

APORTES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS DEL INIA A LAS **TRAYECTORIAS AGROECOLÓGICAS**

Editores: Georgina Paula García-Inza, José Paruelo y Roberto Zoppolo



Capítulo 9

Coberturas vegetales y manejo del suelo en la citricultura de Uruguay

Carmen Goñi y Álvaro Otero

1. Introducción

La citricultura en Uruguay se ha caracterizado por una larga trayectoria de comercialización de fruta cítrica en fresco en los mercados europeo y asiático y, en los últimos años, en el mercado americano.

Actualmente, la citricultura de Uruguay se enfrenta a cambios relevantes en los consumidores y en la sociedad en su conjunto. El concepto de calidad de los consumidores ha evolucionado y plantea mayores exigencias, no solo en la calidad externa (cosmética) o interna (sabor, nutracéuticos y ausencia de semillas) de la fruta en fresco, sino también en los niveles de residuos, que deben ser nulos o tender al mínimo. El sector productivo busca responder a estas demandas evolucionado hacia sistemas más sostenibles, eficientes en cuanto a su producción en relación con los recursos naturales y la biodiversidad.

La innovación en sistemas de producción más sostenibles y eficientes pasa por la identificación de puntos clave de mejora en el uso de los recursos naturales involucrados en todo el proceso de producción. Proceso de producción en el cual es mandatorio el cuidado de los recursos naturales como base de la sostenibilidad. Al mismo tiempo, los consumidores son cada vez más conscientes de la necesidad de cuidar el uso de estos recursos (huellas del agua y del carbono), así como de reducir los niveles de los residuos y prevenir sus efectos en los ecosistemas.

En el sistema productivo de Uruguay, el suelo es uno de los reservorios más importantes de biodiversidad y muchas veces su rol no es tenido en cuenta en los sistemas intensivos de producción. En este sentido, se ha observado un cambio progresivo en lo que se entiende por calidad de un suelo. Arshad y Coen (1992) lo definen como la capacidad para acep-

tar, almacenar y reciclar agua, minerales y energía para la producción de cultivos, preservando un ambiente sano. Para Gregory *et al.*, (1994), la calidad de un suelo es la medida de su capacidad para funcionar adecuadamente con relación a un uso específico productivo. Más recientemente se han incorporado conceptos basados en la multifuncionalidad del suelo y no tanto en su uso específico, pero estos conceptos siguen evolucionando (Singer y Erwing, 2000). La Soil Science Society of America (Karlen *et al.*, 1997) define la salud de un suelo como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat.

En una visión más amplia, Larkin (2015) resumió recientemente la salud del suelo como su capacidad continua para funcionar como un sistema vital para sostener la productividad biológica, mantener la calidad del medio ambiente y promover la salud de las plantas, los animales y los humanos (Doran *et al.*, 1996). Como lo refiere Larkin (2015), los términos calidad del suelo y salud del suelo a menudo se usan indistintamente, y ciertamente fueron desarrollados a partir de los mismos conceptos generales. La calidad del suelo se refiere a la aptitud de un suelo en particular para un uso específico, mientras que la salud del suelo alude por lo general a aspectos más amplios de sus múltiples funciones y hace hincapié en el suelo como un sistema integrado, dinámico y vivo.

2. La línea de base en citricultura. Manejo clásico de suelos en la citricultura en Uruguay

El diseño general de las plantaciones comerciales cítricas en Uruguay se realiza en fracciones de la superficie del predio de 2 ha (Otero y Zefferino, 2007), llamadas “cuadros de producción”. Cada cuadro de producción está habitualmente compuesto por una variedad comercial, asociada a un determinado portainjerto y a una fecha de plantación, lo que facilita la operación del manejo general, nutricional, sanitario y del riego. Los cuadros de producción se encuentran rodeados de cortinas vegetales rompeviento que mejoran enormemente el control sanitario y la calidad externa de la fruta. Si bien en el diseño de la plantación se busca asociar los cuadros de producción a un solo tipo de suelo en particular, la variabilidad de las diferentes fases de los suelos en el área cítrica hace muy difícil esta tarea, teniendo dentro del mismo cuadro de producción diferentes suelos o distintas fases del mismo.

El manejo del suelo en la entrefila de las plantaciones ha sufrido una evolución importante desde los comienzos de la citricultura de exportación en los años 70, con la constante de dejar crecer la vegetación espontánea en la entrefila y controlar su crecimiento con cortes mecánicos (“pasteras”). Esta práctica, en conjunto con las aplicaciones sanitarias y de cosecha, ocasiona una compactación importante en el suelo, especialmente por el peso de las máquinas al transitar cuando las condiciones del suelo no son adecuadas.

