

MANEJO SUSTENTABLE EN LA PRODUCCIÓN HORTÍCOLA INTENSIVA

Arboleya¹, J, Gilsanz¹, J.C., Allauime² F. Leoni¹, C., Falero¹, M, Guerra², S.

1 INIA Las Brujas, Programa Nacional de Producción y Sustentabilidad Ambiental y Programa Nacional de Investigación en Producción Hortícola. Canelones, Uruguay.

2: Departamento de Suelos y Aguas. Facultad de Agronomía (UDELAR), Montevideo, Uruguay.

Introducción

La producción de hortalizas se basa normalmente en el uso intensivo del suelo, con el objetivo de combatir las malezas, lograr camas de siembra que faciliten el contacto entre las semillas o los platines y el suelo.

El manejo tradicional en el laboreo del suelo incluye el uso de arados de vertedera o de discos, rotovador, implementos que causan un gran deterioro de las propiedades físicas del suelo. Estas herramientas contribuyen a disminuir la infiltración, aumentar el encostramiento (al afinar el suelo en forma excesiva) o formar una suela de arada. En áreas de fuerte pendiente se incrementa la erosión y el lavado de los nutrientes como el nitrógeno.

El cultivo de hortalizas en suelos deteriorados produce un menor desarrollo y vigor de las mismas por lo que se ven expuestas más fácilmente al ataque de insectos y de enfermedades. Es así que para mantener el nivel productivo de esos predios se hace necesario un mayor uso de agroquímicos, lo que va en desmedro del medio ambiente, en una mayor dependencia de ellos y consecuentemente en una pérdida en la sustentabilidad de la producción conjuntamente con un incremento en los costos de producción.

Calidad de suelo puede definirse según Doran et al, 1996 como “la capacidad de un tipo de suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o un ecosistema con un cierto manejo” para una producción vegetal y animal sustentable, para mantener o mejorar la calidad del agua y del aire y para mantener la salud humana y el habitat.

Salud de suelo y calidad de suelo se usan comúnmente como sinónimos y describen “la calidad de un suelo para permitir y mantener el crecimiento de los cultivos sin provocar degradación o daño al medio ambiente”. Este concepto es también similar al concepto de que “el suelo es un organismo viviente y dinámico que funciona como un todo dependiendo de su condición o estado más que un objeto inanimado cuyo valor depende de sus características innatas y su intención de uso” (Roming et al, 1995).

Un suelo ideal desde el punto de vista físico es aquel que posee una amplia capacidad de almacenamiento de agua y que permite mantener buenos niveles de crecimiento entre los periodos de lluvia.

La interacción de las propiedades del suelo, químicas, físicas y biológicas determinan la manera en que el mismo retiene y libera los nutrientes y cómo afectan su infiltración. A su vez determinan la manera cómo el suelo libera agua para las plantas y cómo resiste la erosión (Karlen et al, 1997).

La materia orgánica (M.O.) mejora el laboreo del suelo, reduce el encostramiento, incrementa la tasa de infiltración, reduce las pérdidas de agua por escurrimiento e incrementa la infiltración. Por otra parte, es una fuente de nutrientes (como N, P y S) que son necesarios para el crecimiento de los cultivos y de los organismos del suelo. A su vez la M.O. provee el carbono y el nitrógeno para los procesos microbianos en el suelo. Cuanto más húmedo y cálidas son las condiciones ambientales mayor es la descomposición de la M.O. de un suelo.

En la agricultura extensiva una alternativa es tratar de mantener la M.O. en los suelos utilizando rotación con pasturas. Esto indudablemente en la producción hortícola es posible en aquellos establecimientos cuya superficie es mayor y en general se da en cultivos horticolas más extensivos (Zamalvide et al, 2000). Sin embargo, la M.O. del suelo puede ser mejorada a través de diversos procesos. Uno puede ser el agregado de estiércol y otro por el uso de los de los cultivos de cobertura o abonos verdes (Gilsanz y Arboleya, 2006). El uso de abonos verdes de invierno y/o de verano de modo que existan residuos vegetales, al menos 30% en el suelo. Estos aportan al sistema productivo materia orgánica, protegen el suelo de la erosión, mejoran la infiltración, ahorran agua, controlan malezas y enfermedades haciendo el sistema más sustentable. En Uruguay, la mayoría de los cultivos horticolas se realizan en canteros o surcos, el uso de abonos verdes en canteros ha demostrado aumentar la estabilidad de los agregados, repercutiendo en una mayor infiltración, y por lo tanto más agua disponible para los cultivos (Govaerts et al, 2006)

La reducción o eliminación del laboreo es una de las medidas en las que se basa la producción sustentable. De este modo se evita disminuir el deterioro de las propiedades físicas y de la estructura del suelo.

