

CONTRATO DE OBRA Exp. N° 13992 01 01

PROVINCIA: La Rioja.

TITULO: Estudio de prefatibilidad agroecológica y económica de los cultivos de nuez Pecán, almendro y pistacho en la Provincia de La Rioja.

INSTITUCION: Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires a través de la Universidad de Buenos Aires.

1 ANTECEDENTES ZONALES Y REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO.

1.1. Difusión pasada y presente de los cultivos en estudio en la Provincia de La Rioja y Provincias lindantes. Casos de éxito y de fracaso.

1.1.1. EL PECAN

En la actualidad no existen datos estadísticos sistemáticos, pero se estima un total de 4.500 ha implantadas, con edades que varían entre 1 y 80 años. La mayoría de las plantaciones con fines comerciales son recientes (entre 1 y 10 años de edad), incrementándose anualmente tanto la superficie implantada como la producción. Esto último por aumento unitario de los rendimientos, como por la entrada en cosecha de nuevas plantaciones.

Las principales zonas de plantación son Entre Ríos, Buenos Aires, Delta del Paraná, Corrientes, Santa Fe y Córdoba.

En Argentina el cultivo del nogal, se inició alrededor del año 1600, por disposición de las autoridades españolas habiendo encontrado en las provincias de La Rioja, Catamarca, Mendoza, San Juan y Río Negro, las mejores condiciones para su desarrollo.

1.1.1 EL ALMENDRO

La producción de almendro en la Argentina estuvo históricamente limitada por la ausencia de zonas aptas donde se pudiera producir este cultivo. Esto se debe a que el almendro es una especie de floración temprana (mediados de Agosto), muy sensible a heladas tardías (Castro et Bertelsen, 2003). Las zonas en la Argentina con las condiciones generales adecuadas para el cultivo del almendro (Mendoza y San Juan) estuvieron siempre limitadas por la presencia de heladas tardías, al ocurrir la fecha media de última helada entre el 21 de Agosto y el 11 de Septiembre (Damario *et al*, 1996).

Sin embargo en estos últimos años, con la aparición de nuevas variedades de floración más tardía y mayor resistencia a heladas, se posibilitó la implantación de almendro en zonas previamente de baja productividad o de productividad muy variable. Las nuevas variedades más importantes de floración tardía son: Guara, Felisia, Ferragnes. Estas variedades tienen la plena floración alrededor del 4 al 9 de Septiembre.

1.1.1. EL PISTACHO

La producción de pistacho en Argentina se presenta como un cultivo relativamente nuevo en la historia agraria del país y se estima que existen alrededor de 800 hectáreas cultivadas las cuales se distribuyen entre las provincias de San Juan (75%) y La Rioja (25%). Asimismo, se estima

que la superficie cultivada en San Juan asciende a las 600 hectáreas, de las cuales sólo un 15% cuenta con una antigüedad menor a los dos años (Diario de Cuyo, 2005; Carmona, 2012).

El origen del cultivo en San Juan se encuentra asociado principalmente a proyectos productivos beneficiarios de las ventajas de la Ley de Diferimientos Impositivos que se reglamentó a mediados de la década del noventa. Dichos proyectos se encuentran localizados en los departamentos de 25 de Mayo, San Martín y Pocito (Cobelo, 2005).

Si bien en otras zonas de la provincia pueden encontrarse plantaciones a pequeña escala, se cuenta con que el 80% de la superficie se concentra en cuatro grandes emprendimientos productivos.

Este carácter concentrado que predomina en el desarrollo del cultivo del pistachero en la provincia de San Juan es esperable que se profundice si se tiene en cuenta el proceso de expansión planificado por dos de los principales emprendimientos productivos ya en funcionamiento (Diario de Cuyo, 2013).

Estos datos revelan la importancia que tiene Argentina como productor de pistachos a nivel de toda Latinoamérica y en particular, el rol primordial que adquiere la provincia de San Juan al consolidarse como la principal región productiva de nuestro país. (Andrieu, J, *et al.*, 2013.)

1.2. REQUERIMIENTOS BIOMETEOROLÓGICOS Y BIOCLIMÁTICOS DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO. SENSIBILIDAD A VARIACIONES APERIÓDICAS DE LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS.

1.2.1. CLIMA DEL PECÁN

El Pecán se desarrolla en un clima húmedo. El mínimo de precipitación anual que tolera se aproxima a 750 mm, mientras que el máximo se ubica en el orden de 2000 mm. Durante la estación de crecimiento deben producirse por lo menos 500 mm de precipitación. La temperatura media del verano puede alcanzar hasta 27 °C, con valores extremos entre 41 y 46 °C. La temperatura media del invierno varía entre -1 y 10 °C, con extremos entre -18 y -29 °C. (Peterson, 1990).

Si bien el cultivo del Pecán podría hacerse en condiciones de secano en las zonas con más de 750 mm de precipitaciones durante la estación de crecimiento, en las temporadas con registros inferiores a lo normal, como es el caso de los episodios de "La Niña" (Sierra, *et al.*, 2001), se presentaría el riesgo de disminuciones en el rendimiento y la calidad. Por esta causa, la posibilidad de emplear riego, aún en los ambientes más húmedos, constituiría una eficaz medida para estabilizar los rendimientos (Madero, 2003). No obstante, dado el costo extra que esto implicaría, esta decisión está sujeta al criterio de cada productor.

El pecano necesita largos periodos libres de heladas, 150 a 210 días, desde que comienza el crecimiento en la primavera hasta la madurez de los frutos en otoño.

Los requerimientos de frío, según algunos autores, fluctúan entre 400 y 800 horas bajo 7,2°C para romper el receso invernal. De no cumplirse con estos requerimientos, la brotación es pobre, existe una alta caída de frutos y baja producción.

En EE.UU. el pecán se cultiva tanto en regiones muy húmedas de los Estados de Georgia como en regiones desérticas de Arizona, Nueva México y el oeste de Texas,

1.2.1. CLIMA DEL ALMENDRO

Temperatura, precipitaciones y viento

El almendro posee una sensibilidad media a heladas, siendo su fruto en estado pequeño (fase 1) el órgano más sensible a este tipo de daño, junto con la floración. Las temperaturas y requerimientos climáticos del almendro son:

Cuadro N°1: Requerimientos climáticos del almendro

T ° crítica de daño por heladas	-1 ° C
T ° mínima de crecimiento	7 – 10 ° C
T ° optima de crecimiento	20 – 25 ° C
T ° máxima de crecimiento	40 ° C
Suma térmica entre yema hinchada y cosecha	1.000 – 1.200 GD
Horas frío (menores a 7 ° C)	200 – 550 HF

Es una especie muy rústica, por lo que sobrevive en condiciones muy complicadas, aunque disminuye su rentabilidad. Necesita para vegetar una temperatura media diaria de 8°C, con una suma térmica de 1193°C desde la caída de las hojas.

Si se mantiene dicho nivel térmico durante 7 u 8 días, la planta comienza a florecer, y con 15°C a brotar. En Italia y España, zona mediterránea, comienza a florecer a fines de Diciembre en las regiones mas calidas (corresponde a Junio en el Hemisferio Sur), y a principio de Abril en las regiones más frías (Octubre en el HS), durando la floración de 10 a 15 días.

La maduración del fruto se produce de 6 a 7 meses después. Tomando en cuenta la exposición, se utiliza para su cultivo mesetas y colinas bien aireadas y sin escarchas primaverales. También pueden elegirse lugares expuestos al frío para retrasar la floración, nunca lugares húmedos, bajos que acumulen los drenajes de aires frío que favorece e intensifican las heladas, o con nieblas o vientos húmedos (Tamaro, 1958).

