



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FCA

UNL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
MAESTRÍA EN CULTIVOS INTENSIVOS

“Influencia de las coberturas vegetales sobre el comportamiento del cultivo del duraznero y sobre los atributos del suelo”

Alumna: Ciacci, María Belén

Director: Dr. Norberto Francisco Gariglio

Co-Directora: Dra. Silvia Imhoff

Esperanza, Julio 2014

ÍNDICE GENERAL

Índice general.....	2
Índice de tablas.....	4
Índice de figuras.....	5
Resumen.....	6
Abstract.....	7
Introducción general.....	8
Hipótesis.....	17
Objetivo general.....	17

CAPÍTULO I. Efectos de las coberturas vegetales en la entrefila del duraznero sobre la evolución de la materia orgánica particulada

I.1 Introducción.....	18
I.1.1 Carbono orgánico - principal componente de la MO.....	19
I.1.2. Incidencia de la vegetación sobre la materia orgánica.....	19
I.1.3. Efecto del manejo del suelo sobre el contenido de M.O.....	20
I.1.4. Las coberturas vegetales en cultivos perennes.....	20
I.1.5. El análisis foliar en los frutales.....	21
I.2. Materiales y Métodos.....	22
I.2.1. Material vegetal y tratamientos.....	22
I.2.2. Cuantificación de la biomasa.....	23
I.2.3. Contenido de nitrógeno en las coberturas.....	23
I.2.4. Fraccionamiento de la materia orgánica particulada o joven.....	23
I.2.5. Aportes de agua tratada.....	25
I.2.6. Contenido de nutrientes en la hoja del duraznero.....	25
I.3. Resultados.....	26
I.3.1. Cuantificación de la biomasa.....	26
I.3.2. Contenido de nitrógeno en las coberturas.....	26
I.3.2.1. Evolución de las fracciones de la MO en las distintas fechas de medición.....	27
I.3.2.2. Contenido de nutrientes en la hoja del duraznero.....	28
I.4. Discusión.....	30
I.5. Conclusiones.....	32

CAPÍTULO II. Las coberturas vegetales en el cultivo del duraznero sobre la dinámica del agua en el suelo

II.1. Introducción.....	33
II.1.1. Importancia del agua en las plantas.....	33
II.1.2. Relación suelo-agua-planta. Constantes hídricas.....	34
II.1.3. Curvas de retención hídrica.....	35
II.1.4. Potencial hídrico en las plantas.....	35
II.1.5. Efecto de las coberturas vegetales sobre el consumo hídrico.....	36
II.2 Materiales y métodos.....	37
II.2.1 Determinación de la humedad del suelo.....	38
II.2.2 Determinación de la curva de retención de agua del suelo.....	38
II.2.3 Determinación del potencial hídrico en hoja.....	40

II.2.4 Diseño experimental.....	41
II.3 Resultados.....	41
II.3.1 Humedad Volumétrica.....	41
II.3.2 Curvas de retención de agua.....	43
II.3.3 Potencial hídrico en hojas de duraznero.....	45
II.4.Discusión.....	46
II.5 Conclusiones.....	49

CAPÍTULO III Efecto de las coberturas sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo del cultivo del duraznero

III.1 Introducción.....	50
III.1.1. Crecimiento y calidad del fruto.....	51
III.1.2. Componentes del rendimiento.....	52
III.1.2.1. Peso del fruto.....	52
III.1.2.2. Numero de frutos por planta.....	52
III.1.3. Efecto de las coberturas sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo.....	52
III.2. Materiales y métodos.....	53
III.2.1. Zona de estudio, material vegetal y tratamientos	53
III.2.2. Mediciones del comportamiento vegetativo y reproductivo de la planta.....	55
III.3. Resultados.....	56
III.3.1. Crecimiento Vegetativo.....	56
III.3.1.1. Longitud de los brotes del año y números de brotes por ramo.....	56
III.3.1.2. Sección transversal del tronco.....	56
III.3.2. Crecimiento reproductivo.....	57
III.3.2.1. Intensidad de floración y cuajado de frutos.....	57
III.3.2. 2. Evolución del diámetro de los frutos y tamaño del fruto a la cosecha.....	58
III.3.2.3. Carga de frutos por planta y rendimiento.....	61
III.4. Discusión.....	61
III.5.Conclusiones.....	64
Conclusiones generales.....	65
Bibliografía.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo I

Tabla I.1: Análisis textural y fertilidad química del suelo en los distintos bloques evaluados.....	22
Tabla I.2: Concentración óptima de nutrientes en hojas de duraznero.....	26
Tabla I.3: Aporte de materia seca (kg ms.ha^{-1}) de los diferentes tratamientos de cobertura.....	26
Tabla I.4 Contenido de N (%) de las distintas coberturas de alfalfa y vicia/avena. Datos obtenidos el 7 de diciembre de 2011.....	27
Tabla I.5: Porcentajes (COT), (COPg), (COPf) y (COM).....	28
Tabla I.6: Efecto de diferentes coberturas vegetales en la entrefila de las plantas sobre el contenido de nutrientes en hojas de duraznero.....	29

Capítulo II

Tabla II.1: Contenido hídrico superficial (0-20 cm) del suelo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) en diferentes tratamientos de cobertura en la entrefila de un cultivo de duraznero.....	42
Tabla II.2: Evolución del contenido hídrico sub-superficial (20-40 cm) del suelo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) en diferentes tratamientos de cobertura en la entrefila de un cultivo de duraznero.....	42
Tabla II.3: Coeficientes de ajuste del modelo Van Genuchten del suelo para tres tratamientos de cobertura vegetales implantados en la entrefila de un cultivo de duraznero a la profundidad 0-20cm.....	43
Tabla II.4: Coeficientes de ajuste del modelo Van Genuchten del suelo para tres tratamientos de cobertura vegetales implantados en la entrefila de un cultivo de duraznero a la profundidad 20-40.....	44
Tabla II.5: Potencial hídrico en hojas de duraznero bajo diferentes tratamientos de cobertura de suelo en la entrefila del cultivo. Fecha de observación correspondiente al 30/11/12.....	45

Capítulo III

Tabla III.1: Efecto de distintos tratamientos de cobertura de suelo sobre la longitud máxima promedio de brotes y números de brotes por ramo mixto, en duraznero cultivar 'Cristalino'.....	56
Tabla III.2: Efecto de distintos tratamientos de cobertura de suelo sobre el crecimiento anual de la sección transversal del tronco (TCA) de árboles de duraznero, cultivar Cristalino.....	57
Tabla III.3: Efectos de distintos tratamientos de cobertura de suelo sobre la Intensidad de floración (Flores m^{-1}) y el cuajado (%) de frutos en el duraznero, cultivar 'Cristalino'.....	58
Tabla III.4: Efecto de diferentes tratamientos de cobertura de suelo sobre el peso (g) y diámetro (mm) de frutos a la cosecha en el duraznero, cultivar 'Cristalino'.....	60
Tabla III.5: Efecto de distintos tratamientos de cobertura de suelo sobre el número de frutos por planta y el rendimiento (kg pl^{-1}) en el duraznero cultivar 'Cristalino' 2013.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura I.1: Diagrama del método del fraccionamiento físico mediante tamizado en húmedo.....	24
Figura I.2: Extracción de muestras para la determinación de carbono orgánico. Se observa cobertura de alfalfa.....	25
Figura I.3: Contenido de nitrógeno (%) en hojas de duraznero, cv. 'Cristalino' en función de los diferentes tratamientos de cobertura de suelo en la entrefila del cultivo.....	29

Capítulo II

Figura II.1: Extracción de muestras para la determinación de humedad gravimétrica. Se observa la cobertura de vicia y avena en periodo de senescencia (6/01/2012).....	38
Figura II.2: Muestreador y cilindros para la determinación de las curvas de retención de humedad.....	39
Figura II.3: Ollas de baja y alta presión para la determinación de las curvas de retención hídrica del suelo.....	40
Figura II.4: Colocación de la hoja en la cámara de presión, (a) observación con lupa, y (b) determinación del potencial agua de la hoja a la presión en que se produce la aparición de una gota de agua en el corte del pecíolo de la hoja (c).....	41
Figura II.5: Valores observados y estimados de las curvas características de retención de agua ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) del suelo para tres tratamientos de coberturas vegetales implantados en la entrefila de un cultivo de duraznero. Alfalfa (ALF), Vicia/Avena (V-A) y convencional (C). Fecha de muestreo 9/02/2012. Profundidad de muestreo 0-20 cm.....	44
Figura II.6: Valores observados y estimados de las curvas características de retención de agua ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) del suelo para tres tratamientos de coberturas vegetales implantados en la entrefila de un cultivo de duraznero. Alfalfa (ALF), Vicia/Avena (V-A), y convencional (C). Fecha de muestreo 9/02/2012. Profundidad de muestreo 20-40 cm.....	45

Capítulo III

Figura III.1: Medición del calibre de frutos mediante la utilización de un calibre digital.....	55
Figura III.2: Efecto de diferentes tratamientos de cobertura de suelo sobre la evolución del diámetro de los frutos del duraznero, cv. 'Cristalino'.....	59
Figura III.3: Firmeza de la pulpa (kg) de los frutos de duraznero, cv. 'Cristalino' en función de los diferentes tratamientos de cobertura de suelo.....	60

RESUMEN

Las coberturas vegetales se caracterizan por tener multi-propósitos, las cuales incluyen la conservación del suelo y del agua. Se pretendió obtener información del aporte de las coberturas vegetales sobre la evolución de la materia orgánica, el estado hídrico y diferentes indicadores físicos del suelo, y sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo del duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) en la zona sur de Mendoza (San Rafael). Se utilizaron plantas de la variedad Cristalino de 14 años de edad, injertadas sobre pie Nemaguard, conducidas en forma de vaso, plantadas en un suelo franco arenoso, en un marco de 4,5 x 3 m. Los tratamientos fueron T0- Control, sin cobertura, con laboreo mecánico (LM): se controlaron las malezas en el espacio interfilas en primavera-verano mediante rastra de discos; T1-Cobertura permanente de alfalfa (*Medicago sativa* L.); T2-Cobertura anual de vicia (*Vicia sativa* L.), cv La Enramada y avena (*Avena sativa* L.), cv. Calen. Se evaluó el aporte de materia seca de las coberturas, el cambio de las fracciones orgánicas y el contenido de humedad volumétrica del suelo, y se ajustaron las curvas de retención hídrica. En el cultivo, se evaluó el efecto de las coberturas sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres repeticiones. La alfalfa triplicó el valor de materia seca de la cobertura anual en el período de agosto a enero. El carbono particulado grueso (COPg) del suelo de la cobertura permanente entre la primera y la última medición aumento un 100 %, reflejando rápidamente los beneficios de las coberturas vegetales. Las demás fracciones de carbono orgánico no se modificaron significativamente. El contenido de humedad volumétrica normalmente fue mayor en el tratamiento con coberturas, llegando a alcanzar una diferencia máxima del 16 % en el estrato superficial (0-20 cm). Los tratamientos de coberturas lograron un mayor rendimiento por planta, entre 3 y 7 kg, y el contenido de nitrógeno y calcio foliar aumentó en el tratamiento anual entre un +23 y +28,7 %, respectivamente.

ABSTRACT

Cover crops improve soil and water conservation in agriculture but it uses requires local experiences and adaptations. The aim of this work was to quantify the effect of different cover crops in the inter-rows of peach on soil organic matter and water content evolution, and on the vegetative and reproductive traits of peach trees (*Prunus persica* L. Batsch) at the south area of Mendoza (San Rafael), Argentina. Plants of 14 years-old of the 'Cristalino' variety, grafted on 'Nemaguard' rootstock, conducted in an open vase system, and planted in a sandy loam soil 4.5 x 3 m apart were used. Trials were conducted during two consecutive years (2011 and 2012). The treatments were T0-Control, without cover crops (LM), where natural vegetation at the inter-rows of peach trees were repeatedly removed by mechanical tillage; T1-Permanent cover crop of Lucerne (*Medicago sativa* L.); and T2-Annual cover-crop of a 50 % mixture of common vetch (*Vicia sativa* L.), cv. 'La Enramada' and oats (*Avena sativa* L.), cv. 'Calen'. Dry matter production of the cover crops, changes of soil organic fractions and volumetric soil-moisture content were periodically evaluated. Soil water retention curves were also adjusted for each treatment. Furthermore, the effects of cover crops treatments on vegetative and reproductive traits of peach trees were measured. An experimental design in a randomized complete block with three replications was used. Dry matter production of Lucerne (T1) tripled that of annuals cover during the period from August to January. The coarse particulate carbon (COPg) permanent (Lucerne cover)soil cover between the first and the last measurement increased 100%, rapidly reflecting the benefits of mulches.No significantly changes were observed in the other soil organic carbon fractions. The volumetric soil-moisture content normally was higher in both cover crops treatments, reaching a maximum difference of 16 % in the surface soil-layer (0-20 cm) in comparison with the Control. Cover treatments improved peach yield (3-7 kg per plant), whereas only annual covers increased nitrogen and calcium foliar content (+23 – 28,7 %).

INTRODUCCION

Alrededor de 2,000 millones de hectáreas de suelo, equivalentes al 15 % de la superficie del planeta (una superficie más extensa que Estados Unidos y México juntos), se han degradado por causa de las actividades humanas. Los principales tipos de degradación del suelo son la erosión hídrica (56 %), la erosión eólica (28 %), la degradación química (12 %) y la degradación física (4 %). El 52 % de la tierra destinada a la agricultura está moderada o severamente afectada por la degradación, perdiéndose entre 4 y 6 millones de hectáreas de suelo cultivado cada año (Ruiz & Flebes, 2004). Por otro lado, el uso intensivo del suelo para el cultivo, la producción de ganado, la expansión de los campos abiertos y la quema de rastrojos y de arbustos se están traduciendo en significativas pérdidas de la cobertura vegetal.

Las consecuencias de estos efectos se traducen en un aumento de la escorrentía y de la erosión del suelo debido al viento y al agua, a la pérdida del carbono orgánico en el suelo, el encostramiento y la desecación del suelo, y la disminución de los niveles de aguas subterráneas y superficiales (Wocat, 2009).

La expansión de las zonas cultivadas, el aumento de la profundidad de la labranza y la pérdida de la cobertura vegetal han hecho que se acelere la pérdida de la materia orgánica de los suelos y esto significa la reducción de su fertilidad de su resistencia a la erosión, de su capacidad de infiltración, de su almacenaje de agua, de su habilidad para ligar y/o promover la degradación de sustancias tóxicas (Allmaras *et al.*, 2000). La disminución de biomasa y de hojarasca en la superficie reduce drásticamente la infiltración de agua en el suelo, lo cual se traduce en una importante escorrentía. La vegetación tiene una función decisiva en la generación, protección y conservación del suelo permitiendo la fijación del suelo, el descenso de la evaporación de la superficie del suelo (Belmonte Serrato *et al.*, 1999). La vegetación desempeña un doble papel protector con respecto al suelo. Por un lado, lo protege directamente del impacto de las gotas de lluvia o erosión por salpicadura aminorando el riesgo de pérdidas de suelo por erosión hídrica. Por otro, mejora su estructura edáfica, con el aporte continuo de materia orgánica que lo hace ser más resistente a la erosión debido a una mejora en la estabilidad de los agregados edáficos y, a su vez, incrementa la porosidad y la capacidad de infiltración, lo

cual mejora la capacidad de campo y de retención de agua y reduce la escorrentía superficial (Pulido *et al.*, 2011).

1.1 Uso de cultivo de coberturas

Los cultivos de cobertura son una alternativa para reducir el laboreo de los suelos e incrementar el aporte de residuos al suelo. Estas coberturas son establecidas entre dos cultivos de cosecha o entre las hileras de los frutales y no son pastoreados ni incorporados ni cosechados, dando protección al suelo y reduciendo la presión de malezas (Wander *et al.*, 1996). En cambio, el abono verde es todo cultivo de crecimiento rápido que se incorpora al suelo en estado vegetativo para que el material sea rápidamente mineralizado aportando nutrientes disponibles para el cultivo posterior. Generalmente, se siembran distintas leguminosas y/o gramíneas en combinación. Este método enriquece el suelo especialmente con nitrógeno, aunque también puede mejorar sus propiedades físicas y biológicas, dando como resultado una mejor estructura del suelo (Brechelt, 2004).

Los cultivos de cobertura están caracterizados por sus funciones más amplias y multi-propósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado (FAO, 1994).

Desde inicio del siglo pasado se han realizado varios estudios para observar el efecto de las coberturas vegetales en la reducción de la escorrentía y de la erosión. Las primeras observaciones reconocieron el efecto de la cobertura vegetal en la prevención de la obstrucción de los poros del suelo y la consecuente disminución de la escorrentía superficial (FAO, 1997). Sin embargo, solamente al inicio de la década de 1940 fue realizada una evaluación cuantitativa del efecto de la cobertura del suelo. Borst & Woodburn (1942), en estudios realizados con un simulador de lluvia (Ohio, EE.UU.), determinaron que la intercepción del impacto de las gotas de lluvia con una cobertura de paja redujo la erosión en aproximadamente un 95%. En este mismo sentido, la cobertura de 2/3 o 3/4 de la superficie del suelo sería suficiente para protegerlo del impacto de la lluvia, y prácticamente eliminar el transporte de suelo por salpicadura (Bertrand & Kohnke, 1959). Esta cobertura correspondería a aproximadamente cinco toneladas de residuos vegetales por hectárea. Más tarde, se observó que 2,5 t ha⁻¹ de paja de trigo fueron suficientes para ofrecer un 87 % de cobertura del suelo y eliminar completamente la

escorrentía y la erosión. Sin embargo, más tarde se determinó que las condiciones físicas de los suelos, tales como la textura, la permeabilidad y la pendiente del terreno influyen de manera importante en la eficiencia de la cobertura del suelo. Así, 4,48 t ha⁻¹ de paja fueron necesarias para contener la erosión en un suelo de textura franca, con baja permeabilidad, no cultivado y con 15 % de pendiente. Esta cantidad de rastrojo se redujo a 2,24 t /ha⁻¹ para un suelo franco-limoso, cultivado, moderadamente permeable, con 3 % de pendiente. Por último, 1,12 t ha⁻¹ de paja fueron suficientes en el caso de un suelo franco-limoso, cultivado, muy permeable, con 5% de pendiente (Meyer *et al.*, 1970). De este modo, los residuos de los cultivos pueden prevenir la erosión y sustentar la producción en suelos de difícil manejo (Lal *et al.*, 1980).

La cobertura del suelo tiene una acción protectora por la interceptación y absorción del impacto directo de la gota de lluvia, previniendo así el sellado de la superficie y preservando la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la misma (Adams, 1966). De esa manera, la infiltración de agua puede ser mantenida durante todo el período de lluvia (Musgrave y Nichols, 1942). Por lo tanto, aumentando la cobertura del suelo se reducen la desagregación y movimiento del suelo por la salpicadura de la lluvia (Singer *et al.*, 1981), disminuyendo la velocidad y la capacidad de transporte del flujo superficial (Gilley *et al.*, 1986). El volumen de escurrimiento superficial es afectado por la calidad y cantidad de residuos a través del retardo en el inicio de la escorrentía, del aumento del tiempo entre el inicio de la lluvia y el primer litro de agua escurrida, y de la disminución del tiempo entre el final de la lluvia y el final de la escorrentía (Lampurlanes, 2002)

Los cultivos de cobertura no son una tecnología nueva, sino que ya existen antecedentes de su utilización desde el siglo 17 en Java, Bali y Sumatra, para recuperar los suelos degradados. Anteriormente, existen registros de que los Griegos y Romanos han practicado la rotación de cultivos, y Plinio menciona el cultivo de lupinos (*Lupinus albus*) y vicia (*Vicia sativa*) como abonos verdes y para la supresión de malezas (Karlen *et al.*, 1994). Existen varios ejemplos de países que han adoptado los cultivos de cobertura durante un periodo crítico de su desarrollo agrícola y luego han abandonado la práctica. Por ejemplo, en el centro y el sur de China, el cultivo de cobertura *Astragalus sinica* era sembrado al voleo en tres millones de hectáreas en el segundo cultivo de arroz inundado, al momento de la floración del arroz (Garrity & Flinn, 1988). El cultivo de cobertura crecía durante la época de descanso y luego era incorporado antes del primer cultivo de arroz en

el año subsiguiente. Actualmente, la práctica está disminuyendo debido a que el valor de los cultivos invernales, tales como cebada, y trigo, sobrepasa las ventajas derivadas del *Astragalus*. De esta manera, los cultivos de cobertura ocupan una serie de nichos específicos y estadios dentro del desarrollo de los sistemas agrícolas, y por lo tanto no son aplicables a todas las situaciones. (Pound, 1999).

1.2. Ventajas de las coberturas

Según INTA (2012) se pueden atribuir varias ventajas a los cultivos de cobertura, tales como: i) reducir la necesidad de insumos externos (ej. fertilizantes, herbicidas, alimentos animales), ii) reducir la mano de obra para el desmalezado, iii) incrementar la fertilidad del suelo, iv) reducir la competencia de malezas; v) incrementar la infiltración de agua, vi) reducir los residuos de agroquímicos, vii) reducir las pérdidas de suelo por erosión, viii) reducir la deforestación y la pérdida de biodiversidad, ix) reducir las pérdidas de fertilidad por el quemado.

En general, se selecciona especies que posea altas tasas de crecimiento, o al menos es una característica que se tiene en cuenta para la selección de acuerdo al nivel de competitividad requerida. Así, existe un amplio rango de características como la duración (estacional o perenne), el hábito de crecimiento (postrado, erecto o trepador), la tolerancia al frío, calor, sequía o inundaciones. En todos los casos, el uso de altas densidades facilita la siembra y favorece el establecimiento del cultivo. Es una herramienta simple, de bajo riesgo, el tamaño grande de la mayoría de las especies facilita la siembra y reduce los riesgos de establecimiento (Hernandez *et al.*, 2009)

Los cultivos de cobertura pueden sustituir a algunos insumos externos tales como fertilizantes (Intriago Robles, 2004). En coberturas con leguminosas se estima que la transferencia de nitrógeno ocurre principalmente a través de la descomposición de sus residuos (Danso *et al.*, 1993) que el 40 % del N contenido en las plantas de una cubierta vegetal puede llegar a estar disponible en el suelo el primer año, mientras que el 60% restante se encontrara disponible si la cubierta vegetal es incorporada como abono verde (Hoyt, 1987).