A través del proyecto FPTA 160 “Validación de Alternativas tecnológicas para la Producción Hortícola Sostenible”, ejecutado por CNFR junto a la Facultad de Agronomía e INIA Las Brujas, se instaló en INIA Las Brujas el Módulo de Investigación Comprobatoria (MIC) en diciembre de 2005.

El objetivo de este trabajo fue “implementar, validar y ajustar tecnologías para la sostenibilidad de los sistemas de producción hortícola en la zona sur del país.

Durante los últimos años se han realizado diferentes jornadas de presentación de los avances de este proyecto como así también de días de campo y se ha presentado la información en las Serie de Actividades de Difusión de INIA, en congresos y diferentes jornadas. La jornada de la fecha tiene por finalidad dar a conocer en forma global los resultados obtenidos por el equipo de trabajo de INIA y FAGRO en estos cinco años de trabajo.

Metodología utilizada

En este módulo se ha comparado un sistema convencional de preparación de tierra, pero sin el uso de arado de rejas o de discos, con un sistema sustentable que ha incluido la utilización de abonos verdes en cobertura sobre el suelo y la utilización del mínimo laboreo. En ambos casos se han utilizado para la aplicación de productos químicos las recomendaciones de las normas de producción integrada para cada cultivo elaboradas por INIA-DIGEGRA-FAGRO-AHPI.

Estos dos tratamientos se compararon en cuatro fajas en un módulo en una superficie total de aproximadamente media hectárea.

El suelo es un Typico Argiudoll (Vertisol) con textura franco arcillo limosa, de ladera convexa, con pendientes del 2 al 5%.

En el Cuadro 1 se detallan los cultivos hortícolas entre diciembre de 2005 y el 2010.

Año	Cultivo - cultivar	Siembra - Transplante	Cosecha
2006	Cebolla - INIA Casera	Junio	Noviembre
2007	Zanahoria - Flam	Mayo	Noviembre
2007	Repollo - Gloria	Junio	**
2007 - 2008	Boniato - Arapey	Octubre	Abril
2008 - 2009	Zapallo - Maravilla del Mercado	Octubre	Abril
2009	Repollo - Gloria	Agosto	Diciembre
2010	Cebolla - INIA Casera	Junio	Noviembre

** Debido al florecimiento prematuro de las plantas por los intensos fríos en 2007, se determinó la materia seca producida por las mismas en cada tratamiento.

En el Cuadro 2 se especifican los abonos verdes utilizados en cada año, la dosis de semilla, el periodo de crecimiento, la materia seca producida y la relación carbono nitrógeno.

Cuadro 2. Descripción de los abonos verdes en la secuencia de la rotación.

Año	Abono verde	Dosis (kg/ha)	Abono verde pc ¹	Materia seca (kg/ha)	C/N ²
2005/2006	Sorgo forrajero	30	Dic.-Abril	14,950	26:1
2007	Moha	30	Enero-Marzo	7,684	23:1
2008	Avena negra	120	Abril-Setiembre	18,947	32:1
2009	Avena negra	100	Junio-Agosto.	1,366	17:1
2010	Sorgo forrajero	30	Enero-Mayo	6,824	45:1
	+ Moha	30			

1pc: período de crecimiento. 2 C/N: Relación Carbono/Nitrógeno

El módulo se instaló sobre una pradera de alfalfa (*Medicago sativa*) de tres años. La preparación del suelo consistió en base a pasadas de cincel y excéntrica en los primeros días de diciembre de 2005.

Se tomaron muestras de suelo a 10 cm de profundidad para los análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo. Las mismas fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelo de INIA La Estanzuela. También se tomaron muestras de suelo para la determinación de la actividad microbiana del suelo, las que se extrajeron a 10 cm de profundidad en los años 2006, 2008, 2009 y 2011.

El contenido de agua del suelo se determinó semanalmente en el cultivo de zapallo en 2008, en el de repollo en 2009 y en el de cebolla en 2010.

Se evaluó el banco de malezas en el cultivo de zanahoria y repollo en 2007, en repollo en 2009 y en el de zapallo en 2009.

