

**“VALIDACION Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA DE RIEGO
Y SISTEMAS PRODUCTIVOS EN AREAS REGADAS,
SISTEMA PALOMA, IV REGION. (PROVALTT – PALOMA)**



Gobierno Regional de Coquimbo
Ministerio de Agricultura
Comisión Nacional de Riego
Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Convenio: FNDP – CNR – INIA



ESTIMACION DE LA DEMANDA DE AGUA EN LOS CULTIVOS



PROGRAMACIÓN DE RIEGO

1. SUMINISTROS Y NECESIDADES DE AGUA.

CENTRO DE DOCUMENTACION
COMISION NACIONAL DE RIEGO

1.1. APOORTE DE AGUA

¿ De dónde sacan agua las plantas ?

Definitivamente la sacan desde el suelo, donde tienen su sistema de raíces (Figura 1), el cual presenta diferentes profundidades según el cultivo; como se indica en la Tabla 1.

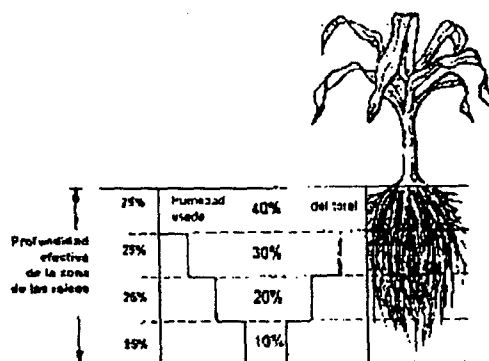


Figura 1: Aprovechamiento de la humedad del suelo por las raíces de las planta.

Tabla 1: Profundidad efectiva de las raíces en el caso de diversos cultivos en la fase de maduración, en suelos profundos y homogéneos.

Cultivos	cm
Alfalfa	90 - 180
Porotos	50 - 90
Cítricos	120 - 150
Crucíferas (repollo, brócoli, coliflor)	30 - 60
Cucurbitáceas (pepino ensalada, melón)	75 - 125
Frutales	100 - 200
Cereales	60 - 150
Uva	75 - 180
Leguminosas	50 - 125
Maíz	75 - 160
Olivo	100 - 150
Cebolla	30 - 75
Pastos	60 - 100
Pimiento	40 - 100
Papa	30 - 75
Frutillas	20 - 30
Tomate	40 - 100
Hortalizas en general	30 - 60

¿ Cuánta agua puede aportarle el suelo a la planta ?

Va a depender principalmente del tipo de suelo en el que está el cultivo: arcilloso, arenoso, intermedio (franco).

En la Tabla 2 se muestra la cantidad total de agua que 1 metro de suelo puede proporcionarle al cultivo; pero no toda esta agua la puede sacar fácilmente y normalmente se dice que sólo la mitad está disponible, lo que se indica en la Tabla 2.

Tabla 2: Agua disponible en el suelo para los cultivos.

Textura	Agua total utilizable por el cultivo (mm/m de suelo)	Agua fácilmente utilizable por el cultivo (mm/m de suelo)
Arenoso	80	40
Franco arenoso	120	60
Franco	170	85
Franco arcilloso	190	95
Arcilloso	230	115

¿ En qué momento está disponible ésta agua ?

Ella está disponible después de 24 a 48 horas de haber realizado un riego, mediante un sistema tradicional (surcos, por ej.), o bien haber ocurrido una lluvia intensa.

Cuando el suelo tiene disponible ésta agua, se dice que está en condiciones de Capacidad de Campo y cuando él está muy seco, se dice que está en condiciones de Marchitez Permanente (Figura 2).