1.3. Desventajas de las coberturas

Existen ciertas desventajas en el uso de las coberturas, ya que necesitan de un manejo cuidadoso para prevenir la excesiva competencia con el cultivo principal. Además, puede suceder que coincidan los requerimientos de mano de obra para el establecimiento y el corte de la cobertura con prácticas culturales claves del cultivo principal (Pound, 1999). En otros casos, algunas coberturas perennes se secan durante el invierno o en períodos de sequía lo cual constituye un riesgo para incendios (Castillo, 2003)

Los cultivos de cobertura ocupan durante parte o todo el año terreno que podría ser utilizado para otros propósitos, como el cultivo de cereales, oleaginosas, o para la producción ganadera, entre otras opciones. En algunas situaciones, el cultivo de cobertura podría contribuir a hospedar plagas o enfermedades que luego ataquen al cultivo principal.

Los cultivos de cobertura con alta relación C/N pueden reducir la disponibilidad de nitrógeno en el suelo para el cultivo principal. Ciertas especies podrían tener un efecto alelopático en el cultivo siguiente por ejemplo, la inhibición del crecimiento radicular de plantines de algodón por volátiles de la rizósfera producidos por cultivos de cobertura invernales (Bradow & Connick, 1988).

1.4. Adopción de los cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura se prestan para sistemas de bajos insumos externos y la adopción de los mismos es especialmente rápida donde varias limitantes pueden ser solucionadas a la vez por el uso de esta tecnología. A modo de ejemplo, situaciones de baja fertilidad del suelo, alta infestación de malezas y severa erosión del suelo. Los cultivos de cobertura constituyen una tecnología de sencilla difusión por su simplicidad y bajo costo (Flores, 1993).

1.5. Distribución geográfica y adaptabilidad de los cultivos de cobertura.

Los sistemas agrícolas de clima templado están caracterizados por un alto grado de intensificación y un alto nivel de dependencia de insumos externos Este tipo de agricultura ha creado una serie de problemas en términos de la contaminación ambiental. En estos sistemas, el uso de los cultivos de cobertura está creciendo para reducir el nivel de los insumos inorgánicos tales como herbicidas y fertilizantes en sistemas de cero laboreo y curvas de nivel.

Ellos también juegan un papel importante en la reducción de la lixiviación del nitrógeno durante el periodo de descanso, así mismo para limpiar el suelo (de plagas, enfermedades y malezas) cuando se los siembra en el intervalo entre los cultivos principales de una rotación. Las especies *Vicia* spp. y *Trifolium* spp. como también especies no-leguminosas (*Brassica* spp.) son comunes en las regiones templadas. (Decker *et al.* 1994).

En regiones semiáridas, los cultivos de cobertura pueden jugar un rol importante en la conservación del agua y el control de la erosión eólica (Altieri & Nicholls, 2000). Bajo riego, la alfalfa (*Medicago sativa*) y el trébol de Alejandría (*Trifolium alexandrinum*) son cultivos de cobertura muy comunes. La alfalfa provee una buena cobertura del suelo bajo cítricos irrigados en suelos alcalinos o neutros, mientras que el trébol de Alejandría logra una buena cobertura durante el invierno (Pound, 1999).

1.6. Contribución de los cultivos de cobertura a la productividad del suelo

Los cultivos de cobertura protegen el suelo de la alta precipitación y proporcionan canales, por medio de sus raíces, a las capas sub-superficiales, permitiendo altas tasas de infiltración (Folorunso *et al.*, 1992) y agregados más estables al agua (McVay *et al.*, 1989). Estos factores conducen a una disminución en la densidad del suelo bajo cultivos de cobertura, lo cual es generalmente beneficioso al crecimiento de la planta (Bravo *et al.*, 2004). Por el contrario, la compactación del subsuelo es un problema común en suelos agrícolas caracterizados por una estructura pobre y sujetos a excesivos y/o inoportunos laboreos mecánicos durante varios años. En cambio, cultivos de cobertura como la alfalfa (*Medicago sativa*), el gandul (*Cajanus cajan*), el caupí (*Vigna unguiculata*), la tobiata (*Panicum maximum* var. *Tobiata*), el centenario (*Panicum maximum* var. *Centenario*), la brizantha (*Brachiaria brizantha*) y el *Centrosema*, tienen raíces que son capaces de penetrar el subsuelo compactado, produciendo un "laboreo biológico" que mejora significativamente la infiltración del agua arrastrando materia orgánica dentro de la zona (Barber & Navarro, 1994).

Bajo condiciones más secas debe contemplarse la competencia por agua que se establece entre las coberturas y los cultivos principales y, consecuentemente, una cobertura viva podría ser menos benéfica que una muerta (Cintra & Borges, 1988).

Muchos estudios se han realizado sobre la contribución de los cultivos de cobertura al nitrógeno del suelo y la influencia del manejo de los residuos sobre los cultivos subsiguientes (McVay, 1989; Lathwell, 1990; Onim *et al.*, 1990; Smyth *et al.*, 1991; John *et al.*, 1992). Los incrementos del rendimiento asociados con el uso de cultivos de cobertura han sido relacionados directamente al contenido de nitrógeno de la cobertura y la materia seca total producida (Armado & Teixeira, 1991; Kitamura & Miranda, 1989).

Experimentos conducidos en Cuyuta, Guatemala, han mostrado que el valor de sustitución de fertilizante nitrogenado del rastrojo de cultivos de *Mucuna* sp. y *Canavalia ensiformis* manejados bajo cero laboreo (residuos no incorporados) están alrededor de los 60 kg ha⁻¹, mientras que estos valores más que se duplican cuando los residuos son totalmente incorporados.

1.7. Cultivos de Cobertura en Sistemas de Labranza cero

La labranza cero ha sido sugerida como una alternativa al alto uso de insumos, de maquinaria, y combustibles fósiles. Las ventajas son el incremento de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo, la reducción de la compactación y de la erosión. Los incrementos de los rendimientos del trigo y la avena sembrados en forma directa fueron mayores cuando siguieron a cultivos que habían estado asociados con cultivos de cobertura (Salton *et al.*, 1989). Una desventaja de este sistema es el posible incremento de malezas nocivas, mayormente perennes. Para mejorar el control de estas especies e incrementar la viabilidad de la tecnología, se considera necesario un cultivo de cobertura vigoroso, acompañado por el uso de herbicidas o el picado del mismo para formar una cobertura muerta. Esta cobertura mejora el control de las malezas a través de efectos alelopáticos, como así también por efectos físicos. La avena negra (*Avena strigosa*) y los lupinos (*Lupinus alba*) son cultivos de cobertura utilizados con este propósito en Brasil.

1.8. Cultivos de Cobertura para Sistemas de Cultivos Perennes

El uso de coberturas en cultivos perennes está más distribuido y reconocido que en los cultivos anuales. Se considera a Indonesia como un pionero en el uso de esta tecnología en cultivos de palma aceitera, cocos y sisal. Se los utiliza como método de control de malezas, reducción de la erosión del suelo y como proveedor de nutrientes al

suelo. En sistemas silvopastoriles, la cobertura podría también proveer forraje para el ganado (Altieri, 2000)

Las funciones de los cultivos de cobertura en sistemas perennes cambian durante el ciclo de desarrollo de los cultivos. Durante la fase inicial de establecimiento, los cultivos de cobertura pueden reducir la lixiviación de nutrientes en el suelo. En Bolivia, la asociación de *Arachis pintoi* y tembe (*Bactris gasipaes*) se encontró que era antagónica debido a la competencia por nutrientes, mientras que la asociación con un cultivo de cobertura con enrizamiento más profundo, como “frijol espada” *Canavalia ensiformis*, parece ser satisfactorio (CIAT/NRI, 1997).

Numerosas referencias documentan el uso de cultivos de cobertura en cultivos perennes comerciales tales como duraznos (Aibar *et al.*, 1990), coco (Bourgoing, 1990; Juan & Abab, 1980), banana (Cintra & Borges, 1988), palma aceitera (Chan & Hutauruk, 1982; Lumbantobing & Endang, 1984; Renard & Franqueville, 1991), árbol de la goma (Erwiyono & Soekodarmodjo, 1989; Jayasighe, 1991; Kitamura & Miranda, 1989; Kothandaraman *et al.*, 1989; Mathew *et al.*, 1989; Sinulingga *et al.*, 1989). En el caso de cultivos perennes que forman una sombra densa después de cinco a seis años, como en el caso de la palma aceitera, el cultivo de cobertura es necesario solamente durante la fase de establecimiento. Para plantaciones más abiertas, tales como cítricos o mangos, el control de malezas será necesario durante toda la vida del cultivo. En Valencia (Domínguez Gento *et al.*, 2010) se han estudiado diferentes cubiertas vegetales permanentes en mandarinos en suelo arenoso. Se sembró alfalfa (*Medicago sativa*), sola y junto a ray-grass inglés (*Lolium perenne*), tréboles (*Trifolium subterraneum*+*T. repens*) y (*Medicago rugosa*+*M. truncatula*+*M. polymorpha*), también se evaluó la vegetación espontánea y el tratamiento convencional con el uso de herbicidas. La alfalfa es la que mejor ha resistido la competencia de malezas e incrementó el contenido de nitrógeno y potasio en el suelo en relación al tratamiento convencional. La alfalfa mantiene o incrementa el N y K, mientras que el tratamiento con vegetación espontánea lo baja.

1.9. Contexto Regional

La provincia de Mendoza se ubica en el centro oeste de la República Argentina, comprendiendo entre los 67° 10'a 70° 30' de longitud occidental y 32° 00'a 37° 55 de longitud sur con una superficie de 150.839 km² (Hudson & Massota, 1993). El Oasis Sur

en la zona de San Rafael, de acuerdo a la cartografía elaborada por el Departamento General de Irrigación de Mendoza, abarca una extensión geográfica de 2.652 km², valor que corresponde al 6% de la superficie total provincial. Comprende fracciones de los departamentos de General Alvear y San Rafael, y sus principales cursos proveedores son los Ríos Diamante y Atuel, este último con un caudal medio de 37 m³ s⁻¹ (Van den Bosch, 2008). El clima es templado con características de semiárido. Se lo clasificó como seco desértico de acuerdo a Köppen (Abraham & Martínez, 2000). La temperatura máxima media anual es de 32,3°C, y la mínima media de 1°C. La temperatura máxima y mínima absoluta alcanzan valores de 41 y -9,7°C, respectivamente (Servicio Meteorológico Nacional, 1990). Los aportes pluviales de estos oasis provienen del Océano Atlántico tras recorrer los mil kilómetros que los separan del mar, y también del Pacífico, generalmente en régimen invernal.

En San Rafael, la precipitación media anual alcanza los 338 mm, y ocurre en tan sólo 46 días en promedio (Van den Bosch, 2008). Los suelos de la región son clasificados como Entisoles, y son originados de materiales transportados desde la zona cordillerana por el viento, la gravedad, el agua aluvional, y los procesos glacio-lacustres. Además, estos materiales no presentaron modificaciones edafogénicas significativas debido al efecto inhibitor de la aridez extrema. La textura dominante es la franco arenosa a franco arcillo limosa con consistencia variable y ligera concentración de calcáreo en distintas profundidades (Van den Bosch, 2008). La mayoría de estos suelos son poco estructurados y con bajo contenido de materia orgánica (Hudson *et al.*, 1990). Poseen altas tasas de mineralización los valores obtenidos durante la temporada agrícola oscilan entre un 3% y un 6% dependiendo la textura del suelo (Gaviola *et al.*, 1987)

Los sistemas de labranza máxima y de excesivo tránsito de equipamientos ha perjudicado el recurso natural, disminuyendo sensiblemente la fertilidad del suelo; exponiéndolo a la erosión, incrementando los problemas de compactación y aumentando los costos operativos de la explotación (del Monte *et al.*, 1994). La labranza convencional evita la continua acumulación de material orgánico en descomposición. Puede destruir la estructura del suelo, reduciendo el tamaño de los poros y disminuyendo la infiltración del agua, restringiendo, como consecuencia, el crecimiento de las raíces (Coombe & Dry, 1992). Para revertir la degradación de los suelos y mejorar la acumulación de materia orgánica se utilizan comúnmente coberturas vegetales (Coombe & Dry, 1992). En Mendoza, los productores vitivinícolas han sembrado tradicionalmente en el espacio

interfilar especies tales como la vicia, la cebada o el centeno, para su utilización como abono verde (Uliarte, 2004).

En la provincia de Mendoza, donde el agua disponible constituye un insumo limitante para la actividad frutícola, el aumento del consumo de agua por parte de las coberturas vegetales puede ser un factor fundamental en la decisión de adopción de esta técnica cultural de allí la importancia de evaluar su utilización.

Con base en los antecedentes presentados se plantea la siguiente hipótesis y objetivo general.

Hipótesis

- La introducción de cultivos de cobertura en la entrefila de frutales mantiene o aumenta la cantidad de materia orgánica del suelo respecto a la situación de un suelo desnudo.
- Los cultivos de cobertura generan una mejora de las propiedades físicas del suelo con respecto a la condición de suelo desnudo.
- El uso de cultivos de cobertura modifica positivamente el comportamiento vegetativo y reproductivo del cultivo de duraznero.

Objetivo General

El objetivo general de este trabajo consiste en cuantificar los efectos la Influencia de las coberturas vegetales sobre el comportamiento del cultivo del duraznero y sobre los atributos del suelo.

Efectos de las coberturas vegetales en la entrefila del duraznero sobre la evolución de la materia orgánica particulada

I.1 Introducción

Los suelos de la zona de San Rafael, Mendoza, son originados de materiales transportados por el viento, la gravedad, el agua aluvional y los procesos glacio-lacustres desde la zona cordillerana (Montaña & Fernandez, 2010). Los materiales originarios no sufrieron modificaciones edafogénicas debido a la aridez extrema y los suelos son clasificados como Entisoles (Van den Bosch, 2008).

La textura dominante es la franco arenosa a franco arcillo limosa con consistencia variable y ligera concentración de calcáreo en distintas profundidades. La salinidad y la alcalinidad es muy variable dependiendo de su génesis (Van den Bosch, 2008).

Los suelos de esta área de la provincia tienen muy bajo contenido de materia orgánica (MO) lo que significa una limitante constante para toda la región (Hudson & Masotta, 1993). Además, la frecuencia e intensidad de las labranzas es relativamente alta y constituye uno de los factores que más altera el contenido y la distribución de la MO y de los nutrientes, algunas propiedades físicas y la dinámica del agua. Esto es debido a que el laboreo acelera la mineralización de la MO y disminuye la estabilidad de los agregados, incrementando la pérdida de las fracciones inorgánicas por erosión (Rasmussen & Collins, 1991).

La MO es un parámetro de suma importancia para evaluar la dinámica de los componentes edáficos, ya que se demostró que existe una asociación directa entre la calidad del suelo y la composición y cantidad de la MO (Galantini, 1994). La MO del suelo está constituida por una larga serie de compuestos carbonados en diferentes estados de degradación y síntesis, provenientes de restos vegetales y animales, y de la propia biota que en ella se desarrolla. Los complejos mecanismos por los cuales se relaciona con la matriz mineral del suelo siguen siendo aún hoy poco conocidos, aunque no quedan dudas

sobre el marcado efecto positivo que ejerce sobre las propiedades del mismo. A mayor contenido de MO en el suelo mayor es su reserva de nutrientes, el intercambio catiónico, el almacenamiento de agua útil, la aireación, la capacidad de degradar contaminantes, además de otras características que definen la calidad y el nivel de productividad de los suelos (Galantini, 2005a).

I.1.1. Carbono orgánico - principal componente de la MO

Diversos autores consideran a la MO del suelo como el mejor indicador de su calidad y de la productividad del sistema (Campbell *et al.*, 1999; Doran & Parkin, 1994). Sin embargo, el simple valor de MO no siempre es un indicador sensible del estado y evolución del sistema. Por ello es que los investigadores han convenido diferenciar dos fracciones: la MO humificada asociada a la fracción mineral (MOM) y la materia orgánica joven, o particulada (MOP) (Galantini & Rosell, 2006). La MOM se caracteriza por su tamaño de partícula fina y menor dinámica de transformación. Se expresa como carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM ;< 53 μm), y contiene el carbono orgánico asociado al limo y arcilla (Duval *et al.*, 2013).

La materia orgánica particulada o joven (MOP), por el contrario, es menos transformada y más dinámica, con activa participación en los ciclos de los nutrientes, y se expresa como carbono orgánico particulado (COP). Este último está asociado a la fracción gruesa (>53 μm) y a su vez se subdivide en carbono particulado grueso (COPg; >105 μm) que contiene partículas gruesas y finas de carbono orgánico y arenas gruesas. El carbono particulado fino (COPf; 53-105 μm) o fracción media que incluye partículas finas, carbono orgánico y arena muy fina. Finalmente, el que agrupa a todas las fracciones es el carbono orgánico total (COT), que representa la suma de COM, COPf y COPg (Duval *et al.*, 2013).

I.1.2. Incidencia de la vegetación sobre la MO

Diferentes especies vegetales interactúan con el suelo estableciendo dinámicas particulares de la materia orgánica. Cada especie se diferencia en las cantidades, naturaleza y periodicidad de los residuos aportados, lo que colabora a crear ambientes rizosféricos que condicionan la actividad microbológica. La dinámica de la relación vegetación / materia orgánica puede ser evaluada mediante estudios que cuantifiquen el contenido de esta última en fracciones de diferente tamaño a través de separaciones relativamente sencillas, como son las técnicas granulométricas y densimétricas (Galantini, 2008).

En estudios realizados en la región semiárida bonaerense observaron que la inclusión de verdeos de invierno, con mezclas de gramíneas y leguminosas en la rotación con trigo, produjo un efecto positivo en la fertilidad física y química del suelo durante un período reducido de tiempo (1-2 años). Esta mejoría estaría relacionada con una mayor disponibilidad de nitrógeno aportado por la leguminosa, y por una mejoría del estado físico del suelo asociado a los aportes orgánicos (Galantini *et al.*, 1992).

I.1.3. Efecto del manejo del suelo sobre el contenido de MO

La incorporación de suelos vírgenes a la agricultura produce una pérdida gradual de la MO hasta llegar a un nuevo equilibrio. El contenido orgánico del suelo resulta del balance entre las pérdidas debidas a la mineralización, y los aportes provenientes de los cultivos. En este sentido es importante destacar que las pérdidas son función de las características edafoclimáticas y del tipo de acción antrópica. Los cambios producidos por el hombre generalmente presentan pérdidas de diferente magnitud, según sea el número y agresividad de las labranzas, acentuándose a medida que transcurre el tiempo. Por otro lado las ganancias de MO dependerán de la magnitud de los aportes provenientes de los residuos de las cosechas, tanto de la parte aérea como del sistema radicular, y los abonos aplicados. La calidad y la composición de los diferentes aportes, tales como el contenido de nitrógeno, y la proporción de celulosa y lignina, afectarán la dinámica de transformación y la duración de los aportes orgánicos (Galantini *et al.*, 1994).

I.1.4. Las coberturas vegetales en cultivos perennes

El uso de cubiertas se ha descrito como una alternativa sustentable para el manejo del suelo (Ovalle, 2007). Las cubiertas vegetales permiten incrementar el contenido de materia orgánica y de nutrientes en el suelo debido a la degradación de la biomasa aérea y subterránea, mejorar las propiedades físicas como porosidad, estructura y estabilidad de los agregados, incrementar la capacidad de retención de humedad y la capacidad de intercambio catiónico del suelo, reducir el escurrimiento del agua y evitar la erosión, e incrementar la actividad biológica del suelo (Frye & Blevins, 1989). Una de las ventajas adicionales en el caso de frutales y vid es contribuir a disminuir la población de malezas (Aballay e Insunza, 2002). La elección de especies y cultivares para ser usadas como cubiertas entre las hileras depende del problema que se pretenda resolver en el cultivo y de las condiciones edafoclimáticas del lugar (Ovalle, 2007). Las especies de leguminosas usadas en las coberturas difieren en su capacidad de fijar N y en el contenido de N en la biomasa a nivel de tallos y raíces (Campillo *et al.*, 2003) y, como consecuencia, en la capacidad de aportar nitrógeno al cultivo principal. La transferencia de nitrógeno desde la leguminosa ocurre principalmente a través de la descomposición de sus residuos (Danso *et al.*, 1993). El uso de gramíneas asociadas a leguminosas también puede ser una alternativa de cubierta vegetal para aumentar la producción de materia seca, y por la complementación del sistema de raíces de las leguminosas que tiene efectos muy favorables sobre la estructura del suelo (Puchades, 2001).

I.1.5. El análisis foliar en los frutales

El análisis foliar permite determinar el contenido actual de nutrientes en el cultivo y es comúnmente utilizado en frutales para realizar un diagnóstico de la nutrición mineral, lo cual se realiza comparando los resultados obtenidos con estándares elaborados para cada cultivo, e incluso para grupo de variedades, zonas de producción, o áreas geográficas específicas (Sánchez, 2008). El análisis del contenido mineral en las hojas y aún en los frutos, junto con el análisis físico y químico del suelo constituye el indicador más adecuado de la demanda nutricional en un huerto con frutales de hoja caduca (Ruiz, 1995).

En la provincia de Mendoza, la mayoría de los suelos son poco fértiles y tienen alta dependencia de fertilizantes. Por esta razón es importante obtener la información local del efecto de las coberturas vegetales sobre el comportamiento del cultivo del duraznero y los atributos del suelo, de modo de favorecer la toma de decisiones en lo que refiere a la adopción de esta tecnología.