El Carbono orgánico se determinó mediante combustión a 900 °C y con la técnica de infrarrojo de detección de CO₂. Los valores se corrigieron de acuerdo a la densidad aparente. El nitrógeno total se determinó mediante combustión a 900 °C y detección de la conductividad térmica de N₂. Los valores de nitrógeno se ajustaron con la densidad aparente para la determinación del stock de nitrógeno.

La actividad microbiológica del suelo (respiración de suelo) se estimó mediante titulación del CO₂ liberado de las muestras frescas de suelo.

Las propiedades físicas del suelo se determinaron mediante una muestra de un anillo de suelo imperturbado determinándose su peso seco y su volumen.

El contenido volumétrico de agua a 20 cm de profundidad fue medido mediante el TDR (“time domain reflectometry”) en los canchales. La humedad entre 20 y 90 cm de profundidad se determinó mediante mediciones con la sonda de neutrones, calibrada con muestras gravimétricas. Las determinaciones se realizaron en cuatro posiciones diferentes a través de la pendiente (efecto de bloque).

La determinación del número de malezas se realizó mediante un cuadrante de 0.50 x 0.50 m y el peso seco de las mismas mediante secado en estufa de aire forzado a 65 °C.

Resultados

1. Efecto en las propiedades químicas del suelo.

1.1 Efecto en la dinámica del Carbono Orgánico.

La Materia Orgánica (MO) es uno de los parámetros de suelo más importantes ya que está relacionada a la estructura del suelo, a la capacidad de retención de agua y a la actividad biológica entre otras importantes propiedades del suelo. Este parámetro se evaluó a lo largo de los 5 años de estudio y la dinámica del carbono orgánico del suelo se expresó en t/ha (Figura 1).

Figura 1. Dinámica del Carbono Orgánico del suelo en los primeros 10 cm de profundidad entre los años 2006 y 2011.

Si bien los valores de C Orgánico fueron superiores en las parcelas de mínimo laboreo respecto a las del tratamiento convencional en la mayoría de los muestreos, durante el período de evaluación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. La diferencia en los valores de C. orgánico fue debida fundamentalmente al agregado de residuos, en el tratamiento de laboreo reducido.

El tratamiento de laboreo reducido acumuló 2.2 t/ha más de carbono orgánico que el tratamiento de laboreo convencional luego de los cinco años de estudio.

1.2 Efecto en la dinámica del contenido total de nitrógeno del suelo.

El tratamiento conservacionista mostró una tendencia a un mayor contenido total de nitrógeno durante los cinco años de estudio a pesar que no se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos.

El tratamiento convencional se fertilizó con 382 kg N/ha durante el período de estudio. Dado que los abonos verdes fueron gramíneas, se hizo necesario aplicar nitrógeno extra para prevenir posible secuestro de nitrógeno en los cultivos hortícolas. El tratamiento conservacionista recibió una cantidad adicional de 100 kg N/ha en 2008.

Al final del período de estudio el tratamiento conservacionista acumuló 1.1 t/ha más de nitrógeno que el tratamiento convencional (Figura 2)

Figura 2. Dinámica del contenido total de nitrógeno en los primeros 10 cm de profundidad entre los años 2006-2011.

1.3 Efecto sobre el fósforo, potasio y pH.

Durante el período en estudio solo se agregaron 80 kg /ha de fósforo (183 kg/ha P₂O₅) a ambos tratamientos en 2007.

El contenido de fósforo fue algo más alto en el tratamiento convencional (36.3 ppm) que en el conservacionista (30.6 ppm). Esto pudo haber sido debido por la doble fase de cultivo, abonos verdes y cultivo hortícolas, lo que promovió una mayor extracción de fósforo en el tratamiento conservacionista.

El contenido de potasio se incrementó en el tratamiento conservacionista (0.43 meq/100gr a 0.91 meq/100gr) en relación al convencional (0.50 meq/100gr a 0.56 meq/100gr). Esto pudo deberse al mayor contenido de materia orgánica (carbono orgánico) y su capacidad de retener nutrientes y luego liberarlos en el tiempo adecuado en este tratamiento.

El pH del suelo se mantuvo estable, 6.4-6.7 en laboreo conservacionista y 6.3 -6.5 en laboreo convencional a lo largo del estudio sin diferencias significativas entre los tratamientos.

