



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO NEGRO.
SEDE ATLANTICA.



Carrera de Posgrado



Especialización En Frutos Secos

*"Aportes para una utilización más eficiente del agua de riego en cultivo de nogales (*Juglans regia* L.) en el Valle Inferior de Río Negro a partir de evaluaciones de riego y utilización de pozos freaticométricos."*

Autor: *Lic.* Quichán Sergio Eduardo.

Director: *Ing. Agr (M.Sc)* Lui Eduardo Norberto.

Codirector: *Ing. Agr. (Dr.)* Martínez Roberto Simón.

Viedma, Río Negro 27 de Octubre del 2017



PREFACIOS

Este trabajo se presenta como parte de los requisitos para optar al grado académico de Especialista en Frutos secos, de las Universidades de Comahue (CURZA) y Río Negro. La misma contiene resultados obtenidos en una investigación llevada a cabo en el ámbito del Valle Inferior del Río Negro y las determinaciones edafológicas realizadas en el laboratorio LACAR de la Universidad Nacional del Comahue (CURZA). El trabajo fue desarrollado bajo la dirección del Ing. Agr. (M.Sc) Eduardo LUI, profesor titular del Área Recursos Naturales, Orientación Suelos e Hidrología del CURZA y la Co-dirección del Ing. Agr. (Dr.) Simon MARTINEZ, técnico de la Estación Experimental Agropecuaria Valle Inferior del Río Negro convenio INTA-Provincia de Río Negro y profesor asociado de la cátedra de riego de la Universidad de Río Negro Sede Atlántica.

Firma del Alumno

UNIVERSIDADES NACIONAL DEL COMAHUE* Y RIO NEGRO*

*SEDE ATLANTICA



Secretaria Posgrado



El presente trabajo ha sido aprobada el/...../....., mereciendo la calificación de (.....)



EL JURADO COMPUESTO POR:

.....

Ing. Agro: (Mgter)
Iannamico Luis

.....

In Agro: (Mgter)
Del Barrio Ricardo

.....

Ing. Agro (Mgter)
Martínez Roberto



AGRADECIMIENTOS

A mis directores Lui Eduardo y Martinez Simón por los consejos, tiempo y compromiso dedicado en este trabajo.

A Fernando Blanco, Carlos Merg, Francisco Margiotta, Enrique Muzi, Evelyn Neffen, Cristian Musi, Rodolfo Bouhier, Darío Martín, Silvia Gallo, Hernán Zelmer y Gastón Fuentes por los aportes realizados en forma desinteresada.

A la profesora Perez Sonia del centro de comunicación EEVA-Convenio provincia de Río Negro en la búsqueda bibliográfica.

A mis compañeros de la carrera de especialización en frutos secos.

A mis compañeros del laboratorio de EEVI-Convenio provincia de Río Negro e Universidad de Río Negro.



RESUMEN

El valle inferior del río Negro, tiene un superficie implantada con nogales de aproximadamente 550 ha. Los suelos de este valle son de características fluvioaluvionales, con gran variabilidad pedogenéticas e intrusiones marinas en diferentes oportunidades. En su gran mayoría, franco arcillosos a arcillosos. En muchos casos es dable observar que la napa freática se encuentra a una profundidad que resulta perjudicial para los cultivos, provocando asfixia radicular y en algunos casos más extremos la muerte del árbol. El objetivo de este trabajo es determinar cómo incide la variabilidad de la napa sobre el drenaje de los suelos y el impacto de esta problemática sobre la productividad de cultivo de nogal. Se trabajó en el cuadro 1 de la parcela A-133 camino 15 de la Subzona E de la 2da Etapa de Desarrollo del IDEVI, que tiene instalados 18 pozos freáticos, colocados en una cuadrícula de 81x56 m, se realizó una evaluación de riego, se midieron los pozos en forma periódica, se realizaron curvas de isohipsas para establecer el sentido del flujo y de isobatas para definir la peligrosidad del drenaje, se realizó una programación de riego y posteriormente un seguimiento del potencial agua en el suelo (ψ_a) mediante sensor de matriz granular o watermark a dos profundidades 0-30 y 30-60 cm por cada evento importante de riego o precipitación y se determinó el crecimiento vegetativo (diámetro del tronco y la longitud de los brotes).

Se observó que la Eficiencia de Aplicación (EAP) y la Eficiencia de Uso Interno (EUI) son bajas para la evaluación de riego, lo que afectaría la dinámica de la napa freática que se encuentra por debajo de 1,5 m por el sistema de drenaje, las curvas de isohipsas demostraron que hay una gran influencia de movimientos del agua hacia los desagües colectores más profundos, las curvas de isobatas permitieron observar que no hay peligro por aumento de la napa, ya que las mismas se encuentran por debajo de 1,5 m. No se encontró diferencias significativas en el diámetro del tronco entre los tratamientos, si se observa un crecimiento significativo del brote anual con la mayor frecuencia de riego.

La utilización de sensores de humedad como el watermark, permitieron realizar un seguimiento correcto de la humedad del suelo, evitando regar en exceso.



Índice	Página
1-Introducción	
1.1-El problema	1
1.2-Antecedentes y estado del arte	4
1.3-Objetivo general	4
1.4-Objetivos específicos	4
1.5-Justificación	5
1.6-Marco teórico	5
2-Requerimiento Agroecológico del Cultivo	
2.1-Suelo	6
2.2-Clima	6
2.3-Clima del valle inferior	7
2.4-Requerimiento hídrico del nogal	9
2.5-Sistema riego	10
2.6-Riego en el valle de Viedma	11
3-Materiales y Métodos	
3.1-Ubicación del experimento	13
3.2-Diseño experimental	14
3.3-Suelo y topografía	14
3.4-Caraterización físico químico del sitio en estudio	15
3.5-Estación meteorológica	15
3.6-Tipo de riego	16
3.7-Evaluación de riego	17
3.8-Ubicación de los pozos freaticos	18
3.9-Medición de los pozos freaticos	19
3.10-Sensor de matriz granular Watermark	20
3.11-Programación de riego y control de la humedad	21



3.12-Crecimiento Vegetativo anual	22
3.13-Análisis e interpretación de resultados	24
4-Resultados y Discusiones	
4.1-Evaluación de riego	25
4.2- Medición del potencial agua en el suelo	29
4.3-Curva de isohipsas e isobatas	33
4.4-Crecimiento Vegetativo	36
4.4.1-Diametro del tronco	36
4.4.2-Crecimiento anual de los brotes	38
5-Conclusiones	40
6-Bibliografía	42



1) INTRODUCCIÓN

1.1) EL PROBLEMA

En la actualidad existen casi 2.000 hectáreas de cultivo de frutos secos en la región Norpatagónica del Río Negro y Neuquén (Iannamico, 2014), sumando las diferentes especies: 1.150 de nogales, 600 de avellanos y 200 de almendros.

Los frutos secos se posicionan con ventaja, fundamentalmente por tres motivos: demanda y precios en el mercado nacional e internacional, menor requerimiento de mano de obra e insumos para su producción y fácil y prolongada conservación en poscosecha (Iannamico, 2014).

Argentina produce alrededor de 10.000 toneladas de nueces con cáscara anuales, las cuales se componen, aproximadamente, en un 60% de variedades californianas y el resto de variedades tradicionales, especialmente criollas (Argumedo, 2010).

Las principales zonas productoras de nogales en nuestro país se sitúan en las provincias de Catamarca (47%), La Rioja (24%), Mendoza (14%), San Juan (8%) y Río Negro (7%). (Argumedo, 2014).

Actualmente la provincia de Río Negro tiene una superficie implantada de algo más de 1000 ha convirtiéndose, en el valle de río Negro, en la actividad frutícola de mayor crecimiento de la última década, con una superficie de 550 ha de monte de nogal en producción (Bouhier, 2006; Iannamico, 2009).

El nogal es un árbol de hojas caducas. Es una planta leñosa de gran desarrollo, que puede alcanzar los 30 metros de altura e incluso más, aunque generalmente no sobrepasa los 20 metros, su copa es ancha, de un color verde lustroso, que da al árbol un aspecto majestuoso (Muncharaz Pou, 2001).

Las variedades más cultivadas en la actualidad son Hartley, Serr, Payne, Franquette, Vina y Ashley. Sin embargo, en nuevas plantaciones, la variedad más utilizada es la Chandler, seguida de Hartley, Vina y Franquette (Muncharaz Pou, 2001).

Las variedades de origen californiano, principalmente 'Chandler' que es la



más utilizada en plantaciones modernas por ser más precoz en su entrada en producción comercial y con altas expresiones de rendimientos, pero de brotación y floración más temprana que las variedades francesas y criollas tradicionalmente utilizadas con anterioridad en nuestra región (Bouhier, 2006; Iannamico, 2009; del Barrio y Martín, 2011).

Las variedades más utilizadas para la producción de nogal en el Valle Inferior del Río Negro (VIRN) son: Franquette, principalmente usadas en plantaciones más viejas y Chandler en plantaciones modernas.

El nogal es un árbol que necesita riego para manifestar su potencial crecimiento productivo, requiere unos 1100 mm para satisfacer sus necesidades hídricas y así obtener una producción rentable y regular. Independientemente de la pluviometría del lugar donde se encuentre la plantación lo importante es el momento en que ella ocurra y su distribución a lo largo del período vegetativo (Bouhier, 2017).

El VIRN cuenta con una distribución parcelaria organizada en explotaciones de superficies variables, entre 20 y 120 ha.

El clima es del tipo semiárido, caracterizado por bajas temperaturas en invierno y altas temperaturas en verano. La precipitación media anual es de alrededor de 400 mm.

Dado que la precipitación no cubre los requerimientos hídricos necesario para las etapas fenológicas del cultivo es necesario realizar riego integral. Cuando se realiza dicha práctica hay una gran posibilidad de que una parte de ella escurra, otra se pierda por percolación y otra quede retenida en los microporos del suelo disponible para las plantas.

El manejo del agua es vital, no solo para que la planta pueda aprovechar en forma óptima la absorción de la misma en las diferentes etapas fenológicas del ciclo anual, sino también para facilitar la absorción de minerales. También para minimizar los riesgos de aparición de desórdenes fisiogénicos o enfermedades vinculadas al exceso de humedad (Iannamico, 2004).

El exceso de agua producido en forma natural o provocado por un riego



excesivo, supone una privación de oxígeno que puede perjudicar y provocar daños irreversibles en el sistema radicular y el desarrollo de ciertas enfermedades de las raíces y del cuello, tal como phytophthora (Mouncharaz Pou, 2001).

En plantaciones de nogales, es necesario manejar bien los conceptos de necesidades hídricas y su vinculación directa con el tipo de suelo en la que se encuentra la misma y las condiciones climáticas reinantes. En plantaciones que tienen el mismo tipo de suelos pesados o arcillosos y profundos deberán tener menor frecuencia de riego que aquellos que están en suelo arenosos o de menor profundidad. Del mismo modo, la frecuencia de riego deberá incrementarse con climas ventosos y/o calurosos y disminuirse ante periodos húmedos, fríos y sin viento (Iannamico, 2004).