Su cultivo económico se realiza en todo el mundo, distribuidos en la ancha faja comprendida entre los paralelos 40°LN y 40°LS.

Se puede producir en secano de 300 mm, pero la rentabilidad se asegura a partir de los 600 mm. Para que se lleve a cabo una adecuada polinización hay que tener en cuenta los factores climáticos que afectan a las abejas (frío, heladas, lluvia, etc.).

Es importante destacar que las temperaturas elevadas, la ausencia de lluvias, heladas y vientos son muy importante en la polinización, ya que las abejas en el cultivo del almendro juegan un papel fundamental al tratarse de una especie auto incompatible, y que requiere de buenas temperaturas y de una baja velocidad de viento, para poder expandir su polen.

1.2.1. CLIMA DEL PISTACHO

El pistachero es una especie adaptada a climas templados y secos y pueden considerarse los 45° de latitud norte como el límite septentrional de su cultivo en Europa y Asia.

En Estados Unidos puede llegar a soportar temperaturas de 38°C y en Irán hasta de 45°C, pero su resistencia a las altas temperaturas disminuye cuando la sequedad atmosférica es muy prolongada y es entonces cuando aparecen quemaduras en hojas y tallos jóvenes, llegando a paralizar el desarrollo de los frutos. (Vargas García *et al*, 1999).

Se adapta bien a zonas con un largo y seco verano e inviernos con un mínimo de 800 horas de frío (horas con temperaturas por debajo de los 7° C) para la salida de la dormancia.

Los cultivares seleccionados en Israel con bajas necesidades en frío invernal son "Nazaret 4", "Sfax", "Cypre D" y los clones masculinos "Nazaret 1", "Alumoth 29" y "Chico 23".

Es una planta heliófila y requiere ser plantada en lugares soleados. Esta condición es básica para obtener árboles sanos, vigorosos y productivos y ser menos susceptible al ataque de plagas y enfermedades que aquellos ubicados en zonas sombreadas.

El pistachero resiste a los vientos secos y violentos, sin embargo le favorecen las brisas suaves, aumentando el porcentaje del cuajado de frutos, dado el tipo de polinización anemófila, disminuyendo a su vez el desarrollo de enfermedades criptogámicas.

1.3. REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO. SENSIBILIDAD A LOS EXCESOS Y DÉFICITS HÍDRICOS.

1.3.1. REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL PECAN

La demanda hídrica representa la cantidad de agua que el cultivo necesita para alcanzar su rendimiento óptimo. Deberá distinguirse entre demanda neta y demanda bruta, involucrando la primera de ellas la cantidad de agua que transpiran las plantas y evapora el suelo, o evapotranspiración del cultivo, y la segunda la cantidad de agua que efectivamente se aplica al suelo para satisfacer la demanda neta. Los objetivos del riego serán, entonces, asegurar el abastecimiento de agua demandada por el cultivo si las precipitaciones son insuficientes, refrigerar el suelo, mantener un adecuado balance salino en el perfil y compensar déficits circunstanciales de humedad ante posibles periodos de sequía.

La demanda hídrica potencial puede estimarse adecuadamente, recurriendo a algunos de los métodos de predicción disponibles, siendo en general de cálculo sencillo. La FAO (Doorenbos y Pruitt 1976) ha estandarizado cuatro métodos de estimación de demanda hídrica que requieren contar con datos estadísticos del tipo climático, obtenidos en la Argentina por organismos como el INTA y el Servicio Meteorológico Nacional.

Cualquiera de estos métodos de predicción arriba a un valor que se conoce como Evapotranspiración del Cultivo de Referencia, o ETo, que se asigna a una superficie de gramíneas en estado vegetativo, óptimo crecimiento y bien provista de humedad; este valor deberá luego ser afectado por un coeficiente especial, denominado coeficiente de cultivo, o

coeficiente K_c , para transformarlo en la demanda hídrica del cultivo considerado, o Evapotranspiración de Cultivo, o ET_c . Estas estimaciones de demanda, que pueden parecer complicadas, son perfectamente realizables por cualquier técnico del área riego.

La demanda hídrica se expresa en milímetros de agua, independientemente de la superficie y representan la altura de agua en milímetros que satisface aquella evapotranspiración del cultivo. Cuando se multiplican los milímetros por la superficie se obtiene el volumen de agua necesario.

Resumiendo puede escribirse:

ET_o = evapotranspiración de referencia.

K_c = coeficiente de cultivo

ET_c = evapotranspiración del cultivo = $ET_o \times K_c$

Lo anterior permite concluir que a partir de los datos de la estadística climática se estima el valor ET_o para el lugar específico y luego se lo multiplica por el K_c para definir la evapotranspiración del cultivo o demanda hídrica del mismo.

La necesidad de riego.

El agua que satisface la demanda hídrica de los vegetales proviene de la lluvia, la que define el tipo de vegetación dominante. En esa región se podrán cultivar especies adaptadas a esa oferta hídrica, pero también se podrán implantar otros cultivos que requieran mas agua si es posible practicar riego.

La necesidad de riego, o NR , es la diferencia entre la ET_c y la precipitación efectiva, entendiendo por tal la proporción del agua que ingresa por lluvias y se incorpora en la profundidad de suelo ocupado por raíces. Es sabido que no toda el agua de lluvia se infiltra en el perfil, puede haber pérdidas por escorrentía que causan erosión y otros inconvenientes.

El cálculo simple para definir la necesidad de riego es:

$$NR = ET_c - P_{p.efec.}$$

La NR también se expresa en mm de agua y representa aquella parte de la demanda total del cultivo que no es satisfecha por las lluvias locales.

Como el agua que los vegetales consumen se encuentra en el suelo se verán seguidamente algunos conceptos básicos de la relación agua-suelo.

Relaciones agua / suelo.

El suelo se comporta como el reservorio del agua que las plantas consumen.

De manera genérica puede estimarse que una relación óptima de componentes del suelo sería: material sólido 50% - agua 25% y aire 25% Si el agua ocupa el total del espacio poroso, el suelo se encuentra saturado, condición indeseable para cualquier cultivo. Quiere decir que habrá un

contenido de agua ideal dentro del cual se satisface adecuadamente la demanda hídrica vegetal sin causar estrés.

Existen dos contenidos hídricos referenciales de humedad en el suelo entre los cuales se encuentra el 100% del agua útil para las plantas. Esos dos contenidos se conocen como: a) capacidad de campo y b) coeficiente de marchitez.

El contenido de humedad a capacidad de campo es el que existe en el suelo luego de haber drenado libremente todo el exceso que no puede ser retenido.

Este contenido de humedad no es igual para todos los suelos y se alcanza aproximadamente 48 hs. después de una lluvia y/o de un riego de magnitud tal que genere un drenaje interno del exceso. Hay que tener en cuenta que mientras el suelo drena el exceso de humedad, las raíces de las plantas absorben agua y por lo tanto no es fijo el tiempo en que se alcanza el estado de capacidad de campo.

El coeficiente de marchitez representa el contenido de humedad del suelo cuando las plantas se marchitan permanentemente y se corresponde con el menor contenido del agua útil aprovechable por los vegetales. Puede ocurrir un marchitamiento temporal o aparente en días muy calurosos y ventosos cuando la reserva de humedad del suelo es baja y la planta no llega a reponer la humedad necesaria. Esto se supera al caer la tarde y/o cuando desciende la temperatura ambiente. Por eso es conveniente aclarar que el marchitamiento es permanente cuando los cultivos no logran recuperarse pese a que se los riegue abundantemente.