2. Efecto en las propiedades físicas del suelo.

La densidad aparente no fue diferente entre los tratamientos, con valores de 0.89-1.27 g/cm³, adecuados para el crecimiento de las raíces (Cuadro 3)

Los valores de porosidad total oscilaron entre 52% y 64%, con un promedio de 59.6% para el tratamiento conservacionista y 59.2% para el convencional.

Los niveles de porosidad de aire están estrechamente relacionados al contenido de agua del suelo.

Cuadro 3. Densidad aparente, porosidad total y contenido gravimétrico de agua entre los años 2006 y 2011.

Fecha	Laboreo conservacionista				Convencional			
	Dens.aparente g/cm ³	P.T.* %	PA** %	C.G.A*** %	Dens.aparente g/cm ³	F %	FA %	C. G. A. %
Mayo 06	1.15	56	28	28	1.05	60	30	30
Dic.06	1.08	59	48	11.3	1.15	56	49	11.1
Abril 07	1.03	61	36	25	1.12	57	34	23
Oct. 07	1.07	60	31	28	1.13	57	26	31
Marzo 08	0.89	66	48	21	0.93	65	48	19
Dic. 08	1.13	62	38	26.3	0.99	62	46	16
Abril 09	1.17	56	39	18.5	0.99	61	50	13.2
Nov.09	1.05	60	32	32	1.09	59	32	31
Set. 09	1.24	52	28	26	1.27	52	31	23.6
Nov. 10	1.03	61	44	18.2	1.06	61	43	19.1
Julio 11	0.95	64	40	26	1.02	61	39	25
Nov. 11	1.1	59	45	15	1.07	60	45	14.5

*_ Porosidad total **_ Porosidad de aire *** C. G. A._ Contenido Gravimétrico de Agua

3. Efecto en el grado de enmalezamiento.

Los resultados de la evaluación de malezas tanto para repollo como para zanahoria en 2007 mostraron que en el tratamiento conservacionista (en donde se habían realizado un cultivo de abono verde de verano en 2005-2006 y otro de moha en el verano 2006-2007) tuvieron un menor porcentaje de malezas en relación al sistema convencional que no incluyó el uso de abonos verdes (Cuadro 4).

Cuadro 4. Resultado de la evaluación de malezas en el Sistema Convencional y en el Sustentable en repollo y zanahoria en 2007.

CULTIVO	Tratamiento	Número malezas/m ²	(%)
Repollo	Sist. Convencional	532	100
	Sis.Conservacionista	356	70
Zanahoria	Sist. Convencional	346	100
	Sist. Conservacionista	200	58
LSD (P<0.05)		NS	NS
Cv (%)		56	15

En el cultivo de zapallo, el sistema convencional presentó un mayor número de malezas por metro cuadrado que el sistema conservacionista y a su vez el peso de las mismas era mayor que en el sistema convencional (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número promedio de malezas el 4 de diciembre y N° promedio y peso seco de malezas el 10 de diciembre de 2008 en el cultivo de zapallo.

Tratamientos	N° promedio malezas/m ² 04/12/08 ¹	N° promedio malezas/m ² 10/12/08 ²	Peso seco de malezas/ m ² 10/12/08 (g)
Convencional	18	28	220
Sustentable	13	33	23
LSD (P<0.05)	NS	NS	188
CV(%)	44	44	69

1 Evaluación realizada sobre la fila de plantación.

2 Evaluación realizada en las entre filas.

En el cultivo de repollo también se registró un menor número de malezas en el sistema conservacionista en relación al sistema convencional y el peso seco de las malezas fue menor en el sistema conservacionista (Cuadro 6)

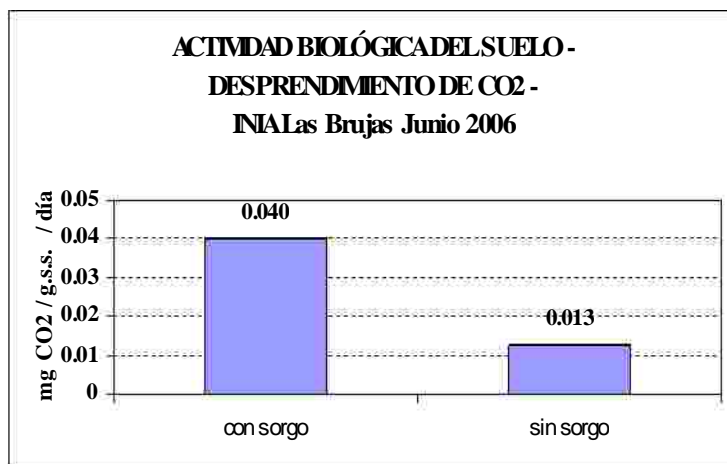
Cuadro 6. Número promedio y peso seco de malezas por metro cuadrado el 10/12/09

