*, 2008). Según numerosos autores, entre ellos Suárez (1981), Pizarro (1985) y Ayers & Westcot (1987), las principales propiedades de la calidad de las aguas para tener en cuenta al calificarlas para riego son: alcalinidad, salinidad y sodicidad.

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) junto a otros como acelga (*Beta vulgaris*) y tomate (*Lycopersicon esculentum*) son los más cultivados en la provincia. Estos sistemas hortícolas bajo cubierta generan una importante presión sobre el suelo a través de la intensificación de las prácticas de manejo (roturación de suelos, uso de fertilizantes en exceso, entre otros) y la incorporación de agua de riego de mala calidad (lamina de riego, y tipo). Es por ello que, teniendo en cuenta los atributos de las gramíneas, las mismas son usadas como cultivos de cobertura (CC), permitiendo mejorar la fertilidad física y química de los suelos, transformándose la misma en una herramienta para mitigar los efectos negativos sobre el suelo y el rendimiento. Estas problemáticas requieren de enfoques cada vez más sistémicos que disciplinarios (normalmente reduccionistas), y plantean la necesidad de una nueva agenda técnica y científica orientada hacia el logro de una mayor eficiencia en el uso del agua, considerando no sólo los factores que afectan la productividad física (kg/mm) sino también aquellos que inciden sobre la productividad económica (\$/mm). Especies como Centeno (*Secale cereale* L.)

son usados para reciclar nutrientes, incorporar carbono y generar cobertura, controlando la evaporación de agua y la aparición de malezas. Además de mejorar la porosidad y enriquecer la biología edáfica a través de incrementos en los residuos y pool de carbono total y joven.

Este trabajo tuvo como objetivo cuantificar y adaptar herramientas de manejo sencillas como prácticas integradoras de conservación de los recursos suelo y agua, para mejorar la productividad de los cultivos y el resultado económico de las empresas hortícolas, y además, contribuir a la sustentabilidad ambiental de los sistemas intensivos de los cinturones verdes de la región pampeana.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Área de Producciones Intensivas del Centro Regional de Educación Tecnológica (CERET) en General Pico, La Pampa (35° 40' S de latitud y 63° 46' O de longitud). El ensayo se ubicó en un invernadero alto de 50 m de largo, seis m de ancho y tres m de altura con una sistematización de tres platabandas de un m de ancho, 48 m de largo y 0,15 m de altura separada por pasillos de 0,40 m de ancho. Se instaló un sistema de riego presurizado con dos cintas de goteo tipo T-Tape por platabanda.

Los tratamientos fueron: 1) Testigo absoluto (sin cultivo de cobertura) solo con uso de abonos orgánicos a partir del 5^{to} año; 2) cultivo de cobertura (Centeno, Var. Quehué) (CC) incorporado durante 8 años consecutivos desde el 2012, entre los meses de marzo a junio con densidades de siembra de 30 kg/ha.

Diseño experimental: El ensayo se diseñó en parcelas apareadas con cuatro repeticiones por tratamiento de 24 m² de superficie. Sus resultados se evaluaron por el análisis de la variancia y se determinó diferencias de medias entre tratamientos según Test de LSD.

Evaluaciones: En el cultivo se evaluó rendimiento (kg m⁻²) a través de la biomasa área producida en lechuga y acelga, en tanto que para el cultivo de tomate se evaluó producción de fruto. En el suelo (0-20 cm) se determinó la conductividad eléctrica (CE) y pH en todos los ciclos y años de evaluación. Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-20 cm, a la siembra de cada cultivo. Al 4^{to} y 8^{vo} año se realizaron determinaciones de infiltración con anillos simple. Y el análisis estadístico se realizó con InfoStat (Di Rienzo, 2016).

Resultados y discusión

El rendimiento de los cultivos varió entre años y tratamientos ($p < 0,05$) (Figura 1). Estas diferencias fueron significativas a partir de los cinco años de producción a favor del tratamiento con cultivo de cobertura ($p < 0,05$); en el último año presentó mejores rindes el testigo, principalmente asociado al aporte de abonos orgánicos (compost). El rendimiento del cultivo de lechuga varió entre 1,6-2,7 y entre 1,6-3,1 kg m⁻² en promedio acumulado de los tratamientos sin y con CC respectivamente du-

rante todo el ensayo (Figura 1). Mostrando una mejora significativa del 5% promedio entre tratamientos, sin presentar diferencias significativas ($p < 0,05$). En el caso del cultivo de tomate las diferencias fueron mayores, presentando incrementos significativos del 12 % en rendimiento para el tratamiento con cultivo de cobertura. Además, en la Figura 1, se puede observar producciones mayores al 10 % en el cultivo de acelga sobre CC. La productividad de los cultivos mejoró un 30 % la productividad total del sistema en estos 10 años con manejo de cultivo de cobertura previo.