Hipótesis

La introducción de cultivos de cobertura en la entrefila de frutales mejora la calidad del suelo respecto a la situación de un suelo desnudo.

El objetivo de este trabajo fue cuantificar el aporte de biomasa de diversos cultivos de cobertura y verificar su efecto sobre la evolución de la materia orgánica particulada o joven del suelo y sobre el contenido de nutrientes en el cultivo de duraznero.

I.2. Materiales y Métodos

I.2.1. Material vegetal y tratamientos

El presente estudio se realizó en San Rafael, Mendoza y se utilizaron plantas de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) de la variedad Cristalino, injertadas sobre pie Nemaguard, conducidas en forma de vaso, plantadas en un marco de 4,5 x 3m. El ensayo se estableció sobre un suelo típico de la zona (Entisoles) de textura franco arenosa se determinó la composición textural y la fertilidad química: nitrógeno total por Kjeldahl, fósforo y potasio por Olsen, carbono orgánico total por Walkley & Black. Los datos se detallan en la Tabla I.1

Tabla I.1: Granulometría y fertilidad química en los distintos bloques evaluados. Datos correspondientes a marzo de 2011.

Bloque	N	P	K	Carbono orgánico	pH pasta	Textura		
	Total			Total		Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)
	(mg Kg ⁻¹)	(mg Kg ⁻¹)	(mg Kg ⁻¹)	(%)				
1	1026	5,5	268	1,16	7,73	7	10	83
2	1046	5,6	246	1,27	7,74	7	12	81
3	1164	6,3	321	1,33	7,73	9	15	76

Los tratamientos de coberturas vegetales fueron T0- Control, sin cobertura, con laboreo mecánico; T1-Cobertura permanente de alfalfa (*Medicago sativa* L.); T2- Cobertura anual de vicia (*Vicia sativa* L.), cv 'La Enramada' y avena (*Avena sativa* L.), cv. 'Calen' en iguales proporciones. En el caso del tratamiento T0, se realizaron labores mecánicas con rastra de discos de manera periódica durante la primavera y el verano. La pastura de alfalfa (T1) se implantó al comienzo del experimento, a mediados de marzo de 2011, a una densidad de 20 kg ha⁻¹, utilizando la variedad 'Seedar 80', del grupo de latencia 8. En el caso de la cobertura anual, la densidad fue de 38 kg ha⁻¹ para la vicia y de 33 kg ha⁻¹ para la avena. Las coberturas se implantaron al comienzo del experimento, a mediados de marzo de 2011. En el 2012 el tratamiento (T1) vegeto libremente, mientras que el tratamiento (T2) en el mes de marzo fue roturado mecánicamente para favorecer la implantación de un nuevo ciclo de vicia/avena. Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. A los datos obtenidos se les aplicó el ANOVA utilizando el Test LSD Fisher (Alfa=0,10). El software utilizado fue InfoStat/P versión 2010 (Di Rienzo, 2010).

I.2.2. Cuantificación de la biomasa

Para los distintos tratamientos de cobertura se cuantificó la producción de materia seca de la parte aérea para el período agosto a diciembre de 2011. Para ello se recolectó la biomasa aérea de una superficie de 1 m². La pastura de alfalfa (T1) fue segada cada vez que alcanzó el estado de plena floración y antes del corte se tomaron las muestras. Para la cobertura anual (T2), la cuantificación de la producción de biomasa aérea se midió antes de que comience su proceso de senescencia.

Se registró el peso en verde de cada parcela cortada. Posteriormente el material se secó en estufa hasta alcanzar un peso constante de modo de determinar el peso seco y el porcentaje de materia seca de cada muestra.

Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar. La unidad experimental fue la parcela de 1 m² y se realizaron dos muestras por bloque, totalizando seis repeticiones por tratamiento.

I.2.3 Contenido de nitrógeno en las coberturas

Se tomaron las muestras de hojas y tallos de Alfalfa y Vicia/Avena haciendo un total de 30 muestras. Las que fueron secadas en estufa a 70 °C, molidas y pasadas por tamiz de 1 mm para su posterior análisis químico. La determinación del nitrógeno total se realizó por el método de Kjeldahl (Grez *et al.*, 2001)

I.2.4. Fraccionamiento de la materia orgánica particulada o joven

Se obtuvieron muestras de tres puntos de cada parcela experimental, de modo que totalizaron nueve muestras por tratamiento (Fig. I.2.) Se tomaron al inicio, en la parte media, y al final de la línea central de árboles de cada parcela. La profundidad de muestreo fue de 0 a 20 cm. Las extracciones se realizaron el 25/11/11, 13/04/2012 y 26/06/12. Se utilizó el método de fraccionamiento físico mediante tamizado en húmedo (Cambardella & Elliott, 1992; Galantini, 2005a). En las primeras tres extracciones se separaron granulométricamente la materia orgánica libre o liviana, de la ligada a los compuestos minerales que se hallan concentradas en las fracciones más finas del suelo. Para ello, se tomaron muestras de 50 g de suelo previamente secadas al aire libre, se tamizaron a 2 mm, luego se dispersaron en 100 ml de agua destilada en recipientes de vidrio de 120 ml y se mezclaron. Posteriormente se añadieron diez perlas de vidrio (5 mm de diámetro) para aumentar la destrucción de las partículas y reducir los problemas potenciales creados por diferentes contenidos de arena (Cambardella & Elliott, 1992). Luego, las muestras fueron sometidas a dispersión mecánica a través de un agitador rotatorio durante aproximadamente 16 horas (durante la noche a 40 rpm) para desintegrar los agregados. El tamizado se llevó a cabo con un par de tamices de 53 µm y 105 µm de

diámetro de malla, por lo que los mismos fueron movidos hacia atrás y hacia delante hasta que el agua que salía a través de los tamices sea clara a simple vista (Fig. I.1).

Se obtuvieron tres fracciones: i-La fracción gruesa (COPg; $>105 \mu\text{m}$) que contiene partículas gruesas de carbono orgánico y arenas gruesas; ii-la fracción media (COPf; $53-105 \mu\text{m}$) que incluye partículas finas de carbono orgánico con arena muy fina, y iii-La fracción fina (COM; $<53 \mu\text{m}$) que contiene mineral asociado al carbono orgánico, así como limo y arcilla. Esta última fracción se determinó por diferencia entre el carbono total (COT) del suelo menos las fracciones (COPg + COPf) (Duval *et al.*, 2013). Finalmente, se analizó el contenido de carbono orgánico mediante el analizador de carbono elemental Marca LECO.

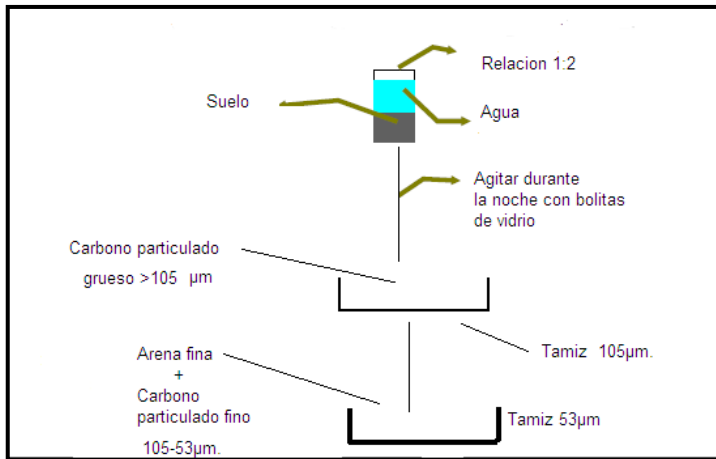


Figura I.1: Diagrama del método del fraccionamiento físico mediante tamizado en húmedo (Cambardella & Elliott, 1992).



Figura I.2: Extracción de muestras para la determinación de carbono orgánico. Se observa cobertura de alfalfa (25/11/2011).

I.2.3.1. Aportes de agua tratada

En el ensayo existió una interferencia debido a que durante el año 2011 el ensayo fue regado en dos oportunidades con agua tratada, con un caudal de 50 L s^{-1} durante 3 h. El análisis del agua tratada arrojó un valor de $0,15 \text{ g L}^{-1}$ de materia seca. El análisis se realizó en el Laboratorio Nacional de Investigaciones y Servicios (LANAIS) de la Universidad Nacional del Sur.

I.2.3.2. Contenido de nutrientes en la hoja del duraznero

El análisis foliar del cultivo del duraznero se realizó en el mes de enero del 2012. Para ello se tomaron 150 hojas de tres árboles de cada unidad experimental. Las hojas se tomaron del tercio medio de ramos mixtos representativos ubicados a 1,5 m de altura y en los diferentes cuadrantes de la copa. Luego, las muestras se colocaron en bolsas de papel y se enviaron al laboratorio. El nitrógeno total se determinó por el Método Kjeldahl (Grez *et al.*, 2001), el fósforo por el método de colorimetría con nitro-vanado-molibdato, y el potasio por fotometría de llama (Sadzawka *et al.*, 2007). La valoración de calcio y magnesio se realizó por complexometría (Abadia *et al.*, 1981) y los micronutrientes, hierro, cinc, manganeso y cobre, por el método de espectrofotometría de absorción atómica (Sadzawka *et al.*, 2007). Los valores obtenidos fueron comparados con datos estandarizados de niveles de suficiencia en hoja para duraznero (Tabla I.2).

Tabla I.2: Concentración óptima de nutrientes en hojas de duraznero (Childers *et al.*, 1995).

N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	S ppm	Fe ppm	B ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mo ppm
2,5	0,15	0,25	1,9	100	124	20	20	15	4,0	0,5
a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
3,36	0,30	0,54	2,50	150	152	142	80	30	11,9	1,0

I.3. Resultados

I.3.1. Cuantificación de la biomasa

La cobertura permanente en el mes de diciembre superó en un 47 % a la cobertura anual vicia/avena. La sumatoria de materia seca de los tres cortes de alfalfa triplicó el valor de materia seca de la cobertura anual, en el período agosto-diciembre (Tabla I.3).

Tabla I.3: Aporte de materia seca (kg ms ha⁻¹) de los diferentes tratamientos de cobertura implantados en el interfilas del cultivo de duraznero, cultivar 'Cristalino'. Datos correspondientes al período agosto a diciembre de 2011.

	Vicia / Avena	Alfalfa
	kg ms ha ⁻¹	
Agosto		922
Octubre		868
Diciembre	1208 b	1778 a
Total	1208 b	3568 a

Letras diferentes en la misma línea indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$).

I.3.2 Contenido de nitrógeno en las coberturas

El Porcentaje promedio de nitrógeno obtenido en la cobertura permanente superó en un 41 % a la cobertura anual los datos se muestra en la siguiente tabla (Tabla I.4).

Tabla 1.4 Contenido de N (%) de las distintas coberturas de alfalfa y Vicia/Avena. Datos obtenidos el 7 de diciembre de 2011.

Tratamientos	N (%)
Vicia/Avena	2,60
Alfalfa	3,69

I.3.2.1 Evolución de las fracciones de la MO en las distintas fechas de medición en función de las coberturas

Las coberturas no afectaron el carbono orgánico (COT, COPg, COPf y COM) en cada fecha de medición. El COT no sufrió variaciones entre las fechas de medición y el COM y COPf tendieron a ser estables sin presentar diferencias significativas (Tabla I.5).

En cambio, se observaron diferencias significativas en el COPg entre las fechas de observación (Tabla I.5). En la cobertura de alfalfa hubo un aumento entre un 65-100 % en el contenido de COPg en la fecha 26/06/12 con respecto al 25/11/11 y al 13/04/2012, respectivamente. En la cobertura anual, la última fecha de medición mostró un aumento entre el 65 % y 55 % con respecto al 25/11/11 y 13/04/2012, respectivamente. En el tratamiento convencional, la última fecha de medición aumentó un 66 % y 38 % con respecto a la primera y la segunda fecha de medición.

Tabla I.5: Porcentajes de Carbono total (COT); Carbono particulado grueso (COPg); Carbono particulado fino (COPf); y carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) para diferentes tratamientos de coberturas en la entrefila del cultivo del duraznero. Fechas de extracción: 25/11/11; 13/04/2012 y 26/06/12.

Tratamiento (A)	Fecha (B)	COT (%)	COPg (>105 µm) (%)	COPf (53-105 µm) (%)	COM (< 53 µm) (%)
Alfalfa	25/11/2011	1,39	0,19 c	0,10	1,09
	13/04/2012	1,53	0,23 b	0,13	1,17
	26/06/2012	1,52	0,38 a	0,15	0,99
Vicia/Avena	25/11/2011	1,29	0,20 c	0,11	0,98
	13/04/2012	1,31	0,19 c	0,10	1,02
	26/06/2012	1,48	0,31 ab	0,12	1,05
Convencional	25/11/2011	1,34	0,15 c	0,10	1,1
	13/04/2012	1,36	0,18 c	0,10	1,08

	26/06/2012	1,34	0,25 bc	0,12	0,97
Tratamiento (A)	ns	ns	ns	ns	ns
Fecha (B)	ns	*	ns	ns	ns
Interaccion (A) * (B)	ns	ns	ns	ns	ns

ns y *, diferencias estadísticamente no significativas y significativas ($p \leq 0,10$), respectivamente.

1.3.2.2. Contenido de nutrientes en la hoja del duraznero

En el tratamiento control el contenido de nitrógeno fue de 2,39 %, apenas por debajo del nivel mínimo necesario para ser considerado como normal para el cultivo del duraznero (2,5%). La cobertura de alfalfa no modificó significativamente el contenido de nitrógeno respecto al control mientras que la cobertura anual de vicia y avena lo incrementó en un 23 % (Fig. 1.3)

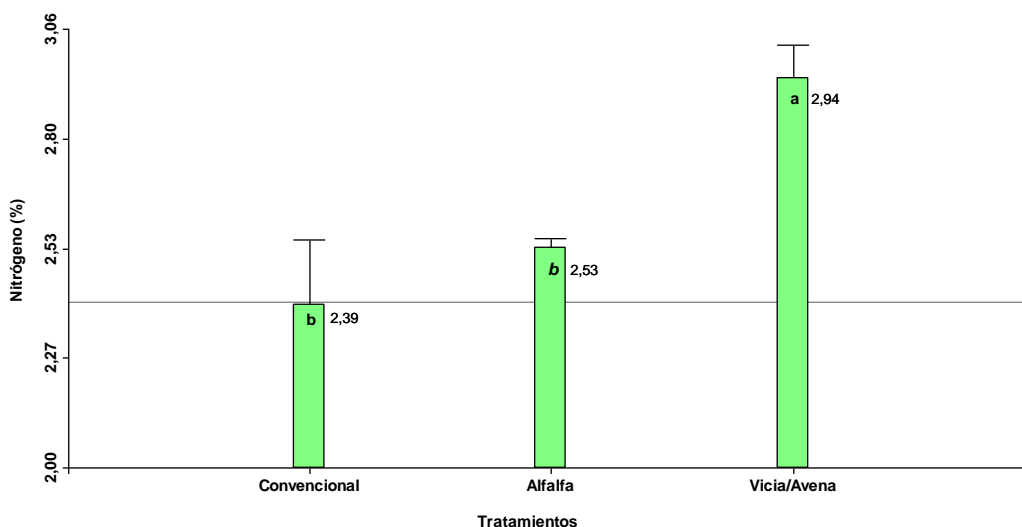


Figura 1.3: Contenido de nitrógeno (%) en hojas de duraznero, cv. 'Cristalino' en función de los diferentes tratamientos de cobertura de suelo en la entrefila del cultivo. Toma de muestras realizadas en enero de 2012. Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$).

Además del nitrógeno, las coberturas vegetales también modificaron el contenido foliar de calcio y manganeso (Tabla 1.6). El contenido foliar de calcio tuvo el mismo comportamiento mencionado para el nitrógeno, ya que si bien aumentó en ambos tratamientos de cobertura, sólo lo hizo de manera significativa en el tratamiento de coberturas anuales (+28,7 %). En el caso del manganeso, la cobertura anual de vicia y avena causó una disminución significativa (-22,9 %) en su contenido foliar. Los demás

elementos minerales analizados no registraron cambios significativos asociados a las coberturas vegetales (Tabla 1.6).

Tabla 1.6: Efecto de diferentes coberturas vegetales en la entrefila de las plantas sobre el contenido de nutrientes en hojas de duraznero, cv. 'Cristalino'. Datos correspondientes a enero de 2012.

	Elementos							
	Ca (%)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	P (%)	Fe (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	K (%)
Tratamientos								
Vicia/Avena	3,09 b	31,00 a	13,43 a	0,13 a	266,83 a	0,75 a	66,83 b	1,90 a
Alfalfa	2,75 a	28,83 a	13,83 a	0,15 a	337,67 a	0,56 a	89,67 a	1,91 a
Convencional	2,40 a	27,83 a	11,27 a	0,12 a	370,00 a	0,60 a	86,17 a	1,86 a

Letras diferentes en la misma línea indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$).

I.4. Discusión

Las prácticas que mayor efecto tienen sobre la dinámica de la MO en el suelo son las labranzas, la secuencia de cultivos y la fertilización (Galantini, 2008). Estudios realizados en la región semiárida bonaerense observaron que la inclusión de verdeos de invierno con mezclas de gramíneas y leguminosas en la rotación con trigo, produjo un efecto positivo en la fertilidad física y química del suelo durante un período reducido de tiempo (1-2 años). Esta mejoría estaría relacionada con una mayor disponibilidad de nitrógeno aportado por la leguminosa y por una mejoría del estado físico del suelo asociado a los aportes orgánicos (Galantini et al., 1992). Para lograr la sustentabilidad del sistema de producción debemos mejorar el balance de carbono (C) a través de un mayor aporte de biomasa vegetal. En este sentido, las coberturas son una herramienta agronómica ideal y cumplen un rol importante en el aporte de C al sistema. La producción de materia seca (kg ha^{-1}) de la cobertura anual (Tabla I.3) fue baja comparada con la de la alfalfa y con la producción normal de avena y vicia observada en Pergamino (Ruffo & Parsons, 2004), donde se reporta una producción de biomasa aérea de 4000 kg ha^{-1} para avena y 3000 kg ha^{-1} para vicia, cuando cada cultivo se realiza en forma pura. Existen varios factores que determinan el potencial productivo de cultivo de vicia, cuya producción de materia seca (MS) puede variar desde 500 a 7200 kg ha^{-1} (Vanzolini et al., 2009). El aporte de la cobertura Vicia/Avena de 1208 kg ha^{-1} de MS (Tabla I.3) significarían $31 \text{ kg de N ha}^{-1}$ teniendo en cuenta el porcentaje de N en hoja de la cobertura Vicia/Avena

analizado en el mes de diciembre de 2011 (Tabla I.4). En tanto, la cobertura permanente desde agosto a diciembre aportaría 131 kg N ha^{-1} , y este valor se elevaría a $258,3 \text{ kg de N ha}^{-1}$ si se contemplara la producción de materia seca de la alfalfa desde enero en adelante, la cual no fue evaluada y podría alcanzar las 7 t ha^{-1} anuales.

La selección de especies anuales o perennes para el uso de coberturas debe evaluarse teniendo en cuenta aspectos de la plantación frutal y del suelo. Los cultivos anuales o perennes mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, ya sea por cortes periódicos de la parte aérea o por su incorporación (Sainju & Singh, 1997).

Los residuos de las coberturas quedan en superficie liberando los nutrientes contenidos en la biomasa vegetal al descomponerse (Ruffo & Parsons, 2004). El seguimiento de la variación del contenido de materia orgánica particulada puede dar indicios tempranos de los efectos producidos por las prácticas de manejo (Galantini, 2008). Las pasturas tienen capacidad de regenerar de la fracción orgánica del suelo y algunos suelos no necesitan períodos prolongados para lograr esa recomposición (Studdert *et al.*, 1997). En nuestra experiencia no hubo diferencia entre los tratamientos, sino que el COM y el COPf se mantuvieron estables en las diferentes fechas de medición, sin presentar diferencia entre los tratamientos. Esto es coincidente con observaciones realizadas en Bordenave, provincia de Buenos Aires, donde estudiaron la dinámica de las fracciones orgánicas de un suelo haplustol éntico de textura franco arenosa de mediana a baja fertilidad durante tres años, con rotación de trigo (*Triticum aestivum*) y leguminosas (*Trifolium pratense*). Constataron que el COM del suelo es la fracción más estable de la MO (Galantini, 2002). En nuestro trabajo se observaron diferencias del COPg, con incrementos del 100 % entre la primera y última medición para el caso de la cobertura permanente de alfalfa y cercana al 65 % para la cobertura anual y el tratamiento convencional. La cobertura anual realizó una contribución pobre de materia seca y debido a estos escasos residuos que no aportaron lo suficiente para que se diferenciara del tratamiento convencional, luego este tratamiento sufrió laboreos mecánicos tres meses antes a la última fecha de medición de COPg, lo que explicaría en parte porque estos tratamientos tendieron a igualarse. Otro aspecto a tener en cuenta es que en mayo de 2012 se realizaron dos riegos con agua tratada que contenía $0,15 \text{ g L}^{-1}$ de materia seca. Suponiendo una concentración aproximada de 40% de carbono (Galantini, 2005b), esto significaría un aporte de $29,62 \text{ Kg de C ha}^{-1}$ y explicaría en parte el aumento del COPg del

65 %, en los tratamientos convencional y vicia/avena. Por lo que el único tratamiento de cobertura que produciría un incremento real del contenido de COPg sería la cobertura permanente de alfalfa. El COPg es un indicador sensible en el corto plazo de las prácticas de manejo del suelo y depende de la cantidad y calidad de los residuos orgánicos y su importancia radica en la participación activa que tiene en los ciclos de nutrientes (Galantini, 2005b).