Tratamientos	N° promedio malezas/m ² 27/10/09 ¹	Porcentaje	Peso seco de malezas/ m ² 27/10/09 (g)	Porcentaje
Convencional	123	100	43	100
Sustentable	99	80	17	40
LSD (P<0.05)	NS		NS	
Cv (%)	34		78	

4. Efecto en la actividad microbiológica del suelo

Los análisis de respiración, medida utilizada como un indicador de la actividad biológica del suelo, realizados el 6 de junio de 2006, mostraron que la actividad biológica fue mayor en el suelo con el abono verde de sorgo, es decir el sistema sustentable (0.040 mg de CO₂/día) con relación al sistema convencional (0.013 mg de CO₂/día) sólo luego de una temporada de abono verde (Figura 3). Esto reafirma la importancia del uso de los abonos verdes en sistemas sustentables intensivos ya que además de las ventajas de la protección del suelo contra el impacto de las gotas de lluvia, de mejorar la materia orgánica del suelo y de las propiedades físicas del mismo, también tiene un efecto favorable como lo demuestran estos datos en la presencia y actividad de los microorganismos del suelo.

Figura 3. Actividad biológica del suelo (junio de 2006), luego del cultivo verde de sorgo en el tratamiento conservacionista.



En el Cuadro 7 se detallan los valores obtenidos en la respiración del suelo antes y después de la siembra y cosecha del zapallo en 2008/09 y a la siembra y cosecha de la zanahoria en 2011. Por su parte en el cuadro 8 los valores de respiración del suelo luego de los abonos verdes de verano o de invierno.

El laboreo conservacionista siempre mostró una mayor respiración, sin embargo no en todos los casos se encontraron diferencias estadísticamente significativas. La respiración de suelo es un estimador de la actividad biológica, refleja la actividad heterotrófica microbiana y es usado como un indicador de ciclo del carbono.

La tendencia encontrada aquí para la respiración de suelo está en concordancia con el resultado del contenido de carbono orgánico en el sistema conservacionista.

Cuadro 7. Actividad microbiológica del suelo (respiración de suelo en mg CO₂/g suelo seco/día) para dos manejos de suelo, medida a la siembra y a la cosecha del zapallo y de la zanahoria en 2008/09 y 2011 respectivamente.

	Plantación Oct. 2008	Cosecha Abril 2009	Siembra May 2011	Cosecha Oct. 2011
Barbecho+				
Laboreo Convencional	0.014 ¹	0.013	0.013	0.011
Abono verde +				
Laboreo Conservacionista	0.018	0.031	0.024	0.019
<i>Pr(>F)</i>	<i>ns</i>	<i>0.078</i>	<i>ns</i>	<i>0.007</i>
<i>C.V (%)</i>	<i>59.4</i>	<i>83.4</i>	<i>65.2</i>	<i>66.7</i>
<i>LSD (a=0.05)</i>	<i>0.016</i>	<i>0.020</i>	<i>0.016</i>	<i>0.013</i>

¹ Promedio de cuatro repeticiones, ² Sequencia de cultivos: Avena negra - Zapallo, ³ Sequencia de cultivos: Moha- Zanahoria.

Cuadro 8. Actividad microbiológica del suelo (respiración de suelo en mg CO₂/g suelo seco/día) para dos manejos de suelo, medida al final del abono verde de verano (AVV) y al final del abono verde de invierno (AVI).

	AVV		AVI	
	Sorgo Otoño 2006	Moha Otoño 2011	Avena negra Primavera 2008	Avena negra Primavera
2009				
Barbecho + Lab. Convencional	0.013 ¹	0.013	0.014	0.021
Abono verde + Lab. Conservacionista	0.040	0.024	0.018	0.017
<i>Pr(>F)</i>	----	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>C.V (%)</i>	----	65.2	59.4	53.2
<i>LSD (α=0.05)</i>	----	0.016	0.016	0.021

¹ Promedio de cuatro repeticiones, excepto en 2006 (una medición en cada manejo).