Con frecuencia se mantiene en la fila de plantación el suelo desnudo, sin malezas, por medio del uso de herbicidas selectivos o de amplio espectro, en función de las necesidades y de acuerdo con la población de malezas presente. Esta práctica suele realizarse tanto en plantaciones nuevas como adultas, donde la copa de los árboles, al tocarse entre sí, suelen mantener cubierto el suelo. En los últimos años, algunas modificaciones de esta práctica se han introducido en los diferentes predios, especialmente por motivos sanitarios, como ser la incorporación de biomasa vegetal a la fila bajo los árboles para mejorar el control de mancha negra (Pérez y Alves, 2015), dejando “empastar” ligeramente la fila de los árboles para un control posterior con herbicidas o simplemente a través del corte manual o por medios mecánicos de las malezas.

Esta forma de manejar el suelo está directamente asociada a las condiciones climáticas de Uruguay, donde el empastado espontáneo de la entrefila frena la velocidad del agua de la lluvia, disminuyendo la erosión hídrica y mejorando la transitabilidad de la maquinaria.

El litoral norte del río Uruguay presenta condiciones muy adecuadas para la producción de fruta fresca cítrica de calidad, por su alta heliofanía invernal y por su mayor radiación global. Estas condiciones de mayor temperatura del aire en los meses estivales y consecuente reducción del riesgo de heladas, en comparación con otras regiones del país, en conjunto con el tipo de suelo hacen que esta región sea preferida para este tipo de cultivo. Sin embargo, los suelos predominantes tienen texturas francas y franco-arenosas en el horizonte A, con relativa baja cantidad de MO (0,5-2,5%) y con un horizonte B textural, haciendo que estos suelos tengan un mayor riesgo de erosión. En conjunto con la mayor frecuencia de altas intensidades de precipitación de la región, se han constatado situaciones donde la erosión del primer horizonte del suelo deja sistemáticamente expuesta parte del sistema radicular (Figura 1), con una mayor reducción del sistema radicular en las capas de suelo más apropiadas para su crecimiento y desarrollo.

FIGURA 1. PORTAINJERTO (*PONCIRUS TRIFOLIATA*) EXPUESTO EN PLANTACIÓN DE LA VARIEDAD AFOURER. SE PUEDE VER LA PÉRDIDA DEL HORIZONTE A. A LA DERECHA, SUELO DESCUBIERTO EN LA FILA, CON ALTO RIESGO DE EROSIÓN, EFECTO DEL GOLPE DE LAS GOTAS DE LLUVIA SOBRE EL SUELO



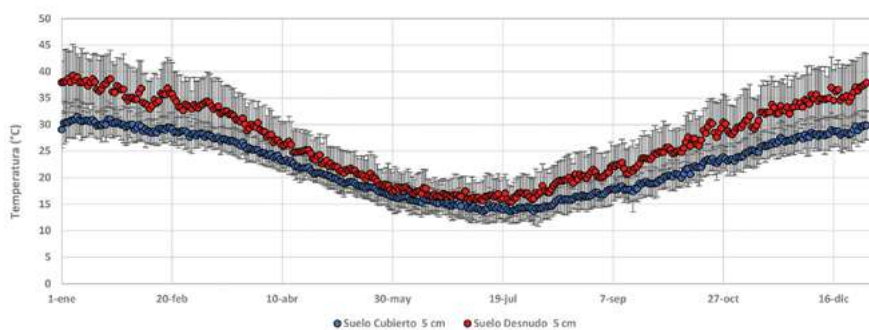
Fuente: Elaboración propia.

La temperatura es uno de los principales factores que afectan los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo y, en consecuencia, influencia el ambiente donde crecen las plantas (Scott, 2000). En el área citrícola de Salto, durante los meses de diciembre y enero los suelos desnudos pueden llegar a tener una temperatura máxima diaria de hasta 10 °C por encima de la temperatura de un suelo cubierto por pastura, llegando a tener valores máximos mayores a 45 °C a los 5 cm de profundidad (Figura 2). Esta variación térmica del suelo muchas veces ocasiona un menor crecimiento y desarrollo de las raíces en las capas superiores del suelo, especialmente en condiciones de sequo.