En el VIRN han comenzado a aparecer inconvenientes en las plantaciones por la incidencia de la altura de la napa freática, que estaría generando retrasos en el crecimiento y desarrollo de las plantas, con gran diversidad de reacciones en lotes semejantes que implican en ciertos casos la clorosis y caída de hojas con disminución de la superficie foliar fotosintizadora, retrasando la entrada en producción y la productividad del monte y en otros produciendo, lisa y llanamente, la muerte de plantas (Lui *et al.*, 2015).

Los suelos del VIRN son característicos de las formaciones fluvioaluvionales, con gran variabilidad pedogenética e intrusiones marinas en diferentes oportunidades (FAO-PNUD, 1969). En su gran mayoría son pesados, texturalmente franco arcillosos a arcillosos, aunque en algunas zonas se observan suelos franco arenosos a arenosos pero en escasa proporción.

Es dable observar la presencia de napas altas que podrían ocasionar problemas de drenaje en función de los suelos predominantes, con las posibles consecuencias para el cultivo. Asimismo algunos suelos pueden ser salinos e incluso alcalinos, los que se descartan para el cultivo de los frutos secos (Germain *et al.*, 1969).



La forma de abordar el problema del riego y napas en el VIRN, es mediante el seguimiento de 18 pozos freaticos, que se encuentran distribuidas en una superficie de 4,5 ha implantadas con nogales, los mismos fueron colocados en una cuadrícula de 81 x 56 m (Lui *et al.*, 2015).

1.2) ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

En el VIRN hay trabajo recientemente realizado sobre monitoreo de datos freaticos en cultivos de nogales, (Lui *et al.*, 2015. Martínez *et al.*, 2008 y Lui *et al.*, 2005).

1.3) OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal es determinar la variabilidad de la napa sobre el drenaje de los suelos, realizar curvas de isohipsas para establecer el sentido del flujo y de isobatas para definir la peligrosidad del drenaje y comparar tres (3) frecuencias de riego sobre la cantidad de agua percolada que pueden causar la elevación de la napa en un cultivo de nogales (*Juglans regia L.*).

1.4) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar el sitio de estudio.
- Realizar una evaluación de riego.
- Medir la altura de la napa al inicio y finalización del ciclo anual de riego y luego de cada evento importante de lluvia y de cada riego.
- Medir el potencial agua, las lluvias acumuladas en el periodo del ciclo del cultivo y las aplicaciones de riego de las diferentes frecuencias.
- Medir el crecimiento anual de los brotes y el diámetro del tronco de cuatro (4) plantas de nogales por cuatro (4).



1.5) JUSTIFICACIÓN

En los suelos de texturas finas la utilización de pozos freáticos permitirá conocer a qué altura se encontrará la napa y a la vez poder establecer la posibilidad de afección del cultivo tanto en productividad como en rentabilidad. Por lo que es necesario considerar que han comenzado a aparecer problemas en el monte de nogal relacionados con la altura de la napa freática que estarían generando retrasos en el crecimiento y desarrollo de las plantaciones, implicando en ciertos casos la clorosis y caída de las hojas, aparición de enfermedades, retrasos en entrada en producción y en la productividad del monte y, en otros casos más graves, la muerte de la planta.

1.6) MARCO TEÓRICO

El Valle Inferior del Río Negro (VIRN) se encuentra ubicado sobre la margen sur del río negro, en el noreste de la región patagónica, entre los 40° y 41° de latitud sur y los 63° y 64° de longitud oeste. Es una amplia zona de más de 80.000 ha que se extiende en una franja aproximadamente de 100 Km de largo por 8 Km de ancho, desde la Primera Angostura, cercana a la localidad de Guardia Mitre, hasta su desembocadura en el Océano Atlántico (Peri, 2004) (Figura 1).

Figura.1. Imagen aérea del IDEVI



Fuente: <http://www.actualidadrn.com.ar>



El VIRN forma parte del territorio semiárido de la Argentina, por lo que resulta necesaria la irrigación para el cultivo de sus tierras. La zona bajo riego se encuentra asentada sobre la superficie que en parte ocupaba la laguna del juncal, situada en forma paralela al río desde la localidad de San Javier hasta la desembocadura del río en el océano, abarcando según las crecidas y épocas hasta 40.000 ha (Peri, 2004).

La zona bajo riego se encuentra desarrollada a partir de sedimentos aluvionales, con distintos tipos de suelo y texturas. Dentro de la series de texturas se encuentran entre otros los tipos Crespo, Chacra y Pastor (FAO, 1969).

2) REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO

2.1) SUELO

El cultivo de nogal requiere de suelos profundos, bien drenados y de textura media. Cualquier limitación a la profundidad del suelo, bien sea por escasez del mismo (roca madre) o por horizontes de saturación formados en el perfil del suelo (costras calizas, capas de arcillas, nivel freático elevado, etc.) disminuyen el vigor y tamaño de los árboles frutales (Muncharaz Pou, 2001). El rango de pH óptimo es desde 5,4-8,4; el mínimo tolerable es de 4 y el máximo 9,5. En cuanto a la salinidad, el valor tolerable de conductividad eléctrica es de 1,8 dS/m y el valor crítico es de 4,8 dS/m (Villaseca, 2004).

2.2) CLIMA

El ciclo vegetativo del nogal dura entre 230 y 250 días, dependiendo de la variedad. La especie es medianamente sensible a las heladas y la etapa fenológica más sensible es la floración, en la cual una temperatura de -2°C ocasiona daño y muerte de las flores.

Al igual que otros frutales de crecimiento primaveral, tiene una temperatura mínima de crecimiento de 10 °C, una óptima de 21 a 28 °C, y una máxima de 38°C, sobre la cual ocurren pérdidas en producción.



La cantidad de horas de frío necesarias varía según la variedad, pero generalizando se puede decir que son indispensables entre 1300 y 1500 horas para una fructificación normal (Bouhier, 2006).

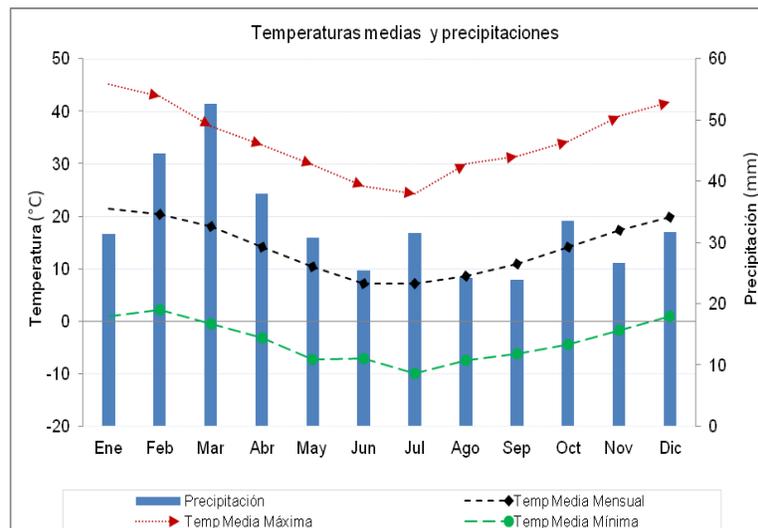
En la región del valle de Viedma, el valor promedio anual de 30 años de observación es de 1660 horas de frío (De Berasategui, 2002).

En general, las relaciones de clima y suelo en esta zona son favorables para la implantación de los montes de nogales y no presentan diferencias importantes con relación a las de las principales zonas productoras del país, Catamarca, La Rioja, San Juan y Mendoza, que afecten la calidad de nueces de buena calidad comercial (Lui., *et al* 2015).

2.3) CLIMA DE VALLE INFERIOR DE RIO NEGRO

En el siguiente Gráfico 1 Ciclograma de Viedma, se observa en el eje primario de la ordenada (izquierda) la temperatura en °C, en el eje secundario (derecha) la precipitación en mm y en la abscisa los meses del año.

Gráfico.1. Ciclograma de Viedma – EEAVI Convenio INTA/Prov. de Río Negro
Períodos de registro: Precipitación 1965/2008; Temperaturas 1965/1994.



Fuente: Estadísticas climáticas del Valle de Viedma (Martín, 2009)



El clima en esta región del país es del tipo templado semiárido con una temperatura media anual de 14°C. El verano se caracteriza por ser caluroso en horas de la tarde, aunque las noches son frescas. El promedio estival es de 22°C, con mínimas de 15°C y máximas 30 °C. El invierno, por su parte, se presenta con tiempo frío durante el día y noches muy frías. La temperatura promedio es de 7°C, con mínima absoluta registrada de -9°C y máximas de 12°C. El otoño y la primavera son estaciones de transición con temperaturas variables. En cuanto a los extremos, las temperaturas bajan a -6°C en invierno y trepan a 38°C en verano (Martín, 2009).

Según los registros de la estación agrometeorológica de la EEAVI en una serie de 44 años, el valle presenta el promedio de días libres de heladas meteorológicas de 199 días, con fecha media de la primera helada el 1 de mayo y fecha media de la última al 13 de octubre.

Según los registros en la misma serie de años en la EEAVI, la precipitación media anual es de 408 mm, con variaciones interanuales entre 196 mm (2008) y 697 mm (2000).

Los valores medios presentan una distribución casi homogénea a lo largo de todo el año, excepto en los meses de febrero, marzo y abril, donde los valores son más elevados. En promedio el mes más lluvioso es marzo con 52,8 mm y el menos septiembre alcanza un valor de 23,1 mm

Según Martín, 2009, en una serie de 29 años de datos, 1994/1965, de humedad relativa (%HR) para el valle de Viedma, la estación primavero-estival se caracteriza por tener un ambiente seco con un promedio de 60 % HR y con alta demanda hídrica, es frecuente la aparición de condiciones de alta humedad en las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde, cuando la temperatura son menores, creando condiciones favorables para la aparición de enfermedades fúngicas. Sin embargo los valores más altos se registran durante los meses de invierno con un promedio de 72 % HR, época en la cual sus efectos quedan reducidos debido a las bajas temperaturas. El promedio anual es de 66 % HR.



El viento es una de las características que definen al clima del Valle de Viedma (De Berasategui, 2002). Según los registros en la misma serie de años en la EEAVI, la velocidad media del viento medido en km/h a 4 m de altura, de octubre a febrero se registran los vientos de mayor intensidad, 13,3 km/h, de marzo a junio los de menor intensidad, 10,47 km/h y los intermedio durante los meses de agosto y septiembre, 12,15 km/h. Los vientos del sudoeste, los de mayor fuerza, son frecuentes, predominan en primavera y en menor medida en verano. Los vientos del noroeste son de baja velocidad pero los de máxima frecuencia durante todo el año. Estos se acentúan considerablemente en el semestre otoño-invierno, sosteniendo un carácter fresco y seco, mientras que el semestre primavera-verano asume las características de caliente y seco. Los vientos del este y sudeste, aunque son los menos frecuentes y los más moderados en velocidad, son los que aportan mayor carga de humedad durante el año debido a sus condiciones de viento de origen marino. En verano son frescos y húmedos, mientras que en invierno aportan aire húmedo y templado, la época de mayor frecuencia y velocidad es en verano, como así también la estación más húmeda (Martín, 2009).