La humedad utilizable

Definidos los contenidos hídricos referenciales en capacidad de campo y coeficiente de marchitez es posible determinar la diferencia entre ellos, llamándose a este nuevo valor humedad utilizable, que representa a la que se almacena en el suelo y es consumida por el cultivo.

Esta humedad puede expresarse en porcentaje sobre suelo seco, en porcentaje volumétrico o en milímetros de agua para un dado espesor de suelo.

A medida que la reserva de humedad útil se va agotando la planta debe realizar un esfuerzo mayor para abastecerse de agua, generando un estrés que, de prolongarse en el tiempo, perjudica los rendimientos. El riego pretende evitar este problema cuando las lluvias son insuficientes.

La retención de la humedad en el suelo. Curvas características

Cuando un suelo ha recibido un aporte importante de agua puede alcanzar momentáneamente un estado de saturación, que implica que todos los poros están llenos de agua. De no existir impedimentos al drenaje interno el exceso de humedad infiltra en profundidad y se alcanza el estado de capacidad de campo. A partir de ese momento la reserva útil se va agotando y si no es repuesta en tiempo y forma el rendimiento potencial del cultivo puede sufrir daño irreparable.

La humedad útil está retenida en el suelo en contra de la fuerza de gravedad por fuerzas de atracción que se dan sobre la matriz sólida del suelo y que se expresan en términos de presión, o de succión, con sus unidades correspondientes en atmósferas u otras unidades (bares, kilo/pascal, etc).

En el suelo no saturado, las fuerzas de succión dependen de la textura, temperatura, salinidad, etc., lo que hace posible relacionar el contenido hídrico con la fuerza de retención. Mediante una curva “tensión de humedad – contenido gravimétrico” se encuentra la relación entre ambos. Las curvas tipo para las diferentes texturas muestran como varía el contenido de humedad en función de las mismas, lo que explica el mayor esfuerzo de succión por parte de las raíces de las plantas para extraer agua de un suelo arcilloso en comparación con uno de textura arenosa.

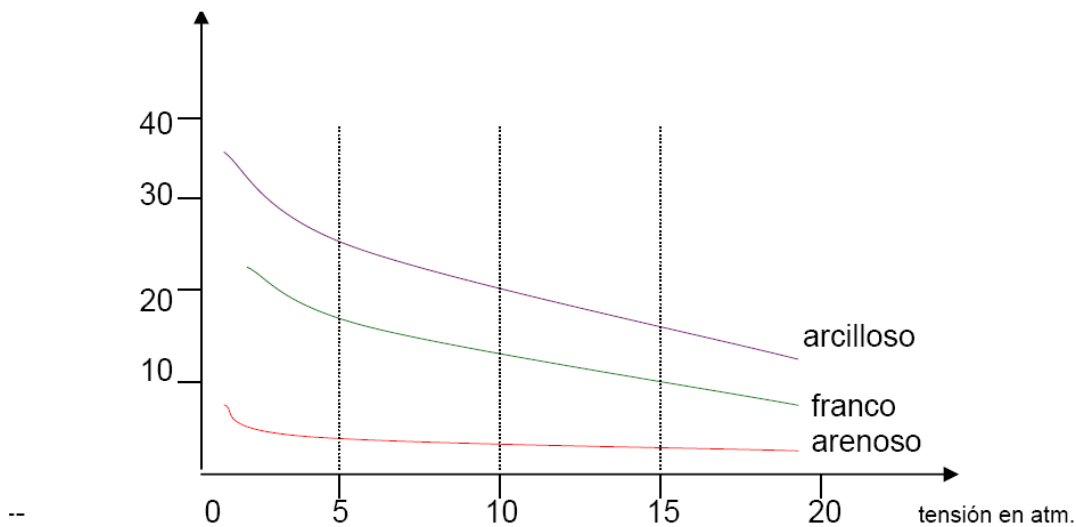


Figura 1: Contenido hídrico en % en suelo seco.

En la figura 1, se aprecia que, para una misma tensión en atmósfera corresponden distintos contenidos hídricos según texturas de suelos.

Como medir la humedad del suelo

El método patrón para medir la humedad del suelo es el gravimétrico, expresando la humedad presente como un porcentaje sobre el suelo seco.

Para ello se toman muestras de suelo a las profundidades deseadas y rápidamente se las lleva a una estufa a 105 °C hasta constancia de peso (significa que el peso no varía ante sucesivas pesadas). Esto puede demorar de dos a tres días según tipo de suelos. La diferencia de peso expresa la humedad que contenía el suelo, realizando el cálculo de la siguiente manera:

$$\text{Contenido gravimétrico de humedad } W = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}}$$

Expresando los pesos en gramos, el resultado son los gramos de agua que contenía el suelo respecto al peso seco. Multiplicando por 100 el contenido de humedad se obtiene el valor como un porcentaje.

Este contenido gravimétrico de humedad se expresa luego como contenido volumétrico a los fines del cálculo de las láminas de agua a reponer con el riego, recurriendo para ello a la densidad aparente del suelo:

Contenido gravimétrico humedad x densidad aparente = contenido volumétrico

Esto quiere decir, por ejemplo, que si un suelo tiene un contenido gravimétrico de humedad del 15% en capacidad de campo y su d.aparente es de 1,4 g/cm³ el contenido volumétrico será de:

$$\text{Contenido volumétrico} = 15\% \times 1,4 = 21\%$$

Este valor del 21% significa, también, que por cada 100 cm de profundidad de suelo hay una reserva de humedad de 21 cm.

En base a lo anterior, el contenido volumétrico de humedad del suelo puede expresarse como altura de agua para una cierta profundidad de suelo, denominándolo profundidad equivalente de humedad; para ello se hace el siguiente cálculo:

$$d = \text{contenido volumétrico en \%} \times D$$

siendo d = lámina o altura de agua contenida en el suelo en mm

D = profundidad de suelo considerada en mm

Expresando el valor D en milímetros se obtiene el contenido de humedad expresado igualmente en milímetros, lo que es compatible con el cálculo de las láminas de agua expresadas en milímetros que deben reponerse con el riego.

Cálculo de las láminas de agua a reponer con el riego

Si entre los contenidos de humedad en capacidad de campo y coeficiente de marchitez se encuentra el 100% del agua útil que puede ser absorbida por las raíces de las plantas, es posible calcular el porcentaje volumétrico que eso representa por simple diferencia de valores. Luego podrá referirse a la profundidad de raíces D y definir cual sería la lámina máxima de agua a reponer para volver a capacidad de campo.

Como no es conveniente dejar caer el contenido de humedad por debajo de un valor que represente el 50% del agua útil, habrá que tener en cuenta este dato, denominándolo Umbral de Riego. Este umbral está indicando que no hay que dejar que se consuma toda el agua útil antes de regar, sino que, por el contrario, debe reponerse lo consumido antes de generar una situación de estrés que perjudique el rendimiento final.

El cálculo que corresponde hacer es el siguiente:

$$LN = (W_{cc} - W_{cm}) \times d.ap. \times UR \times D = mm$$

Siendo LN = lamina neta de riego en mm

W_{cc} = contenido gravimétrico de humedad en cap. de campo.
 W_{cm} = contenido gravimétrico de humedad en coef. de marchitez.
 d_{ap} = densidad aparente del suelo relativa al agua (no lleva unidades)
 UR = umbral de riego al tanto por uno.
 D = profundidad de raíces en mm

Ejemplo:

Sean los siguientes datos para un suelo cualquiera

$W_{cc} = 16\%$ (se toma como 0,16)

$w_m = 9\%$ (se toma como 0,09)

$d_{ap} = 1,35$ (se toma sin unidades)

$UR = 50\%$ (se toma como 0,50)

$D = 50$ cm (se toman como 500 mm)

Por lo tanto, la lámina de riego calculada será:

$LN = (0,16 - 0,09) \times 1,35 \times 0,5 \times 500 = 23,62 \text{ mm} \sim 24 \text{ mm}$

Nota: se ha supuesto un perfil uniforme de suelo en profundidad por razones didácticas; en los casos en que los horizontes están bien diferenciados, los cálculos se realizan para cada uno de ellos.