A diferencia de otras zonas citrícolas donde la precipitación es más escasa, en Uruguay la variabilidad de la frecuencia e intensidad de la precipitación hace muy poco apropiado el sistema actual de producción para la conservación de la calidad del suelo, especialmente por dejar zonas del suelo expuestas por largo tiempo sin cobertura vegetal alguna, faci-

tando enormemente el deterioro del mismo. En consecuencia, los suelos predominantes de la región citrícola del litoral norte tienen propiedades térmicas e hídricas que los hacen muy apropiados para el cultivo de los cítricos, pero que, para mantener su potencial productivo en el mediano y largo plazo, deben ser cuidados en forma adecuada dada su fragilidad y consecuente propensión a la erosión y a la pérdida de carbono orgánico.

FIGURA 2. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DIARIA MÁXIMA PROMEDIO DEL SUELO A LOS 5 CM DE PROFUNDIDAD EN SUELO DESNUDO (HERBICIDA) Y CUBIERTO POR PASTURA (5-10 CM)



Nota: Las barras representan el desvío estándar de la media diaria. Suelo Argisol Eutríco con horizonte A franco arenoso. Período 1985-2015. Estación INIA Salto Grande. Fuente: Elaboración propia.

Dado que la región del litoral norte fue la zona pionera en el desarrollo de la citricultura de exportación, se encuentra una diversidad importante de situaciones de manejo del suelo que coexisten, de acuerdo con la edad de las plantaciones y la historia de manejo del predio. Teniendo en cuenta esta diversidad, se identifican algunos de los puntos débiles que afectan la calidad de los suelos y, en consecuencia, su sostenibilidad biológica y física (Tabla 1).

TABLA 1. DEBILIDADES EN EL MANEJO DE SUELOS EN LA CITRICULTURA ACTUAL

- Mayor fragilidad de los suelos con horizonte A franco y franco-arenoso.
- Excesivo uso de herbicidas en la fila de plantación.
- Erosión evidente en los camellones de la fila de plantación.
- Formación de flujos preferenciales de agua sobre la superficie del suelo.
- Sistema radicular expuesto sobre la superficie del suelo.
- Evidencias de compactación de suelos.
- Generación de resistencia a ciertos herbicidas en las malezas.
- Reducción de la infiltración.

Fuente: *Elaboración propia.*

La fragilidad de los suelos de la región, en combinación con manejos previos inadecuados muchas veces asociados a una mala sistematización y planteo de los cuadros, ha llevado a una pérdida progresiva en la calidad del suelo, entre otras cosas por las pérdidas de carbono y nutrientes del mismo, con descensos de los rendimientos y aumento de los costos de producción.

3. Herramienta propuesta

El manejo del suelo con diferentes cubiertas (*mulch*) es una técnica conocida y utilizada desde hace tiempo en los cultivos hortifrutícolas a nivel mundial (Sirrinc *et al.*, 2008), con gran éxito en la mejora de las propiedades fisicoquímicas del suelo (Merwin y Stiles, 1994; Sánchez *et al.*, 2007; St. Laurent *et al.*, 2008), así como en las sanitarias y productivas, por efecto directo en el ambiente del crecimiento del sistema radicular de las plantas y en las comunidades de la microflora del suelo (Yao *et al.*, 2005; Morlat y Jacquet, 2003). Estas coberturas mejoran la productividad de mandarinas y arándanos (Abouziena *et al.*, 2008; Burkhard *et al.*, 2009), generando mejores condiciones para la planta (Teravest *et al.*, 2011). La cobertura de la superficie del suelo con residuos vegetales es una técnica adecuada para modificar la temperatura del suelo (Van Doren y Allmaras, 1978), a pesar de que el uso de estas coberturas podría coexistir con la inmovilización de nutrientes (Teasdale y Mohler, 2000).

Dos tecnologías desarrolladas a través de la experimentación nacional han demostrado un enorme beneficio en el manejo de suelos en la citricultura:

- i) la incorporación de *mulches* en la fila de plantación y,
- ii) el manejo de la entrefila con pasturas sembradas.

Ambas técnicas pueden ser implementadas en conjunto o por separado, en función de las metas en cada sistema de producción.

3.1. La incorporación de mulches en la fila de plantación

Esta técnica consiste en la incorporación de materiales vegetales en la línea de plantación de los árboles. Con un ancho variable, de acuerdo con el tamaño de la planta, pero siempre tratando de que el ancho de la faja con la cobertura sea mayor que la proyección de la copa sobre el suelo. Se probaron principalmente dos materiales de cobertura (*mulching*): chip de *Eucalyptus* compostado (52 kg m^{-2}) con una relación C/N = 1,5 y compost vegetal (30 kg m^{-2}) con una relación C/N = 10. Estos volúmenes de aplicación permitieron generar una capa de unos 15-20 cm de espesor. En una segunda instancia, también se evaluaron otros materiales para la formación del *mulch*: cáscara de arroz, paja, plástico negro y se los comparó con el compost, con el chip de *Eucalyptus* y con el testigo con aplicación de herbicida en toda la fila (Figura 3).