En un estudio realizado por Aruani *et al.* (2006) en el Valle Medio del Río Negro, Argentina, durante cuatro años en un huerto orgánico de manzano se constató que los tratamientos de mayor respuesta en incrementar algunos atributos químicos del suelo, fueron las coberturas permanentes de festuca (*Festuca arundinacea*) y alfalfa (*Medicago sativa*) que incrementaron los contenidos de MO, Nt, P, Ca⁺² y Mg⁺², principalmente en las profundidades de 0-7,5 y 7,5-15 cm. Por otro lado, la siembra anual de vicia incrementó los contenidos de fósforo disponible. En las coberturas perennes, al no removerse la biomasa aportada al suelo, la mineralización se hace más lenta y la oferta de N para los cultivos es más gradual, mientras que en los tratamientos con coberturas anuales como vicia, estaría más rápidamente disponible por una mayor velocidad de mineralización y en consecuencia, aumenta la disponibilidad de N para el cultivo principal (Aruani *et al.*, 2006). Esto podría explicar el hecho de que en nuestra experiencia el contenido foliar de nitrógeno haya aumentado en ambos tratamientos de cobertura, aunque sólo de manera significativa en el tratamiento de coberturas anuales (+23 %), a pesar que en el suelo el tratamiento de vicia/avena no haya producido efectos favorables en el aporte de COPg. Al momento de realizar la última medición (26/06/12) de COPg, el tratamiento con cobertura anual sufrió laboreos mecánicos y el ciclo había culminado 6 meses antes, por lo tanto el N aportado por la cobertura vicia/avena estuvo disponible en el verano, dado a las altas tasas de mineralización de la región durante la temporada agrícola (3% a un 6% del N potencial por semana), dependiendo de la textura del suelo (Gaviola *et al.*, 1987) y favorecido por el laboreo de la cobertura anual.

I.5 Conclusiones

- La cobertura permanente superó en un 47 % la producción de MS de la cobertura anual Vicia/Avena en el mes de diciembre, y la triplicó en el período comprendido hasta fines de diciembre.

- Las coberturas aportaron 31 kg N ha⁻¹ y 131 kg N ha⁻¹ para Vicia/Avena y alfalfa, respectivamente, entre los meses de agosto a diciembre.
- El COPg de la cobertura permanente entre la primera y última medición aumentó un 100 %. La cobertura anual y el testigo tuvieron comportamientos similares, con un aumento en torno al 65 %.
- Las coberturas coexistieron con el cultivo principal de manera favorable. El contenido de nitrógeno y calcio aumentó en las hojas de duraznero bajo el tratamiento anual entre un 23 y 28,7 %, respectivamente.

Dinámica del agua en un suelo con diversas coberturas vegetales en el cultivo de duraznero.

II.1 Introducción

El agua es considerada el factor de mayor incidencia en la producción de alimentos en el mundo. El desafío constante es conocer cómo el clima, el suelo, el mejoramiento genético y el manejo cultural pueden ser combinados para aumentar la eficiencia de uso del agua por los cultivos (Martelotto *et al.*, 2004). Por lo tanto, la cuantificación de la dinámica del agua del suelo constituye una herramienta fundamental para comprender tales interacciones y establecer las mejores pautas de manejo que optimicen su uso en los sistemas de producción (Martelotto *et al.*, 2004).

El Oasis Sur en la zona de San Rafael, de acuerdo a la cartografía elaborada por el Departamento General de Irrigación de Mendoza, abarca una extensión geográfica de 2.652 km², valor que corresponde al 6% de la superficie total provincial (150.839 km²). Comprende fracciones de los departamentos de General Alvear y San Rafael, y sus principales cursos proveedores son los Ríos Diamante y Atuel, este último con un caudal medio de 37 m³ s⁻¹ y el aporte de la precipitación media anual alcanza los 338 mm y ocurre en tan solo 46 días en promedio (Van den Bosch, 2008). Los suelos de la región son clasificados como Entisoles y son originados de materiales transportados desde la zona cordillerana por el viento, la gravedad, el agua aluvional, y los procesos glacio-lacustres. Estos materiales no presentan modificaciones edafogénicas significativas debido al efecto inhibitorio de la aridez extrema. La textura dominante es la franco arenosa a franco arcillo limosa con consistencia variable y ligera concentración de calcáreo en distintas profundidades. (Van den Bosch, 2008).

II.1.1 Importancia del agua en las plantas

El agua es el componente más abundante de las plantas, constituyendo el 80-95% del peso de los tejidos en activo crecimiento. Otros tejidos de las plantas como la madera de los troncos y la ramas tienen un contenido menor (35-75%). El agua cumple varias funciones esenciales en las plantas, como por ejemplo es el solvente en el cual se transportan las sustancias inorgánicas y orgánicas dentro del vegetal (Barceló Coll *et al.*, 2000), la mayoría de las relaciones bioquímicas ocurren en un medio acuoso, su presencia mantiene la funcionalidad de las membranas, macromoléculas y sistemas celulares (Barceló Coll *et al.*, 2000). La forma y estructura de los vegetales depende del agua contenida en las vacuolas para mantener la turgencia de sus tejidos. Es importante destacar que a diferencia de otras sustancias que la planta toma del medio, el agua es un elemento de permanencia efímera en sus tejidos. Los vegetales toman y pierden agua en forma permanente siendo este el mecanismo que permite mantener la temperatura corporal de la planta dentro de valores adecuados para la vida vegetal (Medrano Gil *et al.*, 2007)

II.1.2 Relación suelo-agua-planta. Constantes hídricas

El conocimiento de la capacidad de almacenar agua del suelo es básico para determinar su disponibilidad para las plantas y estudiar el balance hídrico, el movimiento de agua y solutos, así como caracterizar el espacio poroso del suelo (Silva *et al.*, 1988). Se han determinado parámetros hídricos que permiten caracterizar los suelos. El contenido hídrico en saturación se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios porosos están llenos de agua. En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena de los poros grandes (> 0,08 mm de diámetro) por influencia de la gravedad para ser reemplazada por aire (Brady & Weil, 2008; Amado Alvarez & Ortiz Franco, 1998). El contenido hídrico en equilibrio con una succión de 10 a 33 kPa se denomina capacidad de campo y representa a la cantidad de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje (Brady & Weil, 2008) y corresponde al agua contenida normalmente en poros que varían entre 0,08 y 0,03 mm de diámetro (Brady & Weil, 2008; Shaxson & Barber, 2005). El concepto de capacidad de campo se aplica a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido. En cambio, en suelos pobremente estructurados, por lo

general el excedente hídrico continua durante varias semanas y raramente se puede determinar este parámetro a campo de manera precisa (Pardo Ríos, 2011). La capacidad de campo se determina mejor en el campo saturando el suelo y midiendo su contenido de agua después de 48 horas de drenaje (Silva *et al.*, 2000).

El punto de marchitez permanente fue definido como el contenido de agua en el suelo en el cual la planta no es capaz de recobrar su turgencia a pesar de ser colocada en una atmosfera de 100% de humedad durante 12 horas. En el laboratorio se considera como punto de marchitez permanente al contenido hídrico en el suelo en equilibrio con una succión de 1500 kPa (Jaramillo Villegas *et al.*, 2008) y que se encuentra retenida en poros menores a 0,03 mm (Brady & Weil, 2008). Otro concepto de suma importancia en la relación suelo-agua-planta es la capacidad de agua disponible en el suelo, que representa la cantidad de agua al alcance de las plantas para su crecimiento. Este valor se estima por la diferencia de contenido de agua entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Amado Alvarez & Ortiz Franco, 1998). Dentro de este rango se puede identificar el agua fácilmente disponible, definida como la cantidad de agua del suelo retenida entre el potencial correspondiente a capacidad de campo y una tensión aproximada de 180 kPa (Allen *et al.*, 2006).

II.1.3 Curvas de retención hídrica

La representación gráfica del contenido de agua en el suelo en función de la fuerza con la que el agua es retenida, denominada curva de retención hídrica, es de gran importancia para el manejo del riego. Estas curvas muestran la relación entre los cambios del potencial matricial y los cambios del contenido de agua (Gómez Castro, 2009). Al aumentar el contenido de agua en el suelo, ésta es retenida con una menor tensión, y por lo tanto está más fácilmente disponible para las plantas. Estas curvas varían entre los diferentes suelos y depende fundamentalmente de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, iones acompañantes del complejo coloidal, y de la temperatura, entre otros factores (Gómez Castro, 2009). Es por ello que estas curvas deben determinarse para cada suelo.

II.1.4 Potencial hídrico en las plantas

Una de las formas más comunes de expresar el contenido de agua en las plantas es a través de la medición del potencial agua de las hojas (Valenzuela Sauer, 2011). Este potencial es muy dinámico y depende de numerosos factores relacionados con la tasa de transpiración y de absorción de agua del cultivo, por lo que en muchas situaciones un buen contenido hídrico en el suelo no necesariamente garantiza un adecuado equilibrio hídrico en el vegetal y viceversa (Valenzuela Sauer, 2011). Sin embargo el suelo, la planta y la atmosfera constituyen un sistema continuo en el cual la demanda atmosférica constituye el sistema motriz que permite el movimiento del agua desde el suelo a la atmósfera a través de las plantas. A nivel de las hojas, se produce la salida de agua en forma de vapor a través de los estomas y en respuesta a un gradiente de potencial hídrico. Cuando la pérdida de agua por transpiración es superior a la absorción radicular se produce una disminución del potencial hídrico de la planta (Selles & Ferreyra Espada, 2008). Esta reducción aumenta el gradiente entre la hoja y el suelo lo que mantiene el flujo de agua desde la zona de raíces a la parte aérea de las plantas. Algunos autores (Selles & Ferreyra Espada, 2008) aseguran que el potencial xilemático medido con la cámara de presión es un buen complemento de las mediciones del contenido de humedad de suelo. Así, en condiciones de campo se ha encontrado una estrecha relación entre el contenido de agua del suelo y los potenciales agua foliares medidos a medio día en el cultivo de la vid.

II.1.5 Efecto de las coberturas vegetales sobre el consumo hídrico

Las coberturas fomentan el desarrollo de una valiosa flora y fauna, aumentando la biodiversidad. En los ecosistemas naturales, las cubiertas vegetales y los pastizales evitan la erosión del suelo y disminuye los riesgos de inundaciones al mejorar la infiltración y reducir la escorrentía (Altieri, 1999). En la región frutivíticola argentina, y la mendocina en particular, el uso de las coberturas es relativamente reciente, ya que se realiza desde principios de la década del noventa, aunque su difusión entre los productores es cada vez más importante (Del Monte *et al.*, 1994; 2000). El motivo que explica su adopción es la reducción de la compactación como consecuencia de la mejora de la estructura en las primeras capas del suelo debido al aporte de materia orgánica (Nazrrala, 2002).

En la zona estudiada, la incorporación de las coberturas vegetales en el interfilar del cultivo de la vid no produjo diferencias estadísticamente significativas en el contenido de agua en el suelo en comparación con los tratamientos sin cobertura (Ulliarte, 2004). El hecho de que las coberturas no disminuyan el contenido de agua en el suelo se atribuye a una reducción de la evaporación y del escurrimiento superficial, y a un incremento de la infiltración y la capacidad de retención de agua del suelo. Las diferencias en el contenido de humedad del suelo se hacen más pronunciadas en épocas de sequía, evidenciándose que el suelo cubierto atenúa el déficit hídrico de corta duración (Amado Alvarez & Ortiz Franco, 1998).

Al estudiar diferentes sistemas de manejo del agua en el suelo se observó que en el cultivo del maíz los mayores contenidos de humedad fueron registrados en parcelas con residuos de avena negra (+3,0 a 7,4 %) en comparación con suelos sin cobertura. Sin embargo, este efecto depende circunstancialmente de la calidad y cantidad de la biomasa incorporada, de los factores climáticos y de las características del suelo (FAO, 1997).

Hipótesis

Los cultivos de cobertura generan una mejora de las propiedades físicas del suelo con respecto a la condición de suelo desnudo.

En el Oasis Sur de la zona de San Rafael, Mendoza, se utilizan tradicionalmente coberturas de vicia y de avena pero se desconocen sus efectos sobre la dinámica del agua en el suelo. También se utilizan en menor medida coberturas permanentes de alfalfa. Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de diversas coberturas localizadas en el interfilar del cultivo del duraznero sobre algunos parámetros indicativos del estado hídrico del cultivo del duraznero y del suelo.

II.2 Materiales y métodos

El experimento se realizó en la región del Oasis Sur de Mendoza (San Rafael - 34°37'53' latitud sur; 68°15'33' longitud oeste). El clima es templado con características de semiárido. Se lo clasificó como seco desértico de acuerdo a Köppen (Abraham & Martínez, 2000). La temperatura máxima media anual es de 32,3°C, y la mínima media de 1°C. La temperatura máxima y mínima absoluta alcanzan valores de 41 y -9,7°C,

respectivamente (Servicio Meteorológico Nacional, 1990). Los aportes pluviales de estos oasis provienen del Océano Atlántico tras recorrer los mil kilómetros que los separan del mar, y también del Pacífico, generalmente en régimen invernal. Durante dos estaciones de crecimiento consecutivas (2011/2012 y 2012/2013). Se utilizaron plantas de duraznero (*Prunus persica* L. Batch.), cv. 'Cristalino' injertadas sobre pie 'Nemaguard', conducidas en forma de vaso, y plantadas en un suelo franco arenoso en un marco de plantación de 4,5 x 3 m. El riego se realizó por inundación de acuerdo a la estrategia normal de la región en las fechas 01/12/2011, 16/12/2011, 30/12/2011 y 08/01/2012. Los tratamientos fueron T0- Control, sin cobertura, con laboreo mecánico (LM): se controlaron las malezas en el espacio interfilar en primavera-verano mediante rastra de discos; T1-Cobertura permanente de alfalfa (*Medicago sativa* L.); T2-Cobertura anual de vicia (*Vicia sativa* L.), cv La Enramada y avena (*Avena sativa* L.), cv. Calen en iguales proporciones. La implantación de ambas coberturas se realizó el 18/03/2011.

II.2.1 Determinación de la humedad del suelo

La humedad del suelo se determinó por gravimetría. Las fechas de muestreo fueron el 30/11/2011, 19/12/2011, 27/12/2011, 06/01/2011 y 13/01/2012. Las muestras se extrajeron con un barreno a dos profundidades, 0-20 y 20-40 cm (Fig. II.1), se pesaron húmedas y posteriormente se secaron en estufa a 105°C hasta peso constante. Una vez secas, se pesaron nuevamente de modo de calcular el contenido de agua a través de la diferencia de peso de la muestra húmeda y seca. Este contenido de humedad relacionado con el peso seco de la muestra representa el contenido de humedad en términos porcentuales. Se tomaron 2 muestras por bloque, totalizando seis muestras por tratamiento para cada profundidad de muestreo. Luego, para convertir la humedad gravimétrica a la forma volumétrica se la afectó por la densidad del suelo (Martelotto *et al.*, 2004).



Figura II.1: Extracción de muestras para la determinación de humedad gravimétrica. Se observa la cobertura de vicia y avena en periodo de senescencia (6/01/2012).

II.2.2 Determinación de la curva de retención de agua del suelo

Las muestras de suelo fueron tomadas con muestreadores de forma cilíndrica, de 5 cm de diámetro x 5 cm de altura (Fig. II.2), las que fueron colocados en una bandeja a la cual se le agregó agua hasta el borde superior del cilindro de modo de saturarlas gradualmente.



Figura II.2: Muestreador y cilindros para la determinación de las curvas de retención de humedad.

Al finalizar el primer año de experimentación se determinó la retención de humedad a siete tensiones diferentes (3, 6, 10, 30, 100, 300 y 1500 KPa) para cada tratamiento, utilizando el sistema de olla y membrana de presión (Richards, 1947; Klute, 1986) (Fig. II.3). Una vez que las muestras alcanzaron el equilibrio hídrico para cada tensión, fueron pesadas para la obtención del peso húmedo. Luego, se secaron en estufa

a 105°C por 24 h hasta peso constante, y nuevamente pesadas para conocer el peso seco. Por diferencia de peso se determinó el contenido hídrico gravimétrico para cada tensión aplicada. Además se determinó la densidad aparente (DA) (Weindorf & Wittie, 2003). La toma de muestras se llevó a cabo el 9/02/2012, momento en el que la cobertura permanente se encontraba en pleno crecimiento vegetativo, mientras que la cobertura anual de vicia y avena se encontraba senescente por haber finalizado su ciclo de crecimiento, aunque sin ser incorporada al suelo. Por el contrario, el tratamiento convencional sin cobertura se encontraba laboreado con cuatro pasadas de rastra de discos desde el inicio del experimento.



Figura II.3: Ollas de baja y alta presión para la determinación de las curvas de retención hídrica del suelo.

Luego, se ajustaron las curvas por el método van Genuchten, teniendo en cuenta los siguientes parámetros (Van Genuchten, 1980).

$$\theta = \frac{1 - \theta_r}{\theta_s} \left[\frac{1}{1 + (\alpha|\psi_m|)^n} \right]^m$$

Donde:

θ = Contenido hídrico.

θ_r = Agua residual.

θ_s = Contenido hídrico del suelo saturado.

α , m, n = parámetros de ajuste

II.2.3 Determinación del potencial hídrico en hoja

Las mediciones de Ψ_a fueron realizadas entre las 12:00 y las 15:00 horas del 19 de diciembre de 2011, dos días posteriores a un riego, utilizando el método de la cámara de Schollander (Fig. II.4) teniendo en cuenta los principios de operación descritos por Shackel *et al.* (1997). Se seleccionaron árboles similares en cuanto a su edad y condición fitosanitaria; las hojas seleccionadas fueron aquellas que se encontraban en la parte media de ramos mixtos insertos sobre las ramas primarias del esqueleto, con una longitud cercana a los 40 cm, con buena condición sanitaria, similar exposición al sol y altura desde el nivel del suelo.



Figura II.4: Colocación de la hoja en la cámara de presión, (a) observación con lupa, y (b) determinación del potencial agua de la hoja a la presión en que se produce la aparición de una gota de agua en el corte del pecíolo de la hoja (c).

Se determinó el Ψ_a a cinco hojas por árbol. Antes de la extracción, las hojas fueron envueltas durante 10 minutos en una bolsa plástica y a su vez fueron recubiertas con papel aluminio, bloqueando así la transpiración de la hoja. Luego, las hojas se cortaron y se les determinó el potencial hídrico en un lapso no mayor a un minuto después de extraídas de los árboles.

II.2.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. A los datos obtenidos se les aplicó el ANOVA utilizando el Test LSD Fisher ($\alpha=0,10$). El software utilizado fue InfoStat/P versión 2010. (Di Rienzo, 2010).

II.3 Resultados

II.3.1 Humedad Volumétrica

En la profundidad 0-20cm, en la primera fecha de medición (30/11/11) la humedad volumétrica de los suelos de las coberturas no difirió del tratamiento convencional. En la segunda fecha, después de dos riegos quincenales, el suelo con cobertura permanente incrementó significativamente el contenido hídrico volumétrico en un 28 % con respecto al control. En la tercera fecha, nuevamente no se observaron diferencias significativas (Tabla. II.1). En el siguiente muestreo (06/01/12), que se realizó luego de 7 días de ocurrido un turno de riego, el suelo de las coberturas mostró un incremento de la humedad volumétrica de al menos un 16% con respecto al tratamiento sin cobertura. En la última fecha no se observaron diferencias de las coberturas con respecto al control aunque se mantuvo la misma tendencia que en la observación previa.

Tabla II.1: Contenido hídrico superficial (0-20 cm) del suelo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) en diferentes tratamientos de cobertura en la entrefila de un cultivo de duraznero.

Tratamientos	Humedad volumétrica $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$				
	30/11/2011	19/12/2011	27/12/2011	06/01/2012	13/01/2012
Alfalfa	0,15 a	0,32 a	0,18 a	0,21 a	0,27 a
Vicia/Avena	0,19 a	0,28 ab	0,18 a	0,21 a	0,29 a
Convencional	0,18 a	0,25 b	0,17 a	0,18 b	0,24 a

Letras diferentes en las filas indican diferencias significativas según el test LSD ($p \leq 0,10$).

Los datos corresponden a la campaña 2011/12. En la segunda y quinta fecha, las mediciones se realizaron después del riego, las restantes fueron anteriores al riego.

En la profundidad de 20-40 cm, en todas las fechas de medición la humedad volumétrica de los suelos de las coberturas no difirió del tratamiento convencional (Tabla II.2).

Tabla II.2: Evolución del contenido hídrico sub-superficial (20-40 cm) del suelo ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) en diferentes tratamientos de cobertura en la entrefila de un cultivo de duraznero.

Tratamientos	Humedad volumétrica $\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$				
	30/11/2011	19/12/2011	27/12/2011	06/01/2012	13/01/2012
Alfalfa	0,17 a	0,30 a	0,15 a	0,22 a	0,24 a
Vicia/Avena	0,16 a	0,25 a	0,18 a	0,22 a	0,22 a
Convencional	0,17 a	0,24 a	0,16 a	0,17 a	0,24 a

Letras diferentes en las filas indican diferencias significativas según el test LSD ($p \leq 0,10$).

Los datos corresponden a la campaña 2011/12. En la segunda y quinta fecha, las mediciones se realizaron después del riego, las restantes fueron anteriores al riego.

II.3.2 Curvas de retención de agua

Los tratamientos con cobertura presentaron diferentes curvas de retención de agua en el suelo. Los parámetros del modelo para cada tratamiento se presentan en la tabla II.3.

Tabla II.3: Coeficientes de ajuste del modelo Van Genuchten (1980) del suelo para tres tratamientos de cobertura vegetales implantados en la entrefila de un cultivo de duraznero a la profundidad 0-20cm. (θ_r) Agua residual. (θ_s) Contenido hídrico del suelo saturado. α , m , n = parámetros del modelo de Van Genuchten

Tratamientos	θ_s	θ_r	α	m	N
Alfalfa	0,50	0,00	0,27	0,10	2,04
Vicia/Avena	0,51	0,11	0,21	0,33	1,49
Convencional	0,43	0,04	0,20	0,01	2,35

En la primera sección de la curva, entre los potenciales de 0,01 a 3,00 kPa las curvas de los tratamientos con coberturas tuvieron un comportamiento similar aunque muy diferentes del testigo ya que arrojaron valores mayores (Fig. II.5).