2.4) REQUERIMIENTO HÍDRICO DEL NOGAL

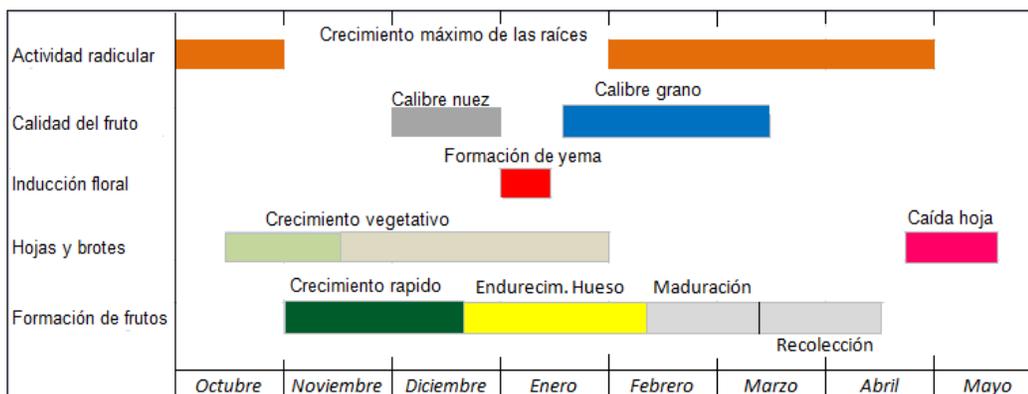
El cultivo de nogal expresa su potencial productivo si se satisfacen las necesidades hídricas. En cultivos comerciales, el nogal requiere entre 1000 y 1200 mm de agua durante su ciclo, por lo tanto, en lugares donde las precipitaciones son menores, es necesario suplementar con el riego (Bouhier, 2006).

El cultivo de nogal requiere de agua durante todo el periodo vegetativo, la falta de la misma en los periodos críticos conlleva a consecuencias indeseables.

En la Figura 2, adaptado para el hemisferio sur de Muncharaz Pou, 2001, se muestran los estadios fenológicos que la planta atraviesa durante el período vegetativo y que características se definen en cada uno de ellos.



Figura 2. Ciclo anual virtual del nogal. Periodos críticos.



Fuente: Adaptado para el hemisferio sur de Muncharaz Pou, 2001

Los periodos críticos para el nogal abarcan los meses de diciembre, enero y febrero para la región, en los que respectivamente se producirían ante la falta de agua, nueces de pequeño calibre, falta de floración femenina en la siguiente cosecha y frutos poco llenos y oscuros. Además de estos efectos directos en la falta de calidad y cantidad de la cosecha, el déficit hídrico favorece las quemaduras en el pericarpio del fruto y la caída prematura de las hojas. También pueden favorecer el desarrollo de algunas enfermedades con el chancro profundo (Goldhamer, 1998 citado por Mucharaz Pou, 2001).

2.5) SISTEMA DE RIEGO

En nuestro país la mayoría de las regiones productoras de nogal utilizan métodos de riego gravitacional, por melga o surcos, y otros lo hacen por goteo o microaspersión. El método utilizado dependerá de la disponibilidad del agua de riego, del tipo de suelo y del relieve.

El riego gravitacional por melga es utilizado donde el agua no es una limitante, con este sistema la eficiencia es baja. En cambio, si el agua es una limitante, el riego por surcos mejora su eficiencia, con menor cantidad de agua se satisfacen los requerimientos hídricos de la planta.

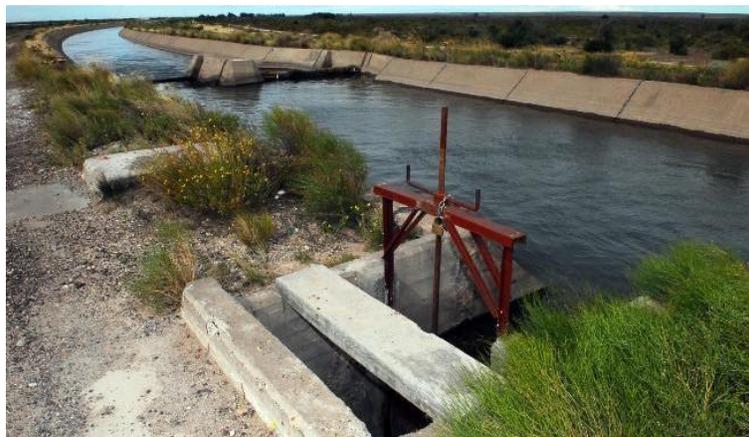


Los riegos localizados (microaspersión o goteo) se emplean en regiones o áreas donde el agua es un recurso caro, escaso o cuando resulta más económica la instalación de un equipo de riego que nivelar el terreno.

2.6) RIEGO EN EL VALLE DE VIEDMA

Este valle contempla un sistema de riego complejo, con una red de canales telescópicos dotados de estructuras hidráulicas que permiten un suministro de agua altamente eficiente en el uso de energía y que se combina con una red de canales de drenaje, que complementa a la anterior en la regulación de las napas freáticas y sales minerales presentes en el suelo (Figura 3).

Figura 3. Canal secundario del IDEVI.



Fuente: Elaboración propia

El agua para el riego ingresa a la red de canales por la bocatoma directa del río, mediante cinco (5) compuertas con una capacidad de $8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ cada una y una capacidad máxima de aducción es de $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

El agua circula por el Canal Matriz en lo primero 13 km y, luego de la primera derivación a un canal secundario, lo continua un canal principal en tierra en los siguientes 70 km y un tramo del mismo revestido en hormigón de 12 km. Del canal principal se desprenden 20 canales secundarios, los que, directamente o a través de sus canales terciarios, llevan el agua hasta las parcelas.

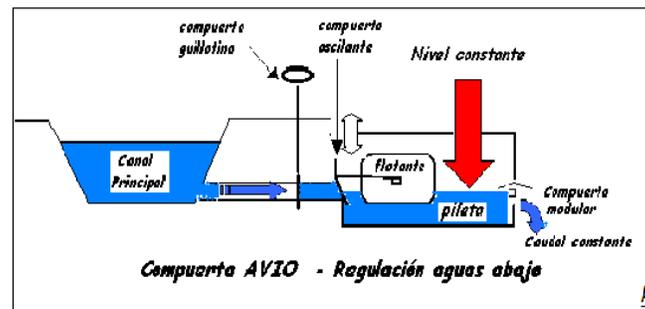


En la distribución y entrega del agua el sistema muestra una de sus grandes ventajas mediante la instalación de compuertas de regulación automáticas y de compuertas modulares.

La compuerta de regulación de nivel hacia aguas abajo (Figura.3 A) se utilizan en las tomas de canales. Las compuertas de regulación hacia aguas arriba (Figura.3 B) se localizan en los tramos medio de los canales para mantener el nivel de pelo de agua constante independientemente del caudal circulante. Las compuertas modulares (Figura.3 C) permiten suministrar un caudal prácticamente constante independientemente de las fluctuaciones del nivel aguas arriba, dentro de ciertos límites.

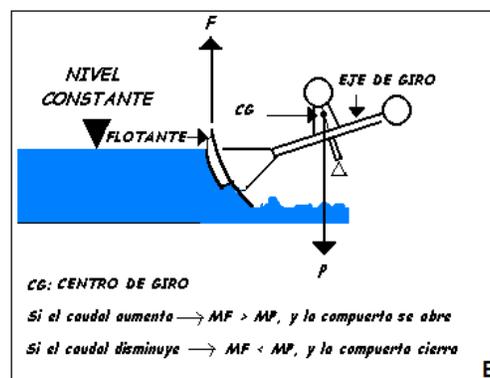
Por ello es posible entregar a cada predio los volúmenes necesarios para el riego, de acuerdo a los requerimientos hídricos de los cultivos para las distintas épocas del año y según las diferentes clases texturales de suelo.

Figura 3 A. Compuerta AVIO de regulación de nivel hacia aguas abajo.



Fuente: Ranieri, (2000) proyecto de riego y drenaje IDEVI.

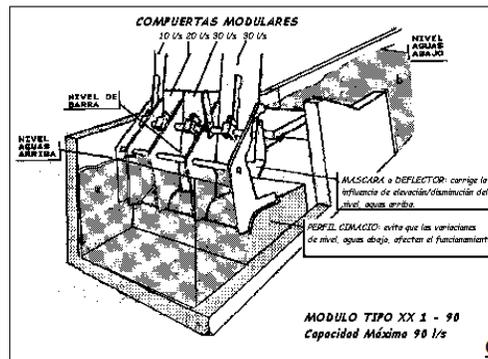
Figura 3 B. Compuerta AMIL, de regulación de nivel hacia aguas arriba.



Fuente: Ranieri, (2000) proyecto de riego y drenaje IDEVI.



Figura 3 C. Compuerta MODULARES



Fuentes: Ranieri, (2000) proyecto de riego y drenaje IDEVI.

En el valle de Viedma dada la disponibilidad de agua y la nivelación de las parcelas, el riego es gravitacional (Bouhier, 2006).

3) MATERIALES Y MÉTODOS

3.1) UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se inició en el mes de noviembre del 2015 en el cuadro 1 de la parcela A-133 de la segunda etapa del IDEVI (Figura.4), la parcela se encuentra ubicada a unos 6,5 Km del Centro Cívico El Juncal y a unos 10 Km del ingreso a la localidad de San Javier, en la progresiva 985,5, en la trayectoria E-O de la Ruta Nacional N°3, sobre el camino 15 del IDEVI, a 1200 m de la ruta.

Figura.4 Imagen *Google earth* de la parcela en estudio.



Fuente: Elaboración propia



3.2) DISEÑO EXPERIMENTAL

El cuadro 1 de la parcela A-133 está en su totalidad implantado con nogales, de la variedad Chandler (filas 1 a 32) como productiva, en un cuadro de plantación de 9 x 7 m, con polinizadoras de la variedad Cisco, sobre pié Hindsii, y de la variedad Franquette (filas 33 a 52) como productiva, en un cuadro de 7 x 7 m, con polinizadoras de la variedad IVARTO INTA (ex T-171) (Figuras 5.A y 5.B).

Figura 5 A y 5 B, Monte de nogal en la parcela a ensayar.



Fuente: Elaboración propia

3.3) SUELO Y TOPOGRAFÍA

La zona bajo riego del valle inferior del Río Negro, se encuentra desarrollada sobre sedimentos aluvionales depositados por procesos fluviales recientes, con presencia de estratificaciones cuyo origen se debe a dos ingresiones marinas donde, en general, dominan suelos de textura media a fina. El relieve es plano a muy suavemente ondulado con formaciones de cordones que superan en algunos casos dos metros de altura (Masotta, 1970).

Las pendientes tanto en sentido longitudinal como transversal al río son prácticamente nulas. Su elevación media sobre el nivel del mar oscila alrededor de los 4 m. Las cotas más altas del terrenos, entre 5 y 6 m, corresponden a lomadas que en forma de cordones se distribuyen por todo el perfil del valle (Reinoso, 2014).



3.4) CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICAS DEL SITIO EN ESTUDIO

Para esta caracterización se tomaron muestras de suelo en el mes de diciembre del 2013, entre la filas 45 y 46, del cuadro 1 de la Parcela A-133 del lote implantado con nogales.

De acuerdo al informe realizado por el laboratorio LACAR, Laboratorio de Análisis de Calidad Ambiental del CURZA-UNCo, se observa que los suelos tienen texturas variables entre las franco arcillosas (FA) y las francos arcillo-arenosas (FAa) pasando por las francas (F) e incluso las franco-arenosas (Fa), en las tres profundidades de muestreos (0-30, 30-60 y 60-90 cm).