El compost es el producto fabricado mediante la descomposición biológica aeróbica controlada de materiales biodegradables. Estos materiales, durante el proceso de compostado, alcanzan temperaturas que reducen significativamente la viabilidad de patógenos y semillas de malezas (de acuerdo con los estándares EPA 40 CFR 503) y estabilizan el carbono de tal manera que es beneficioso para el crecimiento de las plantas. El compost se usa generalmente como enmienda del suelo, pero también puede contribuir con nutrientes para las plantas. El compost terminado generalmente se tamiza para reducir el tamaño de las partículas y mejorar la incorporación al suelo (US Composting Council, 2021).

El producto obtenido del proceso de compostaje va a depender en consecuencia del material vegetal que se use como materia prima biodegradable. En este sentido, el compostaje de chip de *Eucalyptus* es un proceso que mejora sustancialmente las características del producto final, a tal punto de no recomendarse la incorporación de chips de *Eucalyptus* en la plantación sin ser compostados previamente. Se ha observado, con la utilización de chips sobre la fila de plantación sin este proceso, que redu-

ce el desarrollo radicular de los cítricos, posiblemente por la percolación de sustancias de origen vegetal (compuestos fenólicos) dentro del suelo de la plantación. En el caso particular de estos experimentos, se usaron chips que estuvieron compostándose a la intemperie por más de 6 años, lo que llevó no solo a un cambio en la degradación de los compuestos de carbono, sino también al aumento de la microflora y, en consecuencia, a un leve aumento del nitrógeno en el compost generado.

Posiblemente el efecto ambiental más importante en el suelo sea la reducción de la amplitud térmica en sus primeros 10 cm y el aumento de la disponibilidad de agua en su misma capa, al comparar el uso de mulch con el de herbicida total en la plantación de los árboles. Estas dos variables físicas permiten un mejor ambiente para el crecimiento y desarrollo de las raíces; y, por consiguiente, de la producción. Sin dejar de lado la eliminación de la fuerza cinética del golpeteo de las gotas de agua de lluvia en la superficie del suelo, reduciendo potencialmente la erosión del mismo.

FIGURA 3. MANEJO DE LA FILA CON CHIPS DE *EUCALYPTUS* COMPOSTADOS Y CON SUELO DESNUDO CON HERBICIDA EN LA FILA. PLANTAS JÓVENES DE VALENCIA DELTA.



Fuente: Elaboración propia.

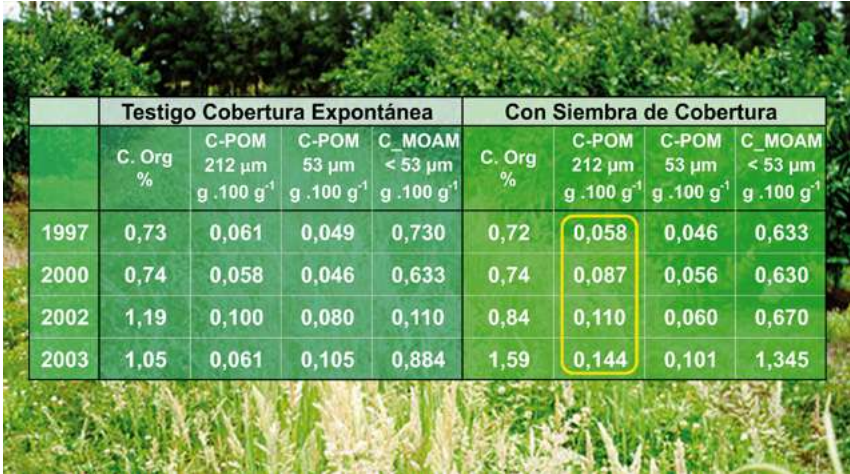
3.2. El manejo de la entrefila con pasturas sembradas

La siembra de coberturas vegetales en la entrefila de las plantaciones cítricas en Uruguay no ha sido fuertemente explorada, a pesar del potencial que presenta para mejorar la productividad y la biodiversidad del suelo en nuestra citricultura (Goñi, 2007). La cobertura vegetal viva y

permanente permite controlar mejor la erosión del suelo, reduciendo el impacto de las gotas de la lluvia y aumentando la rugosidad de la superficie del suelo, disminuyendo la velocidad de escurrimiento del agua y, en definitiva, de la erosión hídrica superficial. También ayuda a controlar la compactación, principalmente ocasionada por el pasaje reiterado de la maquinaria en la misma huella. La cobertura vegetal compite por espacio con las malezas persistentes, pudiendo además mejorar la calidad del suelo y el ciclo de los nutrientes, a través de la especie seleccionada y de su sistema radicular.