Debido al mayor contenido hídrico en CC (10 kPa) en el suelo con alfalfa se observó una mayor cantidad de agua disponible ($\text{CC} - \text{PMP} = 0,40 - 0,13 = 0,27 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$) en este tratamiento respecto a los demás.

En el suelo de los tratamientos convencional y vicia/avena el agua disponible (0,36 - 0,13) fue de $0,23 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$. Además, el contenido de agua fácilmente disponible fue notablemente mayor en el suelo de las coberturas, alcanzando valores del 17 % en ambos tratamientos ($0,36 - 0,19 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ en vicia\avena y $0,40 - 0,23 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$ para alfalfa, respectivamente), mientras que el tratamiento convencional arrojó un valor de 15 % ($0,36 - 0,21 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$).

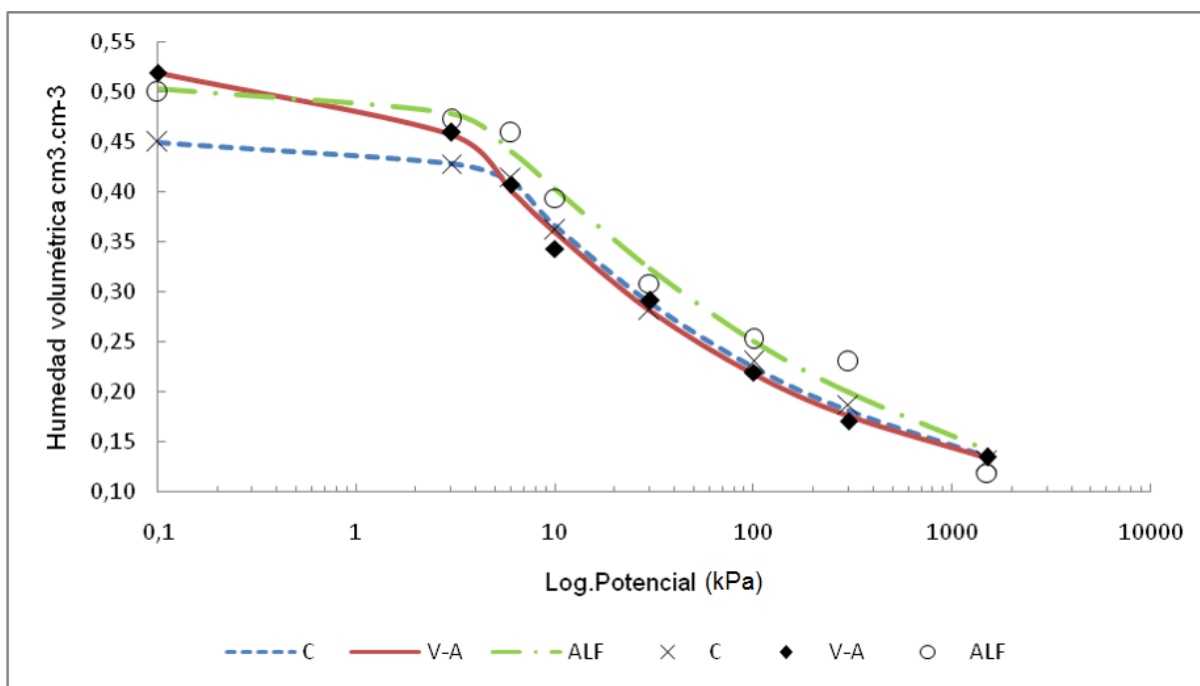


Figura II.5: Valores observados y estimados de las curvas características de retención de agua ($\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$) del suelo para tres tratamientos de coberturas vegetales implantados en la entrefila de un cultivo de duraznero. Alfalfa (ALF), Vicia/Avena (V-A), y convencional (C). Fecha de muestreo 9/02/2012. Profundidad de muestreo 0-20 cm.

Los parámetros del modelo para cada tratamiento para la profundidad 20-40 cm se presenta en la tabla II.4.

Tabla II.4: Coeficientes de ajuste del modelo Van Genuchten (1980) del suelo para tres tratamientos de cobertura vegetales implantados en la entrefila de un cultivo de duraznero a la profundidad 20-40 cm. (θ_r); Agua residual. (θ_s) Contenido hídrico del suelo saturado. α , m , n = parámetros del modelo de Van Genuchten

Tratamientos	θ_s	θ_r	α	m	N
Alfalfa	0,51	0,08	0,43	0,01	3,43
Vicia/Avena	0,53	0,00	0,49	0,05	3,77
Convencional	0,49	0,04	0,47	0,13	1,77

Las curvas de retención hídrica no muestran diferencias visibles entre los tratamientos (Fig.II.6). En el suelo con los tratamientos convencional y alfalfa, el agua disponible fue del 22 % ($0,36 - 0,14 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$) y en el tratamiento vicia/avena fue del 23 % ($0,37 - 0,14 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$). El valor de agua fácilmente disponible para el tratamiento del suelo con alfalfa y control fue 14 % ($0,36 - 0,22 \text{ cm}^3\text{cm}^{-3}$) y para vicia 13 % ($0,37 - 0,24$).

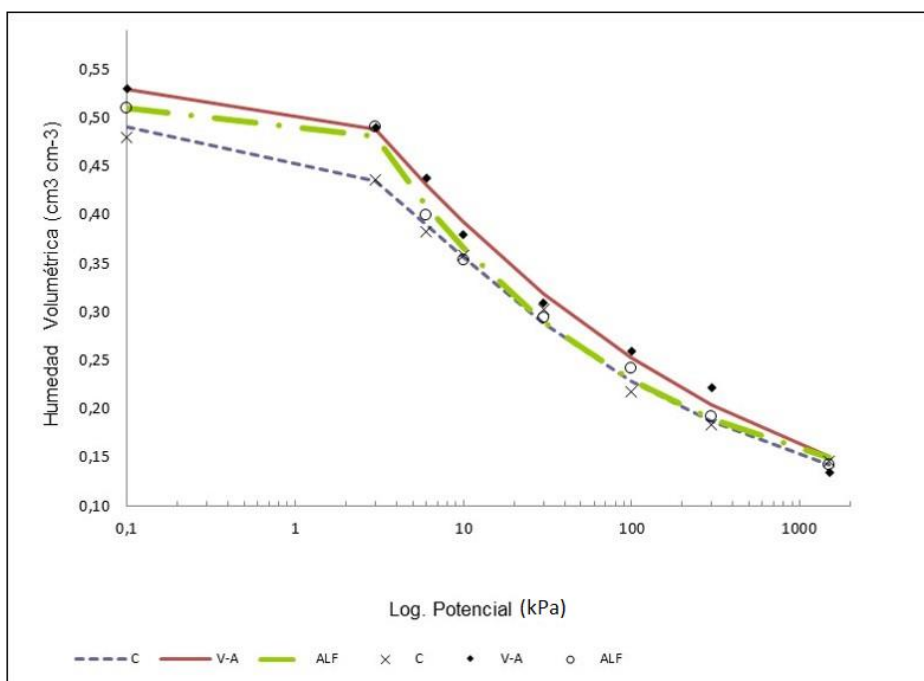


Figura II.6: Valores observados y estimados de las curvas características de retención de agua ($\text{cm}^3\text{cm}^{-3}$) del suelo para tres tratamientos de coberturas vegetales implantados en la entrefila de un cultivo de duraznero. Alfalfa (ALF), Vicia/Avena (V-A), y convencional (C). Fecha de muestreo 9/02/2012. Profundidad de muestreo 20-40 cm.

II.3.3 Potencial hídrico en hojas de duraznero

La cobertura permanente de alfalfa arrojó valores de potencial agua significativamente mayores con respecto al control y al tratamiento de cobertura anual,

con una diferencia de hasta -0,13 MPa. El potencial agua en el tratamiento de vicia y avena no difirió de los restantes tratamientos (Tabla II.5).

Tabla II.5: Potencial hídrico en hojas de duraznero bajo diferentes tratamientos de cobertura de suelo en la entrefila del cultivo. Fecha de observación correspondiente al 30/11/12.

Tratamientos	Potencial agua en la hoja (MPa)
Alfalfa	-1,68 a
Vicia/Avena	-1,75 ab
Convencional	-1,81 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$).

II.4. Discusión

En nuestra experiencia, la cobertura de alfalfa se cortó cada vez que alcanzó la plena floración y se dejó sobre el suelo por lo que también fue formando un 'mulching' orgánico. El beneficio de este 'mulching' sobre la conservación de agua en el suelo está ampliamente estudiado en los cultivos anuales, por lo que el manejo de rastrojos previo a la siembra de estos cultivos adquiere mucha importancia, ya que aumenta el contenido de agua entre los 30 a 90 cm (Borges de Carvalho *et al.*, 2006). Esto se debe a que las coberturas reducen el escurrimiento superficial en un 55 % en relación al suelo sin cobertura (Rodríguez *et al.*, 2000).

La utilización de coberturas de gramíneas perennes (*Brachiaria brizantha*) en el interfilas de los cítricos en el noroeste de Paraná, Brasil, demostró que cuando la cobertura fue cortada cada 28 a 42 días (De Newton *et al.*, 2007) y dejada sobre la superficie influyó positivamente sobre el contenido de agua en la parte superficial (0-20 cm; textura arenosa) y subsuperficial (20-40 cm; textura franco arenosa) del suelo durante la primavera siguiente (Fidalski, 2007). En este caso, la producción de biomasa anual alcanzaba las 5 t ha⁻¹. En el caso del maíz, los mayores contenidos de humedad del suelo fueron registrados en parcelas sembradas sobre residuos de avena en comparación con el suelo descubierto alcanzándose diferencias entre el 3,0 al 7,4 % (Derpsch *et al.*, 1985).

En una rotación avena–trigo donde se evaluaron los tratamientos labranza cero, labranza cero más subsolado y labranza convencional, realizado en Chile (Martínez *et al.*, 2012), se observó que el agua del suelo se redujo más en los tratamientos de labranza convencional tanto en años húmedos como secos. Otros autores (Quiroga *et al.*, 2005; Bono & Álvarez, 2006) concuerdan que las coberturas no sólo aumentan el agua almacenada al reducir el escurrimiento superficial sino que también disminuyen las pérdidas por evaporación. Este fenómeno se explicaría por la disminución en la temperatura del suelo que ocasionan los residuos en superficie (Baigorria & Cazorla, 2010).

La producción acumulada de biomasa de la alfalfa hasta el momento de la cosecha del duraznero (mediados de enero) fue cercana a la mencionada para el caso de la experiencia comentada de *Brachiaria* (Fidalski, 2007) y triplicó a la alcanzada por la cobertura anual de avena y vicia durante el mismo período. En nuestro trabajo no hemos cuantificado la producción de biomasa de alfalfa luego de la cosecha del duraznero, (enero) pero datos de la zona señalan que es posible alcanzar fácilmente una producción anual de 7 t ha⁻¹. La producción de materia seca (kg ha⁻¹) de la cobertura anual (Tabla I.2) fue baja comparada con la de la alfalfa y con la producción normal de avena y vicia observada en Pergamino (Ruffo & Parsons, 2004), donde se reporta una producción de biomasa aérea de 4000 kg ha⁻¹ para avena y 3000 kg ha⁻¹ para vicia, cuando cada cultivo se realiza en forma pura.

La principal diferencia entre la experiencia con *Brachiaria* y alfalfa podría radicar en que las gramíneas estivales producirían la mayor acumulación de materia seca durante el período posterior a la cosecha del duraznero, mientras que en el caso de la alfalfa, la mayor acumulación de biomasa la produce durante la primavera-verano, coexistiendo al menos 4 meses con el crecimiento del fruto del duraznero. Igualmente, la cobertura de avena y vicia coexiste con el duraznero durante el período de crecimiento del fruto, a excepción de la última etapa cuando alcanza la senescencia.

Salvo en la primera observación hacia finales de noviembre, la cobertura de alfalfa siempre presentó el mayor contenido hídrico del suelo, aunque en algunas fechas las diferencias con los demás tratamientos no fueron significativas. Las diferencias de las coberturas con el control fueron significativas hacia mediados de diciembre y principios de

enero. Es interesante destacar que hacia el final del ensayo, la cobertura con vicia y avena comenzó a manifestar una tendencia a mejorar el contenido hídrico del suelo respecto a la alfalfa, cosa que no se observó en los muestreos anteriores (Tabla II.1). Esto se puede explicar teniendo en cuenta la senescencia de la cobertura anual, que fue evidente hacia principios de enero. Por lo tanto, esta cobertura comenzaría a actuar como una cobertura muerta a partir de esa fecha sin consumir agua del suelo.

El diferente comportamiento de las coberturas vivas en cuanto a la disponibilidad de agua para el cultivo principal, puede explicarse a través de las modificaciones en las características físicas del suelo, específicamente de la porosidad del suelo, el consumo de agua por parte de las mismas, el momento del ciclo fenológico del cultivo principal en el que las coberturas compitieron por el recurso agua, entre otros factores (Allen *et al.*, 2006). Existen antecedentes que señalan que las coberturas permanentes modifican la curva de retención de agua de los suelos en forma muy favorable. En el cultivo del naranjo en el estado de Paraná, Brasil, se evaluaron diferentes tratamientos de coberturas permanentes en un suelo con horizonte superficial arenoso. En ese trabajo se realizaron 3 tratamientos, i) gramínea perenne (*Paspalum notatum*), ii) leguminosa perenne (*Arachis pintoi*), y iii) vegetación espontánea desecada con herbicida en el mes de diciembre (Fidalski, 2007). El tratamiento de cobertura con gramíneas perennes se caracterizó por producir una mejora de la calidad física e hídrica del suelo en el interfilar de los cítricos, destacándose un aumento notable de la capacidad de retención hídrica por encima de -50 kPa. En cambio, la cobertura espontánea desecada y la leguminosa perenne presentaron una menor capacidad de retención de agua debido a que no mejoraron la estructura del suelo (Fidalski, 2007).

En nuestra experiencia, el efecto positivo de las coberturas vivas sobre la porosidad del suelo se verificó a partir de -10 kPa. Esto implica que hubo un aumento de la cantidad de mesoporos, responsables de la retención de agua, a expensas de los macroporos. Esta modificación es deseable en suelos arenosos, que pierden gran volumen de agua por drenaje debido a la excesiva macroporosidad. La mayor respuesta se verificó en la cobertura de alfalfa, de 0 a 20 cm de profundidad, debido a que el agua disponible fue un 4% mayor a los restantes tratamientos. Además, el contenido de agua fácilmente utilizable también fue mayor en ambos tratamientos de cobertura en relación al control.

Las coberturas utilizadas en nuestro ensayo, debido a sus curvas típicas de crecimiento, podrían competir por el recurso agua en el momento crítico del cultivo del duraznero, i.e., en el período de crecimiento y maduración del fruto. Sin embargo, en ningún momento el suelo con cobertura tuvo menor contenido hídrico que el suelo laboreado, probablemente debido a la menor evaporación directa del suelo (Baigorria & Cazorla, 2010) y a que la oferta de agua fue suficiente. En nuestra experiencia el caudal de riego fue de 50 L s^{-1} y la frecuencia de riego fue de 15 días, reduciéndose a 7 días dos semanas antes de la cosecha. En base a las 3 horas de riego destinadas a la totalidad del ensayo (10.935 m^2) la lámina de agua aplicada fue de 49,38 mm. Por otra parte los valores de potencial agua medidos en la hoja del duraznero fueron similares a los registrados en Italia para un cultivo manejado sin restricciones hídricas, considerando similar momento del día y estación del año (Remorini & Massai, 2003). El menor potencial hídrico en hoja registrado en el tratamiento convencional demuestra que las coberturas, aún en el período de elevada demanda hídrica, no interfirieron negativamente en el estado hídrico del cultivo de duraznero.

Los resultados podrían haber sido diferentes si la disponibilidad de agua hubiera sido limitada o se hubiera utilizado otro sistema de riego. Por lo tanto, en función de los resultados y evidencias encontradas, se debería evaluar para la zona el comportamiento de una gramínea estival, cuyo ciclo de crecimiento activo no coincida con el crecimiento del fruto del duraznero, para evitar una posible competencia, o trabajar con coberturas muertas. Además, sería interesante verificar si el efecto del cultivo de alfalfa continua siendo positivo en condiciones restrictivas de suministro de agua.

II.5 Conclusiones

- Las coberturas alteraron la distribución de tamaño de los poros del suelo, lo que se reflejó en la mejora del contenido de agua disponible y el agua fácilmente utilizable en el estrato superficial del suelo (0-20 cm).
- El suelo de las coberturas, después del riego y diez días antes de la cosecha mostró un incremento de la humedad volumétrica de al menos un 16% con respecto al tratamiento sin cobertura

- El contenido hídrico del suelo con cobertura de vicia/avena fue superior al de los demás tratamientos a partir del principio de enero, debido a la protección que genera la cobertura muerta a la evaporación y al cese del consumo de agua por parte de la misma.
- Las coberturas evaluadas coexistieron con el cultivo principal en el período crítico de crecimiento del fruto sin que se observara un efecto negativo sobre el potencial de agua en las hojas.

Efecto de las coberturas sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo del cultivo del duraznero

III.1 Introducción

El Duraznero (*Prunus persica* L. Batsch) es un árbol frutal caducifolio originario de China, lugar donde todavía hoy se encuentra la mayor diversidad genética. Su difusión se inició por la antigua Persia y luego a Grecia. Posteriormente pasó a Italia, desde donde los Romanos lo llevaron a toda Europa y norte de África (Gratacós, 2004).

Es un árbol de tamaño medio, cuya altura alcanza entre los 3 a 5 metros de altura (Tamaro, 1984). La extensión de sus ramas alcanzan alrededor de 15 metros cuadrados y su copa tiende a ser redonda. Es poco longevo, de manera que alcanza sus máximos rendimientos entre los 15 a 20 años, según sea el manejo que reciba (Gratacós, 2004).

Su raíz es pivotante cuando procede de plantas obtenidas de semilla aunque no es muy profunda. Fructifica sobre ramos mixtos, chifonas y ramilletes de mayo (Bassi & Monet, 2008). Las hojas son lanceoladas, alternas y ligeramente aserradas. La lámina es un poco ondulada, de color verde de diferente intensidad según sea el nivel nutricional e hídrico (Fideghelli, 1987). Las flores son hermafroditas, pentámera y auto fértiles. La cantidad de estambres varía entre 25 y 30. El cáliz es gamosépalo y caduco. El ovario es unicarpelar. Las flores del duraznero se ubican en los nudos laterales de los ramos del año, solas o acompañadas de una yema vegetativa o de otra floral. Las yemas son simples, redondeadas y grandes. Los brotes del año con una longitud entre 30 a 60 cm de largo (ramos mixtos) son las más productivas, por lo que se deben promover mediante la poda anual (Bassi & Monet, 2008). Como todos los frutales de carozo, primero florecen a fines de invierno o principios de la primavera y después brotan (Cátedra de climatología agrícola, 2013).

El fruto es una drupa (Baugher, 2003). Su pericarpio generalmente es pubescente, aunque pueden ser glabros como en las nectarinas. El mesocarpio es carnoso, con buen

contenido de jugo y azúcar; puede estar separado del hueso o firmemente adherido. El endocarpio o hueso es muy duro, y aloja en su interior una almendra que contiene dos cotiledones (Bassi & Monet, 2008).

III.1.1. Crecimiento y calidad del fruto

El duraznero requiere de la formación de la semilla para su desarrollo completo. El fruto presenta una curva de crecimiento de tipo doble sigmoidea, dividida en 3 fases (Looney & Jackson, 1999). La fase I comprende desde la antesis o pleno desarrollo de la flor, hasta el inicio del endurecimiento del carozo. El endocarpio se desarrolla en un 80% y el mesocarpio tiene una máxima división celular durante las 2-3 primeras semanas, siendo mayor su desarrollo en el diámetro polar que el ecuatorial (Flores Lazo, 2011). Las diferencias de calibre entre las variedades se atribuyen al diferente número de células por fruto, lo cual se define en esta etapa. La duración de esta fase es de 50 a 60 días después de plena floración (Marini, 2003). La Fase II corresponde al periodo de endurecimiento del carozo. Se produce la lignificación del endocarpio y el crecimiento del embrión, que resulta incompleto en las variedades tempranas y completas en las tardías. No hay desarrollo de la pulpa. Su duración es de 1 a 9 semanas, dependiendo de las variedades, siendo más larga en variedades tardías. De este modo, esta fase determina la duración entre floración y la cosecha. La Fase III se extiende desde el término del endurecimiento del carozo hasta la madurez. Se produce un rápido aumento de diámetro, peso fresco y peso seco fundamentalmente hacia el final de este periodo. Predomina la elongación celular y el aumento de la densidad de la pulpa por disminución de los espacios intercelulares. El embrión aumenta de peso, pero no de tamaño. Esta fase de crecimiento dura aproximadamente seis semanas (Ferreya et al., 1997).

La calidad del fruto del duraznero se evalúa a través de diversos índices físicos (color de la piel, color de la semilla, color de la pulpa, firmeza de la pulpa, tamaño gravedad específica), químicos (degradación del almidón, contenidos de sólidos solubles totales, contenido de ácidos orgánicos totales, relación sólidos solubles/acidez, porcentaje de jugo y materia seca), morfológicos (forma del fruto) y biológicos como la producción de etileno y tasa respiratoria (Sozzi, 2008). El tamaño es un atributo de calidad que debe alcanzar un umbral mínimo antes de la cosecha para la comercialización de la fruta (Seta & Moyano, 2007). La uniformidad del tamaño es también un parámetro de calidad ya que

el consumidor asocia o relaciona aquel atributo con frutos de calidad superior. Por otro lado, uniformar o clasificar por tamaño del producto es una de las prácticas habituales de la preparación para mercado en fresco (Fiszman, 2005).