Significa que habrá que reponer con riego una lámina de agua de 24 mm en el intervalo de riego correspondiente.

El intervalo de riego

Si el suelo retiene una cierta cantidad de agua útil luego del riego, la misma comenzará a consumirse según la tasa de evapotranspiración diaria del cultivo para esa etapa de su desarrollo. Este consumo queda también expresado en mm y por lo tanto permite estimar el tiempo en que se consume la reserva, fijando así el llamado intervalo de riego IR. Por ejemplo, si la reserva útil es de 24 mm y la tasa de evapotranspiración de 6 mm/día, en 4 días se habrá consumido y será necesario volver a regar. Se supone en este caso que no hay aporte pluviométrico.

$$IR = \frac{LN \text{ (mm)}}{ET_c \text{ (mm/día)}} = \text{días}$$

Ahora bien, regando en zonas húmedas donde se considera el aporte por precipitaciones, debe utilizarse la necesidad de riego NR para calcular el intervalo, siendo la expresión:

$$IR = \frac{LN \text{ (mm)}}{NR \text{ (mm/día)}} = \text{días}$$

En rigor, siempre debe dividirse por la NR, llueva o no, interpretando que en zonas áridas y semiáridas, al no considerar a las precipitaciones, la NR diaria en mm/día resulta igual a la ET_c diaria en mm/día.

Otro aspecto importante a tener en cuenta en la programación del riego es el referido a la tasa de infiltración del agua en el suelo, el que se trata seguidamente.

Infiltración

Por ser un medio poroso, el suelo es capaz de recibir el agua de lluvia y/o de riego e incorporarla en profundidad. Como es posible encontrar diferentes texturas de suelos según las zonas de cultivo, habrá que evaluar la velocidad de ingreso del agua en el perfil para evitar encharcamientos temporarios y escorrentía superficial. La precipitación no es controlable en su intensidad, pues es un fenómeno regido por la naturaleza; en cambio el riego es una técnica que se puede regular en todas sus variables.

La infiltración puede definirse como el ingreso vertical del agua en el suelo en condiciones no saturadas. Imagínese que se está regando por aspersión generando una fina lluvia que tiene, al igual que las precipitaciones naturales, una cierta intensidad expresada en milímetros por hora. Si la velocidad de ingreso del agua en el perfil del suelo fuera igual o inferior a esa intensidad se producirían encharcamientos indeseables. Esta situación puede prevenirse calibrando adecuadamente la pluviometría del equipo. Este valor también se calcula en los casos de riego por gravedad y de riego presurizado por goteo y/o microaspersión.

El fenómeno de la infiltración se estudia desde dos perspectivas, que son:

- a) La velocidad de ingreso del agua en el perfil, o infiltración instantánea.
- b) La tasa de acumulación en una cierta profundidad de suelo.

a) Infiltración instantánea

Representa la velocidad de ingreso del agua en el perfil, es un fenómeno de magnitud decreciente en el tiempo dado que a medida que va pasando el tiempo y se siga incorporando agua en la superficie (por lluvias o por riego) la velocidad de ingreso va decreciendo hasta que se alcanza un valor estable conocido como tasa de infiltración básica. Este último valor es el que se tiene en cuenta para planificar los tiempos de riego.

Puede representarse el fenómeno de infiltración en la forma de la Fig. 2:

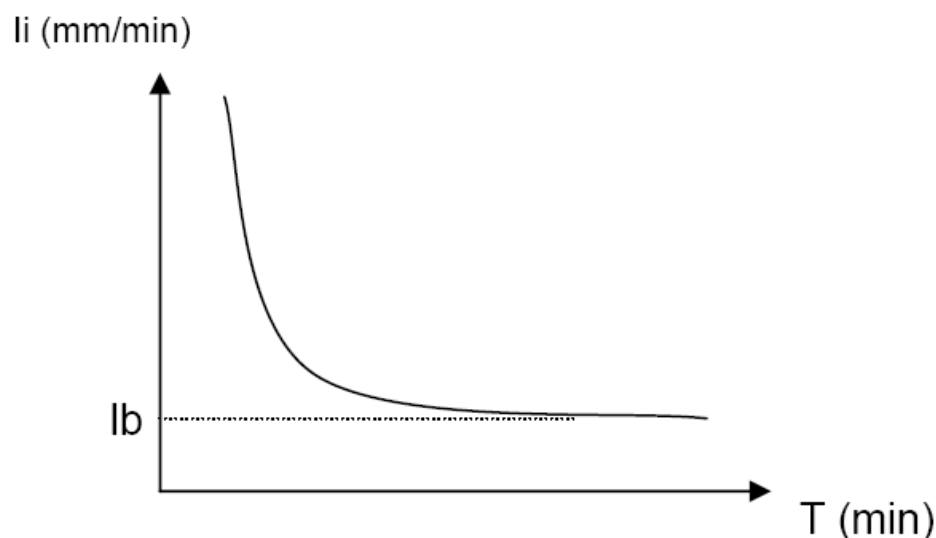


Figura 2. Relación tiempo y tasa de infiltración

l_i = tasa de infiltración en milímetros por minuto.

T = tiempo de infiltración en minutos.

l_b = tasa de infiltración básica en milímetros por minuto.

(este valor luego se expresa en milímetros por hora)

La curva está mostrando la caída en la velocidad de infiltración con el paso del tiempo expresado en minutos.

b) Infiltración acumulada

A medida que el agua se va infiltrando en el suelo va siendo retenida por el mismo en los poros de menor tamaño con una cierta tensión o succión por parte de la matriz sólida. El exceso infiltra en profundidad impulsada por la gravedad. La tasa de acumulación depende de las condiciones físicas de textura del suelo. Como se ha explicado en otros apartados de este trabajo, los suelos arcillosos retienen más agua que los arenosos, pero también es mayor la succión y por lo tanto menor es la disponibilidad para los vegetales a un mismo valor de tensión de succión.

La curva representativa del proceso de acumulación es la Fig. 3:

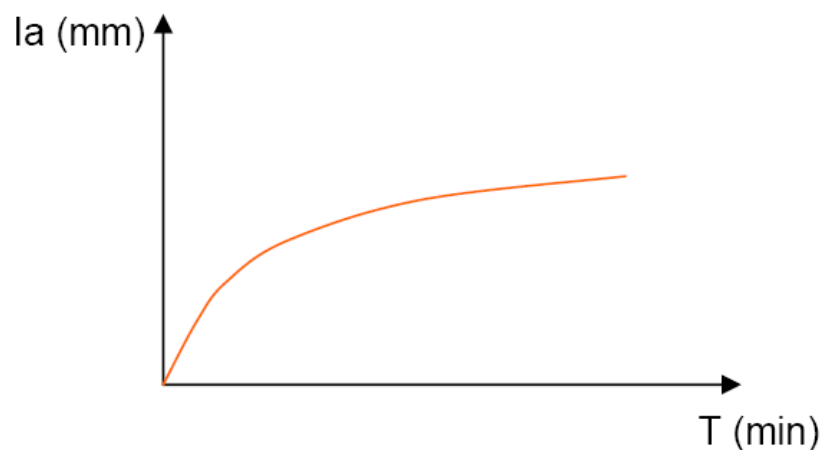


Figura 3. Infiltración acumulada en función del tiempo.

la = Infiltración acumulada en milímetros.