El empastado con vegetación espontánea es actualmente la técnica de manejo de la entrefila más utilizada en la citricultura de Uruguay. Esta técnica requiere de un mantenimiento con cortes frecuentes y tiene el riesgo de que, con el correr del tiempo, la gramilla (*Cynodon dactylon*) sea la especie predominante. La alternativa propuesta por Goñi (2007) hace ya unos años fue la siembra directa en la entrefila de especies o mezclas de especies que favorecieran la mejora de la materia orgánica del suelo desplazando la instalación de la gramilla como cobertura principal de la entrefila. Brevemente, la técnica busca la sustitución del empastado, o cobertura vegetal espontánea, por un tapiz vegetal de especies o mezcla de especies en la superficie de la entrefila de la plantación. Se pretende evitar la competencia por los nutrientes o el agua del cultivo, y que se minimice el efecto de la compactación por la maquinaria agrícola y la erosión hídrica. Para un correcto desarrollo de la nueva cobertura sembrada, a los efectos de mantener un tapiz vegetal denso, y de acuerdo con la especie seleccionada, se debe hacer una resiembra anual de la misma durante el mes de marzo. La práctica de hacer cortes periódicos de la cobertura, dejando el corte sobre el mismo tapiz, favorece el reciclado de los nutrientes en el suelo. Algunas de las especies evaluadas en la entrefila fueron: *Holcus* (5 kg semilla ha⁻¹), trébol blanco (5 kg ha⁻¹), trébol rojo (12 kg ha⁻¹), trébol alejandrino (12 kg ha⁻¹), *Ornithopus* (4 kg ha⁻¹), cebadilla (30 kg ha⁻¹), Festuca (12 kg ha⁻¹) y raigrás (18 kg ha⁻¹) (Figura 4).

FIGURA 4. ESTADO DE DESARROLLO DE DIFERENTES ESPECIES Y MEZCLAS USADAS EN LA COBERTURA DE ENTREFILA



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al manejo de la materia orgánica en el suelo de los ecosistemas, especialmente en los agrícolas, es de primer interés la estabilidad de los agregados del suelo y de la materia orgánica del suelo, debido a su papel central en la disponibilidad de agua y nutrientes a mediano plazo y en la estabilidad estructural del suelo (Gosling *et al.*, 2013). Con este enfoque, se midió la evolución de la materia orgánica y sus componentes particulados del suelo en la entrefila de plantas cítricas con dos situaciones de manejo de la entrefila: a) en una situación clásica de vegetación espontánea como cobertura del suelo; y b) en una situación con un manejo de siembra directa de cobertura vegetal; en este caso, una mezcla de *Holcus lanatus* y *Trifolium repens* (trébol blanco).

La evolución de la materia orgánica (expresada como carbono orgánico) se monitoreó desde la plantación; se partió con un nivel bajo de materia orgánica del suelo (1,27% = 0,74% C org x 1,72). El contenido de la materia orgánica del suelo fue aumentando lentamente en ambas situaciones de manejo de la entrefila, con una mayor tendencia en la cobertura de la mezcla. El contenido de la materia orgánica proveniente de las partículas de suelo más grandes (212 µm) aumentó casi al doble en el suelo con la cobertura sembrada (0,144 g .100 g⁻¹), respecto del suelo de la entrefila con cobertura espontánea (0,061 g .100 g⁻¹) (Figura 5).

La fracción más liviana ($<53 \mu\text{m}$) de la materia orgánica del suelo y la fracción de 212 y $> 53 \mu\text{m}$ están estrechamente asociadas al crecimiento de la microflora y el suministro de nutrientes (Haynes, 1999; Alvarez *et al.*, 1998) y representan también las fracciones de la materia orgánica del suelo que más rápidamente responden al manejo del suelo (Carter, 2002), tanto para su incremento como para su degradación.