Los análisis químicos indican un pH variable entre 7 y 8,5 mientras que la CE en pasta muestra valores entre 0,33 y 0,68 mS/cm, indicando que los suelos están entre neutros y levemente salino. En cuanto a la fertilidad se observa que la materia orgánica es baja, con valores medios de 2,5 % en los primeros 30 cm de profundidad y de 1,33 % en el segundo tramo de profundidad.

Del mismo modo, el nitrógeno disponible total llega a 0,11 % en el primer tramo y a 0,08 % en el segundo. Para el fósforo asimilable los valores son de 6,5 y 2,3 mg/kg respectivamente y el potasio disponible llega a 477 y 242 mg/kg para cada profundidad.

3.5) ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Se instaló en el sitio de estudio una estación meteorológica de marca *Professional Weather Station*, para obtener los datos correspondientes al lugar (Figura 6).



Figura 6, Estación metrológica. Professional Weather Station. Modelo N° WH1081



Fuente: Elaboración propia

3.6) TIPO DE RIEGO

El método de riego utilizado fue el gravitacional (Figura7) por melgas sin desagüe al pie, conduciendo el agua por canales intraparcclarios y descargando en la melga por medio de sifones de 3" de diámetro, lo que equivale a un caudal de riego (Q_r) entre 5 y 8 l/s por cada sifón.

Figura 7 A, Parcela en evaluación de riego. Figura 7 B, Sifones.



Fuente: Elaboración propia



3.7) EVALUACIÓN DE RIEGO

Previo al riego se realizó en la parcela estudiada la medición de ancho y largo de la misma para efectuar luego el estaqueo a una distancia del 10% de la longitud, en tres hileras distribuidas uniformemente.

Con un nivel óptico se midieron las alturas del terreno en cada uno de los puntos estaqueados y se calculó la pendiente longitudinal de la parcela.

Se determinó el porcentaje de humedad en el suelo aplicando el método gravimétrico, se tomaron muestras de suelo con barreno y pesafiltros adecuadamente tarados, previos al riego, en las profundidades 0-30, 30-60 cm y 60-90 cm.

Se midió la infiltración del agua en el suelo por el método de doble anillo, en tres sitios, cabecera, medio y pié del paño de riego. Con los valores medios de los datos de campo se determinó la infiltración acumulada (I_{cum}) y por derivación de esta se obtuvieron las infiltraciones instantánea (I) y básica (I_b).

Durante el ensayo se midió el caudal ingresado y derivado, el tiempo de avance del frente del agua y tiempo de receso de la lámina en cada uno de los puntos del terreno. Por diferencia entre estos se calculó el tiempo de oportunidad, utilizado para calcular con la fórmula de infiltración acumulada obtenida, la lámina acumulada en los distintos puntos del terreno.

La fase de avance es muy importante para las consideraciones de manejo de riego, ya que implica el escurrimiento del flujo de agua sobre la superficie del terreno. El avance del agua depende principalmente del tiempo de riego, caudal unitario, pendiente, velocidad de infiltración, rugosidad de la superficie de avance y de la geometría de la melga.

La información obtenida se utilizó para caracterizar el evento de riego estudiado, siguiendo la metodología del INCyTH-CRA para el programa ERFIN (Morábito *et al.*, 1990) para melgas sin desagüe al pié.

Se calcularon los siguientes parámetros: Eficiencia de conducción interna (ECI), Eficiencia de aplicación (EAP), Eficiencia de distribución (EDI), Eficiencia de Almacenaje (EAlm), Eficiencia de uso interno (EUI) y porcentaje



de percolación (Pp).

A continuación se presentan las ecuaciones (1 a 6) de cálculo para las eficiencias presentadas:

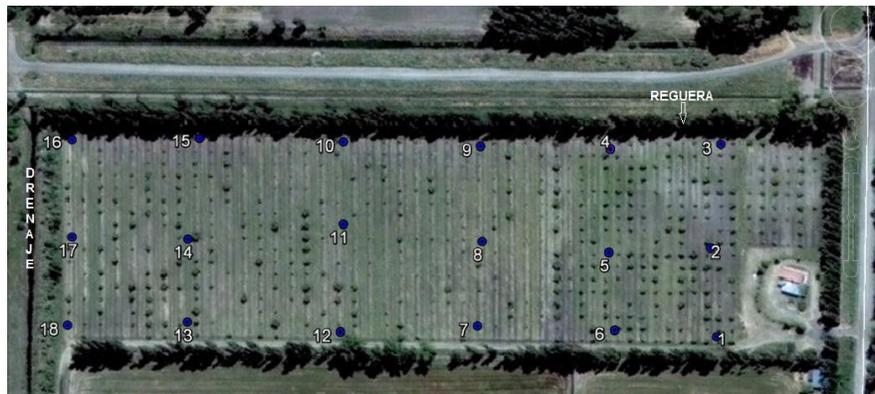
$$\begin{aligned} \text{ECI} &= \frac{\text{Caudal recibido en la parcela regada}}{\text{Caudal derivado de la bocatoma}} \times 100 & 1 \\ \text{EAP} &= \frac{\text{Volumen o lámina de riego objetivo}}{\text{Volumen o lámina de riego aplicada}} \times 100 & 2 \\ \text{EDI} &= \frac{\text{Lamina promedio en el 25 \% más perjudicado}}{\text{Lamina infiltrada promedio}} \times 100 & 3 \\ \text{EAlm} &= \frac{\text{Volumen o lámina almacenada}}{\text{Volumen o lámina objetivo}} \times 100 & 4 \\ \text{EUI} &= \frac{\text{Lámina almacenada en el perfil radicular}}{\text{Lámina derivada de la toma de la propiedad}} \times 100 & 5 \\ \text{Pp} &= \frac{\text{Volumen o lámina percolada}}{\text{Volumen o lámina de riego aplicada}} \times 100 & 6 \end{aligned}$$

3.8) UBICACIÓN DE LOS POZOS FREATIMÉTRICOS

Los freáticos están distribuidos en el cuadro 1 de la parcela A-133 en una cuadrícula de 81 x 56 m (Figura 8) con tres por línea y un total de 18 medidores, para tomar profundidad con respecto al suelo y cota para analizar el movimiento del agua en el suelo.



Figura.8. Distribución de los freáticos en la parcela a ensayar.



Fuente: Elaboración propia

3.9) MEDICIÓN DE LOS POZOS FREATIMÉTRICO

Los pozos freáticos son perforaciones de diámetro variable hechas para el control de la altura y la toma de muestras para el análisis de la primera napa de agua (freática). Estas perforaciones son imprescindibles para conocer las alturas y características de las aguas subterráneas. La medición de los pozos se realizó con una cinta métrica, por cada evento de riego o por cada evento importante de precipitación.

Figura.9 A Imagen freático. Fig.9 B Imagen freático indicando la altura de la napa.



Fuente: Elaboración propia



3.10) SENSOR DE MATRIZ GRANULAR WATERMARK

El sensor watermark es una opción para estimar indirectamente el contenido de agua del suelo, es de bajo costo y fácil de instalar y usar (Leib *et al.*, 2003). El movimiento de agua entre el suelo y el sensor es manifestado con variaciones de la resistencia eléctrica entre los electrodos incluidos en un cuerpo de material polimérico del dispositivo (Chard, 2005), donde dichas variaciones de resistencia eléctrica son convertidos a potencial mátrico del suelo.

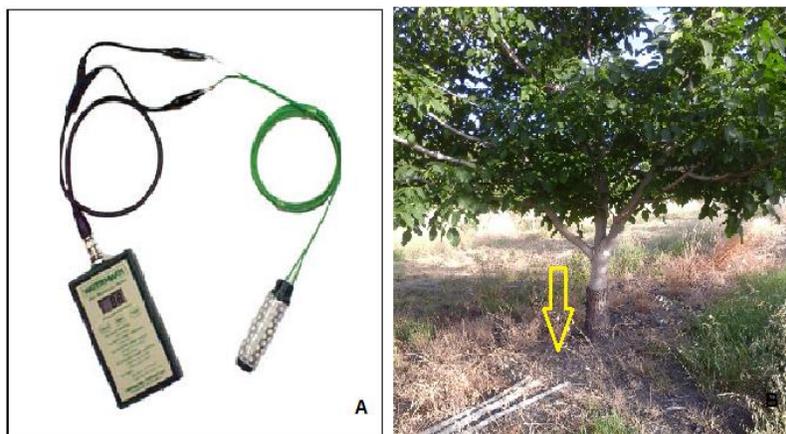
Las mediciones se basan en el paso de la corriente a través del material polimérico, el que conduce mayor o menor electricidad en función de la actividad del agua en equilibrio con la humedad del suelo. La resistencia eléctrica aumenta al incrementarse la succión del agua en el suelo, a medida que disminuye la humedad del suelo.

Los sensores watermark van instalados en el suelo a una profundidad requerida, captando la humedad que recibe la raíz de la planta. Los sensores fueron colocados a dos profundidades distintas 0-30 y 30-60 cm y a una distancia de 40 cm del árbol (Figura 10 A y Figura 10 B).

Para las instalaciones de los sensores en el campo se perforó el suelo con un barreno de 4 cm de diámetro y se introdujo el sensor rodeado de barro con el mismo suelo extraído en el lugar con la finalidad de lograr un íntimo contacto entre el suelo y las paredes del sensor. Previo a la instalación los sensores deben hidratarse en un recipiente con agua durante 24 horas para que mantengan el mismo nivel de humedad antes de ser introducidos en el suelo.



Figura.10 A. Medidor y sensor Watermark. Fig.10 B. Planta de nogal donde se instalo el sensor.



Fuente: Elaboración propia

Según Urzainqui (2010), citado por Villaseñor-Lopez *et al.*, 2015, de acuerdo a las texturas del suelo, las lecturas se corresponden con los siguientes estados de humedad.

Tabla .1. Interpretación de las lecturas del sensor watermark.

Lectura en Centibares	Estado de la humedad en el suelo
0-10	Suelo Saturado.
10-30	Suelo con suficiente humedad, excepto suelos de arena gruesa que empieza a secarse.
30-60	Margen para iniciar el riego excepto en suelos muy arcillosos.
60-80	Margen para iniciar el riego en suelos muy arcillosos.
Mayor a 80	El suelo se está secando rápidamente.

3.11) PROGRAMACIÓN DE RIEGO Y CONTROL DE LA HUMEDAD DEL SUELO.

El riego se programó de acuerdo a un matriz de frecuencia, en base a esto, se establecieron los tres tratamientos de riego según la oportunidad o frecuencia de riego. Luego de un riego general (RG), que se utilizó para homogenizar la humedad del lote, se establecieron las tres frecuencias, Alta Frecuencia (AF), Media Frecuencia (MF) y Baja Frecuencia (BF), AF se regó cada 10 días luego del RG, MF cada 20 días del RG y BF cada 30 días del RG.



Tabla 2. Programación del riego para el ciclo del cultivo.