5. Efecto en el contenido de agua del suelo.

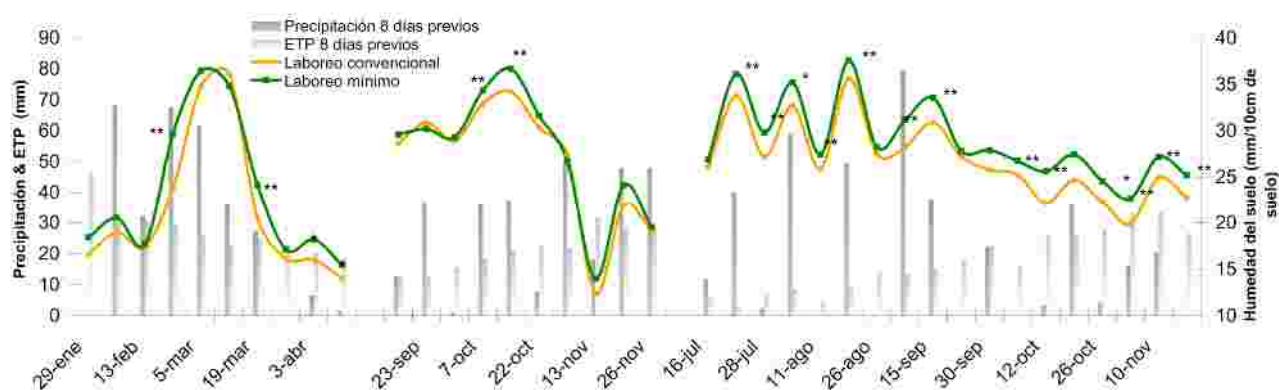
El contenido de humedad de la parte superior del suelo fue mayor en determinados momentos en el tratamiento conservacionista en relación al convencional (Figure 2). La diferencia en el contenido de agua en los primeros 20 cm. de profundidad entre los tratamientos fue de hasta 12 mm en el cultivo de zapallo, hasta de 5 mm en el de repollo y de hasta 7 mm en el de cebolla.

Si se compara la humedad del suelo en diferentes puntos del terreno y en diferentes fechas, los mayores valores se detectaron en general en la parte baja y los menores valores en la parte alta, siendo intermedios en las otras partes.

Después de las lluvias, el agua infiltró más en el tratamiento conservacionista, lo que se infirió de los mayores valores de humedad de suelo a 20 cm. de profundidad en ese tratamiento (Figura 4). Esto fue así para los tres cultivos, entre el verano del 2008 hasta la primavera del 2010. Durante el cultivo de zapallo (verano de 2008 y otoño de 2009), la diferencia en el contenido de humedad del suelo entre los tratamientos fue a contenidos de humedad debajo de la capacidad de campo. En el caso de los cultivos de repollo y cebolla, las diferencias en el contenido de humedad del suelo también se detectaron a capacidad de campo 7 y 15 de octubre (primavera de 2009) y 21 de julio, 6 y 18 de agosto (invierno de 2010). Estos resultados indican que el tratamiento conservacionista presentó un incremento en la capacidad de retención de agua del suelo. Estos datos fueron confirmados parcialmente por los resultados de porosidad del Cuadro 3, dado que se encontró una tendencia a haber mayor porosidad en el tratamiento conservacionista.

Durante el otoño de 2009 (final del ciclo del zapallo) y en la primavera del 2010 (final del ciclo de la cebolla), el contenido de humedad fue mayor en el tratamiento conservacionista en comparación con el de mínimo laboreo en las semanas soleadas. Esto se explica debido a la menor evaporación de la superficie del suelo debido al efecto del mulch.