FIGURA 5. EVOLUCIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO ($C_{\text{ORG}} \% * 1,72 = \text{MO}\%$) DEL SUELO Y DE LOS COMPONENTES DE LA MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA DEL SUELO EN EL TESTIGO CON COBERTURA ESPONTÁNEA (EMPASTADO NATURAL) Y EL TRATAMIENTO CON SIEMBRA DE COBERTURA VEGETAL EN LA ENTREFILA



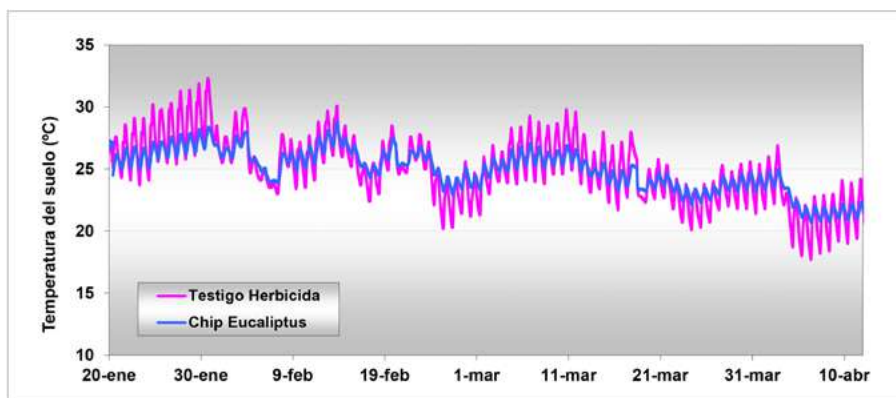
Referencias: C-POM: carbono-materia orgánica particulada, $212 \mu\text{m}$ y $53 \mu\text{m}$. C-MOAM: carbono-materia orgánica asociada a la fracción mineral $< 53 \mu\text{m}$. Profundidad de $0-15 \text{ cm}$. Cobertura vegetal en la entrefila (siembra directa) de Holcus y trébol blanco. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Resultados de la incorporación de mulches en la fila de plantación

En comparación con la técnica tradicional de dejar desnudo el suelo bajo la fila de plantación de los cítricos y de aplicar herbicidas selectivos o de amplio espectro, la incorporación de coberturas orgánicas como el chip o la paja ha mostrado ventajas significativas en la producción.

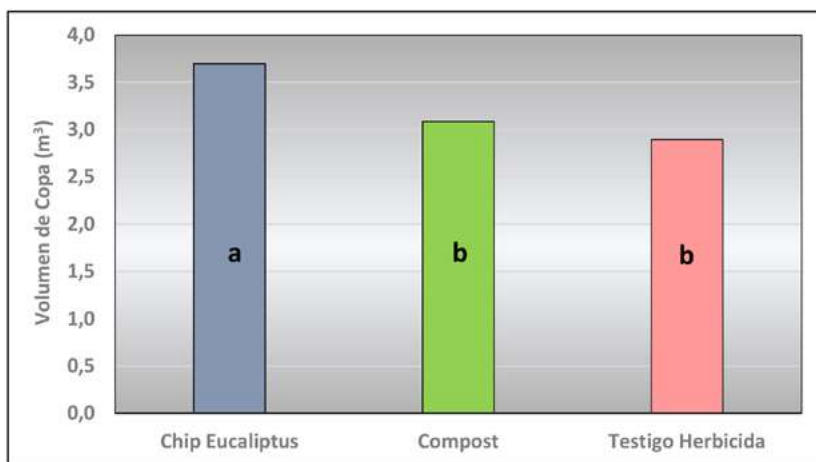
En este sentido, el principal efecto físico está relacionado con la disminución de la amplitud térmica de los primeros 10 cm de profundidad del suelo y también con el mantenimiento más alto del contenido de agua en el suelo en condiciones de secano. Ambos efectos han tenido un gran impacto en el aumento del crecimiento de las plantas, su fisiología, el rendimiento de los frutos, así como en la reducción del enmalezamiento (Figura 6, Figura 7, Tabla 2). Más allá de la notoria ventaja de evitar el uso reiterado de herbicidas totales en la fila de plantación, por el alto riesgo de incremento de la erosión hídrica del suelo, con la utilización de chips de *Eucalyptus* compostados se logró aumentar el rendimiento acumulado en 25% durante los cinco períodos de crecimiento, con respecto a las plantas que tenían herbicida en la entrefila (Tabla 2).

FIGURA 6. EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL SUELO A 10 CM DE PROFUNDIDAD, CON SUELO DESCUBIERTO (TESTIGO) Y CON COBERTURA DE CHIPS DE *EUCALYPTUS* COMPOSTADOS (VERANO)



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 7. VOLUMEN DE COPA AL TERCER AÑO DE INSTALACIÓN DEL ENSAYO



Nota: Las letras en las diferentes medias de los manejos del suelo corresponden a diferencias significativas por el test de Duncan ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 2. RENDIMIENTO DE FRUTOS EN LA COSECHA A PARTIR DEL SEGUNDO AÑO DESDE LA PLANTACIÓN, EN SECAÑO Y BAJO LOS TRES MANEJOS DEL SUELO EN LA FILA