III.1.2. Componentes del rendimiento

III.1.2.1. Peso del fruto

Este componente puede variar desde menos de 50 g en formas silvestres, 80 - 110 g en genotipos de maduración muy temprana, y hasta 180 - 230 g en las variedades de maduración media y tardía, dependiendo también del destino final de la variedad (Bassi & Monet, 2008). Los factores de los cuales depende el tamaño final del fruto pueden ser propios de la planta, tales como los factores hormonales, la variedad injertada, el portainjerto utilizado, el nivel de floración, la turgencia celular, y la competencia entre los órganos en desarrollo, entre otros. En cuanto a los factores exógenos que inciden en el crecimiento de los frutos se destacan el clima, suelo, y las prácticas culturales aplicadas (Sozzi, 2008).

III.1.2.2. Numero de frutos por planta

La mayoría de las especies frutales, en condiciones edafoclimáticas y culturales normales, producen más frutos que los necesarios para un buen rendimiento a cosecha. Normalmente, la falta de tamaño, color y sabor condicionan la calidad de los frutos bajo estas condiciones (Ortiz de Zárate, 2007). Por esta razón es necesario el raleo de frutos, práctica cultural por la cual se disminuyen los rendimientos totales pero se compensa económicamente a través de una mejora de la calidad de la fruta cosechada, y evitando además, la alternancia de la producción (Moyano & Flores, 2004).

III.1.3. Efecto de las coberturas sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo

La selección de especies anuales o perennes para coberturas debe evaluarse teniendo en cuenta un escenario amplio, que considere aspectos de la plantación frutal y del suelo. Los cultivos anuales o perennes mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, ya sea por cortes periódicos de la parte aérea o por incorporación mediante al

suelo (Sainju & Singh, 1997). La producción frutícola utiliza cantidades significativas de fertilizantes químicos, especialmente nitrógeno y micronutrientes (Aruani & Sánchez, 2002). Por lo tanto mediante el manejo apropiado del suelo y de las coberturas verdes en el espacio interfilas se puede incrementar la fertilidad física y química contribuyendo a la sustentabilidad del sistema productivo (Aruani *et al.*, 2006).

El uso de cultivos de cobertura en cultivos de duraznero en Brasil aún no está muy extendido; sin embargo es una alternativa ecológica y económica para impulsar el manejo conservacionista del suelo, lo que permite el equilibrio de las propiedades físicas, químicas y biológicas que giran alrededor del sistema suelo-planta. Se observó que las coberturas tienen influencia sobre el crecimiento vegetativo y el índice de fertilidad de las yemas en el cultivo de duraznero (Rufato *et al.*, 2007). En terrenos fértiles con coberturas vivas y vigorosas, los restos de la hierba segada incrementó el crecimiento de las raíces del duraznero en un 32 % (Fritzsche & Nyfeler, 1974). La incorporación como abono verde de la cobertura vegetal también mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo al favorecer el crecimiento radicular de frutales (Borges de Carvalho *et al.*, 2006). Estos resultados contrastan con el trabajo realizado en San Pedro, provincia de Buenos Aires, Argentina (González *et al.*, 2012), donde se observó un menor desarrollo del sistema radical y del diámetro de tronco del duraznero respecto de los tratamientos basados en el laboreo mecánico o sin laboreo pero con control químico de las malezas. Este menor crecimiento de la planta es atribuido a la competencia interespecífica por los recursos edáficos. Las contradicciones observadas en el uso de las coberturas vegetales, requieren de estudios regionales.

Hipótesis

El uso de cultivos de cobertura modifica positivamente el comportamiento vegetativo y reproductivo del cultivo de duraznero.

El objetivo de este trabajo fue verificar los efectos de las diferentes coberturas vegetales sobre el crecimiento vegetativo, el desarrollo reproductivo, el rendimiento y la calidad de los frutos del cultivo de duraznero en la zona de sur de Mendoza (San Rafael).

III.2. Materiales y métodos

III.2.1. Zona de estudio, material vegetal y tratamientos

El presente estudio se realizó en San Rafael, Mendoza. Se utilizaron plantas de la variedad Cristalino injertada sobre pie Nemaguard, conducida en forma de vaso tradicional, plantadas en un suelo franco arenoso en un marco de plantación de 4,5 x 3 m. Se realizó riego por inundación con una frecuencia quincenal hasta la etapa fenológica de Fase III, y semanal desde ese momento hasta la cosecha. Los tratamientos fueron T0-Control, sin cobertura, con laboreo mecánico (LM) en el espacio interfilar; T1- Cobertura permanente de alfalfa (*Medicago sativa* L.); T2-Cobertura anual de vicia (*Vicia sativa* L.), cv La Enramada y avena (*Avena sativa* L.), cv. Calen en iguales proporciones. La implantación de ambas coberturas se realizó el 18/03/2011.

En el caso del tratamiento T0, se realizaron labores mecánicas con rastra de discos de manera periódica durante la primavera y el verano. La pastura de alfalfa (T1) se implantó al comienzo del experimento (18/03/2011), a una densidad 20 kg ha⁻¹, utilizando la variedad Seedar 80', de grupo de latencia 8.

La pastura fue segada cada vez que alcanzó el estado de plena floración. Para la cobertura anual (T2), se utilizó una consociación de vicia (*Vicia sativa* L.) y avena (*Avena sativa* L.). La densidad fue de 38 kg ha⁻¹ para la vicia y 33 kg ha⁻¹ para avena. Se implantó al comienzo del experimento, el 18/03/2011.

Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar, con tres repeticiones por tratamiento. Cada tratamiento estuvo compuesto por muestras de 6 plantas cada uno, las cuales fueron seleccionadas por su uniformidad en la sección transversal del tronco y en su porte. El tamaño de la unidad experimental fue de 9 x 135 m (1215 m²).

III.2.2. Mediciones del comportamiento vegetativo y reproductivo de la planta

Para la evaluación del efecto de las coberturas vegetales sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo del cultivo del duraznero se evaluó durante dos ciclos productivos (2010/11 y 2011/12) la intensidad de floración, el cuajado de los frutos, el tamaño de los frutos, el número final de frutos por planta a la cosecha, y el rendimiento por planta. Durante el período invernal se seleccionaron 8 ramos mixtos por planta, elegidos al azar y distribuidos en los cuatro cuadrantes de la copa y a una altura de 1,5 m. Sobre estos ramos se midió su longitud y el número total de nudos. A partir del inicio de la brotación y floración, sobre los ramos seleccionados se midió la cantidad de flores y/o frutos presentes en forma semanal. Los conteos se prolongaron hasta el momento del raleo manual de frutos. La intensidad de floración fue expresada como el número máximo de flores alcanzado por metro de ramo mixto. El porcentaje de cuajado se expresó como la relación existente entre el número de frutos al momento del raleo de frutos y el número máximo de flores alcanzado por cada ramo mixto.

Luego del raleo de frutos se comenzó a registrar la evolución semanal del diámetro de los frutos sobre 15 frutos elegidos al azar utilizando un calibre digital (Fig. III.1). Al momento de la cosecha se contó el número total de frutos por planta y se midió el diámetro a 30 frutos por planta elegidos al azar sobre los cuatro cuadrantes de la copa y a una altura de 1,5 m del suelo. Además, se extrajo una muestra de 100 frutos de diferentes tamaños de modo de establecer la relación entre el diámetro y el peso de los frutos, y así estimar su peso. El rendimiento por planta (kg) se estimó multiplicando el número de frutos por planta por la estimación del peso promedio de los frutos.



Figura III.1: Medición del calibre de frutos mediante la utilización de un calibre digital.

Sobre una muestra de 25 frutos por planta extraída al momento de la cosecha, se determinaron otros parámetros de calidad tales como la firmeza de la pulpa, utilizando un penetrómetro Effegi Modelo FT327 provisto con una punta de 7,9 mm (5/16") de diámetro. Dicha determinación se realizó tanto en la cara interna como en la externa, presentándose el valor promedio de ambas medidas y expresándolo en kg.

En lo referente al crecimiento vegetativo, se adoptaron algunos aspectos de la metodología descrita por Weibel *et al.* (2003), quien menciona la sección transversal del tronco, el número de ramas terminales y laterales, el largo total de las ramas del año y el largo de entrenudos, como los indicadores más importantes. Así, se tomó el diámetro del tronco a 20 cm del suelo. Las mediciones del diámetro del tronco se midieron trimestralmente durante la estación de crecimiento. La sección transversal del tronco (TCA, trunk cross-sectional area) se calculó asumiendo una forma circular del mismo.

Al final de la estación de crecimiento se midió la longitud de los ramos mixtos, sobre una muestra de 20 ramos por planta y número de brotes por ramo seleccionado.

III.3. Resultados

III.3.1. Crecimiento Vegetativo

III.3.1.1. Longitud de los brotes del año y números de brotes por ramo

La longitud promedio máxima de los brotes que se originaron sobre los ramos mixtos identificados fue significativamente afectada por las coberturas de suelo. Los brotes al final de la estación de crecimiento presentaban una longitud mayor en los tratamientos con cobertura de alfalfa (+35 %) y vicia con avena (+29 %) con respecto al control sin cobertura. En cambio, el número de brotes surgido de cada ramo mixto no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (Tabla III.1).

Tabla III.1: Efecto de distintos tratamientos de cobertura de suelo sobre la longitud máxima

Tratamientos	Longitud del brote (cm)	Número de brotes por brindilla	promedio de brotes y números de brotes por
Alfalfa	20,45 a	5,37 a	
Vicia/avena	19,47 a	4,89 a	
Convencional	15,05 b	5,11 a	

ramo mixto, en duraznero cultivar 'Cristalino'.

Letras distintas en la columna indican diferencias estadísticamente significativas según el test LSD ($p \leq 0,10$).

III.3.1.2. Sección transversal del tronco

Los tratamientos de cobertura de suelo no afectaron la evolución anual de la sección transversal del tronco (Tabla III.2)

Tabla III.2: Efecto de distintos tratamientos de cobertura de suelo sobre el crecimiento anual de la sección transversal del tronco (TCA) de árboles de duraznero, cultivar Cristalino. Datos correspondientes al periodo 2011/2013. Los datos están expresados en forma relativa al valor al inicio del experimento.

Año (A)	Tratamiento (B)	Incremento relativo de la Sección Transversal del tronco ¹
2012	Alfalfa	1,31
	Vicia	1,17
	Convencional	1,15
2013	Alfalfa	2,18
	Vicia/Avena	2,23
	Convencional	2
Significancia	Efecto 'A'	ns
	Efecto 'B'	ns
	Interacción	ns

ns: diferencias estadísticamente no significativas ($p \leq 0,10$).

¹El valor relativo 1 equivale a la sección transversal del tronco al momento del inicio del experimento.

III.3.2. Crecimiento reproductivo

III.3.2.1. Intensidad de floración y cuajado de frutos

Las coberturas de suelo no afectaron las variables intensidad de floración ni el porcentaje de frutos cuajados en ninguno de los dos años de estudio (Tabla III.3). El efecto del año no fue significativo ($p > 0,10$) y tampoco se observó una interacción año * tratamiento ($p > 0,10$).

Tabla III.3: Efectos de distintos tratamientos de cobertura de suelo sobre la Intensidad de floración (Flores m^{-1}) y el cuajado (%) de frutos en el duraznero, cultivar 'Cristalino'. Datos correspondientes a 2011/2012.

Año (A)	Tratamiento (B)	Intensidad de floración (Flores m^{-1})	frutos cuajados (%)
2011	Alfalfa	45,53	75,61
	Vicia/Avena	42,2	70,29
	Convencional	44,22	73,8
2012	Alfalfa	42,06	90,94
	Vicia/Avena	43,36	89,8
	Convencional	37,01	85,26
Significancia	Efecto 'A'	ns	ns
	Efecto 'B'	ns	ns
	Interacción	ns	ns

ns: diferencias estadísticamente no significativas ($p \leq 0,10$)

III.3.2.2. Evolución del diámetro de los frutos y tamaño del fruto a la cosecha

La evolución del diámetro desde el momento posterior al raleo manual de frutos mostró un crecimiento exponencial (Fig. III.2). El tratamiento con cobertura anual mostró el menor tamaño de fruto a los 71 días después de plena floración (DDPF). A partir de allí mejoró su comportamiento, alcanzando al tratamiento control a los 82 DDPF y superándolo en la siguiente fecha de observación. En el momento de cosecha logró alcanzar un diámetro adecuado sin diferir estadísticamente con el tratamiento de cobertura permanente, quien alcanzó el valor absoluto más elevado.

La cobertura con alfalfa mostró el mayor diámetro de frutos en las observaciones intermedias. Al momento de la cosecha el tratamiento de alfalfa superó en casi 4 mm el diámetro del control, mientras que el tratamiento de vicia con avena lo hizo en cerca de 3 mm (Fig. III.4 y Tabla III.4).

La variable diámetro de fruto en el 2012 tuvo un incremento con respecto al control de un 5,6 % y un 4,5 % para alfalfa y vicia respectivamente. En el 2013 el incremento con respecto al control fue de 3,6 % y 2,4 % para vicia y alfalfa respectivamente. Se observó diferencias entre los años y no hubo interacción tratamiento*año. El peso de los frutos a la cosecha en el año 2012 fue muy superior en el tratamiento con cobertura de alfalfa respecto al control (+19,0 %), e incluso en comparación con el tratamiento de cobertura anual con vicia y avena (+4,7 %). Todos los tratamientos difirieron significativamente entre sí (Tabla III.4). En el año 2013 el peso medio de los frutos de las coberturas fue mayor con respecto al control, en un 9 % para vicia/avena y en un 6 % para alfalfa. Hubo diferencia entre los años y la interacción tratamiento * año no fue significativa.

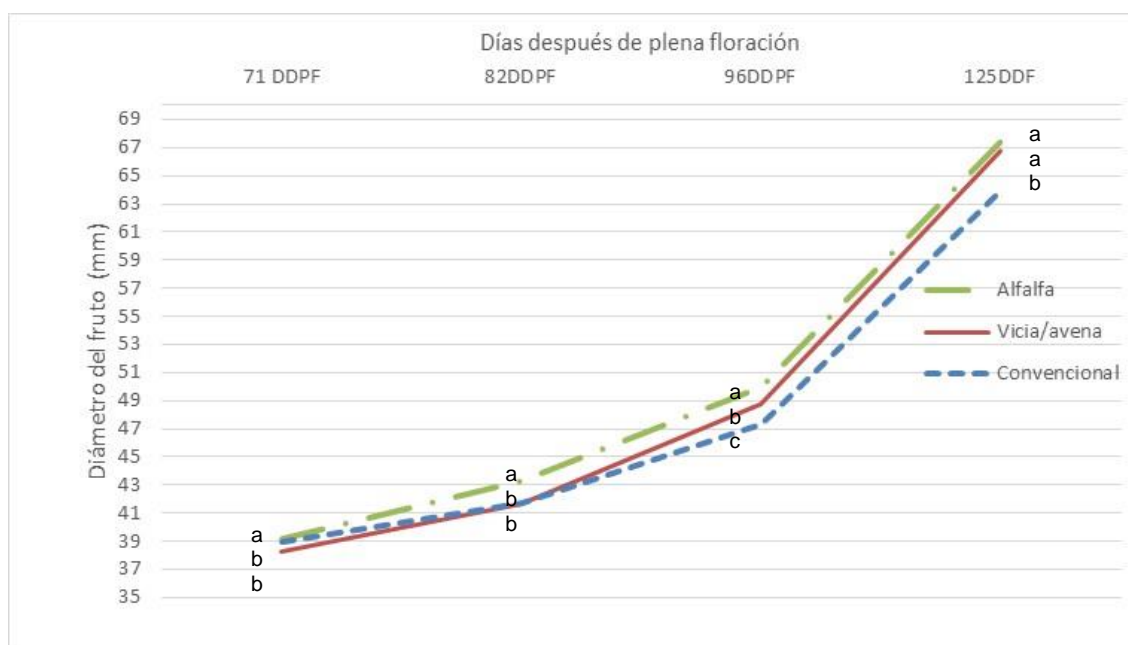


Figura III.2: Efecto de diferentes tratamientos de cobertura de suelo sobre la evolución del diámetro de los frutos del duraznero, cv. 'Cristalino'. Datos correspondientes a la campaña 2011/12. DDPF = Días después de plena floración.

Tabla III.4: Efecto de diferentes tratamientos de cobertura de suelo sobre el peso (g) y diámetro (mm) de frutos a la cosecha en el duraznero, cultivar 'Cristalino'. Datos correspondientes a la cosecha 2012/2013 (Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$)).

Año (A)	Tratamiento (B)	Peso del fruto	Diámetro del fruto
		(g)	(mm)
2012	Alfalfa	177,47 a	67,52 a
	Vicia/Avena	169,50 b	66,81 b
	Convencional	149,08 c	63,91 c
2013	Alfalfa	193,10 d	69,44 d
	Vicia/Avena	200,30 d	70,25 d
	Convencional	182,15 e	67,8 e
Significancia	Efecto 'A'	*	*
	Efecto 'B'	*	*
	Interacción	*	ns

ns y *, diferencias estadísticamente no significativas y significativas ($p \leq 0,10$), respectivamente.

Una semana antes de la cosecha se observaron diferencias significativas en la firmeza de los frutos (kg). Los tratamientos con cobertura mejoraron la firmeza entre un 66,8 % (vicia y avena) y un 55 % (alfalfa).

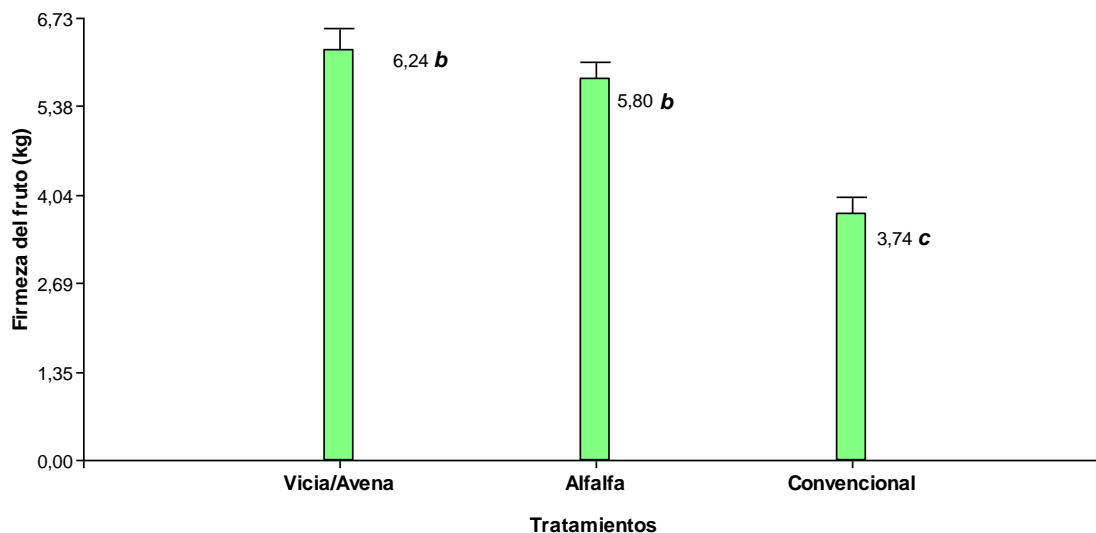


Figura III.3: Firmeza de la pulpa (kg) de los frutos de duraznero, cv. 'Cristalino' en función de los diferentes tratamientos de cobertura de suelo. Datos obtenidos una semana antes de la cosecha en la campaña 2012/2013.

Letras distintas sobre las barras indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$).

III.3.2.3. Carga de frutos por planta y rendimiento

A pesar de que en las ramas seleccionadas no se habían observado diferencias significativas en el cuajado de los frutos, el recuento de frutos por planta al momento de la cosecha mostró que el tratamiento de cobertura con alfalfa presentó al menos un 16,7% más de frutos en comparación con los demás tratamientos, los cuales no difirieron entre sí (Tabla III.5). Como consecuencia de ello y del mayor tamaño de los frutos, los tratamientos con cobertura mejoraron el rendimiento por planta entre 3 y 7 kg respecto al tratamiento convencional, sin cobertura de suelos (Tabla III.5).

Tabla III.5: Efecto de distintos tratamientos de cobertura de suelo sobre el número de frutos por planta y el rendimiento (kg pl⁻¹) en el duraznero cultivar 'Cristalino'. Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0,10). Datos correspondientes al año 2013.

Tratamientos	Número de frutos por planta	Rendimiento (kg pl ⁻¹)
Alfalfa	199,24 a	38,48 a
Vicia/Avena	177,20 b	34,21 a
Convencional	170,72 b	31,09 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (p<= 0,10).

III.4. Discusión

En nuestra experiencia los tratamientos de cobertura de suelo mejoraron la longitud promedio máxima de los brotes de los ramos mixtos aunque no afectaron la evolución anual de la sección transversal del tronco. Este último parámetro es uno de los indicadores más sensibles del estado hídrico de la planta de duraznero (Girona, 2003) por lo que representa una fuerte evidencia de que las coberturas utilizadas en nuestro ensayo no influenciaron negativamente en el contenido hídrico del suelo y de la planta. Esto fue demostrado en los resultados del capítulo II y en parte es atribuido al aporte de agua de riego, que fue muy superior a las necesidades del cultivo. En Brasil (Rufato, 2006) constataron que cultivos de cobertura (*Avena strigosa* + *Pisum sativum*) no tuvieron efecto sobre el diámetro del tronco de las plantas de duraznero, pero interfirieron principalmente en el volumen de la copa, la productividad y la tasa de fertilidad.