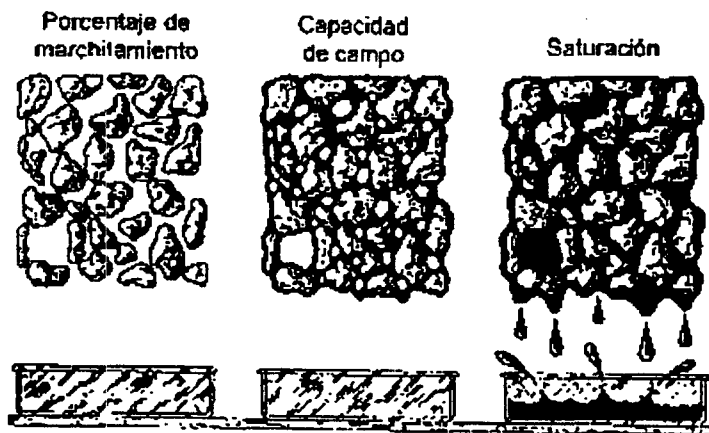


Figura 2: Distintas condiciones de humedad en el suelo.

Del total de agua contenida en el suelo, las plantas absorben una fracción o volumen denominada **agua aprovechable** o **agua útil**, que corresponde al agua retenida entre el punto de marchitez permanente y la capacidad de campo del suelo. En términos prácticos, será oportuno regar cuando las plantas hayan extraído del suelo la mitad del agua aprovechable.

1.2. DEMANDA DE AGUA DEL CULTIVO

Una vez estimada la cantidad de agua disponible en el suelo, es necesario evaluar la demanda del cultivo, en este caso representada por la evapotranspiración. Sólo de esta forma sabremos la cantidad de agua necesaria de ser entregada a través del riego, para cubrir la totalidad de las necesidades del cultivo en sus distintas fases de desarrollo.

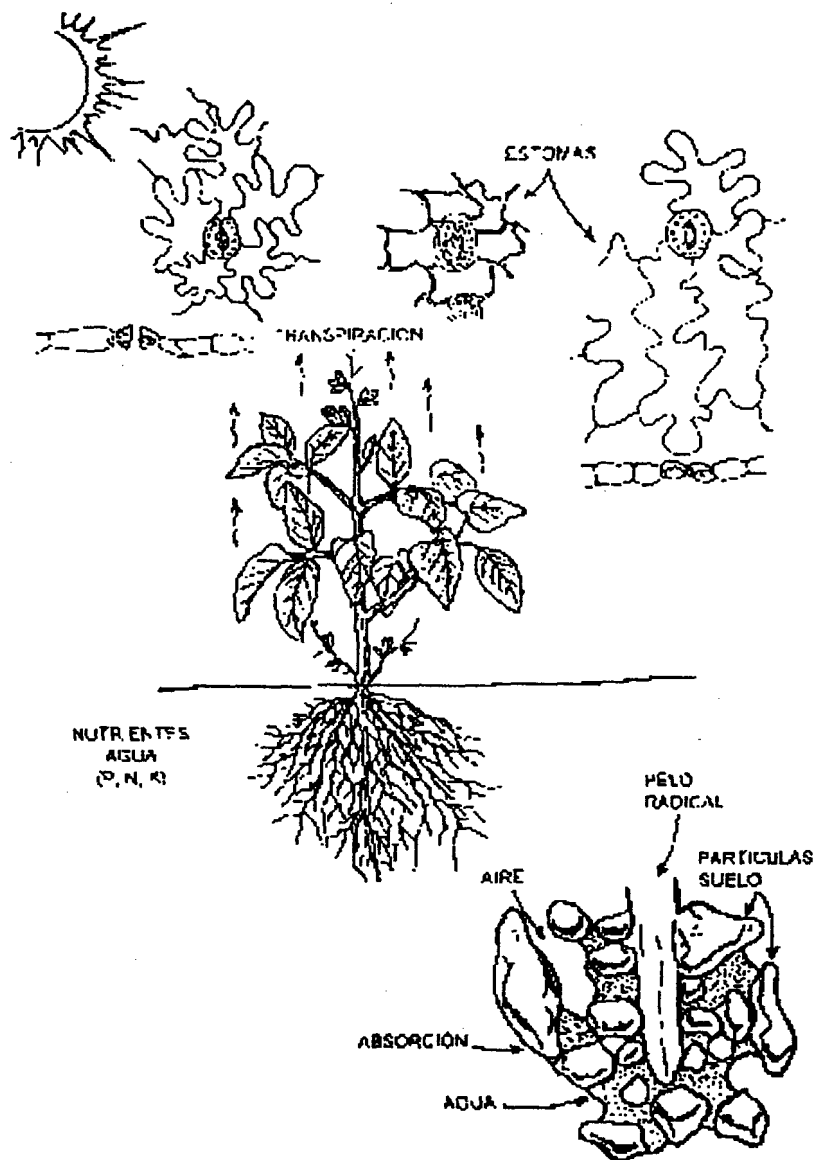


Figura 3: Esquema de los procesos de absorción y transpiración de agua.