T = Tiempo en minutos.

Estimación de la demanda hídrica del Pecán

La demanda hídrica del Pecán puede ser estimada mediante alguno de los 4 métodos correspondientes al estándar FAO. Estos métodos predicen la evapotranspiración de un cultivo llamado de referencia, que corresponde a una gramínea en activo crecimiento vegetativo (no reproductivo) que no escasea en agua y en óptimo estado sanitario y de fertilidad en el suelo.

Luego debe afectarse ese primer valor por el coeficiente de cultivo correspondiente al que se está realizando para estimar la evapotranspiración del cultivo.

El método de estimación de Penman puede resultar el mas indicado cuando está disponible toda la información climática que requiere, lo que no siempre es posible.

El método del Tanque Evaporímetro Clase A consiste en una cubeta de 121 cm de diámetro por 25,5 cm de altura de chapa galvanizada, que se ubica sobre una tarima de madera a unos 15 cm del suelo. Cargado el tanque con agua hasta 5 cm del borde de la cubeta es posible medir todos los días a la misma hora el agua evaporada, reponiendo inmediatamente el nivel original. Dicho valor de evaporación se multiplica por un coeficiente específico del tanque según condiciones de instalación y se arriba al valor de evapotranspiración de referencia. El procedimiento es como sigue:

$$ET_o = E_o \times K_p = \text{mm/día}$$

siendo ET_o = Evapotranspiración del cultivo de referencia mm/día

E_o = Evaporación del agua medida en el tanque en mm

K_p = Coeficiente del tanque (se obtiene de tablas).

Para estimar la ET_o de un lugar específico será necesario contar con datos de E_o recopilados estadísticamente. De no disponerse de ellos puede estimarse la ET_o con Penman.

Para arribar al valor de evapotranspiración del Pecán habrá que multiplicar la ET_o por el coeficiente de cultivo correspondiente según la etapa vegetativa:

$$ET_c = ET_o \times K_c = \text{mm/día}$$

Siendo ET_c = Evapotranspiración del Pecán en mm/día

K_c = Coeficiente de cultivo del Pecán.

El valor K_c se obtiene de tablas y/o se calcula siguiendo una metodología propuesta por la FAO. No existen a la fecha tablas confeccionadas para la Argentina, pero se sugiere utilizar en una primera etapa los valores dados para Pecán, o bien los correspondientes a nogal comestible dadas las similitudes entre ambas especies (ambos especies pertenecen a la familia botánica de las Juglandáceas).

La FAO proporciona valores referenciales de K_c aplicables a árboles caducifolios frutales y de nuez, cultivados en condiciones de inviernos con heladas ligeras sin latencia en la cubierta vegetal natural de gramíneas.

Establece dos situaciones, según se cultive con cubierta de gramíneas o sin ella, pero libre de malezas indeseables. También considera la condición de los vientos, sean estos débiles o fuertes y el grado de humedad.

Se plantean a continuación estimaciones de demanda hídrica del Pecán para diferentes zonas del país en base a algunos supuestos que se especifican en cada caso en los Cuadros N° 1, 2 y 3). Estos cálculos se apoyan en el uso de estadísticas climáticas dadas por organismos oficiales como el Servicio Meteorológico Nacional e INTA y deben ser tomados como una primera aproximación a la ETc del Pecán, dado que en el futuro habrá que profundizar en este aspecto evaluando el consumo real de humedad por el cultivo.

Cuadro N°1: Estimación de la demanda hídrica del Pecán a partir de ETo calculada por Penman/FAO para la localidad de Choele-Choel, Pcia. de Río Negro, Argentina (39° 17' Lat.Sur / 65° 39' Long. Oeste / 133 m.s.n.m).

Meses	ETo mm/día	Kc	ETc mm/día	ETc mm/mes	Precip. mm/mes	Prec.efc. mm/mes	NR mm/mes
Enero	9,2	1,15	10,58	328,0	21,0	2,6	325,4
Febrero	7,8	1,15	8,97	251,2	23,0	3,8	247,4
Marzo	5,9	1,10	6,49	201,2	32,0	9,2	192,0
Abril	3,8	0,90	3,42	102,6	32,0	9,2	93,4
Mayo	2,5	0,85	2,12	65,7	26,0	5,6	60,1
Junio	1,7				24,4	4,4	
Julio	1,8				21,0	2,6	
Agosto	3,0				13,0	0,0	
Setbre.	4,0	0,85	3,40	102,0	25,0	5,0	97,0
Octubre	5,5	0,95	5,23	162,0	43,0	15,8	146,2
Novbre.	7,2	1,05	7,56	226,8	31,0	8,6	218,2
Dicbre.	8,6	1,15	9,89	306,6	34,0	10,4	296,2
TOTALES	1852,0				325,0	77,2	1.675,9

Nota: Se utilizó Kc para Pecán en pleno crecimiento en regiones con inviernos fríos y heladas ligeras, sin latencia en la cubierta vegetal de gramíneas, condición de vientos débiles a moderados secos.

Plantaciones jóvenes con una cubierta arbórea de un 20-50% habrá que reducir los valores de Kc hasta un 15% (Fuente FAO). Los valores de ETo como los de Prec.efec. (precipitación efectiva) se tomaron del estudio sobre Evaluación de Alternativas de Riego y sus costos para Los Valles de Cnia. Josefa, Negro Muerto y Guardia Mitre, CFI, Viedma, RN, 1995.

Cuadro N° 2: Estimación de la demanda hídrica para Pecán a partir de la estimación de ETo por el método de Blaney y Criddle/FAO para la localidad de Junín, Pcia. de Buenos Aires, Argentina (34°33' Lat. Sur / 60°57' Long. Oeste / 81 m.s.n.m).

Meses	ETo mm/día	Kc	ETc mm/día	ETc mm/mes	Precip. mm/mes	Prec.Efec mm/mes	NR mm/mes	Nºdías Prec.
Enero	5,0	1,0	5,0	155,0	121	103,5	52,2	8
Febrero	4,5	1,0	4,5	126,0	90	76,5	49,5	7
Marzo	3,9	0,95	3,7	114,8	171	145,3	----	9
Abril	3,0	0,80	2,4	72,0	78	66,3	5,7	7
Mayo	2,9	0,80	2,3	71,9	40	34,0	37,9	6
Junio	1,4				34			5
Julio	1,8				37			5
Agosto	2,0				42			5
Stbre.	3,2	0,80	2,56	76,8	51	43,3	33,45	5
Ocbre.	3,5	0,85	2,97	92,2	102	86,7	5,5	9
Novbre.	4,5	0,90	4,05	121,5	106	90,1	31,4	8
Dcbre.	4,8	1,0	4,80	148,8	108	91,8	57,0	9
					980		272,6	86

Nota: Se utilizó Kc para Pecán en pleno crecimiento en regiones con inviernos fríos y heladas ligeras, sin latencia en la cubierta vegetal de gramíneas, condición de vientos débiles a moderados húmedos. Para plantaciones jóvenes con una cubierta herbácea de un 20/50% habrá que reducir los valores de Kc hasta un 15%. (Fuente FAO). El registro de precipitaciones corresponde al período 1961/80 (Fuente S.M.N).

Cuadro N° 3: Estimación de la demanda hídrica para Pecán a partir de ETo calculada por el método Penman/FAO para la localidad de Famaillá, Pcia. de Tucumán, Argentina (27° 03' Lat. Sur / 65° 25' Long. Oeste / 363 m.s.n.m).