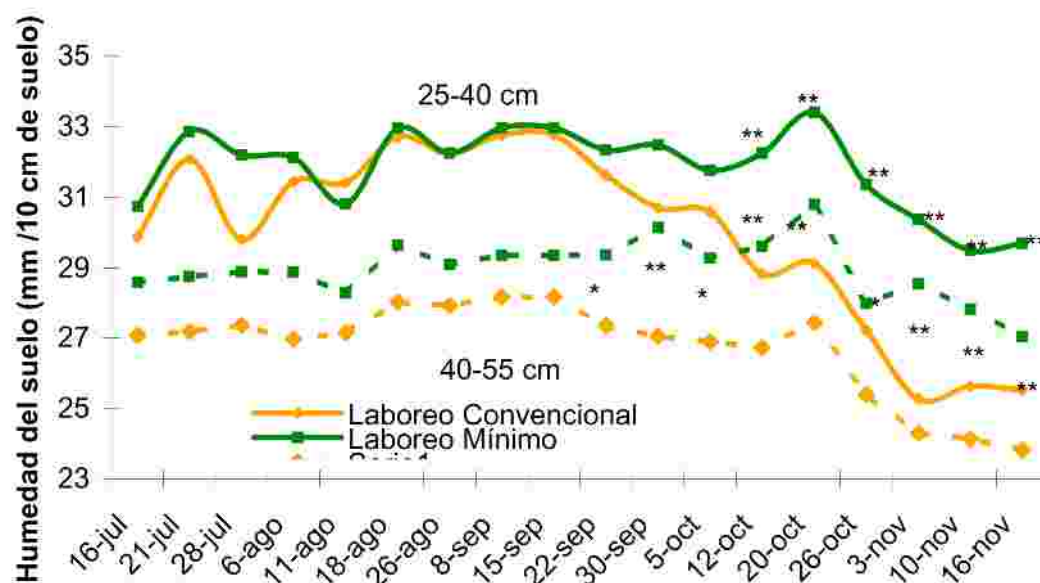
Figura 4. Evolución de la humedad del suelo a 20 cm. de profundidad en el tratamiento conservacionista y en el de mínimo laboreo medida con el TDR desde el verano del 2008 a la primavera del 2010 en los cultivos de zapallo, repollo y cebolla; y precipitación y evapotranspiración acumulada cada 8 días antes de cada medición. *, **, Significativo al 0.1 y 0.05 respectivamente.



No se encontraron diferencias significativas en el contenido de agua del suelo debajo de la superficie tanto en el cultivo de zapallo como en el de repollo.

Si se encontraron diferencias significativas en el cultivo de cebolla hasta 55 cm de profundidad (Figura 5). En la primavera del 2010 al final del ciclo de la cebolla, de manera similar a lo ocurrido en la superficie del suelo, el contenido de humedad del suelo a 55 cm de profundidad decreció debido a una mayor demanda atmosférica. Se encontraron también diferencias significativas entre tratamientos. Se determinaron de tres a cinco mm más de agua por cada 10 cm de suelo en el tratamiento conservacionista en relación al convencional.

Figura 5. Evolución del contenido de humedad a 25-40 cm y a 40-55 cm de profundidad en el tratamiento conservacionista y el convencional, medido con sonda de neutrones en el cultivo de cebolla. Significancia a 0.1 and 0.05 de probabilidad respectivamente, comparaciones dentro de cada profundidad.



Mayor capacidad de infiltración de agua y menos evaporación de la superficie del suelo en el tratamiento conservacionista con cultivos de cobertura pueden explicar las diferencias en el contenido de agua a favor de este tratamiento.

5. Efecto en el rendimiento de los cultivos.

El rendimiento comercial de los cultivos hortícolas fue similar entre el tratamiento conservacionista y el convencional en la rotación y no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Rendimiento comercial de los cultivos hortícolas (t/ha).

Años	2006	2007	2007	2007/2008	2008/2009	2009	2010
Hortaliza	cebolla	zanahoria	repollo ¹	boniato	zapallo	repollo	cebolla
Tratamientos							
Conventional	26	34	3.6	11	49	55	15
Conservacionista	22	37	3.6	10	47	53	13
LSD	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cv (%)	12	22	18	0.97	6.9	14	17

¹: materia seca total producida.

Conclusiones

El uso de abonos verdes y del laboreo conservacionista produjeron cambios en el carbono orgánico y en el nitrógeno del suelo, pero no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

La respiración del suelo fue mayor en el tratamiento conservacionista comparado con el convencional, como así también en el contenido de carbono orgánico del suelo.

Los parámetros de física de suelo sólo detectaron diferencias estacionales, debido al laboreo anual en el sistema conservacionista y en el convencional.

Mayor contenido de humedad de suelo hubo en el tratamiento conservacionista en este estudio, lo que podría sobrevellar algún efecto de sequía o ahorrar agua de riego en determinado momento.

La población de malezas se redujo entre un 20 a 40% en zanahoria y repollo en 2007. El peso seco de malezas se redujo significativamente en el cultivo de zapallo en el tratamiento conservacionista en 2008/09.

El rendimiento no fue estadísticamente diferente entre los tratamientos en los diferentes cultivos hortícolas a lo largo de los cinco años.