2. PROGRAMACIÓN DEL RIEGO.

La programación de riego tiene por finalidad cuantificar, relacionar y equilibrar los montos de agua disponibles en el suelo y la evapotranspiración del cultivo, para luego entregar, vía riego, el agua necesaria para satisfacer adecuada y oportunamente las exigencias del cultivo.

Para fines de diseño de un sistema de riego presurizado se debe considerar valores de Evaporación de bandeja del mes de mayor consumo de agua por la planta, lo que generalmente ocurre en los meses de verano (diciembre - enero - febrero); época en que la planta transpira una mayor cantidad de agua.

¿ Como determinar las demandas de agua del cultivo ?

Para esto es necesario hacer algunos cálculos que apuntan específicamente a estimar la Evapotranspiración del cultivo, a través de una estimación de la Transpiración de las plantas y de la Evaporación de agua que ocurre desde el suelo. Conociendo la Evapotranspiración diaria, podremos saber cuánta agua necesitamos aplicar. Puede usarse el Evaporímetro de Bandeja Clase A, que es de fácil instalación en cualquier predio.

La demanda de agua del cultivo o Evapotranspiración del cultivo (ETc) depende del estado de desarrollo en que se encuentre el vegetal, en este caso, brotación, desarrollo de frutos, cosecha; de las condiciones climáticas como temperatura, humedad relativa y viento; de las características del suelo como profundidad, textura, infiltración, pedregosidad, estratas, y de la disponibilidad de agua que se tenga.

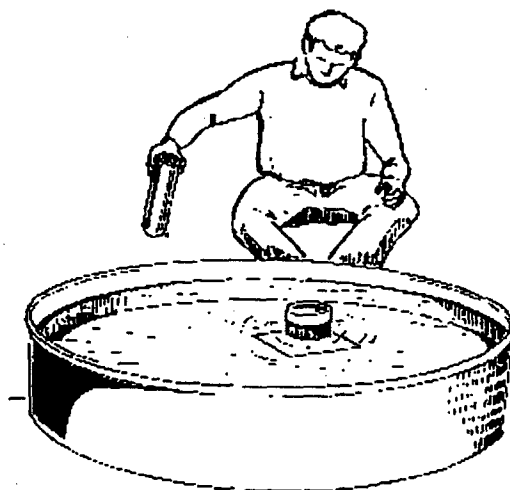


Figura 4: Medición de la evaporación en una bandeja de evaporación Clase A.

De esta forma la evapotranspiración del cultivo (Etc) es igual a

$$ETc = EB \times Kp \times Kc$$

(mm/día)

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo en mm/día.

EB = Evaporación desde la bandeja en mm/día.

Kp = Coeficiente de bandeja.

Kc = Coeficiente de cultivo.

Kp = Es un factor característico del evaporímetro (o Bandeja de Clase A) y depende de las condiciones donde esté instalado. Varía normalmente entre 0,6 y 0,8.

Kc = Es un factor que varía según el tipo de cultivo y según las distintas etapas de desarrollo. En la Tabla 3 aparecen los valores utilizados para los cultivos establecidos en la UVAL.

Tabla 3: Coeficiente de cultivo Kc.