	RENDIMIENTO (T HA ⁻¹)					
	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013*	2009-2013
Años desde plantación	2 años	3 años	4 años	5 años	6 años	Acumulado
Chips <i>Eucalyptus</i>	3,9 a	10,7 a	13,5 a	22,4 a	17,7 b	68,2 a
Compost	2,7 ab	7,6 b	9,8 b	19,3 b	21,5 a	60,9 ab
Testigo herbicida	1,5 b	7,1 b	10,5 b	18,3 b	17,3 b	54,7 b

** Año de fuerte helada en julio de 2012, afectando el desarrollo de las plantas.*

Las medias en las columnas con diferente letra son significativamente distintas por TRM Duncan ($p < 0,5$).

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Resultados del manejo de la entrefila con pasturas sembradas

El manejo de la entrefila de las plantaciones con la siembra de pasturas tiene ventajas y desventajas.

Entre las ventajas, la cobertura vegetal, al mejorar la estructura del suelo, aumenta los macroporos que, sinérgicamente con la mejora en el potencial de disponibilidad de agua del suelo, ocasionan que el ambiente de crecimiento de las raíces les sea más favorable y generan mayor actividad microbiana. Adicionalmente, reducen el efecto de la compactación del suelo provocado por el pasaje de maquinaria pesada en la entrefila de las filas de plantación. Al tener el suelo cubierto, se frena enormemente el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie, disminuyendo el efecto de la erosión hídrica.

Como desventajas podríamos citar el aumento de los costos adicionales al cultivo, que en realidad pasan a ser una inversión en el largo plazo del predio, con fertilización adicional a la entrefila y una correcta selección de las especies cultivadas, con su propio manejo de corte y resiembra.

FIGURA 8. TRÉBOL SEMBRADO EN LA ENTREFILA DE PLANTACIONES JÓVENES DE CÍTRICOS, SAN MIGUEL GLOBAL SA



Fuente: Elaboración propia.

4. Conclusiones

La meta de mantener sistemas productivos sostenibles y productivamente más adecuados al medio ambiente de Uruguay nos lleva a mejorar los actuales conceptos y técnicas utilizados en el manejo de las plantaciones cítricas.

Los conceptos de calidad y salud del suelo están en continua evolución en el ámbito profesional, académico y en la sociedad en su conjunto.

Las técnicas convencionales de manejo del suelo en Uruguay han ocasionado –muchas veces– un incremento y/o una mala utilización de insumos agropecuarios, que han llevado a un aumento en la compactación del suelo (especialmente en la entrefila), y en la erosión hídrica en la fila de plantación, y, con frecuencia, a un importante descontrol en el manejo de las malezas.

La propuesta de uso de técnicas de cobertura sobre la fila de plantación permite no solo un incremento en el rendimiento, sino una mejor eficiencia de uso del agua, mayor estabilidad en la temperatura del suelo y, en consecuencia, un sistema radicular más superficial y sano.

La propuesta de uso de coberturas vegetales vivas en la entrefila de plantación permite incorporar más y mejor materia orgánica al suelo, reduciendo la compactación y mejorando posiblemente las condiciones para el desarrollo de la microflora y microfauna del suelo.

Bibliografía

- Abouzienna, H. F., El-Metwally, I. M., Sharma, S. D. y Sing, M.** (2008), “Comparison of weed suppression and mandarin fruit yield and quality obtained with organic mulches, synthetic mulches, cultivation and glyphosate”, en *HortScience*, 43(3), pp. 795-799.
- Álvarez, C. R., Álvarez, R., Grigera, S. y Lavado, R. S.** (1998), “Associations between organic matter fractions and the active soil microbial biomass”, en *Soil Biol Biochem*, 30 pp. 767-773.
- Arshad, M. A. y Coen, G. M.** (1992), “Characterization of soil quality. Physical and chemical criteria”, en *Amer. J. of Alternative Agriculture*, 7, pp. 25-31.
- Burkhard, N., Lynch, D., Percival, D. y Sharifi, M.** (2009), “Organic mulch impact on vegetation dynamic and productivity of highbush blueberry under organic production”, en *HortScience*, 44(3), pp. 688-693.

Carter, M. R.

(2002), "Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions", en *Agron J.*, 94, pp. 38-47.

Doran, J. W., Sarrantonio, M. y Leibig, M.

(1996), *Soil health and sustainability. In Advances in Agronomy* (Sparks, D. L., ed.), Academic, San Diego (California), pp. 1-54.

Goñi, C.