Las tendencias observadas en la mejora de la calidad del suelo durante el período 2005-2011 demuestran la factibilidad de sistemas sustentables en la producción hortícola intensiva. De todos modos las tendencias y resultados obtenidos hasta el presente deben seguirse en más años de cultivo para observar las mismas tanto en el mediano como en el largo plazo, trabajos que se están realizando actualmente en INIA Las Brujas dentro de los Programa Nacional de Investigación en Producción Hortícola y en el Programa Nacional de Producción y Sustentabilidad Ambiental.

Bibliografía

1. Doran, J. W., and Parkin, T. B. 1994. Defining and assessing soil quality. Pages 3-21 In: J. W. Doran et al., (eds.) Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Science Society of America Special Publication no. 35, Madison, WI.
2. Allmaras, R.R, Langdale, G.W., Unger, P.W., Dowdy, R.H., Van Doren, D.M.. 1989. Adoption of Conservation Tillage and Associated Planting Systems: In: Soil Management for Sustainability. Soil and Water Conservation Society 189 p.
3. Morse, R.D. 1999. No-till Vegetable Production –Its time is now. Hortechology 9(3): 373-379
4. Johnson, A.M., Hoyt, G.D.1999. Changes to the Soil Environment under Conservation Tillage. Hortechology 9(3): 380-393.

5. Gilsanz, J.C., Arboleya, J. Maeso, D.Paullier, J.Behayout, E., Labandera, C.Hoyt, G.D., Sanders, D.C. 2004. Evaluation of Limited Tillage and Cover Crop Systems to Reduce N Use and Disease Population In Small Acreage Vegetable Farms Mirror Image Projects in Uruguay and North Carolina, USA. *Acta Horticulturae* 638, p 163-169. En: Proc. XXVI IHC. Sustainability of Horticultural Systems. Eds. L. Bertschinger and J. D. Anderson.
6. Grisi, B.M. 1978. Metodo químico de madição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. *Ciência e Cultura* 30(1): 82 – 88.
7. Blake, GR & KH Hartge. 1986 a. Bulk density. *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Minerological Methods. Agronomy Monograph N° 9. Second Edition.* Pp. 363-376 Blake, GR & KH Hartge. 1986 a. Bulk density. *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Minerological Methods. Agronomy Monograph N° 9. Second Edition.* Pp. 363-376.
8. Hiddink, G.A.; van Bruggen, A.H.C.; Termorshuizen, A.J.; Raaijmakers, J.M.; Semenov, A.V. 2005. Effect of organic management of soils on suppressiveness to *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and its antagonist, *Pseudomonas fluorescens*. *European Journal of Plant Pathology* 113: 417 – 435.
9. Williams, J.; Clarkson, J.M.; Mills, P.R.; Cooper, R.M. 2003. A Selective Medium for Quantitative Reisolation of *Trichoderma harzianum* from *Agaricus bisporus* Compost. *Applied and Environmental Microbiology* 69 (7): 4190–4191.
10. Leoni, C.; Ghini, R. 2002. Efeito do lodo de esgoto na inducao de supressividade in vitro a *Phytophthora nicotianae*. *Fitopatologia Brasileira* 28(1): 67-75.
11. USDA. 1999. Soil Quality Test Kit Guide. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service and Natural Resources Conservation Service-Soil Quality Institute. Guide can be obtained from the Soil Quality Institute at <http://soils.usda.gov/sqi/kit2.html> (verified Apr. 2012). 80pp.
12. Ritz, K.; Black, H.I.J.; Campbell, C.D.; Harris, J.A.; Wood, C. 2009. Selecting biological indicators for monitoring soils: a framework for balancing scientific and technical opinion to assiste policy development. *Ecological Indicators* 9: 1212-1221.
13. Nelson, A.G., Spaner, D., 2010 'Cropping Systems Management, Soil Microbial Communities, and Soil Biological Fertility' in Lichtfouse, E. (ed.), *Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming, Sustainable Agriculture Reviews* 4: 217-242
14. Alliaume, F.; Jorge, G ; Dogliotti, S. 2012. Impact of minimum tillage, oat straw management, and chicken manure on soil water content, runoff, erosion and tomato production. (To be publish in this 19th ISTRO Congress).
15. Scopel, Eric, Da Silva, Fernando A.M., Corbeels, Marc, Affholder, Francois, Maraux, Florent. 2004. Modeling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semiarid and humid tropical conditions. *Agronomie* 24, 383-395