	CULTIVO	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	PALTO	0.77	0.71	0.63	0.54	0.43	0.3	0.27	0.42	0.58	0.7	0.78	0.81
2	HIGERA	0.75	0.75	0.75	0.75	0.60	0.60	0.60	0.60	0.75	0.75	0.75	0.75
3	MANDARINA	0.71	0.71	0.7	0.68	0.67	0.64	0.63	0.66	0.68	0.7	0.71	0.71
5	DAMASCO	0.95	0.82	0.54	0.3	0.19	0.15	0.17	0.25	0.4	0.63	0.88	0.96
6	DURAZNO	0.95	0.82	0.54	0.3	0.19	0.15	0.17	0.25	0.4	0.63	0.88	0.96
7	PACANO	0.9	0.9	0.8	0.75	0.65	0.35	0.25	0.2	0.5	0.7	0.85	0.9
8	NOGAL	0.98	0.88	0.69	0.49	0.31	0.15	0.09	0.13	0.23	0.44	0.69	0.92
9	ALMENDRO	0.61	0.61	0.61	0.54	0.38	0.23	0.07	0.22	0.33	0.42	0.52	0.56
10	VID	0.8	0.76	0.61	0.5	0.35	0.23	0.2	0.24	0.33	0.5	0.71	0.8
11	OLIVO	0.55	0.55	0.55	0.6	0.65	0.5	0.5	0.5	0.65	0.6	0.55	0.55

Fuente: James, L. 1993. Chapter I Irrigation requirements and scheduling. Principles of farm irrigation system design. 1-60.

Ejemplo:

En el área Camarico, la máxima evaporación de bandeja se registró en el mes de diciembre y alcanzó los 285 mm/mes, equivalentes a 9,19 mm/día. Si estamos cultivando 10 hectáreas de Vid con un marco de plantación de 3 x 3 m (1.111 plantas/ha) la demanda del cultivo o ETc, será igual a :

Datos:

EB = 9,19 mm/día

Kp = 0,75

Kc = 0,90 (Valor mayor para condiciones de diseño)

$$ETc = 9,19 \times 0,75 \times 0,90 = 6,20 \text{ mm/día}$$

¿ Cómo transformar mm/día en litros/planta/día ?

Para transformar milímetros por día (mm/día) a litros/planta/día, basta con multiplicar los mm/día por el marco de plantación (M.P.) y por el porcentaje de cubrimiento (P.C.) del follaje en relación al marco de plantación. De esta forma la **Demanda Neta del Cultivo (D.N.C.)** será la siguiente:

$$D.N.C. = \frac{ET_c \times M.P. \times P.C.}{100}$$

El valor del porcentaje de cubrimiento (P.C.) varía según el estado de desarrollo del cultivo, siendo cercano al 100% en plena producción.

Datos:

ET_c = 6,20 mm/día

M.P. = 3 x 3,0 m (9 m²)

P.C. = 90%

$$D.N.C. = \frac{6,20 \times 9,0 \times 90}{100} = 50,22 \text{ litros/planta/día}$$

Pero como los métodos de riego que utilizamos no son 100% eficientes, la **Demanda Real o Bruta (D.B.C.)** será igual a la demanda neta dividida por la eficiencia. Si estamos regando por goteo esta eficiencia será igual al 90% (Tabla 5). Luego la Demanda Bruta será :

$$D.B.C. = \frac{50,22 \times 100}{90} = 55,80 \text{ lt/planta/día}$$

Tabla 5: Eficiencia de aplicación de agua según el método de riego utilizado.

Método de riego	Eficiencia de aplicación (%)
Tendido	30
Surco	45
Borde recto	50
Borde en contorno	60
Pretilles	60
Taza	65
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Goteo (cinta)	90

¿ Durante cuanto tiempo al día se va a regar el cultivo ?

Esta interrogante ha de despejarse calculando el Tiempo de Riego Diario (T.R.D.) con la siguiente relación:

$$T.R.D. = \frac{D.B.C.}{n.g. \times qg}$$

Donde :

D.B.C. = Demanda Bruta del Cultivo

n.g. = Número de goteros (3)

qg = Caudal del gotero (4 l/h)

De esta forma el tiempo de riego diario será igual a :

$$T.R.D. = \frac{55,80 \text{ (litros/día)}}{3 \times 4 \text{ (litros/hora)}} = 4,65 \text{ horas/día}$$

Es decir, las plantas, o cada sector de riego, deberán regarse durante **4,65 horas al día**, en el mes de máximo consumo, en este caso el mes de Diciembre.

En la Tabla 6 se resumen los antecedentes relativos a la demanda del cultivo, para el mes indicado, determinándose finalmente el tiempo de riego:

Tabla 6. Demandas de agua y Tiempo de riego para un cultivo de vid pisquera en el mes de diciembre.