Meses	ETo mm/día	Kc	ETc mm/día	ETc mm/mes	Precip. mm/mes	Prec.Efec. mm/mes	NR mm/mes	Nºdías Precip.
Enero	4,45	1,00	4,45	137,95	248	125,00	12,95	15
Febrero	3,82	1,00	3,82	106,96	227	123,90	---	13
Marzo	2,85	0,95	2,71	83,93	240	124,80	---	16
Abril	2,17	0,80	1,74	52,20	86	71,20	---	9
Mayo	1,59	0,80	1,27	39,43	33	30,80	8,63	7
Junio	1,25				15	14,50		5
Julio	1,46				10	9,80		4
Agosto	2,10				15	14,50		4
Setbre.	2,93	0,80	2,34	70,20	31	29,10	41,10	5
Octubre	3,88	0,85	3,30	102,30	76	64,40	37,90	7
Novbre.	4,27	0,90	3,84	115,20	108	84,70	30,50	10
Dicbre.	4,50	1,00	4,50	139,50	209	121,60	17,90	13
Totales	1.071				1.298	814,50	148,98	108

Nota: Kc para Pecán en pleno crecimiento en regiones con inviernos fríos con heladas ligeras, sin latencia en la cubierta vegetal de gramíneas. Condición de vientos débiles a moderados húmedos. Para plantaciones jóvenes con una cubierta arbórea de un 20 a 50% habrá que reducir los valores de Kc hasta un 15%. La Precipitación Efectiva se estima de acuerdo al método del USCS dentro del modelo de cálculo CROPWAT-FAO.

Se observa claramente que la NR varía según las condiciones de cada localidad. En el caso de Famaillá, con sequía otoño invernal y régimen de precipitaciones del tipo monzónico, los valores de necesidad de riego (NR) resultan os más bajos bajos. Esto es consecuencia de las altas precipitaciones estivales.

Existen otros datos de necesidades de riego del Pecán cultivado en Texas, USA, dados por Stein y Worthington (1996). Los valores obtenidos se transcriben en el Cuadro N°4.

Cuadro N°4: Valores de necesidades hídricas de Pecán para el mes de Julio en Texas, USA, en litros por planta y por día, basados en datos de evaporación en Tanque A y diferentes diámetros de copa de las plantas según estado de desarrollo.

Ev tanque en mm/día	Diámetro copa 3 m	Diámetro copa 7,5 m	Diámetro copa 10,5 m	Diámetro copa 12,0 m
2,5	18	112	217	283
3,5	25	156	304	399
4,5	32	199	391	511
5,5	40	243	478	623
6,6	47	290	565	739
7,6	54	333	652	851
8,6	62	377	739	964
15,0	105	667	1.304	1.703

Nota: Los diámetros de copa de 3 m pueden asimilarse a plantas de 4 - 7 años de edad y los de 12 m a plantas de alrededor de 25 años. Los valores de tabla 18 – 112 hasta 1.703 corresponden a litros por planta y por día. Estos volúmenes de agua pueden aplicarse satisfactoriamente con sistemas de riego por goteo especialmente diseñados para el marco de plantación elegido.

METODOS DE RIEGO

Existen distintos métodos para aplicar eficientemente el agua de riego. Si bien es cierto que algunos pueden ser mas eficientes que otros en el uso del agua, el que permite alcanzar esa meta de eficiencia es el buen diseño. El mejor equipo por condiciones constructivas puede resultar ineficiente si forma parte de un sistema de riego con fallas graves de diseño. Estas fallas son consecuencia, generalmente, de descuidos en la consideración de todos los recursos disponibles para la planificación, descontando posibles errores de cálculo en el diseño hidráulico y agronómico. Debe entenderse también que no es posible tener certeza del comportamiento del riego hasta tanto no se hayan iniciado las labores de campo, pero todos los sistemas requieren de un monitoreo continuo que permita ir realizando los ajustes necesarios en condiciones reales de servicio.

Una clasificación de los métodos de riego puede ser la siguiente:

a) Aplicación aérea del agua:

Riego por gravedad.

Riego presurizado por aspersión.

Riego presurizado por goteo.

b) Aplicación subterránea del agua.

Tubería transpirante.

Manejo de la zona saturada sub-superficial.

Riego por gravedad

El riego por gravedad, consiste en la aplicación superficial del agua al suelo, ya sea inundando superficies definidas o bien conduciéndola por surcos de dimensiones adaptadas al cultivo.

El agua se desplaza en surcos o bien en parcelas bordeadas (o amelgas) cuyas dimensiones se planifican según cultivos, marcos de plantación, tipos de labores a realizar, condiciones de suelo y caudales disponibles.

Para este tipo de riego los predios deben ser sistematizados adecuadamente definiendo las pendientes y largo y ancho de las estructuras de riego; tanto los surcos como las amelgas podrán construirse con o sin pendiente, con retención en la cola o sin ella en ambas situaciones. El riego por gravedad exige una sistematización previa para que las unidades de riego queden conformadas con una pendiente adecuada que garantice el avance del agua por los surcos o las amelgas. Esta situación es la causa principal que hace que la eficiencia de aplicación del agua no siempre alcance valores superiores al 60%. El agua avanzando por un surco demora un cierto tiempo en recorrerlo completamente y al mismo tiempo el agua se va infiltrando en el suelo. Surge así una desigual distribución de la humedad en profundidad que siempre será mayor en la cabecera del surco con respecto a la cola del mismo. Una vez humedecida la longitud total del surco el agua se infiltra en toda su superficie, pero es inevitable que en la cabecera se haya alcanzado mas profundidad con respecto a la cola, causa principal que hace a la eficiencia de aplicación. Al tiempo que el agua tarda en recorrer la distancia cabecera-pié de surco se le llama "tiempo de avance o tiempo de mojado" y al segundo tiempo de infiltración; la suma de ambos da el tiempo total de riego.

Un adecuado diseño de surcos y amelgas requiere considerar el marco de plantación de la especie, pendientes, topografía, suelos y caudales disponibles.

En el caso de Pecán este método podrá utilizarse adecuadamente, pero siempre respetando condiciones que hagan a un adecuado diseño de los elementos de riego (surcos y/o amelgas).

Riego presurizado por aspersión

En este sistema de riego el agua es conducida bajo presión en tuberías adecuadas y distribuida bajo la forma de lluvia a nivel de los elementos emisores a aspersores de riego.

La implementación del sistema de riego por aspersión requiere contar con un equipo de bombeo presurizador y una red de distribución compuesta por tuberías y aspersores. Estos equipos pueden ser fijos, móviles portátiles y de desplazamiento continuo, como pivotes y enrolladores de manguera.

Si bien las plantas de Pecán son de porte alto y harían inconveniente una aplicación por sobre el follaje, bien podría instalarse un equipo sub-arbóreo utilizando los emisores adecuados a esta situación. Será cuestión de analizar el marco de plantación, los requerimientos hídricos

calculados para el lugar específico y diseñar la tubería de distribución que mejor se adapte a la situación.

En el riego por aspersión, al ingresar el agua sobre toda la superficie regada al mismo tiempo, se logra reducir a cero el tiempo de mojado y en consecuencia mejorar notablemente la eficiencia de aplicación del agua ya que la profundidad de humedecimiento es sensiblemente uniforme en toda el área y no hay pérdidas por escorrentía, como las que pueden darse en la cola de los surcos.

Por este motivo se dice que la aspersión imita a la lluvia.

Riego presurizado por goteo

En este caso el agua es conducida hasta el pie de cada planta mediante una tubería de pequeño diámetro, generalmente de polietileno, y entregada gota a gota a través de emisores especiales conocidos vulgarmente como goteros.