Frec	Fecha									
	04/01/15	14/01/16	24/01/16	03/02/16	13/02/16	23/02/16	04/03/16	14/03/16	24/03/16	03/04/16
R 10										
R 20										
R 30										
Testigo										

Por cada evento importante de precipitación u organización de frecuencia de riego, se midió con el sensor watermark el potencial agua en el suelo. Una vez culminado el evento se esperaba 48 horas y se medía nuevamente el potencial agua en el suelo (Figura 11 A y Figura 11 B).

Figura.11 A Medición antes del riego. Figura.11 B Medición después del riego.



Fuente: Elaboración propia

3.12) CRECIMIENTO VEGETATIVO ANUAL

El crecimiento vegetativo se evaluó en base a, i) *Diámetro del tronco* y ii) *Longitud del brote al anual*.



i) Diámetro del Tronco

El diámetro del tronco se midió dos veces, antes del inicio de la actividad “Diciembre” y al finalizar el ciclo del cultivo “Abril”. A partir de la medida del perímetro del tronco de todos los arboles a una altura sobre el suelo de 60 cm *figura.12*. A partir de estos datos se obtuvo el área de sección transversal del tronco (ASTT).

$$\text{ASTT} = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

Mediante la fórmula matemática

$$D = \frac{P}{\pi}$$

En donde: D = diámetro, P = perímetro, $\pi = 3,14$

Figura12. A circunferencia del tronco, B altura.



Fuente: Elaboración propia

ii) Medición de los brotes anuales

La longitud de los brotes anuales se determinó en cada una de las plantas de nogal para cada uno de los tratamientos, se realizó un total de 10 medidas por cada planta a la mitad de la copa de árbol, 1,70 metros aproximadamente (Figura 13 A y Figura 13 B).



Figura.13 A Medición de los brotes.

Figura. 13 B La fecha indica el doble anillo que es el brote del último crecimiento.



Fuente: Elaboración propia

3.13) ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de longitud de brotes y diámetro del tronco obtenidos en el trabajo fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA). Para determinar diferencias entre medias se utilizó Fisher con un nivel de riesgo del 5% en el InfoStat versión libre.



4) RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1) EVALUACIÓN DE RIEGO

El 07/11/2015 se realizó una evaluación de la aplicación del agua. El estudio se efectuó en una melga de 7x115 m y la pendiente longitudinal del terreno se obtuvo con las cota medias del terreno medido $J_0 = 0,00049$ (Tabla 3).

Planilla N° 1: Nivelación de la melga - Cotas del terreno								
Posición	Distancia	Melga						Promedio
		Línea A		Línea B		Línea C		
1	0,0	1	4,05	12	4,08	23	4,06	4,06
2	11,5	2	4,00	13	4,07	24	4,00	4,02
3	23,0	3	4,00	14	4,03	25	4,02	4,02
4	34,5	4	4,01	15	4,01	26	4,02	4,01
5	46,0	5	3,95	16	3,99	27	3,99	3,98
6	57,5	6	4,02	17	4,02	28	3,99	4,01
7	69,0	7	3,99	18	4,01	29	4,01	4,00
8	80,5	8	4,02	19	4,05	30	4,02	4,03
9	92,0	9	3,99	20	4,00	31	3,98	3,99
10	103,5	10	3,98	21	4,03	32	3,99	4,00
11	115,0	11	4,00	22	4,01	33	4,01	4,01
Pendiente longitudinal								0,00049

La lámina de reposición (dal) fue de 33,8 mm y se obtuvo a partir de la Tabla 4, en la que se presentan los valores medios de textura, densidad aparente, capacidad de campo (W_c), punto de marchitez (W_m) y agua útil (W_u), para la serie de suelo 01.1 Pastor (FAO-IDEVI, 1969), junto con los datos de humedad previa al riego (W_a) medidas con lo que se obtiene la lámina a aplicar.

El caudal de riego aplicado (Q_r) fue de 40 l/s y el tiempo total de aplicación (tap) fue de 61 minutos.



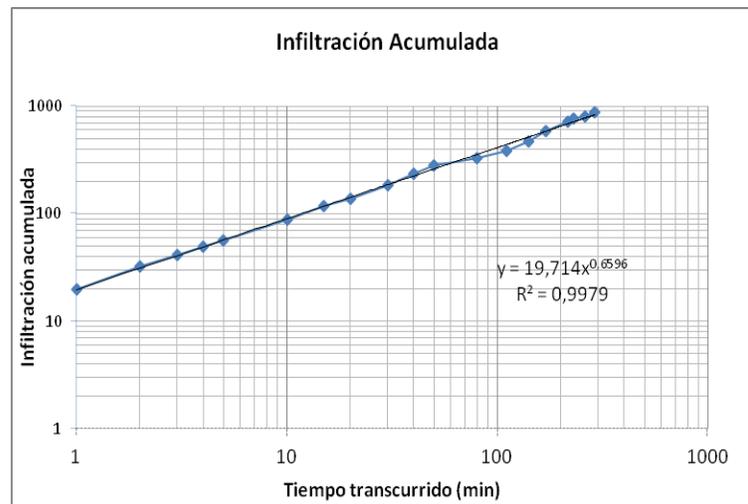
Tabla 4: Agua útil y Lámina a aplicar

Prof. (cm)	Textura	Densidad Aparente	Wc (%)	Wm (%)	Agua Útil Wu (mm)	Wa (%)	Lámina Aplicada (mm)	
0-30	FA-FL/A	1,1	35	22	42,9	30,4	15,1	
30-60	FAL-FL/Fa	1,2	34	21	46,8	28,8	18,7	
60-90	FL/Fa	1,1	26	13	42,9	34,0	0	
					Lámina total	132,6	Lámina total	33,8

Por otra parte, se midió la infiltración en la melga para obtener los datos característicos: Infiltración acumulada, infiltración instantánea e infiltración básica.

La infiltración acumulada total durante el ensayo fue de 885 mm (Gráfico 2), resultando en una fórmula de infiltración acumulada en milímetros de $I_{ac} = K * t^m = 19,714 * t^{0,6596}$.

Gráfico 2: Infiltración acumulada



La infiltración instantánea, expresada en $mm h^{-1}$, es la velocidad de ingreso del agua al suelo a lo largo del tiempo y es la derivada de la I_{ac} . La fórmula resultante es $I = k * t^{-n} = 780,2 * t^{-0,3404}$.



La velocidad de infiltración básica es el valor de la infiltración instantánea cuando la velocidad de cambio para un método estándar, como el utilizado de doble anillo, presenta una pendiente de 0,10. El valor de la infiltración básica en la melga estudiada es de $I_b = 105 \text{ mm h}^{-1}$.

Según la familia de curvas de infiltración en riego por superficie la infiltración básica obtenida corresponde a un valor de infiltración adecuada para el riego gravitacional. Walker, 2003, citado por Schilardi y Morábito 2010.

Para la evaluación propiamente dicha se midieron los tiempos de avance y de receso en la melga durante el riego, para el cálculo del tiempo de aplicación en cada uno de los puntos del terreno, a partir de los cuales se obtuvieron las láminas aplicadas en cada uno de ellos y con una lámina media de 182 mm. Los valores obtenidos se observan en la Tabla 5 y el Gráfico 3 del modelo ERFIN (Morábito *et. all.*, 1990).

En la Tabla 5 se aprecian también los valores de eficiencia obtenidos: conducción interna (ECI) 100%; aplicación (EAP) 19%; distribución interna (EDI) 83%; almacenaje (EAL) 100%, uso interno (EUI) 19% y una percolación de 81%.



Tabla 5: Tiempos de avance y receso, láminas aplicadas y eficiencias

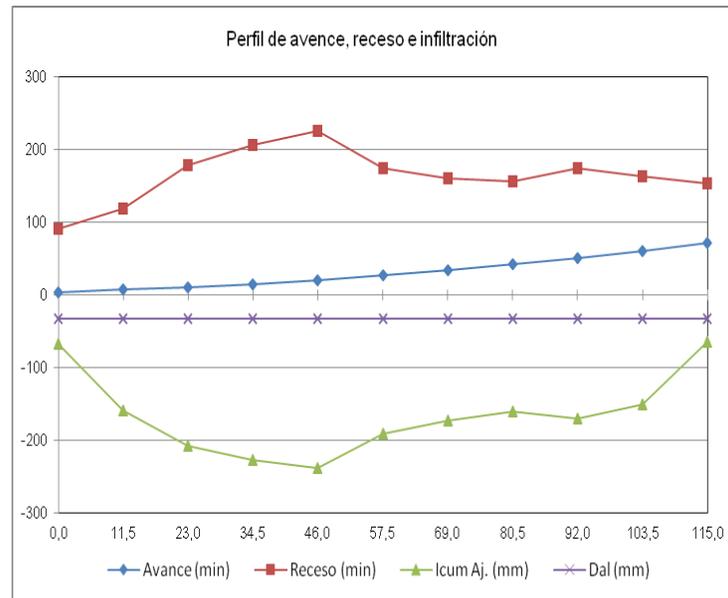
EVALUACION MELGAS SIN DESAGÜE					INCyTH - CRA				
lcum =	19,714	. t**	0,6596						
xa =	3,6702	. t**	0,2923						
xr =	146,35	+ t .	2,8061	0					
Qr =	40								
n melg =	1	Qu =	5,71						
w =	7								
tap =	61								
L =	115								
dn =	33,8	dbr	182						
Qd =	40	dinf	182	100					
Do =	0,9	de	0	0					
Dmed =	0,9								
		dinf	182						
n =	0	dal	34	19					
Area =	0,0063	dper	148	81					
P =	7								
lcumaj =	7,14	. t**	0,6596	Ri=	232,89				

Patrón de infiltración				
x	ta	tr	lcumaj	dal
0,0	3	91	137	33,8
11,5	7	115	157	33,8
23,0	10	178	210	33,8
34,5	14	205	228	33,8
46,0	19	225	240	33,8
57,5	26	174	193	33,8
69,0	33	160	174	33,8
80,5	41	155	162	33,8
92,0	50	174	172	33,8
103,5	60	163	152	33,8
115,0	70	152	131	33,8
			182	33,8

Fuente: Morábito *et al.* (2000) ERFIN "Modelo para el cálculo de eficiencias de riego y finca"



Gráfico 3: Tiempos de avance y receso y infiltración acumulada, media y lámina de reposición