Antecedentes	Diciembre
<u>DEMANDA DE AGUA</u>	
EB (mm/mes) (diciembre)	285
EB (mm/día)	9.19
Kp	0.75
Kc	0.90
ETc (mm/día)	6.20
ETc (m ³ /ha/día)	62
Marco de plantación (m x m)	3 x 3
Area para cada planta (m2)	9
Porcentaje de cubrimiento (%)	90
Demanda Neta del Cultivo (l/planta/día)	50.22
Eficiencia de aplicación del agua (%)	90
Demanda Bruta del Cultivo (l/planta/día)	55.80
<u>APORTE DE AGUA</u>	
Número de goteros por planta	3
Caudal de cada gotero (l/hora)	4
Aporte de agua por los orificios a cada planta (l/h)	12
<u>TIEMPO DE RIEGO</u>	
Tiempo de riego diario del cultivo (horas)	4.65

Para los otros meses el procedimiento es el mismo, pudiendo también usar la **Tabla 7** para la estimación del tiempo de riego. El uso de esta tabla es muy apropiado cuando no se desea hacer cálculos. En ella se indican los Tiempos de Riego Diarios para un cultivo de parronal de 5 años de edad, plantado a una distancia de 3 x 3 metros, con tres goteros por planta de 4 litros/hora cada uno.

El calendario de riego, indicado en la **Tabla 7**, puede ser confeccionado para cada cultivo en particular, considerando los aspectos enunciados en los capítulos anteriores.

El manejo del calendario es bastante simple, requiriendo sólo de información de bandeja, la que debe ser tomada o solicitada diariamente por el agricultor. El conocimiento de los estados de desarrollo es de fácil determinación, lo que se hace con una simple observación visual del cultivo.

Para obtener el tiempo de riego, en minutos, se debe tener la lectura de la evaporación y enfrentarla en la columna de los estados de desarrollo correspondiente. En el punto de intersección entre las filas y columna se encontrará el tiempo de riego correspondiente.

3.4 Ejemplo de cálculo de tiempos de riego, utilizando tablas.

Tabla 3: Tiempo de riego para palto

SECTOR 2	MILIMETROS DE EVAPORACION POR DIA (mm / día)											
Cultivo: Palto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fecha	TIEMPO DE RIEGO (minutos)											
Enero	6	12	18	24	30	37	43	49	55	61	67	73
Febrero	6	13	19	25	32	38	44	51	57	63	70	76
Marzo	5	11	16	21	26	32	37	42	48	53	58	63
Abril	4	8	11	15	19	23	27	30	34	38	42	46
Mayo	4	7	11	14	18	21	25	28	32	36	39	43
Junio	3	7	10	13	16	20	23	26	29	33	36	39
Julio	3	7	10	14	17	21	24	28	31	35	38	41
Agosto	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48
Septiembre	5	10	16	21	26	31	37	42	47	52	58	63
Octubre	8	15	23	31	39	46	54	62	69	77	85	93
Noviembre	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Diciembre	12	24	36	48	60	73	85	97	109	121	133	145

¿ Cuantas horas al día dispongo para el riego del huerto ?

Esta interrogante obliga a definir el concepto de Horas Laborables, es decir el número de horas disponibles para el riego al día. Un proyecto de riego tecnificado debe diseñarse para que los equipos instalados tengan un uso intensivo en el período de mayor demanda de agua, de lo contrario, su utilidad es bastante discutible. En este sentido, la Ley de N° 18.450, de Fomento a la Inversión de Obras de Riego y Drenaje, administrada por la Comisión Nacional de Riego, estipula en su reglamento que los equipos deben diseñarse para tiempos mínimos de funcionamiento de **12 horas**, en proyectos de pequeños agricultores y de **18 horas** en proyectos de agricultores medianos y grandes.