Al igual que en el sistema convencional de aspersión hará falta un sistema de bombeo, pero en este caso es fundamental contar con un cabezal de filtrado que asegure ausencia de sólidos en suspensión en las tuberías de transporte del agua que terminaría obturando los canales de salida de los goteros, que siempre son de muy bajo diámetro. También deberá proveerse un complemento de fertilización que trabaja inyectando los productos necesarios en la red. Se recomienda, para evitar problemas de obturación de tuberías, utilizar fertilizantes líquidos de alta solubilidad.

Dado que el marco de plantación del Pecán es muy abierto, la cantidad de laterales de riego por goteo a instalar sería muy inferior en comparación, por ejemplo, con una plantación de cítricos a 4 x 4 m. Si bien las plantaciones deberán llevar dos laterales de goteo por fila de plantas, uno a cada lado de la fila, no es necesario en una primera etapa de desarrollo instalar los dos laterales, lo que se irá completando con el crecimiento del Pecán. Esto puede representar una ventaja al momento de planificar la inversión total en el sistema de riego.

Las eficiencias de uso del agua son altas, atento a que no hay pérdidas de agua en la conducción ni por escorrentía y a que la entrega puede calibrarse de manera muy precisa en la base de cada planta.

Tubería transpirante.

Se trata de una tubería especial que tiene la propiedad ser finamente porosa y en consecuencia de “transpirar” a todo lo largo de la misma cuando es operada bajo una cierta carga de presión. En sus inicios se utilizó material proveniente de cubiertas automotores recicladas, que resultaban efectivas y de costo razonable. Las conducciones principales se construyen en PVC o en polietileno y desde ellas se derivan los tubos transpirantes (leake-pipe). Se recomienda también para esta variante de sistema, en caso de ensayar su uso, contar con un mínimo filtrado del agua

dado que los tubos transpirantes son de diámetro pequeño y pueden obstruirse.

En nuestro país no se cuenta con abundante experiencia.

Manejo de la zona saturada sub-superficial.

Debido a que en los suelos se registra ascenso capilar del agua a partir de la zona saturada existe la posibilidad de operar un sistema que sostenga un nivel saturado (nivel freático) cercano a la superficie del suelo a partir del cual, y por ascenso capilar, ingrese agua a la zona de raíces. En principio cabe decir que la operatividad resulta complicada y que algunos intentos llevados a cabo en la zona del Delta del Río Paraná no prosperaron.

Fuentes de agua y aptitud para riego

El territorio Argentino presenta alrededor de un 60% de tierras áridas y semiáridas donde el desarrollo agropecuario se ve limitado, en muchos aspectos, por la insuficiente disponibilidad de aguas de lluvia, superficiales y/o subterráneas.

La mayor cuenca hídrica la conforman los grandes ríos del litoral, Río Paraná y Río Uruguay con toda su red de afluentes, en correspondencia con la llanura Chaco-Pampeana. El régimen pluviométrico disminuye de este a oeste, al igual que la red hidrográfica, lo que es una característica natural de esta llanura.

Esto hace que en la mayoría de los casos no se disponga de una fuente superficial de agua en cantidad y calidad, sea de ríos o de espejos de agua como lagos y lagunas.

Las grandes obras de riego habilitan alrededor de 1.500.000 Ha servidas por el método gravitacional en condiciones de semi-aridez. En la zona Cuyana el aprovisionamiento del agua es a partir de ríos cordilleranos reforzados por gran cantidad de batería de pozos que explotan el agua subterránea. En la zona húmeda de la Argentina, donde se practica riego suplementario, la fuente de agua es primordialmente subterránea. Al respecto caben algunas consideraciones de importancia en cuanto hace a caudales de explotación racional y aptitud con fines de riego.

Dentro de la Pampa Húmeda se localiza el acuífero Pampeano, de origen cuaternario, cuyo primer nivel de explotación es la freática. En profundidad se localizan niveles saturados que se comportan como acuíferos y que pueden ser explotados con fines agrícolas. El conocido acuífero Puelche, constituido por las arenas puelches, tiene su techo a una profundidad media de 50 m, con espesores saturados variables y rendimientos según zona de localización. Este acuífero se extiende desde margen izquierda del Río Salado hasta la ribera del Río de la Plata, ingresando al sur de la Pcia. de Santa Fe y aflorando las arenas Puelches en algunos sectores de la Pcia. de Entre Ríos.

En cuanto a la aptitud de las aguas subterráneas con fines de riego en Pampa Húmeda, cabe decir que se obtienen resultados disímiles en los protocolos de análisis, aún tratándose de perforaciones cercanas a la misma profundidad. La calificación que se haga del recurso depende de las pautas que se adopten para esos fines y del tipo de riego que se intente practicar. Hay que decir que, para riego suplementario, las precipitaciones naturales ejercen un mecanismo de regulación dentro de las alteraciones que pudieran provocarse con el riego sobre el suelo, pero

no todos los casos son iguales. Las aguas subterráneas son, en general para esta zona, del tipo bicarbonatadas sódicas, categorías C2 y C3 para salinidad y S2 y S3 para sodicidad según el Laboratorio de Salinidad de los EE.UU (Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América. 1977). Evaluando con las Directrices de FAO, muchas aguas que se consideran poco aptas en base al sistema anterior, entran en categoría de aptitud con fines de riego siempre y cuando se tenga cuidado en encuadrar la situación en los criterios que enmarcan esas directrices y su aplicabilidad.

Las clasificaciones de aptitud no deben aplicarse rígidamente, sino que debe considerarse cada caso en particular para definir cual puede ser el mejor sistema de riego y la operatividad a que deba ajustarse.

Bibliografía

- Auge M. 2003. Hidrogeología Argentina. Apuntes de los cursos de Grado del –Depto. de Geología de la F.C.E y N. de la UBA.
- Ayers R.S. y D.W. Westcot. 1976. La calidad del agua para la agricultura. Estudios FAO Riego y Drenaje N° 29. FAO, Roma
- Chambouleyrón J. 1993 Riego y Drenaje. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.
- Daniell J.W. Importance of Water For Pecans, Chapter 5 Irrigation. University of Georgia, USA.
- Doorenbos J. y W.O Pruitt. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudios FAO Riego y Drenaje N° 24 . FAO, Roma, Italia.
- Fuentes Yagüe J.L. 2003 Técnicas de riego. Ediciones MUNDI PRENSA. Madrid, España.
- Gurovich L.A. 1978. Principios fundamentales y métodos de riego. Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Agronomía. Chile.
- INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Agencia Delta del Paraná: Proyecto Pecán. Información página web: www.inta.gov.ar
- Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos de América. 1977. Suelos Salinos y Sódicos. L.A.Richards, Editor. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Editorial Limusa. México.
- Lui E. 1995. Evaluación de las alternativas de riego y sus costos para los valles De Colonia Josefa, Negro Muerto y Guardia Mitre. Informe Final C.F.I y Dirección General de Bosques de Río Negro. Viedma Argentina.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Estadísticas climáticas de la República Argentina períodos 1969-70 y 1971-80.
- Stein L.A y J.W. Worthington. 1996. Water Management. Associate Professor And Extension Horticulturist, District 10, P.O. Box 1849. Uvalde, Texas.

1.3.1. REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL ALMENDRO

Periodos importantes en el Riego

En el cultivo de la almendra, si queremos mantener siempre niveles óptimos de producción y calidad de la fruta, no debemos dejar que la cantidad de agua sea un factor limitante, por ende debemos poner un cuidado adicional en dos etapas:

El periodo inicial de brotación, floración, polinización y cuaja es un periodo en donde no puede faltar agua (dura aproximadamente 30 días), ya que una escasez del recurso hídrico puede ser devastador, sin embargo, en los lugares de Chile donde se encuentran las plantaciones de almendros, la escasez de agua es poco probable debido a la gran cantidad de agua caída en el periodo invernal.