El efecto de las coberturas sobre el contenido de agua en el suelo y el potencial agua de la hoja (Capítulo II), aunque permite explicar el comportamiento de la evolución de la sección transversal del tronco, no es suficiente para interpretar la mayor longitud de los brotes obtenidos en los tratamientos con cobertura. Por lo tanto, este mayor crecimiento vegetativo puede ser atribuido a numerosos efectos de la cobertura sobre la mejora de las propiedades físico-químicas del suelo. En estudios realizados en la región semiárida bonaerense observaron que la inclusión de verdeos de invierno, con mezclas de gramíneas y leguminosas en la rotación con trigo, produjo un efecto positivo en la fertilidad física y química del suelo durante un período reducido de tiempo (1-2 años). Esta mejoría estaría relacionada con una mayor disponibilidad de nitrógeno aportado por la leguminosa y por la mejora del estado físico del suelo asociado a los aportes orgánicos (Galantini, 1992).

Por lo tanto, se desprende que las coberturas vivas pueden ejercer un efecto positivo sobre el cultivo principal en la medida que no produzca competencia por agua, nutrientes, o fenómenos de alelopatía. En los casos en que esto no se cumple, las coberturas vivas pueden afectar el crecimiento del árbol, reduciendo o no el rendimiento. Las variables intensidad de floración y el porcentaje de frutos cuajados en ninguno de los dos años de estudio se vieron afectadas por el uso de las coberturas. Sin embargo en un experimento llevado a cabo con coberturas de leguminosas, tales como soja y trébol de Alejandría, y no leguminosas (trigo), en duraznero como cultivo principal, se observó un mayor número de flores y de frutos en la cobertura de soja en el interfilar de los durazneros en comparación con el control sin cobertura y en tratamiento de trigo (Badshah, 2000).

La Fase de crecimiento III del fruto es uno de los períodos críticos del cultivo de duraznero (Bassi & Monet, 2008). Esta fase se extiende desde el término del endurecimiento del carozo hasta la madurez (Chalmeres *et al.*, 1985) y se caracteriza por un rápido aumento de diámetro, peso fresco y peso seco del fruto, fundamentalmente hacia el final de este período (Bassi & Monet, 2008). Es un momento fenológico muy sensible al estado hídrico de la planta (Li *et al.*, 1989), ya que el alargamiento celular es dependiente de la turgencia celular (Gariglio, 2009). Así, en tomate se observó que existe una fuerte correlación entre el gradiente de potencial hídrico tallo-fruto y la tasa de expansión del fruto medido a través de su diámetro (Gariglio *et al.*, 2009). Al producirse un

déficit hídrico en la fase de crecimiento III se obtiene fruta de menor calibre. En ensayos realizados en Francia se observó que la disminución del peso del fruto por un déficit hídrico en la etapa III puede llegar a 10 g, lo que representa una pérdida en el rendimiento del 18 al 27 % con respecto al control (Li *et al.*, 1989). En nuestra experiencia, como lo mencionamos en el capítulo II, el 06/01/12, el suelo de las coberturas mostraron un incremento de la humedad volumétrica de al menos un 16% con respecto al tratamiento sin cobertura. Esta fecha se corresponde con la etapa III de crecimiento del fruto, y nos permiten explicar el mayor tamaño de los frutos de los tratamientos de cobertura en relación al control. El caso de la cobertura anual mostró una recuperación en su tamaño entre esta fecha de muestreo y la cosecha (Fig. III.4) y este efecto podría estar asociado a la finalización del ciclo de cultivo de la cobertura anual, la cual dejaría de consumir agua y nutrientes al transformarse en una cobertura muerta.

Teniendo en cuenta la importancia de la competencia por agua de las coberturas vivas durante la etapa III de crecimiento del fruto de duraznero, en nuestra experiencia debería tenerse presente la posibilidad de secar la cobertura anual anticipando la finalización del ciclo del cultivo, o evaluar otras alternativas como coberturas compuestas por residuos vegetales como restos de poda, o evaluar especies de crecimiento estivo-otoñal, de modo que la competencia con el cultivo del duraznero se produzca luego de la cosecha.

En Colombia se constató que coberturas con materiales vegetales muertos, compuestas por residuos vegetales, en un cultivo de duraznero se comportaron como una buena alternativa para la búsqueda de una reducción del impacto destructivo que ocasiona la inadecuada labranza, mejorando las propiedades físico-químicas del suelo (Gómez, 2011).

El estado de madurez de los frutos a la cosecha representa uno de los factores decisivos en su calidad y en su período de conservación. En nuestra experiencia los tratamientos con cobertura mejoraron la firmeza con respecto al control. En contraposición, en México, trabajando con el cultivo de tomate, no encontraron diferencias entre los tratamientos con coberturas del suelo (*Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea*) en las variables de calidad del fruto, entre ellas la firmeza (Villarreal, 2006).

III.5 Conclusiones

- La longitud promedio de los brotes fue mayor en los tratamientos con coberturas de suelo en el espacio interfilar del duraznero.
- La evolución de la sección transversal del tronco (TCA) no fue afectado por el uso de las coberturas vegetales.
- Las variables intensidad de floración y el porcentaje de frutos cuajados tampoco se vieron afectadas por el uso de las coberturas vegetales.
- El diámetro de los frutos fue mayor tanto para los tratamientos de cobertura con alfalfa (3,6 a 5,6 %) como de vicia y avena (2,4 a 4,5 %) con respecto al control sin cobertura, lo cual parece estar asociado a un mayor contenido hídrico del suelo en la fase crítica de crecimiento del fruto.
- Los tratamientos de coberturas lograron un mayor rendimiento por planta, entre 3 y 7 kg.
- Los tratamientos con cobertura obtuvieron mayor firmeza del fruto a la cosecha.

CONCLUSIONES GENERALES

La cobertura permanente superó en un 47 % la producción de MS de la cobertura anual Vicia/Avena en el mes de diciembre, y la triplicó en el período comprendido hasta fines de diciembre.

El COPg de la cobertura permanente entre la primera y última medición aumentó un 100 %. La cobertura anual y el testigo tuvieron comportamientos similares, con un aumento en torno al 65 %.

Las coberturas alteraron la distribución de tamaño de los poros del suelo, lo que se reflejó en la mejora del contenido de agua disponible y del agua fácilmente disponible en el estrato superficial del suelo (0-20 cm). Se tradujo en un incremento de la humedad volumétrica de al menos un 16% con respecto al tratamiento sin cobertura, 10 días antes de la cosecha. Esta fecha se corresponde con la etapa III de crecimiento del fruto, y nos permite explicar el mayor tamaño de los frutos de los tratamientos con cobertura en relación al control. El contenido hídrico del suelo con cobertura de vicia/avena fue superior al de los demás tratamientos a partir del principio de enero, debido a la protección que genera la cobertura muerta a la evaporación y al cese del consumo de agua por parte de la misma.

Las coberturas evaluadas coexistieron con el cultivo principal en el período crítico de crecimiento del fruto sin que se observara un efecto negativo sobre el cultivo.

El tamaño de los frutos y la carga de frutos por planta fueron mayor en los tratamientos con cobertura, lo que se tradujo en un mayor rendimiento (3-7 kg pl⁻¹).

Los tratamientos con cobertura obtuvieron mayor firmeza del fruto a la cosecha.

Este trabajo permitió verificar que la introducción de cultivos de cobertura, mejoran las propiedades físicas de los suelos del Oasis Sur de Mendoza y como resultado, el comportamiento vegetativo y reproductivo del cultivo del duraznero.

Líneas de investigación que se desprenden de la tesis:

- El comportamiento productivo del duraznero y otros frutales en combinación con cultivos de cobertura que tengan un requerimiento hídrico menor y/o cuya época de mayor demanda hídrica no compitan con el crecimiento reproductivo del cultivo principal.
- La dinámica del nitrógeno aportado por la leguminosa, y la mejora del estado físico del suelo a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- ABADIA, A.; E. MILLAN & J. ABADÍA. 1981. Ca and Mg determination in soil saturation extracts. Estación experimental de aula Dei Zaragoza 15 (3-4): 274-280.
- ABALLAY, E. & E. INSUNZA. 2002. Evaluación de plantas con propiedades nematocidas en el control de *Xiphinema index* en uva de mesa cv. Thompson Seedless en la zona central de Chile. Agricultura técnica 62: 357-365.
- ABRAHAM, E.M. & F.R. MARTÍNEZ. 2000. Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina argentina. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/catalogo/cdandes/start.htm>. Acceso: Octubre de 2013.
- ADAMS, J. 1966. Influence of mulches on runoff, erosion and soil moisture depletion. American Society of Soil Science. Proceeding 30: 110-114.
- AIBAR, J.; DELGADO, I.; J. GOMEZ APARISI & C. ZARAGOSA. 1990. Preliminary results from the planting of ground cover crops in a peach orchard. (pp. 189-197). In Actas de reunión de la sociedad española de malherbología annual report 1980, agricultural research branch, philippine coconut authority. Pp. 75-90.
- ALLEN, G.R.; L.S. PEREIRA; D. RAES & M. SMITH. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Manual de la FAO, Ed. Viale delle Terme di Caracalla Roma, Italia Pp. 323.
- ALLMARAS R.R.; H.H. SCHOMBERG; C.L. DOUGLAS & T.H. DAO. 2000. Soil organic carbon sequestration potencial of adopting conservation tillage in U.S. Coplands. J. Soil Water Conservation 55: 365-373.
- ALTIERI, M., & C. I. NICHOLLS. 2000. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. PNUMA. Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México, pp. 235.
- ALTIERI, M. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19-31.
- AMADO ALVAREZ, J.P. & P. ORTIZ FRANCO. 1998. Response of Irrigated Corn to Humidity in the Soil, Nitrogen, Plant Populations in Cuauhtemoc, Chihuahua. Red de Revistas Científicas de América Latiñña, el Caribe, España y Portugal 16(3): 239-245.
- ARMADO, T.J.; L.A.J. TEIXEIRA. 1991. Cover crop effects on nitrogen supply and onion yield. Onion Newsletter for the Tropics 3: 13-15.
- ARUANI, M.C. & E.E. SÁNCHEZ. 2002. Manzano: Distribución de micronutrientes en suelo. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo 34(1): 25-30.
- ARUANI, M.C.; E. SÁNCHEZ & P. REEB. 2006. Cambios en las propiedades de un suelo franco bajo producción orgánica de manzano utilizando coberturas vegetales. Ciencia del Suelo 24(2): 131-137.
- BADSHAH, N. 2000. Studies on the effect of intercropping leguminous and non-leguminous crops in peach cv. (6-a) orchard on the vegetative growth, quality and yield of fruit. Sarhad Journal of Agriculture 16(3): 279-284.

- BAIGORRIA, T. & C. CAZORLA. 2010. Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura. EEA INTA Marcos Juárez. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/documentos/Suelos/cultcobh2010.pdf> Acceso: Enero de 2012.
- BARBER, R.G. & F. NAVARRO. 1994. Evaluation of the characteristics of 14 cover crops used in a soil trial. *Land Degradation and Rehabilitation* 5:201-214.
- BARCELÓ COLL, J.; G. NICOLÁS RODRIGO; B. SABATER GARCÍA & R. SÁNCHEZ TAMEZ. 2000. *Fisiología Vegetal*. Ediciones Pirámide, S.A. Madrid. 566 pp.
- BASSI, D. & R. MONET. 2008. Botany and taxonomy. (pp.1-36). En: Layne, D.R. & D. Bassi (Eds). *Peach. Botany, production and uses*. Wallingford, UK: CAB International.
- BAUGHER, A. 2003. Anatomy and Taxonomy (pp 3-8) En: Baugher, A & S.Singha(Eds). *Concise encyclopedia of temperate Tree Fruit*. Food Products Press, New York.
- BELMONTE SERRATO, F.; A. ROMERO DÍAZ; F. LÓPEZ BERMÚDEZ & E. HERNÁNDEZ LAGUNA. 1999. Óptimo de cobertura vegetal en relación a las pérdidas de suelo por erosión hídrica y las pérdidas de lluvia por interceptación. *Papeles de Geografía*, 30:5-15.
- BERTRAND, A. & H. KOHNKE. 1959. *Soil conservation*. New York McGraw Hill Company. Pp. 298.
- BONO A. & R. ALVAREZ. 2006. Descomposición y liberación de nitrógeno de residuos de cosecha en la región semiárida pampeana. *Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Salta. Argentina. Pp 523.
- BORGES DE CARVALHO, J.E; C.L. LEONE AZEVEDO & J.OLIVEIRA REZENDE. 2006. Manejo del suelo y coberturas vegetales en frutales – Experiencia en cítricos y papaya en Brasil. *J. Embrapa y Universidade Federal Do Rocôncavo da Bahía, Brasil*. Pp. 22. Disponible http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/import/Citricos_Papaya_Brasil.pdf Acceso: Diciembre de 2012.
- BORST, H.L. & R. WOODBURN. 1942. The Effect of Mulching and Methods of Cultivation on Runoff and Erosion from Mushkingum Silt Loam. *Agr. Angin*, 23(1): 19 - 22.
- BOURGOING, R. 1990. Choice of cover crop and planting method for hybrid coconut growing on smallholdings. *Oleagineux* 45 (1): 23-30.
- BRADOW, J.M. & W.J. CONNICK. 1988. Inhibition of cotton seedling root growth by rhizosphere volatiles (pp 90-91). In: BROWN, J.M. (ed). *Proceedings, Beltwide Cotton Products Research Conference*. Memphis, Tennessee: National Cotton Council.
- BRADY, N.C AND R.R WEIL. 2008. *The Nature and Properties of Soil*. 14th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 975 pp.
- BRAVO, C., Z. LOZANO, R. M HERNÁNDEZ, L PIÑANGO & B MORENO. 2004. Efecto de diferentes especies de coberturas sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. *Bioagro*, 16(3): 163-172.
- BRECHELT, A. 2004. Manejo Ecológico del suelo. Publicación especial de la Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América Latina. *Fundación Agricultura y Medio Ambiente*. República Dominicana pp. 4–6.

- CAMBARDELLA, C.A. & E.T. ELLIOTT. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal* 56: 777–783.
- CAMPBELL, C.A.; V.O. BIEDERBECK; B.G. MCCONKEY; D. CURTIN & R.P. ZENTNER. 1999. Soil quality – Effect of tillage and fallow frequency. Soil organic matter quality as influenced by tillage and fallow frequency in a silt loam in southwestern Saskatchewan. *Soil Biology. Biochem.* 31: 1-7.
- CAMPILLO, R.; S. URQUIAGA; I. PINO & A. MONTENEGRO. 2003. Estimación de la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas forrajeras mediante la metodología del 15N. *Agricultura Técnica* 63: 169-179.
- CASTILLO, M., P PEDERNERA, & E PENA. 2003. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, 19(4):44-53.
- CATEDRA DE METEOROLOGÍA AGRÍCOLA. 2013. Bioclimatología. http://campus.fca.uncu.edu.ar:8010/pluginfile.php/20219/mod_resource/content/0/BIO%20oct-2013.pdf. Acceso: Marzo de 2013.
- CHALMERS, D.; P. Mitchell & P. Jerie. 1985. The relation between irrigation growth and productivity of peach trees. *Acta Hortic.* 173: 283-288.
- CHAN, F. & C.HUTAUROK. 1982. Establishment of legume ground covers in oil-palm plantations. *Pedomon Teknis, Pusat Penelitian Marihat*, 18: 1- 5.
- CHILDERS, N.F.; J.R. MORRIS & G.S. SIBBETT. 1995. Modern fruit science orchard and small fruits cultivars. *Horticulture Publication*, Gainesville, Florida, Estados Unidos, pp. 22.
- CIAT/NRI. 1997. Informe de actividades del proyecto. “Investigación adaptativa en Ichilo-Sara”. *Gestión agrícola 1996/97 CIAT*, Santa cruz, Bolivia.
- CINTRA, F. L. D. & A. L. BORGES. 1988. Use of a legume and a mulch in banana production systems. *Fruits*. 43 (4): 211-217.
- COOMBE, B.G. & DRY, P.R. 1992. *Viticulture. Volume 2 Practices*. Ed. Winetitles. Adelaide pp 211.
- DANSO, S.; F. PALMASON & G. HARDARSON. 1993. Is nitrogen transferred between field crops? Examining the question through a sweet-blue lupin (*Lupinus angustifolius* L.)-oats (*Avena sativa*) intercrop. *Soil Biology. Biochem.* 25:1135–1137.
- DE NEWTON, L.C.; T.P. VALDINEI; R.T. CLAUDIO; A.M. JOÃO & C.O. JOSÉ RIBAMAR. 2007. Desempenho agrônômico de genótipos de *Brachiaria brizantha* em diferentes idades de corte em Porto Velho, Rondônia, Brasil. *REDVET* 8(8): 1-5 Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080807.html>. Acceso: Febrero de 2013.
- DEL MONTE, R.F.; A. AMBROGETTI; C. CATANIA; S. AVAGNINA & J. PEREZ PEÑA. 2000. Manejo de suelo mediante coberturas vegetales en el viñedo regadío (Cv. Malbec) resultados preliminares ciclo 1999. Centro de estudios enológicos de la Estación Experimental Agropecuaria Mendoza del instituto nacional de tecnología agropecuaria, 6 y 7 de abril del 2000.
- DEL MONTE, R.F.; C.A. MATHEY & M. QUIROGA DE ORIOLANI. 1994. Eficiencia comparativa entre sistemas de labranza y coberturas de flora natural en viticultura de regadía. *Horticultura Argentina* 13: 34-35.

- DERPSCH, R.; N. SIDIRAS & F.X. HEINZMANN.1985. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. Pesquisa agropecuaria brasileira 20: 761-773.
- DI RIENZO J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M. & ROBLEDO, C.W. InfoStat versión. 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- DOMÍNGUEZ GENTO, A.; R. BALLESTER; M.D. RAIGÓN; M.D. GARCIA; R. VERCHER; E. MOSCARDÓ & A. CALABUIG. 2010. Efecto de cubiertas vegetales permanentes en la fertilidad del cultivo de cítricos ecológicos. Edita SEAE. Actas IX Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE, Lleida. Catalunya. 160 pp.
- DORAN, J.W. & T.B. PARKIN. 1994. Defining and assessing soil quality. (pp. 3-21). In: DORAN, J.W.; D.C. COLEMAN; D.F. BEZDICEK & B.A. STEWART. Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Science Society of America Special Publication N°. 35, Madison, Wisconsin, Estados Unidos.
- DUVAL, M.; J. GALANTINI, J. IGLESIAS; S. CANELO; & J. MARTINEZ. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. Soil & Tillage Research 131: 11–19.
- ERWIYONO, R. & S. SOEKODARMODJO. 1989. Physical properties of latosols under Calopogonium caeruleum which affects the development of rubber plants. Menara Perkebunan. 57(3): 79-82.
- FAO. 1994 .Tropical Soybean: improvement and production. FAO Plant Production and Protection Series N°. 27.
- FAO. 1997. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos pp. 234. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>. Acceso: Noviembre de 2012.
- FERREYRA R.E.; G.V. SELLES & S.G. LEMUS. 1997. Effect of the water stress, during the phase II of peach fruit growth on yield and tree water supply. Instituto de investigaciones agropecuarias pp. 9.
- FIDALSKI, J. 2007. Qualidade física do solo sob sistemas de manejo nas entrelinhas de citros. Tesis de doctorado. Universidade Estadual de Maringá. pp 95.
- FIDEGHELLI, C. 1987. El Melocotonero. Madrid. Mundi-Prensa. 243 pp.
- FISZMAN, S. 2005. Análisis sensorial aplicado a la evaluación de las frutas y hortalizas cortadas (pp 523-538). En: GONZALEZ AGUILAR, G.A., A.A. GARDEA & F. CUAMEA NAVARRO (Eds.). Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados. México.
- FLORES LAZO, J.V. 2011. Tesis: Determinación de los índices de madurez para la comercialización de durazno (*Prunus persicae*) variedad conservero amarillo en dos tipos de ambientes para mercados de las zonas central del país. Universidad técnica de Ambato. Facultad de ingeniería agronómica. Ambato, Ecuador. pp. 95. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2342/Tesis28agr.pdf?sequence=1> Acceso: Diciembre de 2013.
- FLORES, M. 1993. Informe Breve Sobre El Impacto de Los Cultivos de Cobertura en la Agricultura de Pequeños Productores Hondureños. INFORME TÉCNICO N° 4, 2^{da} Edición pp. 4 Disponible <http://www.cidicco.hn/archivospdf/Inftecnico4.pdf>. Acceso :Diciembre 2013.

- FOLORUNSO, O.A.; D.E ROLSTON; T. PRICHARD & D.T. LOUIE. 1992. Cover crops lower soil surface strength, may improve soil permeability. *California Agriculture* 46(6): 26-27.
- FRITZSCHE, R. & A. NYFELER. 1974. The influence of soil cultivation on the development and activity of apple tree roots. *Schweiz. Landw. Forsch.* 13: 341-351.
- FRYE, W.W. & R.L. BLEVINS, 1989. Economically sustainable crop production with legume cover crops and conservation tillage. *J. Soil Water Conserv.* 44: 57-60.
- GALANTINI, J. 1992. Rotación y Fertilización en Sistemas de Producción de la Región Semiárida Bonaerense. *Rev. Fac. Agronomía. UBA.* 13(1): 67-75.
- GALANTINI, J.A.; J.O. IGLESIAS; A.M MIGLIERINA; R.A. ROSELL & A. GLAVE. 1992. Rotación y fertilización en sistemas de producción de la región semiárida bonaerense. I. Productividad (calidad y rendimiento) del trigo. *Facultad de Agronomía* 67-75.
- GALANTINI, J.A.; R. ROSELL & J.O. Iglesias. 1994. Determinación de materia orgánica empleando el método de Walkley y Blak en fracciones granulométricas del suelo. *Ciencia del suelo* 12: 81-83.
- GALANTINI, J.A. 1994. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias: Modelos de simulación de la dinámica de la materia orgánica en suelos de la región semiárida bonaerense. Universidad Nacional del sur, Bahía Blanca. Pp. 72.
- GALANTINI J.A. 2002 Dinámica y calidad de las fracciones orgánicas de un Haplustol durante la rotación trigo-leguminosas. *Ciencia del Suelo* 20: 17-26.
- GALANTINI, J.A. 2005a. Separación y análisis de las fracciones orgánicas (pp. 95–106). En: MARBAN, L. & S. RATTO (Eds.). 'Información y tecnología en los laboratorios de suelos para el desarrollo agropecuario sostenible'. Capítulo IV parte 2, pp. 95–106.
- GALANTINI J.A. 2005b. Cantidad y calidad de las fracciones orgánicas: Importancia del balance de carbono. XIII Congreso de la AAPRESID, 9-12 agosto, Rosario (SF), 219-224.
- GALANTINI, J.A. & R. ROSELL. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil & Tillage Research* 87: 72–79.
- GALANTINI, J.A. 2008. Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de Argentina. 1a ed.- Bahía Blanca: Universidad Nacional del sur-Ediuns. 309 pp.
- GARIGLIO, N.; M. MENDOW; M. WEBER; M. A. FAVARO; D. E. GONZALES-ROSIA & R. A. PILATTI. 2009. Phenology and reproductive traits of peaches and nectarines in central-east Argentina. *Sci. Agric. (Piracicaba Braz)*, 66(9): 757-763.
- GARRITY, D.P. & J.C. FLINN. 1988 Yield Stability and Modern Rice Technology. *IRRI Research Paper Series* 122: 1-18.
- GAVIOLA, S. L.NIJENSOHN, L. Y F.OLMOS.1987. Nitrógeno potencialmente mineralizable de cinco tipos de suelos regadíos de Mendoza. *Ciencia del Suelo* 5 (2):142-149.
- GILLEY, J. E.; S. C. FINKNER & G. E. VARVEL. 1986. "Runoff and Erosion as Affected by Sorghum and Soybean Residue". *Biological Systems Engineering.* 29 (6): 1605-1610.