En tales circunstancias, y para efecto de nuestro ejemplo, el número de sectores de riego quedará definido de la siguiente forma para el caso de pequeños agricultores:

$$\text{Nº sectores de riego} = \frac{12 \text{ horas}}{4,6 \text{ horas}} = 2,58 \text{ sectores} \approx 3 \text{ sectores}$$

El número de sectores de riego para el caso de agricultores medianos y grandes será:

$$\text{Nº sectores de riego} = \frac{18 \text{ horas}}{4,6 \text{ horas}} = 3,87 \text{ sectores} \approx 4 \text{ sectores}$$

Durante la temporada de riego, *¿Cuánto tiempo y con qué frecuencia se debe regar?*

El Tiempo de Riego, como se vio al inicio, depende del cultivo y de las condiciones climáticas en que se encuentre éste, pudiéndose calcular los Tiempos de Riego Diario (T.R.D.) para cualquier condición del cultivo, siguiéndose la metodología explicada anteriormente.

Su mayor problema podría ser la obtención de la Evaporación de bandeja (EB). En ese caso lo más recomendable es que Ud. adquiera una bandeja de evaporación y la maneje en el predio y de esa forma genere su propia información.

Con esta metodología, diariamente se repone el agua consumida por la planta el día anterior, considerándose al suelo como una fuente de almacenaje transitoria.

De esta forma se trata de mantener una humedad constante del suelo, cercana a la Capacidad de Campo; es decir, la planta se desarrolla en un ambiente óptimo de humedad, sin sufrir estrés hídrico, dándose las condiciones para que exprese su máxima potencial de producción.

3. Coeficiente de Uniformidad (CU).

La uniformidad del riego en una instalación depende de numerosos factores, algunos más difíciles de controlar que otros. Según Salomon (1985) dentro de las causas que harían perder la uniformidad del riego se encuentran :

- Obturaciones
- Número de emisores por planta
- Coeficiente de variación de fabricación de emisor
- Variaciones de presiones
- Sensibilidad del emisor a la temperatura

Este concepto adquiere importancia si pensamos que el diseño del equipo se realiza basándose en el caudal que entrega el fabricante de los emisores y que una vez hecha la instalación, este caudal varía por los factores antes mencionados. Los tiempos de riego diarios (TRD) también están calculados sobre la base de ese caudal de fabricación, por lo cual al existir desuniformidad en los emisores (que emitan distintos cuadales) algunas plantas recibirán menos agua de la que realmente necesitan y otras estarán recibiendo mas, con la respectiva pérdida de productividad asociada.

Para comprobar la uniformidad del sistema, se sugiere que una vez finalizada la instalación del equipo se realice una prueba de uniformidad, la cual se explica a continuación. Además es recomendable estar chequeando el sistema por lo menos una vez al año.

$$CU = 100 \times (q_{25\%} / q_a),$$

donde

CU : Coeficiente de Uniformidad

q 25% : Media del 25 % de las observaciones de los valores mas bajo

q a : Media de todos los valores

Aunque de menor utilización que la formula anterior , Keller y Karmeli tambien definieron un coeficiente de uniformidad absoluto en el que, además , se tiene en cuenta el exceso de riego

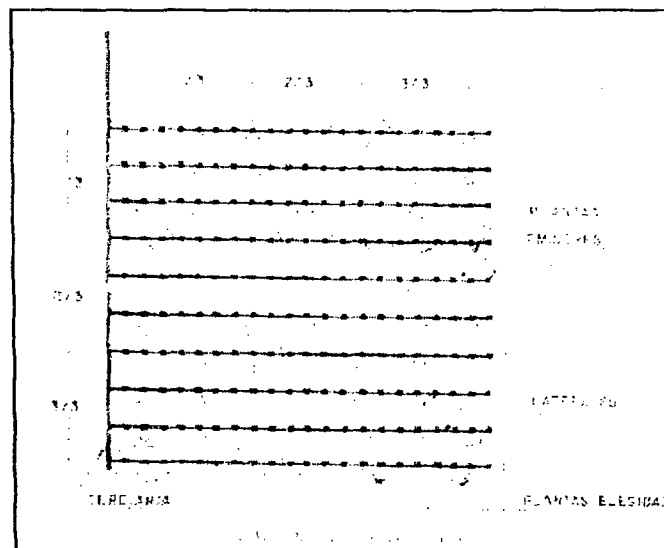
$$CU = 100 \times 0.5 ((q_{25\%} / q_a) + (q_a / q_{max}))$$

donde :

q 25% : Media del 25 % de las observaciones de los valores mas bajo

q a : Media de todos los valores

q max : Media del 12,5 % de las observaciones de los valores mas altos



Siguiendo todas estas indicaciones, se obtendrá el mayor beneficio del método de riego y se podrá garantizar una larga vida útil del sistema, siendo lo normal entre 8 y 10 años, para la mayoría de sus elementos.