En el periodo de rápido crecimiento del fruto, el déficit hídrico puede provocar un aumento en la caída de los frutos cuajados y reducción del tamaño de la semilla, que es lo comercializado en este caso. (Tamaño final de la almendra a fines de diciembre principios de enero).

EL RIEGO COMO CONTROL DE HELADAS

Las heladas son un problema que genera un gran impacto y grandes pérdidas en la fruticultura del almendro, esto debido a su temprana floración lo que expone a la planta a un grave riesgo, y al productor a pérdidas completas en algunos casos.

Existen diversos métodos de control de heladas en un huerto de almendro como por ejemplo el uso de calefactores o quemadores, el control mediante ventilación mecánica y otro método muy efectivo en la guerra de los fruticultores contra las bajas temperaturas, el cual es mediante el riego por aspersión.

El sistema de riego por aspersión funciona rociando agua a las plantas de manera continua por un periodo de tiempo ($t^{\circ} < 2^{\circ}\text{C}$, hasta una hora después de que ha salido el sol), generando energía calórica a los tejidos y así disminuye el enfriamiento. Un problema que presenta este método de riego es el generar un ambiente muy húmedo, lo que permite la presencia de enfermedades, especialmente en floración.

MÉTODOS DE RIEGO

RIEGO POR SUPERFICIE: Es el método de riego más antiguo, y todavía usado de forma generalizada en muchos países. El riego se puede aplicar de diferentes maneras: por surco, por alcorques, a manta, por sumersión y en cualquier caso exige bastante práctica y una cuidadosa nivelación para que el riego resulte homogéneo.

RIEGO POR ASPERSIÓN: Existen numerosos sistemas de riego por aspersión; todos tienen por objeto homogeneizar el reparto de agua en el suelo ya que la difusión es circular.

Tiene la ventaja, en comparación con los de superficie, de que evita una inundación y encharcamiento del suelo que puede resultar perjudicial al crecimiento en ciertos cultivos. La aspersión debe tener un gasto horario adaptado a la textura y dar gotas tan finas que no

apelmacen el suelo en su zona superficial; este inconveniente desaparece evidentemente en caso de tener una cubierta vegetal.

La capacidad de absorción de un suelo varía de 5 a 50 mm/hora. Es muy fácil, y a la vez necesario, precisar estos puntos en el momento del cálculo de la instalación de aspersores.

RIEGO POR GOTEO.- El objetivo de este sistema es poner a disposición del árbol el agua necesaria para su consumo limitando al máximo las pérdidas por evaporación (Grasselly, 1984). El número de riegos es variable pudiendo oscilar en líneas generales de dos a cuatro, según la pluviosidad de unos años a otros. Se puede considerar un riego a la brotación, con lo que se favorece una buena floración y cuaje que puede ser según zonas a finales de diciembre-enero o principios de febrero. Otro riego puede ser en primavera posterior al cuaje hacia el mes de abril que beneficia la vegetación y desarrollo de frutos; y por último, otro por los meses de junio o julio, época de gran actividad vegetativa que aumenta el rendimiento y favorece el desprendimiento de la cáscara (López, 1972).

Todos los riegos deberán ser moderados, pues el exceso de humedad les perjudica mucho por la asfixia de las raíces en los suelos arcillosos que se encharcan y de otra parte por favorecer el desarrollo de la posible podredumbre radical (López, 1972).

Se debe utilizar el sistema de riego más adecuado a los recursos económicos y tipo de suelo (el riego por aspersión siempre es recomendable); cuidar especialmente los riegos durante los dos primeros años de la plantación; evitar encharcamientos ya que las raíces son sensibles a la asfixia por exceso de humedad; entre el mes de abril y el momento de la cosecha (que depende de la variedad) distribuir de 1000 a 3000 m³ de agua por hectárea entre 5 y 7 riegos (Queralt, 1987).

1.3.1. REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL PISTACHO

Los requerimientos hídricos varían en función del suelo y la exposición. Para el cultivo en seco, se ha sugerido un límite máximo anual de 700 mm de lluvia y 3 meses de sequía. Bajo los 400 mm de precipitaciones al año, sólo puede cultivarse en condiciones de riego. Por su condición freatófita, resiste mejor que almendros y nueces las condiciones de sequedad en el suelo. Pero al igual que éstos, presenta problemas en suelos muy húmedos.

1.4. Requerimientos de suelos de las especies en estudio.

1.4.1. REQUERIMIENTOS EDAFICOS DEL PECAN

El pecán es capaz de crecer en una amplia gama de suelos, obteniéndose un mejor desarrollo y producción en aquellos con textura media, de 1 a 2 m de profundidad, alta capacidad de retención de humedad y buen drenaje. Los suelos que poseen napa freática alta, capas impermeables, alto contenido de arcillas no son adecuados para el establecimiento de la especie.

La variabilidad de adaptación de la especie, tanto a suelos alcalinos como a suelos ácidos, es amplia, creciendo satisfactoriamente en un rango de pH entre 5 a 8. Sin embargo, la presencia de altos contenidos carbonato de calcio en el suelo puede provocar fitotoxicidad en las hojas y síntomas de falta de hierro. Además, concentraciones superiores a 1000 ppm de sales totales disueltas, más de 300 ppm de cloruros o más de 0.5 ppm de boro en agua de riego, provocan quemaduras en las hojas y algún grado de defoliación, especialmente durante el verano.

1.4. Requerimientos de suelos de las especies en estudio.

1.4.1. REQUERIMIENTOS EDAFICOS DEL ALMEDRO

El suelo es un componente fundamental para el crecimiento del almendro, por esto es que existen requerimientos mínimos que el cultivo exige para crecer en buenas condiciones, a continuación un cuadro en donde se pueden observar las condiciones óptimas de crecimiento y rendimientos:

Cuadro N°2: Condiciones óptimas de suelo

Textura	Francas a gruesas
Drenaje	Sin nivel freático a nivel a 110 cm.
Pedregosidad	Entre 0 y 35 % piedras
Pendiente	Desde sin pendiente hasta un 18 % inclinación
Salinidad (conductividad eléctrica)	Tolera 21.6 mmhos/cm.
Acidez (pH)	Entre 5.5 y 9.0
Profundidad	Entre 65 y 90 cm. (según compactación)

En términos generales se puede decir que los requerimientos del almendro son, con las diferencias propias de cada variedad, suelos francos, no húmedos bien labrados y profundos, secos, ligeros, pedregosos y permeables. No sufre con las sequías debido a sus raíces profundas y soporta bien la presencia de calcáreos. (Hauviller, 1973).

1.4.1. REQUERIMIENTOS EDAFICOS PARA EL PISTACHO

Puede desarrollarse en una amplia gama de suelos (pobre, calcáreos, altamente alcalinos o ligeramente ácidos, salinos), aunque prefiere los franco-arenosos, profundos, bien drenados, con valores de pH comprendidos entre 6 y 8. Es bastante resistente a la sequía y poco tolerante a períodos muy prolongados de humedad, por ello es necesario que los suelos no tiendan a la compactación (Crane y Maranto, 1988).

El contenido calcáreo no debe ser inferior del 10%, siendo muy importante este elemento en la formación de los frutos, al tratarse de una especie especialmente calcícola. Soporta muy bien el zinc, pues sus raíces lo absorben selectivamente.

Se ha comprobado que el pistacho injertado sobre terebinto, vive en terrenos poco profundos, pedregosos y hasta en medio de rocas.

En terrenos profundos y fértiles (poco empleados para el pistacho) se obtienen muy buenos resultados, llegando a duplicar la producción.