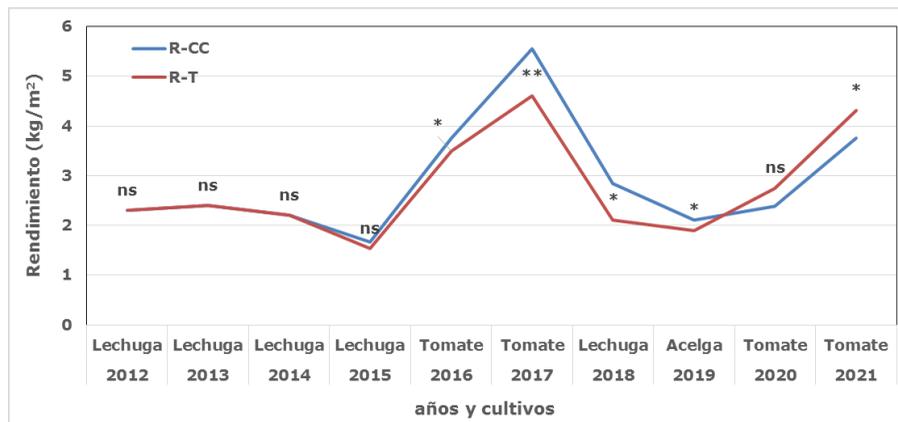


Figura 1. Rendimiento de cultivos de 10 ciclos con antecesor cultivo de cobertura (línea azul-CC) vs testigo (línea roja-T). Asterisco indica diferencias significativas entre tratamientos para cada cultivo (0,05)

La acumulación de sales en el suelo es el factor principal que limita la producción en los cultivos bajo cubierta, siendo el mayor responsable la aplicación en exceso de fertilizantes inorgánicos y en segundo lugar la evapotranspiración que favorece a la acumulación de sales en superficie (Zhang *et al.*, 2006). La CE varió entre 0,30-1,55 y 0,20-1,22 (dS/m) en los tratamientos sin y con cultivo de cobertura respectivamente (Figura 2). Además, podemos observar diferencias significati-

vas entre tratamiento en la mayoría de los años y ciclos evaluados. Esto marca la importancia de realizar este tipo de determinaciones en cada ciclo de cultivo, dándole valor al efecto que genera la cobertura sobre una mayor infiltración/captación, porosidad interna del mismo mejorando el lavado y evitando la pérdida de agua directa y con ello menor concentración de solutos en superficie (Foto 1).

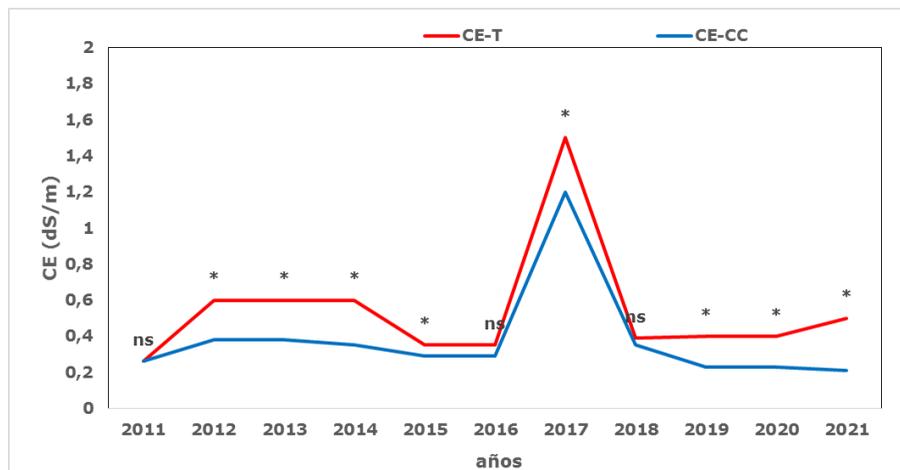


Figura 2. Conductividad eléctrica del suelo (dS/m) en función de los años y tratamiento de cultivo de cobertura (línea azul CC) y testigo (línea roja-T). Asterisco indican diferencias significativas entre tratamientos para cada momento de evaluación



Foto 1. Salinización de los sistemas por falta de cobertura y calidad de agua de riego CERET La Pampa

El pH varió entre 8,40-9,10 y 8,20-9,22 en los tratamientos sin y con cultivo de cobertura (CC) respectivamente (Figura 3). En tanto que los valores medios observados para cada tratamiento no permitieron obtener diferencias significativas en los ciclos de cultivos y años evaluados. Al igual que lo mencionado para CE, con estos resultados se demuestra la importancia de realizar el seguimiento de pH en cada ciclo de cultivo. Es importante dar valor a la práctica por el efecto que genera en el armado de estructura a través de la incorporación de raíces al sistema suelo, estabilizando

la misma por los exudados y mejoras de carbono.