DIA DE CAMPO PROVALTT - SISTEMA PALOMA.



GOBIERNO DE CHILE
Ministerio de Agricultura
INIA Intihuasi
Oficina Técnica Limarí

*“La producción de frutales de
hoja persistente”.*

*Relacionada con aspectos
técnicos-económico
referentes a especies como:
Palto, Cítricos y Olivos.*

Rapel, 24 de Agosto de 2000.

EL CULTIVO DEL PALTO.

A. ANTECEDENTES GENERALES.

La producción de paltas se ha transformado en los últimos años en un negocio con características propias, que ha adquirido una posición destacada dentro del sector frutícola, dominada por especies como uva de mesa, manzanos y carozos.

A principios de la década de 1990 el área destinada al cultivo del palto abarcaba alrededor de 7.665 hectáreas, lo que revela una expansión del orden de un 120%, en relación a las casi 17 mil hectáreas informadas por el INE en el Censo de 1997.

En los próximos años, según estimaciones del Comité de Paltas de Fedefruta, el área destinada a paltos seguiría incrementándose pero a una tasa inferior a la registrada hasta ahora. La entidad proyecta para el año 2005 una superficie total de paltas del orden de 24.550 hectáreas, de las cuales algo más de un 73% estaría constituido por la variedad Hass. Lo anterior, implica un ritmo de plantación anual del orden de un 4%, en circunstancia que el promedio entre 1995 y 1998 fue de casi un 13%.

Es preciso destacar que existe una alta concentración geográfica de las plantaciones, debido a razones de orden agroclimáticas y a los requerimientos propios de la especie.

B. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL PALTO.

a) Requerimientos climáticos de la especie.

El palto puede cultivarse desde el nivel del mar hasta los 2.500 m.s.n.m.; sin embargo, su cultivo se recomienda en altitudes entre 800 y 2.500 metros, para evitar problemas con enfermedades, principalmente de las raíces.

El factor que tiene mayor incidencia en el desarrollo del cultivo es la temperatura. Debido a su origen tropical, el palto puede sufrir trastornos en su desarrollo cuando se establece en áreas con temperaturas extremas. En climas subtropicales, las temperaturas frías del invierno y las temperaturas insuficientes de primavera, pueden provocar daños directos en los árboles o bien afectar negativamente la floración y la cuaja de frutos.

Se considera que con temperaturas medias de 10°C el palto es capaz de brotar. El crecimiento posterior estará en relación directa con el incremento de la temperatura. Una alta fructificación se obtendrá con un rango de temperatura entre 25°C en el día y 20°C durante la noche. En diversas áreas productoras de paltos se ha observado un buen comportamiento de los árboles, en cuanto a vigor y producción, con temperaturas medias en la época de floración de 18 a 20°C. Lo importante es que las

temperaturas medias mínimas y máximas no sean inferiores a 15°C y superiores a 26°C. Cuando las temperaturas son inferiores a las mencionadas, la producción puede disminuir severamente.

El problema de las heladas es la principal limitación para el establecimiento de un huerto de palto en un área específica. De acuerdo a diversas investigaciones, las temperaturas de tolerancia límite para las variedades más conocidas son las siguientes:

Variedad	Temperatura (°C)
Hass	-1
Fuerte	-2
Zutano	-3.5
Bacon	-4.5
Negra de La Cruz	-5

El daño por la helada varía y depende de la duración de la baja temperatura, la época en que ocurre, el estado de desarrollo de los brotes y del vigor del árbol.

Otro elemento climático importante para el palto es el viento, ya que en exceso es capaz de provocar roturas de hojas y frutos, caída de frutos, rotura y desganche de ramas y por último impide una adecuada actividad de las abejas dificultando el proceso de polinización de las flores. En zonas ventosas se debe considerar la utilización de cortinas cortavientos artificiales o naturales.

b) Requerimientos de suelo para palto.