- GIRONA, J. 2003. Peach tree response to single and combined regulated deficit irrigation regimes under shallow solis. *Journal. American. Society. Horticultural. Science.* 128(3): 432-440.
- GOMEZ CASTRO. A.A. 2009. Determinación de la curva de retención de agua de suelos granulares usando redes neuronales artificiales. Tesis de grado. Universidad industrial de Santander. Facultad de ingeniería físico mecánicas pp 110. Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1984/2/130027.pdf> Acceso: Junio de 2011.
- GOMEZ , E. 2011. Efecto de cuatro manejos del suelo sobre la densidad de raíces absorbentes en durazno (*Prunus pérsica* (L.) Batsch) a 10 cm de profundidad. *Cultura Científica.* Disponible en: <http://www.revistasidc.com/main/index.php/ccient/article/view/78> Acceso: Febrero de 2014.
- GONZALEZ, J.; J.R. FERNÁNDEZ; O.J. SANTANATOGLIA & C. DEL PARDO. 2012. Desarrollo radical en plantas de duraznero sometidas a diferentes manejos del suelo. *Revista RIA, Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 38(3): 276-281.
- GRATACÓS E. 2004. El cultivo del duraznero *Prunus persica* (L.) Batsch, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía, Apuntes para la Cátedra de Fruticultura de Hoja Caduca.
- GREZ, R.; A. SADZAWKA; M. MORA; M. CARRASCO; N. SAAVEDRA & H. FLORES, 2001. Normalización de técnicas y acreditación de laboratorios para el análisis de suelos y de tejidos vegetales en Chile. *Memorias del XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo* 1: 11-16.
- HERNÁNDEZ S., Y.; E. ALFARO; D. MEDEROS MEDROS & E. RIVAS FIGUEREDO. 2009. Las coberturas vivas en sistemas de cultivos agrícolas. *Temas de Ciencia y Tecnología.* 13 (38): 7-16.
- HOYT, G.D. 1987. Legumes as a green manure in conservation tillage *In* POWERS J.F. (ed.) *The role of legumes in conservation tillage systems.* Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa, USA. 96-98.
- HUDSON, R.R.; A. ALESKA; H.T. MASOTTA & A. MURO, 1990. Atlas de suelos de la República Argentina. Provincia de Mendoza. Escala 1: 1.000.000. Es. AR. INTA-CIRN/PNUD; Buenos Aires. Tomo II, 71-106; cuadros, mapas.
- HUDSON R. R., H.T. MASOTTA. 1993. Capacidad de fertilidad de los suelos de la provincia de Mendoza (Argentina). *Multequina*, 2: 163-172.
- INTA, 2012. Cultivos de cobertura: Un aporte para tierras con agricultura continua Disponible: <http://intainforma.inta.gov.ar/?p=13561#sthash.PScsrC6V.dpuf> Acceso: Febrero de 2013
- INTRIAGO ROBLES, C. E. 2004. Tesis: Evaluación de diez sistemas de cultivos de ciclo corto en el control de la erosión de la productividad y eficiencia en el uso de terrenos de laderas del bosque tropical seco en Manabí. Universidad técnica de Manabí. Facultad de ingeniería agrícola Ecuador. Pp 100. Disponible en: <http://books.google.com.ar/books?id=wWkgAgAAQBAJ&pg=PA30&lpg=PA30&dq=Los+cultivos+de+cobertura+pueden+sustituir+a+algunos+insumos+externos+tales+como+herbicidas+y+fertilizantes&source=bl&ots=2ZL47vNHbF&sig=O8y4->

[JNKalmv_ZuDrGqINJISmGE&hl=es&sa=X&ei=p_rGUsSCDcm6kQevx4CQCg&ved=0CD4Q6AEwAg#v=onepage&q&f=false](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179915376005). Acceso:Febrero de 2013.

- JARAMILLO VILLEGAS, S.; G.A. PÉREZ AVENDAÑO & L.M. HOYOS CARVAJAL. 2008. Variación morfológica de quistosoros de *Spongospora subterranea* (Wallr.) Revista Facultad de agronomía de Medellín 61(2): 4511-4517. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179915376005> Acceso: Diciembre de 2011
- JAYASINGHE, C.K. 1991. The role of leguminous cover crops in soil improvement with special reference to the nitrogen economy of tropical rubber soils. Belletin of the Rubber Research Institute of Sri Lanka. 28: 23-26.
- JOHN P.S.; R.K. PANDEY; R.J. BURESH & R. PRASAD. 1992. Nitrogen contribution of cowpea green manure and residue to upland rice. Plant and Soil 42(1): 53-61.
- JUAN, N. C. S. & R. G. ABAD.1980. Weed managemente in coconut. In anual report 1980 agricultural research brabch, Philippines coconut authority. Pp 157-159.
- KARLEN, D.L.; N.C. WOLLENHAUPT; D. C. ERBACH; E. C. BERRY; J. B. SWAN; N.S. EASH & J. L. JORDAHL. 1994. Crop residue effects on soil quality following 10 years of no-till corn. Soil Tillage Res. 31: 149-167.
- KITAMURA, M.C. & C.H.B. MIRANDA. 1989. Evaluation of soil cover with leguminous crops in rubber in the State of Mato Gross do Sul. Pesquisa em Andamto-EMPAER, 35: 1-7.
- KLUTE, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2^{da} ed., Agronomy, Soil Sci.Soc. Amer., Madison, WI, pp. 635-662.
- KOTHANDARAMAN, R.; J.MATTHEW; A.K. KRISHNAKUMA; K. JOSEP & M.R. SETHURAJ, 1989. Comparative efficiency of *Mucuna bracteata* D.C. and *Peuraria phaseoloides* Benth. on soil nutrient enrichment, microbial population and growth of Hevea. Indian Journal of Animal Sciences 55(12): 1109-1112.
- LAL, R.; D. DE VLEESCHAUWER; & R. MALAFA NGANJE. 1980. Changes in properties of a newly cleared tropical Alfisol as affected by mulching. Soil Science Society Am J. 44: 827-833.
- LAMPURLANES J; P ANGÁS & C CANTERO-MARTÍNEZ. 2002. Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra region Spain. Soil Till. Res. 65: 207-220.
- LATHWELL, D.J. 1990. Legume green manures: Principles for management based on recent research. Soil Managemen collaborative support program, Raleigh, NC, EUA. Tropsoils Bulletin 90 (1): 1-30.
- LI, S.; J. Huguet; P. Schoch & P. Orlando. 1989. Response of peach tree growth and cropping to soil water deficit at varius phenological stages of fruit development. Journal Horticultural Science. 64: 541-552.
- LOONEY, N.E. & D. JACKSON. 1999. Stonefruit. (pp. 171-188). En: Jackson, D.I. & N.E. Looney (Eds.). Temperate and subtropical fruit production. 2a ed. CABI Publishing, Wallingford, UK.

- LUMBANTOBING, T & S. ENDANG. 1984. The use of pre-emergence herbicides for legume cover crop establishment in oil palm plantations. Buletin, Pusat Penelitian Marihat, 4(3): 52-68.
- MARINI, R.P. 2003. Peach fruit weight, yield, and crop value are affected by the number of fruiting shoots per tree. HortScience 38(4): 512-514.
- MARTELLOTTO, E.; P. SALAS; E. LOVERA; A. SALINAS; J.P. GIUBERGIA & S. LINGUA. 2004. INTA Proyectos Regionales: Agricultura Sustentable y Gestión Agroambiental. INTA Manfredi, Córdoba pp. 9.
- MARTÍNEZ, I.G.; C. PRAT; C. OVALLE; A. DEL POZO; N. STOLPE & E. ZAGAL. 2012. Subsoiling improves conservation tillage in cereal production of severely degraded Alfisols under Mediterranean climate. Rev. ScienceDirec 189: 10-17.
- MATTHEW, M.; K.T PUNNOOSE; S.N. POTTY & E.S. GEORGE. 1989. A study of the response in yield and growth of rubber grown in association with legume and natural ground cover during the immature phase. Journal of Plantation Crops. (Proceedings of the Seventh Symposium on Plantation Crops, Coonoor, India. 16-19 October 1986.) 16 (supplement) 433-441.
- MCVAY, K.A.; D.E. RADCLIFFE & W.L. HARGROVE. 1989. Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirement. Soil Science Society of America Journal, 53(6): 1856-186.
- MEDRANO GIL, H.; J. BOTA SALORT; J. CIFRE LLOMPART; J. FLEXAS SANS; M. RIBAS CARBÓ & J. GULÍAS LEÓN, 2007. Eficiencia en el uso del agua por las plantas. Investigaciones geográficas 43: 63-84. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/10196> Acceso: Diciembre de 2012.
- MEYER. L. D.; W. H. WISCHMEIER & G. R. FOSTER. 1970 Mulch rates required for erosion control on steep slopes. Soil Sci. Soc Am. Proc. 34:928-931.
- MONTAÑA, E. & D. FERNANDEZ. 2010. Evaluación de los aspectos ambientales y territoriales. Déficit de la información. Ministerio de economía y finanzas públicas secretaría de política económica unidad de pre inversión programa multisectorial de preinversión iii - préstamo bid 1896 oc-ar. Pp 93.
- MOYANO, M.I. & P. FLORES. 2004. La práctica de raleo en duraznos. Revista agromensajes 1-2(4): 1-2. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/12/10AM12.htm>. Acceso Febrero de 2013.
- MUSGRAVE, G. & M. NICHOLS. 1942. Organic matter in relation to land use. American Society of Soil Science. Proceeding 7: 22-28.
- NAZRRALA, J. J. B. 2002. Influencia de las coberturas vegetales en el microclima de la canopia de la vid y en las características de la uva y el vino. pp 50. Disponible en: http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/1115/jnazrala-canopiadelauid.pdf Acceso: Enero de 2013.
- ONIM, J.F.M; M. MATHUVA;K. OTIENO, & FITZHUGH, H.A. 1990. Soil fertility changes and response of maize and beans to green manures of leucaena, sesbania and pigeonpea. Agroforestry Systems 12: 197-215.
- ORTIZ DE ZARATE, V.G.; D.R.GÜEMES; A.M. PIAGENTINI; N.F. GARIGLIO & M.E. PIROVANI. 2007. Comparación de la calidad de duraznos de diferentes variedades

cultivadas en la región centro-este de la provincia de Santa Fe. Revista FAVE - Ciencias Agrarias 5 / 6 (1-2). Pp 27-33.

OVALLE, C. 2007. Cubiertas vegetales en viñedos: Comportamiento de mezclas de leguminosas forrajeras anuales y efectos sobre la fertilidad del suelo. Agricultura técnica (chile) 67(4): 384-392.

PARDO RÍOS G.X. 2011. Diseño de módulo tipo de riego por goteo para cultivos hortícolas en San Vicente de Loja, Cantón Santa Elena. Tesis de grado: Universidad Estatal península de Santa Elena. Libertad, Ecuador pp. 127. Disponible en: <http://repositorio.upse.edu.ec:8080/bitstream/123456789/883/1/PARDO%20RIOS%20GEORGI-2011.pdf> Acceso: Noviembre de 2012.

PEÑA ZUBIATE, C. A.; D. MALDONADO PINEDO. 1990. Provincia de La Pampa. Tomo II: 1-37. En: INTA (ed.). INTA Atlas de suelos de la República Argentina. Buenos Aires, Argentina.

POUND, 1999. Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América Latina. FAO ANIMAL PRODUCTION AND HEALTH PAPER, 143-170. Disponible en: <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/AGA/AGAP/frg/AGROFOR1/pound7.pdf>. Febrero de 2013

PUCHADES, J. 2001. Empleo de cubiertas vegetales en cítricos. Valencia, España. Disponible en: <Http://www.docum.com/huerta/cubiertasencitricos.htm>. Acceso: Diciembre de 2013.

PULIDO, J. F. LAVADO Y S. SCHNABEL. 2011. Estimación de la cobertura del suelo para. Estudios de degradación, Influencia de la escala espacial y la técnica de muestreo. Nimbus (27-28): 169-181

QUIROGA A.; D. FUNARO & R. FERNÁNDEZ. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la Región Pampeana. Ciencia del Suelo 23: 79-86.

RASMUSSEN, P. & H. COLLINS. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. Advance in Agronomy 44: 93-134.

REMORINI, D.; & R MASSAI. 2003. Comparison of water status indicators for young peach trees. Irrigation Science. 22(1): 39-46.

RENARD, J.L. & H. FRANQUEVILLE. 1991. Effectiveness of crop techniques in the intergrated control of oil palm vascular wilt. Oleagineux 46(7): 255-265.

RICHARDS, L.A. 1947. Pressure membrane apparatus construction and use. Agricultural Engineering 28: 451-454.

RODRÍGUEZ, N.; RUZ, E.; VALENZUELA, A. & C BELMAR. 2000. Efecto del sistema de laboreo en las pérdidas de suelo por erosión en la rotación trigo-avena y praderas en la precordillera andina de la región centro sur. Agricultura Técnica, 60(3), 259-269.

RUFATO L. 2006. Plantas de cobertura de solo em pomar de pessegueiro (*Prunus persica* L. Batsch) conduzido no sistema de produção integrada. Ciencia. Rural. 36(3): 814-821. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000300014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt

- RUFATO, L.; A. A. KRETZSCHMAR; L. PICOLOTTO & J. C.FACHINELLO, 2007 Coberturas Vegetais No Desenvolvimento Vegetativo de Plantas De Pessegueiro. Jaboticabal 29 (1):107-109.
- RUFFO, M.L. & A.T. PARSONS. 2004. Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. Informaciones agronómicas del cono sur 21: 1-8.
- RUÍZ, R. SCH. 1995. El duraznero en Chile. Primera edición Nutrición. 12 (pp.151-173). In: Lemus, S.G. (Ed.). INIA, La Platina, Santiago de Chile.
- RUIZ, T., & G. FEBLES, 2004. La desertificación y la sequía en el mundo. Avances en Investigación Agropecuaria, 8(2). Disponible: <http://www.ucol.mx/revaia/anteriores/anteriores/2004/VOL.2/La%20desertificaci%F3n%20y%20la%20sequ%EDa%20en%20el%20mundo.pdf> Acceso: Marzo de 2014
- SADZAWKA, A.; H. FLORES; M.A. CARRASCO; R. GREZ; M.L. MORA; A. NEAMAN & R. DEMANET. 2007. Métodos de análisis de lodos y de suelos. Comisión de Normalización y Acreditación, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. 105 pp.
- SAINJU, U.M. & B.P. SINGH, 1997. Winter cover crops for sustainable agricultural systems: Influence on soil properties, water quality, and crop yields. HortScience 32: 21-28.
- SALTON, J.C.; L.C HERNANI. & V. DE O COLEHO. 1989 Systems of production and soil cover in direct sown crops. Documentos-UEPAE Dourados 39: 117-222.
- SANCHEZ, E. 2008. Utilidad de los análisis foliares en hoja caduca. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/Utilidad%20de%20los%20Analisis%20Foliares%20en%20Frutales%20de%20Hoja%20Caduca.asp>. Acceso: Febrero de 2014.
- SELLES, G. & R.FERREIRA ESPADA. 2008. Sistema de monitoreo en la planta. Redes estaciones meteorológicas y estaciones productivas.11:265-286.Disponible en: ww2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR34397.pdf Acceso Marzo de 2014
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1990. Estado del tiempo y pronóstico para Mendoza.
- SETA, S. & M.I. MOYANO. 2007. Duraznos para consumo en fresco en el sur de Santa Fe. ¿Cómo definir su momento óptimo de cosecha? Revista agromensajes de la Facultad 23 (12): 1-2. Disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/23/6AM23.htm> Acceso: Febrero de 2013.
- SHACKEL, K.A.; H. AHMADI; W. BIASI; R. BUCHNER; D. GOLDHAMER & S. GURUSINGHE. 1997. Plant water status as an index of irrigation need in deciduous fruit trees. Hort Technology 7: 23-29.
- SHAXSON, F. & R. BARBER, 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal pp. 105.
- SILVA, A.; J. PONCE DE LEÓN; F. GARCÍA & A. DURÁN, 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. Boletín de Investigación N° 10. Facultad de Agronomía. Universidad de la República pp 20.
- SILVA, P.; E. ACEVEDO & H. SILVA, 2000. Manual de Estudios y Ejercicios Relacionados con el Agua en el Suelo, la Planta y la Atmósfera. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 56 pp.

- SINGER, M.; Y. MATZUDA & J. BLACKARD. 1981. Effect of mulch rate on soil-loss by raindrop splash. Soil Sci. Soc. Amer. J. 45: 107-110.
- SINULINGGA, W.; H.S.S. TJITROSOMO; S. PAWIROSOEMARDJO & F. RUMAWAS. 1989. Effect of several cover crops on the intensity and viability of *Rigidoporus lignosus* on rubber trees. Buletin Perkaretan 7(1): 6-12.
- SMYTH, T.J.; M.S. CRAVO, & R.J. MELGAR. 1991. Nitrogen supplied to corn by legumes in a central Amazon oxisol. Tropical Agriculture 68(4): 366-372.
- SOZZI, G.O. 2008. Fisiología del crecimiento de los frutos (pp.307-330). En: Sozzi, G.O. (Ed). Árboles frutales: Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Orientación gráfica. Argentina.
- STUDDERT G.A.; H.E. ECHEVERRIA & E.M. CASANOVAS. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudoll. Soil Science Society American Journal 62: 1466-1472.
- TAMARO, D. 1984. Tratado de Fruticultura. Barcelona. Gustavo Gili. 939 pp. TÉCNICA DE AMBATO. FACULTAD DE INGENIERÍA AGRONÓMICA. AMBATO – ECUADOR. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2342/Tesis-28agr.pdf?sequence=1>. Acceso: Diciembre de 2013.
- ULIARTE, E. M. 2004. Tesis Magister: MANEJO DE SUELO MEDIANTE COBERTURAS VEGETALES ESTABLECIDAS: SU INFLUENCIA EN EL MICROCLIMA DE VIÑEDOS BAJO RIEGO (CV. MALBEC). Universidad Nacional de Cuyo – Facultad de Ciencias Agrarias 76 pp.
- VALENZUELA SAUER, H.A. 2011. Caracterización del potencial hídrico xilemático a mediodía en diez especies frutales. Tesis: UNIVERSIDAD DE CHILE. FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS pp 37. Disponible en: <http://www.tesis.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112336/Memoria%20Heiny%20Valenzuela%20Sauer.pdf?sequence=1>. Acceso: Febrero de 2013
- VAN DEN BOSCH, M. E. 2008. Estudios económicos de los sistemas productivos y recursos naturales. Zonas Agroeconómicas Homogéneas - San Juan y Mendoza. Ed. INTA Mendoza pp. 252. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/zonas-agroeconomicas-homogeneas-san-juan-y-mendoza>. Acceso: Febrero de 2013
- VAN GENUCHTEN, M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Science Society of America Journal 44(5): 892-898.
- VANZOLINI, J.I.; J.GALANTINI; R. AGAMENNONI & O. REINOSO, 2009. Momento de control de cultivos de cobertura de *Vicia villosa* Roth. y su efecto sobre la producción de biomasa. Jornadas Nacionales Sistemas Productivos Sustentables, Comisión Química de Suelos. AACS. Bahía Blanca, Bs.As. pp 279.
- VILLAREAL, M. 2006. Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. TERRA Latinoamericana 24(4): 549-556.
- WANDER, M.M. & S.J TRAINA. 1996. Organic fractions from organically and conventionally managed soils: I. Carbon and nitrogen distribution. Soil Science Society America J. 60: 1081-1087.
- WEIBEL, A.; R.S. JOHNSON & T.M. DEJONG. 2003. Comparative vegetative growth responses of two peach cultivars grown on size-controlling versus standard rootstocks. Journal. American Society Horticultural Science. 128: 463-471.

- WEINDORF, D.C. & R. WITTIE. 2003. Determining particle density in dairy manure compost. The Texas Journal of agriculture and natural resource 16: 60-63. Disponible en: http://www.tarleton.edu/Departments/txjanr/Volumes/Vol%2016%20-%202003/V16_03Art08.pdf. Acceso: Enero de 2013.
- WOCAT (World Overview of Conservation Approaches and Technologies). 2009. Beneficios de la gestión sostenible de la tierra. Wachs, T. & M. Thibault (Ed.) Centre for Development and Environment, University of Berne. pp 16. Disponible: http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/CSD_Cover_Benefits_SLM%20spanisch.pdf. Acceso: Marzo de 2014.