Durante estos años se ha evaluado el impacto del manejo sobre propiedades físicas en sistemas bajo cubierta. Se ha comprobado que los factores físicos son alterados por manejo y trabajo a una misma profundidad de laboreo con motocultivador, generando los mismos efectos negativos que se observan en la Foto 2 (encharcamiento, pérdida por volatilización, anaerobiosis, volatilización y lixiviación de los nutrientes, entre otros).

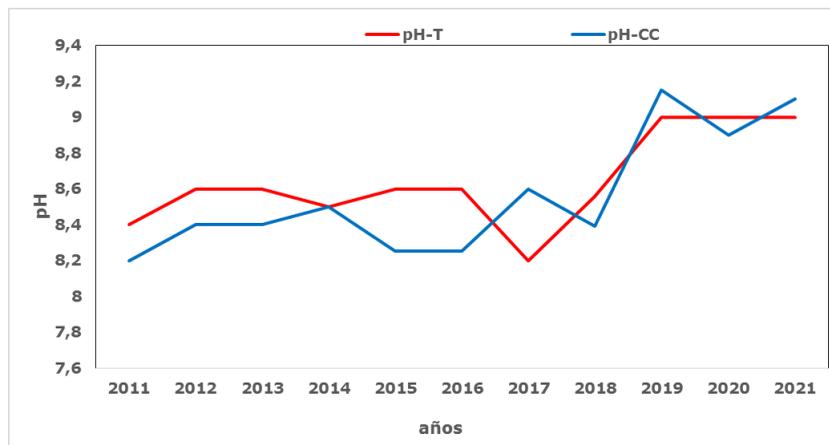


Figura 3. Valores de pH del suelo en función de los años y tratamiento de cultivos de cobertura (línea azul -CC) y testigo (línea roja-T). Asterisco indican diferencias significativas entre tratamientos



Foto 2. Suelo de un productor de General Pico con encharcamientos de agua en pasillos



Foto 3. Las fotos siguientes ilustran el efecto de la falta de infiltración en estos sistemas sobre los principales procesos de compactación, salinización, anaerobiosis (desnitrificación/ volatilización de productos nitrogenados por anoxia y pH elevados), entre otros

La Agencia de Extensión Rural General Pico viene trabajando hace 11 años en el manejo de estas variables a través de la incorporación de cultivos de coberturas en siembra directa dentro de los invernaderos, la Foto 4 muestra el efecto de los

mismos sobre la cosecha de agua (infiltración). En la tabla 1 se puede observar el efecto de los mismos sobre esta variable en comparación con el testigo al 4^{to} y 8^{vo} año de comienzo del ensayo.

Tabla 1. Infiltración de los tratamientos evaluados al 4^{to} y 8^{vo} año de comienzo de la experiencia en el CERET (La Pampa). Asterisco muestran diferencias significativas entre tratamientos

Tratamiento	Infiltración (mm/hora)		Dif. estadística p-Value
	año evaluación		
Testigo	4to	8vo	0.04
Cultivo Cobertura	160	170	0.002
	192 *	240 **	



Foto 4. Efecto acumulado del uso de cultivo de cobertura a 8^{vo} año de comienzo de la experiencia. Cambios en color, saturación de agua y movimiento interno de la misma. Se observa en el tratamiento de CC mayor profundización en el mismo tiempo y sin apilamiento de agua (saturación) en los primeros centímetros del perfil a diferencia del testigo (brillo)