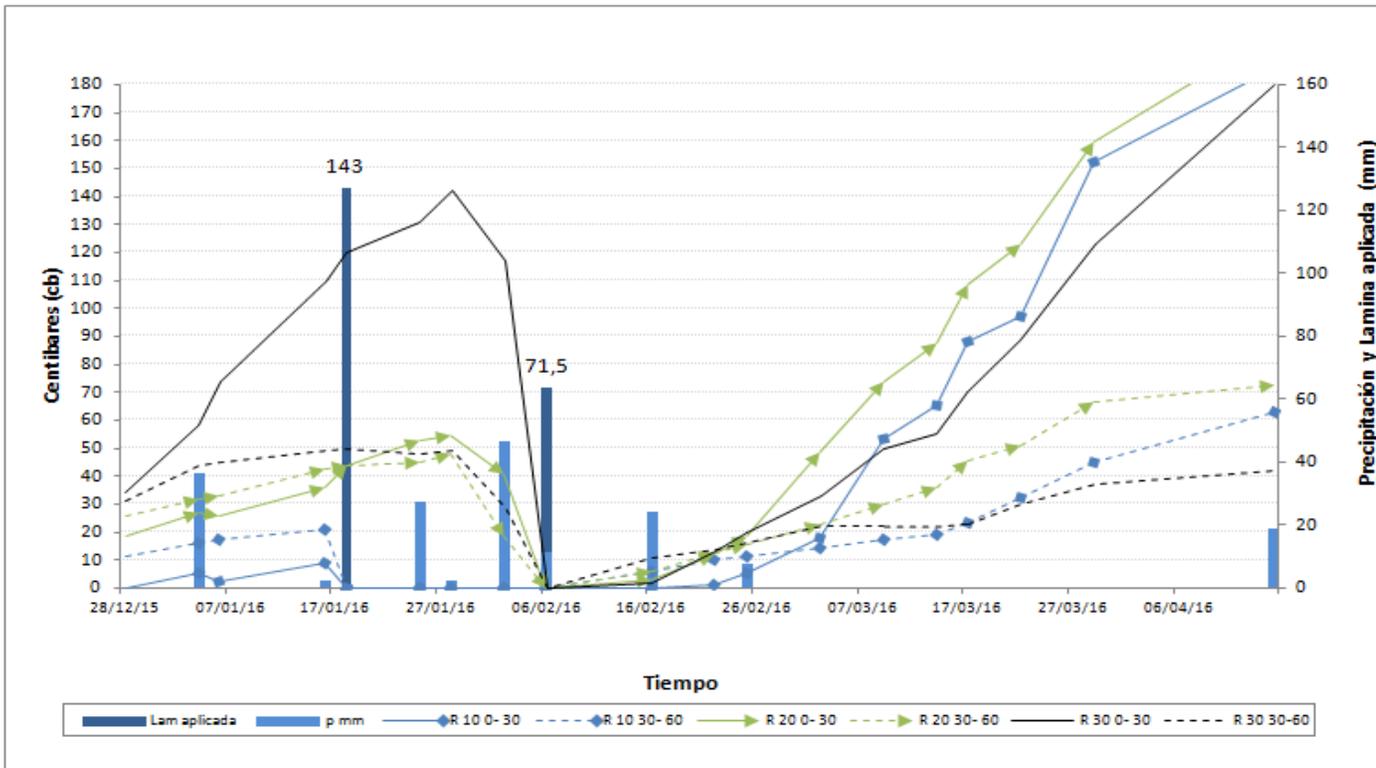


4.2) MEDICIÓN DE POTENCIAL AGUA EN SUELO (ψ_a)

En el (Gráfico 4) se observa en eje primario (izquierda) los valores del potencial agua en el suelo (ψ_a) en centibares (cb), para las dos profundidades 0-30 y 30-60 cm de los tres tratamientos. En el eje secundario (derecha) se observa la precipitación en milímetro (mm) corresponde a las barras con bordes punteados y la lamina de aplicación (mm) corresponden las barras enteras, medidas durante el periodo de ensayo, y en las abscisas el tiempo.



Gráfico 4: Potencial Agua en el suelo, Precipitación y Lamina aplicada



Donde (p mm), corresponden a las precipitaciones en milímetros, Lam aplicada (mm), lamina aplicada en milímetros, R10 riego cada 10 días 0-30 y 30-60 cm de profundidad, R20 riego cada 20 días 0-30 y 30-60 cm de profundidad, R30 riego cada 30 días 0-30 y 30-60 cm de profundidad



Teniendo en cuenta que la precipitación ocurrida durante el período de ensayo fue significativa se pospusieron las aplicaciones de riego. El riego general previsto para el 04/01/2016 no se efectuó debido a la precipitación. El R10 que se debía regar el 14/01/2016 no se regó, se atrasó y se regó el 18/01/2016 con una lámina de 145 mm. En este período el suelo estaba en capacidad de campo para las dos profundidades.

El R20, R10 y el testigo que debían regarse el 24/01/2016 se atrasaron y se regaron con la frecuencia R30 el 06/02/2016 con una lámina de 71,5 mm. En este período se puede observar que el R20 estaba en estado de saturación para las dos profundidades (0-60 cm) y el R30, la profundidad 0-30 cm mostraba un estado de sequedad de forma peligrosa (140 cb), mientras que la profundidad 30-60 cm estaba en capacidad de campo. Mientras que el R10 estaba en estado de saturación.

Los riegos siguientes no fueron realizados debido la influencia de la precipitación y a la disminución de temperatura que ocurrió desde mediados de febrero.

Cabe destacar que durante el período de ensayo la precipitación acumulada fue de 158,4 mm.

En la Tabla 6. Se aprecian los valores de evapotranspiración (ET_o), calculada mediante la ecuación de Penman-Monteih (Allen *et al.*, 1998), en mm/día, ET_o mensual en mm, precipitación en mm y el déficit hídrico en mm en el período noviembre 2015 a marzo del 2016 en el sitio de estudio.

Tabla 6. Evapotranspiración diaria y mensual, precipitación y déficit

Año	Mes	Eto mm/día	Eto Mensual	Precipitación mm	Déficit hídrico
2015	Noviembre	5	150	32,4	117,6
	Diciembre	5,9	182,9	46,08	136,82
2016	Enero	5,1	158,1	114,84	43,26
	Febrero	4,6	128,8	44,28	84,52
	Marzo	2,7	83,7	40,32	43,38
Totales		23,3	703,5	277,92	425,58

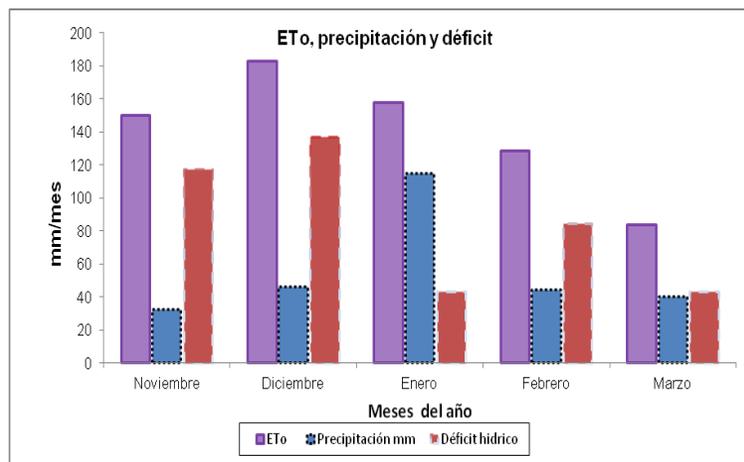


En diciembre se obtuvo el mayor valor diario de ETo con $5,9 \text{ mm.día}^{-1}$.

Durante el periodo noviembre-diciembre se registró una elevada tasa de ETo con una baja precipitación y alto déficit hídrico. En los meses de enero-febrero se aprecia un valor elevado de ETo, con valores altos de precipitación para enero y un menor déficit, mientras que en febrero la precipitación disminuye y aumenta el déficit. En marzo la ETo disminuye pero la precipitación es igual al mes anterior, por lo tanto el déficit disminuye.

En el Gráfico 5 se puede observar, en el eje de la ordenada corresponde mm/mes, válido para: Evapotranspiración (ETo), Precipitación y Déficit hídrico, y en la abscisa los meses del año. La barra con bordes enteros de color granate corresponde a la ETo, las barras de color azul con bordes punteados corresponde a la precipitación y las barras de color rojo con borde degradado corresponde al déficit hídrico.

Gráfico 5. Evapotranspiración diaria y mensual, precipitación y déficit hídrico



Se observa que en los meses de mayor temperatura en verano la ETo es mayor y por lo tanto hay una mayor evapotranspiración y a medida que nos acercamos al otoño la ETo comienza a disminuir. El mes de enero concentró mayor cantidad de lluvia comparado con los restantes meses, en este grafico se puede ver un déficit hídrico muy marcado en los meses donde la precipitación fue menor (noviembre-diciembre).



La programación de riego se puede efectuar por la estimación de la cantidad de agua utilizada por el cultivo y/o por el monitoreo de los niveles de humedad del suelo. La programación, considerando los requerimientos hídricos del cultivo, se basa en la evapotranspiración del cultivo (ETc), la lluvia efectiva acumulada en la zona radicular y el agua perdida por percolación y escurrimiento superficial (Lui *et al*; 2005).

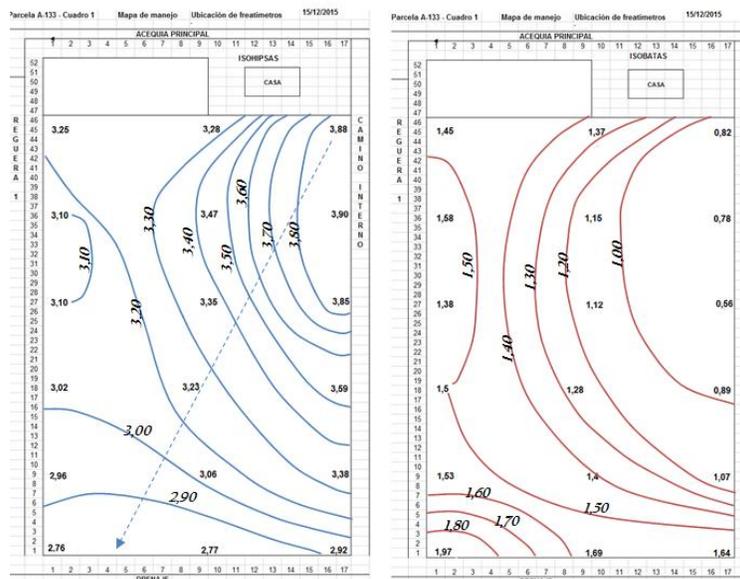
4.3) CURVAS DE ISOHIPSAS E ISOBATAS

En las siguientes Figuras se visualizan las curvas de isohipsas e isobatas realizadas con los datos de lectura de medición de los pozos freáticos. Los puntos de color negro con sus respectivas numeraciones de color blanco corresponden a la ubicación de los pozos en el lote.

Se realizaron cuatro lecturas de los pozos freáticos. La primera el 15 de noviembre del 2015, la segunda el 18 de febrero del 2016, la tercera el 26 de febrero del 2016 y la cuarta el 18 de marzo del 2016.

Los registros de la primera (1) lectura se observan en la Figura 14 curvas de isohipsas e isobatas.

Figura 14. Curvas de isohipsas e isobatas del 15/12/2015





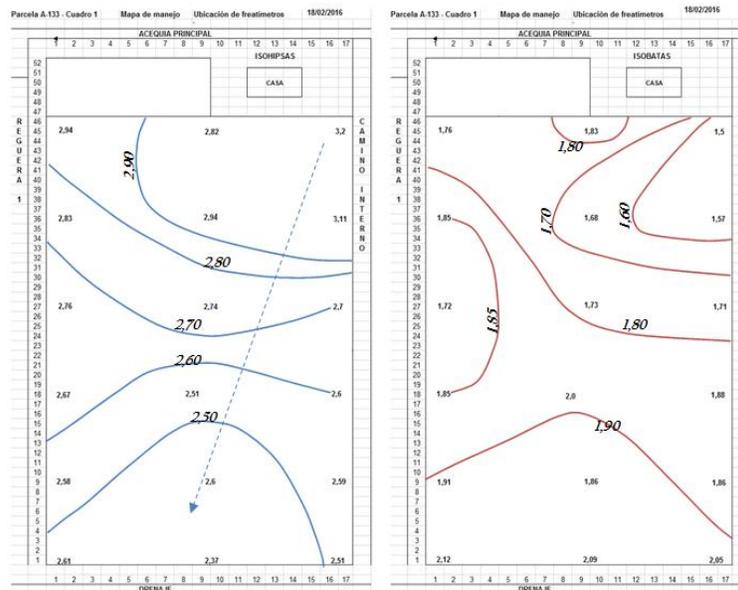
Se observa que el sentido del flujo de agua se mantiene en la dirección hacia los desagües colectores más profundos, ubicados en paralelo a la reguera uno (1) y al final del cuadro uno (1)

Como consecuencia del período primaveral seco en noviembre, además con el intenso poder evaporante de la atmosfera, sin el aporte en forma significativa del agua de lluvia, se podría conformar una programación de riego para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo en los períodos de mayor demanda.