(2007), "Oportunidades para el manejo de suelo en cítricos, con una óptica de conservación y mejora", INIA, *SAD*, N° 517, pp. 26-33.

Gosling, P., Parsons, N. y Bending, G. D.

(2013), "What are the primary factors controlling the light fraction and particulate soil organic matter content of agricultural soils?", en *Biol Fertil Soils*, 49, pp. 1001-1014.

Gregory, E. G., Carter, M. R., Angers, D. A., Monreal, C. M. y Ellert, B. H.

(1994), "Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils", en *Canadian J. of Soil Sci.*

Haynes, R. J.

(1999), "Labile organic matter fractions and aggregate stability under short-term, grass-based leys", en *Soil Biol Biochem*, 31, pp. 1821-1830.

Hutchinson, J. J., Campbell, C. A. y Desjardins, R. L.

(2007), "Some perspectives on carbon sequestration in agriculture", en *Agricult Forest Meteorol*, 142, pp. 288-302.

Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F. y Schuman, G. E.

(1997), "Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation", en *Soil Science Society of America Journal*, 61, pp. 4-10.

Larkin, R. P.

(2015), "Soil Health Paradigms and Implications for Disease Management", en *Annu. Rev. Phytopathol.*, 53, pp. 199-221.

Merwin, L. A. y Stiles, W. C.

(1994), "Orchard groundcover management impacts on apple tree growth and yield and nutrient availability and uptake", en *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 119, pp. 209-215.

Morlat, R. y Jacques, A.

(2003), "Grapevine root system and soil characteristics in a vineyard maintained long term with or without interrow sward", en *Amer. J. Enol. Viticul.*, 54, pp. 1-7.

Otero, A. y Zefferino, E.

(2007), *Algunos aspectos a tener en cuenta para el muestreo de árboles y frutas con síntomas de Xanthomonas axonopodis pv. citri en montes cítricos*, Serie Técnica 171, INIA, Montevideo, 26 pp.

Pérez, E. y Alves, P.

(2015), *Validación de una estrategia de manejo integrado para el control de mancha negra de los cítricos*, Serie de actividades de difusión 752, INIA, pp. 118-120.

Sánchez, E. E., Giagetto, A., Cichon, L., Fernandez, D., Aruani, M. C. y Curetti, M.

(2007), "Cover crops influence soil properties and tree performance in an organic apple (*Malus domestica* Borkh) orchard in northern Patagonia", en *Plant Soil*, 292, pp. 193-205.

Scott, H. D.

(2000), *Soil physics: agricultural and environmental applications*, Iowa State University Press, Ames (EE. UU.), 421 pp.

Singer, M. y Erwin, S.

(2000), "Soil quality", en Sumner, M. E. (ed.), *Handbook of Soil Science*, CRC Press, Boca Raton, Florida (EE. UU.), pp. G-271-G-298.

Sirrinc, Jr., Letourneau, D. K., Shennan, C., Sirrinc, D., Fouch, R., Jackson, L. y Mages, A.

(2008), "Impacts of groundcover management systems on yield, leaf nutrients, weeds, and arthropods of tart cherry in Michigan, USA", en *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 125, 1-4, pp. 239-245.

St Laurent A., Merwin, L. A. y Thies, J. E.

(2008), "Long term orchard ground cover management system affect soil microbial communities and apple replant disease severity", en *Plant Soil*, 304, pp. 209-225.

Teasdale, J. y Mohler, C.

(2000), "The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches", en *Weed Science*, 48(3), pp. 385-392.

Teravest, D., Smith, J., Carpenter-Boggs, L., Granatstein, D., Hoagland L. y Reganold, J. P.

(2011), "Soil carbon pools, nitrogen supply, and tree performance under several groundcovers and compost rates in a newly planted apple orchard", en *HortScience*, 46, pp. 1687-1694.

US Composting Council®

(2021), STA Certified Compost, "Compost Definition". Disponible en: <<https://www.compostingcouncil.org/page/CompostDefinition#>>. [Consulta: 21 de mayo de 2021].

Van Doren, D. M. Jr. y Allmaras, M. R.

(1978), "Effect of residue management practices on the soil physical environment, microclimate, and plant growth", en Oschwald, W. R. (ed.), *In crop residue management system*, ASA. Spec. Pub., 31, Amer. Soc. of Agron., Madison (Wisconsin).

Yao, S. R., Merwin, L. A., Bird, G. W., Abawi, G. S. y Thies, J. E.

(2005), "Orchard floor management practices that maintain vegetative or bio-

mass groundcover stimulate soil microbial community composition”, en *Plant Soil*, N° 271, pp. 377-389.