Conclusiones

La incorporación de CC después de 10 años mejoró significativamente las condiciones químicas del suelo medida a través de la CE, aspecto que contribuyó a incrementar la productividad de los diferentes cultivos evaluados con respecto al testigo en un 5 % para lechuga, 15 % tomate y 10 % acelga. Además, el aporte total al sistema en 10 años fue del 30 % de incremento en el rendimiento acumulado de todos los cultivos evaluados. Es por ello que las estrategias de manejo del agua en sistemas de producción intensivos bajo cubierta deben necesariamente abordar problemáticas en la captación, distribución,

almacenaje, conservación y eficiencia de uso (física y económica). Resulta necesario generar un mejor conocimiento sobre los factores que gobiernan la relación transpiración/evaporación, la eficiencia de almacenaje y la eficiencia en el uso del agua de riego, resultando en este punto clave la identificación de las mejores combinaciones genotipo/ambiente/manejo para una producción más eficiente. En este estudio fue posible evaluar al 4^{to} y 8^{vo} año esta variable mejorando significativamente respecto a la situación testigo con cultivos de cobertura. Futuros estudios permitirán comprobar en el tiempo el impacto de estas prácticas y otras que están propuestas como cultivos de cobertura sobre el cambio en propiedades físico/biológicas y químicas.

Bibliografía

- Andriulo, A., Galetto, M.L., Ferreyra, C., Cordone, G., Sasal, C., Abrego, F., Galina, J., & Rimatori, F. (1998). Efecto de 11 años de riego complementario sobre algunas propiedades del suelo. I: Propiedades físico-químicas. En: *XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Carlos Paz, Argentina, 4-7 mayo*. (p. 247- 248) . Asociación Argentina de Ciencia del Suelo.
- Auge, M.P., & Hernández, M.A. (1983). Características geohidrológicas de un acuífero semiconfinado (Puelche) en la llanura bonaerense. Su implicancia en el ciclo hidrológico de llanuras dilatadas. En: *Hidrología de las Grandes Llanuras. Actas del Coloquio de Olavarría, Buenos Aires*. (vol. II, p. 1019-1042). UNESCO - CONAPHI,
- Ayers, R.S., & Westcot. D.W. (1997). *Calidad del agua en la agricultura*. Estudio FAO: Riego y Drenaje, n.29 Rev. 1. FAO.
- Barbacone, A., & Costa, J.L. (1999). Efecto de la calidad de agua para riego sobre algunas propiedades químicas de dos suelos del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. En: *XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Pucón, Chile, 8-12 noviembre 1999*. (p. 57). Sociedad Agronómica de Chile. Universidad de la Frontera.
- Caviglia, O.P., & Papparotti, O.F. (2000). Efecto del uso de aguas de riego de calidad dudosa sobre algunas propiedades químicas del suelo en el centro oeste de Entre Ríos. *XVII Argentino de la Ciencia del Suelo* (Comisión IV, Panel N°15), Mar del Plata, Argentina, 11-14 abril 2000. Asociación Argentina de Ciencia del Suelo.
- Costa, J.L., & Aparicio, V. (1999). Efecto de la calidad del agua sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos bajo riego suplementario en el sudeste de la provincia de Buenos Aires en la República Argentina. *XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo, Pucón, Chile, 8-12 noviembre de 1999* (p. 82). Sociedad Agronómica de Chile. Universidad de la Frontera
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. (2016) *InfoStat versión 2016*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Minghianelli, C.H. (1985). *Cartografía correspondiente al plan Norte, zona II (Paralelos 35° 30' a 36°, Meridianos 64° a 65°15')*. Ministerio de Obras y Servicios Públicos, Administración Provincial del Agua, Dirección de recursos Hídricos. Informe interno.
- Pizarro, F. (1985). *Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos* (2ª ed.) Editorial Agrícola Española.
- Richards, L.A. (ed.) (1980). *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. Departamento de Agricultura de los EEUU, Laboratorio de Salinidad. Limusa.
- Suárez, D.L. (1981). Relation between pHc and Sodium Adsorption Ratio (SAR) and an Alternative Method of Estimating SAR of Soil or Drainage Waters. *Soil Sc. Soc. of Am J.* 45(3), 469-475.
- Vázquez, M., Gelati, P., & Millán, G. (2006a). Sustentabilidad del riego complementario en suelos Udipsamanet típico y Hapludol éntico de la prov. de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10(3), 593-603.
- Vázquez, M., Millán, G., & Gelati, P. (2006b). Efecto del riego complementario sobre la salinidad y sodicidad de diferentes suelos del NO y Centro-E de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Rev. Fac. Agron.* 106(1), 57-67.
- Vázquez, M., Millán, G., & Gelati, P. (2008). Evaluación del efecto del riego complementario en un suelo Udipsament Típico mediante ensayo de simulación. *Revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo* 26(2), 195-203.
- Zhang, Y., Jiang, Y., & W. Liang, W. (2006). Accumulation of soil soluble salt in vegetable greenhouses under heavy application of fertilizers. *Agricultural Journal* 1(3), 123-127.

[Volver al índice](#)