Se observa que en la mayor parte del cuadro la napa está por encima de 1,5 m de profundidad, como consecuencias de las fuertes lluvias registradas a principios de diciembre, lo cual es perjudicial para el cultivo de nogal ya que estaría afectando al sistema radicular por asfixia.

Los registros de la segunda (2) lectura se observan en la Figura 15. Curvas de isohipsas e isobatas del 18/02/2016.

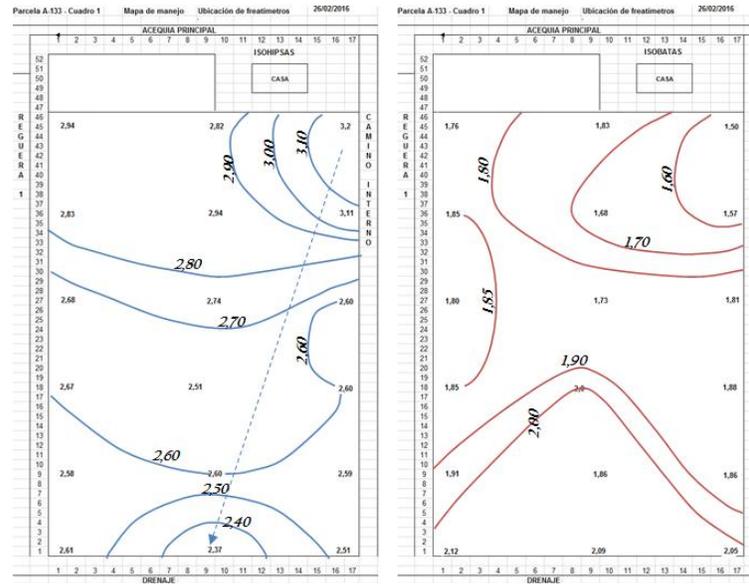
Figura 15. Curvas e isohipsas e isobatas del 18/02/2016





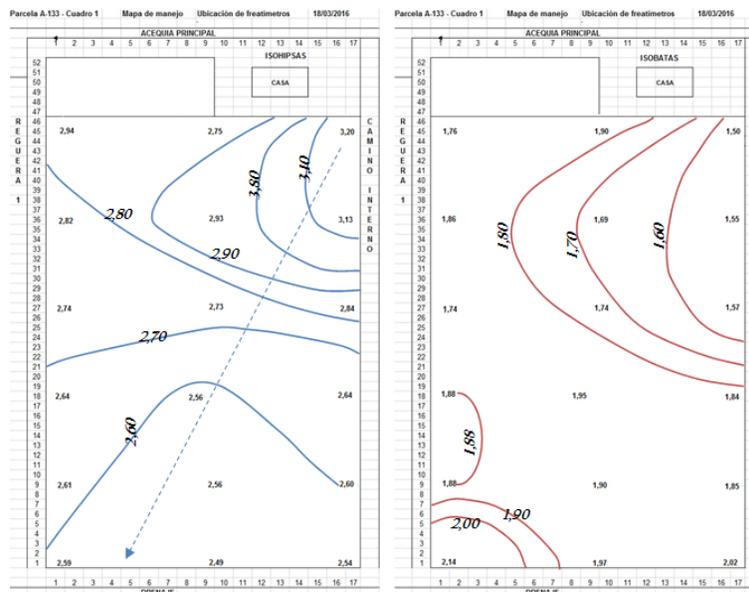
Los registros de la tercera (3) lectura se observan en la Figura 16. Curvas de isohipsas e isobatas del 26/02/2016.

Figura 16. Curvas de isohipsas e isobatas 26/02/2016



Los registros de la cuarta (4) lectura se observan en la Figura 17. Curvas de isohipsas e isobatas del 18/03/2016

Figura 17. Curvas de isohipsas e isobatas del 18/03/2016





Se observa que en ninguna parte del cuadro la napa está por encima de 1,5 m de profundidad, lo cual es de gran importancia para el cultivo de nogal ya que no afectaría al sistema radicular por asfixia.

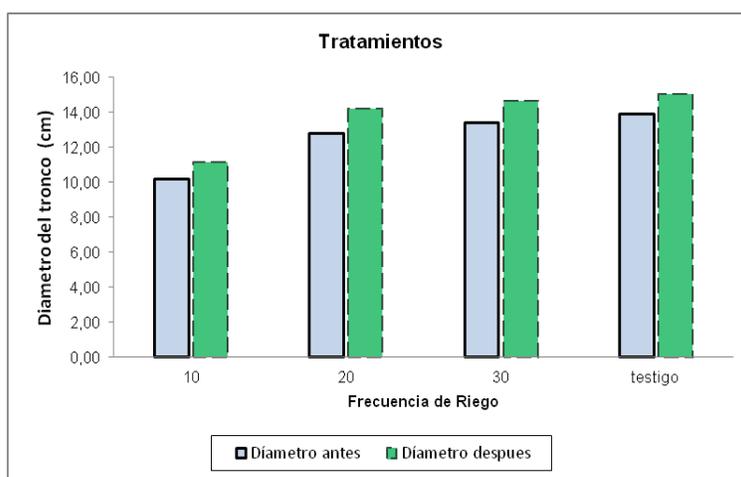
No se aprecian variaciones importantes en la altura de la napa que pudieran perjudicar al cultivo, a pesar de la precipitación que hubo durante el periodo de estudio. Por el contrario se observa que el 18/03/2016 hay una disminución mínima de la napa con relación al 15/12/2015. Se puede ver en todos los casos la influencia que ejerce al movimiento de agua interno hacia los desagües colectores más profundos.

4.4) CRECIMIENTO VEGETATIVO.

4.4.1) Diámetro del tronco

El Gráfico 6 muestra en el eje de la ordenada el diámetro medio del tronco medido en cm para los tres tratamientos y el testigo, y en el eje de abscisa la frecuencia de riego. Las barras enteras de color azul corresponden al diámetro del tronco antes del inicio del ciclo y las barras con bordes punteados de color verdes corresponden al diámetro del tronco después del ciclo del cultivo. Se observa un crecimiento de diámetro de los troncos para cada uno de los tratamientos.

Gráfico 6: Variación del diámetro del tronco



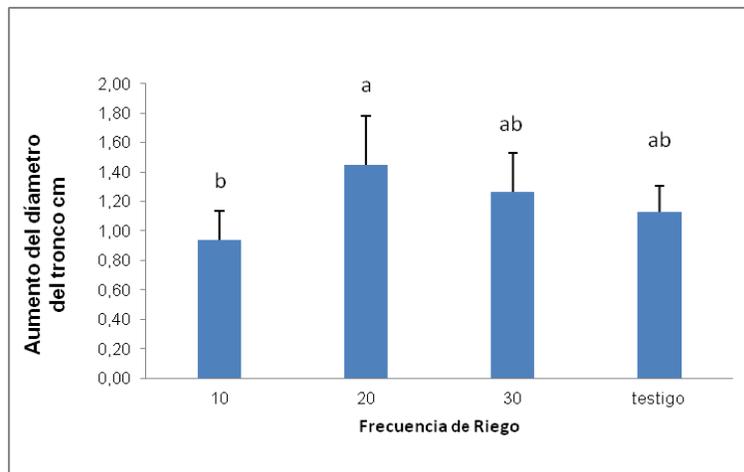
Donde R10 riego cada 10 días, R20 riego cada 20 días, R30 riego cada 30 días y testigo.



El crecimiento del diámetro para los cuatros tratamientos fue de alrededor $1,20 \pm 0,21$ cm. El aumento del diámetro se debe a una absorción de agua por las raíces, permitiendo una distribución interna de la misma en los distintos tejidos vegetales. Autores como Smart y otros (1974), citado por Juan Tosso y Juan José Torres (1986), señalan que el crecimiento del tronco es también muy sensible a las condiciones de humedad del suelo, deteniéndose inmediatamente al producirse déficit hídrico.

El Gráfico 7 muestra en el eje de la ordenada el diámetro del tronco medidos en cm para los tres tratamientos y el testigo, y en el eje de abscisa la frecuencia de riego. Se observa la influencia del riego sobre el crecimiento del tronco, el cual está altamente correlacionado con el volumen de agua aplicada. No se encuentran diferencias significativas entre tratamientos, según el test de Fisher ($p=0.077$), durante el período de estudio (Diciembre-Abril). El tratamiento R20 mostró un crecimiento mayor, el tratamiento R10 mostro un crecimiento más bajo, mientras que los tratamiento R30 y testigo mostraron crecimientos iguales.

Gráfico 7: Aumento del diámetro del tronco y frecuencia de riego



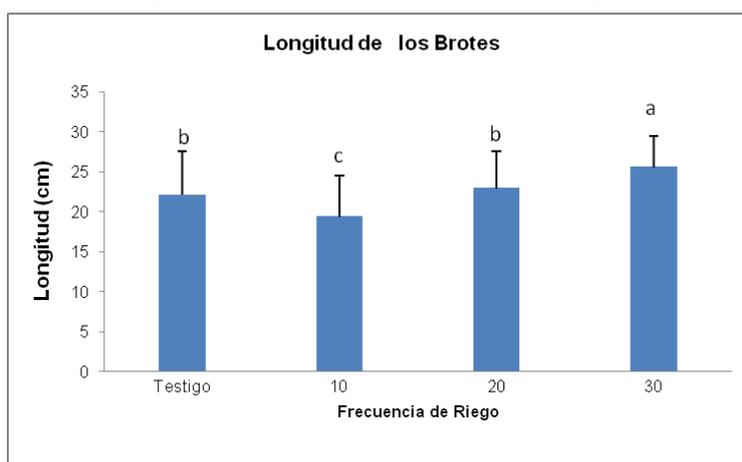
Letras iguales indican diferencias no significativas entre tratamientos, test Fisher ($p>0.05$).



4.4.2) Crecimiento anual de los brotes

El siguiente Gráfico 8 muestra en el eje de la ordenada la longitud de los brotes anuales, expresado en cm para los tres tratamientos y el testigo, y en el eje de la abscisa la frecuencia de riego. Se observan diferencias significativas, según el test de Fisher ($p=0.0001$) entre el crecimiento de los brotes anuales para los tres tratamientos y el testigo durante el periodo de estudio (Diciembre-Abril). El tratamiento R10 mostró un crecimiento longitudinal significativamente menor que el resto de los tratamientos, en cambio el tratamiento R30 mostró un crecimiento mayor, y los tratamientos testigo y R20 no difieren estadísticamente.

Gráfico 8: Longitud de los brotes y frecuencia de riego.



Letras distintas indican que hay diferencias significativas entre tratamientos, test Fisher ($p>0.05$).

El tratamiento R10 mostro un menor crecimiento de los brotes, esto estaría relacionado al exceso de humedad en el suelo, ya que el mismo estuvo durante todo el ciclo (Diciembre-Abril) en condición de saturación. Autores como Stolzy *et al.*, (1967) y Schaffer *et al.*, (1992), citado por Gonzales Yañez *et al.*, (2006); en el seminario internacional en manejo del riego y suelo en el cultivo de palto, concluyen que el bajo contenido de aire en el suelo, comienza a deteriorar el sistema radicular para posteriormente afectar la parte aérea. Cortos períodos deficientes en oxígeno, normalmente derivan en reducción en el crecimiento y/o



muerte del sistema radicular. Ello incide en el crecimiento de los brotes, en una moderada a severa abscisión de hojas.



5) CONCLUSIONES

Con los resultados alcanzados en este período del ciclo del cultivo del nogal, cuya finalidad fue estudiar la utilización más eficiente del agua de riego en cultivos de nogales (*Juglans regia* L.) a partir de evaluaciones de riego y utilización de pozos freáticos en una parcela del (VIRN), se han podido establecer las siguientes conclusiones.

- El suelo estudiado presenta diferentes clase texturales (FA, FAa, F, FL). Las características químicas indican que el pH es levemente alcalino con conductividad eléctrica baja y con buena fertilidad permitiendo la implantación de plantas de nogal
- En los resultados de evaluación de riego se observaron valores muy bajos, especialmente en la EAP y de EUI, lo que indica una importante pérdida por percolación profunda y riego desuniforme, a subsanar con una correcta nivelación de los paños de riego.
- Las isohipsas demuestran que hay una influencia de movimientos de agua interna hacia los desagües colectores más profundos, con gradientes que aseguran una rápida descarga de la napa freática.
- Las isobatas demuestran que la peligrosidad el drenaje se mantiene por debajo de 1,5 m de profundidad, permitiendo un cultivo de nogal sin afectación por asfixias radicular.
- No se observaron diferencia significativas entre crecimiento del diámetro del tronco en el ciclo del cultivo, sí se observa un desarrollo del tronco, esto es debido al riego que produce una expansión.
- Sí se observan diferencias significativas entre crecimiento del brote anual del tratamiento R30 con relación a los demás tratamientos, lo que indicaría que el nogal respondería mejor a altas frecuencias de riego.



-
- Los sensores watermark permitieron monitorear la humedad del suelo en los distintos tratamientos, describiendo evento de riego y lluvia lo que permite considerarlo un dispositivo a tener en cuenta para la programación y manejo del riego, evitando regar en exceso y en el momento oportuno.



6) BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). "Crop evapotranspiration-guidelines for computing cropwater requirements". Irrigation and Drainage 56, FAO, Roma. 300 pp
- Argumedo Federico (2010). "Análisis del negocio de la nuez de nogal"; PROSAP.
- Argumedo Federico (2014). "Intensificar la Diversificación". El Negocio de la Nuez de Nogal. Ppt. XVI Jornada Frutihortícolas en Mendoza Argentina. Visto el día 13/05/2015 en: http://inta.gob.ar/documentos/xvi-jornadas-frutihorticolaspromendozainta/at_multi_download/file/XVI%20JORNADAS%20FRUTIHORTI%20ARGUMEDO%20MERCADO%20NOGAL%20MAYO%202014.pdf.
- Bouhier Rodolfo (2006). "El nogal en la Patagonia" Estación Experimental Agropecuaria Valle Inferior Convenio Provincia de Río Negro-INTA. INFORMACION TECNICA N° 23. AÑO 3-N°5-ISSN 1666-6054.
- Chard Julie (2005). "Watermark Soil Moisture Sensors: Characteristics And Operating Instructions", Utah State University. 1-8 pp.
- De Berasategui Liliana (2002). "Estadísticas Climáticas del Valle de Viedma 30 años". Información Técnica N° 20, Año 1-N°2-ISSN 1666-6054.
- Del Barrio Ricardo y Martín Darío (2011). "Aptitud agroclimática del Valle Inferior del Río Negro para los cultivos de Avellano y Nogal". Revista Pilquen, Sección Agronomía, Año 13, N° 11. ISSN 1666-0587.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves F., Balzarini, M.G., Gonzales L., Tablada M., Robledo, C.W., (2011). "InfoStat Versión libre". FCA.; Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.



- FAO-PNUD (1969). “*Estudio Sobre la Rehabilitación de Tierras en el Valle de Viedma, Argentina*”. Informe Final. Volumen II: Estudios Básicos. Segunda Parte: Estudios Edafológicos. Capítulo 4: Suelos. pág. 55 a 85. Roma Italia.
- Germain E., Prunet J. y Garcin A. (1969). “*Entretien du Verger*”. Cap.6 (155-200) Le Noyer. Editions Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (Ctifl), París, Francia.
- Gonzales Yañes M., Muñoz Honorato I. y Ferreira Espada R (2006). “*Manejo de riego y suelo en el cultivo de palto*” Seminario Internacional. 27 y 28 de septiembre. INIA, Centro Regional de Investigación la Cruz. V Región CHILE 2007. ISSN 0717-4810. Pág. 25.
- Iannamico Luis (2004). “*El Nogal. La importancia de un buen riego*”. Revista Rompecabezas Tecnológico. VI parte. Pág. 40-43 Visto en 19/05/2015 a las 10:20 en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210845.pdf>.
- Iannamico Luis (2009). “*El cultivo del Nogal en climas templado-fríos*” Capítulo 1, (9-12). Ediciones. INTA. ISBN 978-987-521-343-2.
- Iannamico Luis (2014). “*Frutos secos: una producción de alta rentabilidad y demanda creciente*” visto en diario río negro/pulsos. El día 23 de marzo el 2016 a las 14:23 en: http://www.rionegro.com.ar/pulso/frutos-secos-una-produccion-de-alta-rentabil-ARRN_4461647.
- Leib, B.G., Jabro, J.D. y Matthews, G.R. (2003). “*Field evaluation and performance comparison of soil moisture sensors*”. Soil Sci 168:396–408.
- Lui E., Zelmer H., Roa. R., Bouhier R., Quichán S., Tinture C. y Martínez S. (2015). “*Establecimiento de una parcela para monitoreo de datos freaticos en explotaciones de nogal, como herramienta para la mejora*”



del manejo de riego". Presentado al XXV CONAGUA. 15 al 19 de junio del 2015. Paraná. Entre Ríos.

- Lui E., Bouhier R., Gallo S., Martínez S., Merg C. y Fraile A. (2005). "*Riego por goteo del Nogal (Juglans regia L.) en la barda de Patagones*". Revista Pilquen. Sección Agronomía. VII. N°7.
- Martín Darío (2009). "*Estadística climática del Valle de Viedma*". Información técnica N°7. Año 4-N°9- ISSN 1666-6054.
- Martínez S., Lui E., Reinoso L., Arancio A. y Henry A. (2008). "*Utilización de sensores de potencial mátrico y pozos freáticos para el manejo del agua en el cultivo de Nogal (Juglans regia L.) en el valle inferior del Río Negro*". Actas del XXXI Congreso Argentino de Horticultura. Mar del Plata. Argentina. 30/09 al 03/10/2008.p.138.
- Masotta, Héctor (1970). "*Reconocimiento detallado de suelos con fines de riego en el área de influencia del canal secundario VII. Valle Inferior del Río Negro, Argentina*". Serie Técnica 5. Instituto del Desarrollo del Valle Inferior del Río Negro (IDEVI). Estación Experimental de Riego y Cultivos.98 pp.
- Morábito, J.A.; Chambouleyron, J. L.; Salatino, S. E. y Fornero, L. A. (1990) ERFIN. Modelo para el cálculo de eficiencias de riego y finca. INCYTH-CRA. Mendoza. Argentina. 21 p.
- Muncharaz Pou Manuel (2001). "*El Nogal, Técnicas de cultivo para la producción de frutas*". Edición Mundial-Prensa. Madrid. Barcelona. México. Depósito Legal: M-34.393-2000. ISBN; 84-7114-919-2. Tomo II. pág. 79-81.
- Peri Graciela (2004). "*La agricultura irrigada en rio negro y su contribución al desarrollo regional*". Banco Mundial. Buenos Aire, pág. 15-16. Visto el 07/05/2005 en:



http://siteresources.worldbank.org/INTARGENTINAINSPANISH/Resources/Rio_Negro_la_agricultura_irrigada.pdf.

- Ranieri Roberto (2000). "Proyecto de Riego y Drenaje IDEVI" Algunos comentarios sobre las redes de riego y drenaje. Viedma, documento interno del IDEVI.
- Reinoso Lucio (2014). "*Rendimiento de maíz en el Valle Inferior del Río Negro: Evaluación de la frecuencia de riego y la fertilización nitrogenada*" Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. UNS Bahía Blanca. Arg. pág. 18.
- Schaffer B., Andersen P. y Ploetz R. (1992). "*Responses of fruit trees to fooding*". Horticultural Reviews. 13, 257-313.
- Schilardi Carlos y Morábito José (2010). "*Desempeño del riego por superficie en el área de regadío de la cuenca del Río Tunuyán superior, Mendoza Argentina*": Maestría en riego y drenaje, Universidad Nacional de Cuyo. Fac. de Ciencias Agrarias. Noviembre 2010. Pág. 21-22.
- Smart Ricardo (1974). "*Aspects of water relations of the grapevine*" (*Vitis vinífera*). Am. J. Enol. Vitic. 25(2):84-91.
- Stolzy L., Zentmeyer G., Klotz A. y Labanskas C. (1967). "*Oxygen diffusion, water, and Phytophthora cinnamomi in root decay and nutrition of avocados*". American Society for Horticultural Science. 90:67-76.
- Tosso Juan y Torres José (1986). "*Relaciones Hídricas De La Vid, Bajo Diferentes Niveles De Riego, Usando Goteo, Aspersión y Surcos. II. Efecto Sobre El Crecimiento Vegetativo y La Producción*" Agricultura Técnica (CHILE) 46 (3):238-239 (Julio-Septiembre).
- Urzainqui Pedro (2010). "*Medidor de humedad Watermark. La medición de la humedad del suelo. Consultado en 2010.*"



-
- Villesca Sergio (2004). “*Requerimiento de suelo y clima del nogal*” visto del día 29/08/2016 en: <http://www2.inia.cl/medios/tierraadentro/pdf/N59-p2425.pdf>: a las 12:40 pm.
 - Villaseñor-López O.E., Fernández Bocardo J.F., Garcia-Quintana Y. & Martínez L.A. (2015). “*Evaluación del contenido de humedad de un suelo vertisol compactado mediante sensor watermark en una plantación de Cedrela odorata L. en el Valle del Yaqui, Sonora, México*”. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales 11(1):21-29,2015.
 - Walker Rebecca (2003). “*Simulación diseño y evaluación de riego por superficie. Guía del curso y documentación técnica*” Utah State University. Logan, Utah, USA. 63P.