Las condiciones de suelo óptimas para el establecimiento del palto y que permiten el mejor resultado productivo son las siguientes:

Profundidad: Suelos con una profundidad de 1 metro resultan excepcionales para el cultivo del palto. En los casos en que esto no ocurra se pueden utilizar camellones de tal modo de aumentar la profundidad efectiva del suelo. En este caso se debe utilizar un sistema de riego por goteo o microaspersión.

Textura y estructura: El palto es muy sensible a la asfixia radicular. Si disminuye la cantidad de oxígeno en el suelo, el crecimiento se torna más lento y es común que se manifiesten algunos problemas de enfermedades de hongos como el marchitamiento provocado por *Phytophthora cinnamoni*. Por esta razón se deben descartar suelos muy arcillosos y no estructurados. Se deben preferir suelos con texturas francas, bien estructurados con niveles de materia orgánica superiores a un 3% y a lo menos moderadamente profundos (de más de 60 cms.)

Drenaje: Es muy recomendable un buen drenaje, debido a que el palto no tolera condiciones de falta de oxígeno en el suelo. Si el suelo presenta mal drenaje, una

manera de alejarse de la napa freática consiste en hacer camellones de 60 cms. y plantar sobre ellos. No obstante, este tipo de suelos normalmente presenta problemas de acumulación de sales.

Salinidad: Los suelos de las regiones áridas y semiáridas generalmente presentan acumulación de sales solubles, que pueden ser tóxicas para la planta. El palto es una especie extremadamente sensible a la toxicidad por cloruros y, en general, a niveles de salinidad más bajos que otras especies frutales. Contenidos de salinidad mayores a 2 dS/m, se consideran que pueden afectar el normal desarrollo del palto. Contenidos de hasta 5 meq/litro de cloruros en el agua de riego pueden ser toleradas por esta especie.

Materia Orgánica: El contenido de materia orgánica en los suelos de nuestra región, normalmente es menor a un 2%. Su efecto sobre los suelos es bastante deseable, mejorando la retención de humedad aprovechable por las raíces de la planta y favorece la estructuración del suelo mejorando la aireación y el correcto crecimiento de las raíces.

C. PLANTACION.

a) Preparación del terreno.

En suelos poco profundos o bien con textura arcillosa, como se ha indicado anteriormente, la plantación debe realizarse sobre camellones o lomos. Las dimensiones medias de los camellones son: 1.5 metros en la base, 1.0 de ancho en el plano superior y 50 centímetros de altura. Cabe señalar que la plantación sobre camellones debe considerar el uso de riego tecnificado.

b) Distancia de plantación.

La tendencia actual es la de establecer huertos con alta densidad de árboles. En variedades de vigor intermedio, como Hass, se emplean distancias de 8 por 5 metros o 7 por 4.5 metros. En variedades de crecimiento erecto, como Bacon y Edranol las distancias pueden reducirse a 6 por 4 metros o 5.5 por 3.5. Como regla general, las mayores distancias deben utilizarse cuando las condiciones de clima, suelo y manejo agronómico, son apropiadas para el desarrollo de los árboles.

c) Epoca de plantación.

La plantación no debe realizarse de inmediato, una vez que las plantas llegan al vivero. Es necesario un período de aclimatación, aproximado de una semana.

El hoyo de plantación no debe ser más profundo que la altura de la bolsa que la contiene. Tampoco es necesario hacer hoyos demasiado anchos. Sin embargo, el suelo de textura extremas, muy arcillosos o muy arenoso es conveniente ampliar el ancho de los hoyos para permitir la incorporación de una mezcla de suelo con materia orgánica

alrededor de la nueva planta. No es necesario aplicar fertilizantes en el fondo del hoyo de plantación, ya que una elevada concentración de ellos en contacto con las nuevas raíces puede ser tóxicas. Debe evitarse el uso de guano de cabra por su alta salinidad. Se debe regar el mismo día de la plantación luego al segundo y finalmente al tercer día.

d) Fertilización.

El palto es una especie que presenta un arraigamiento superficial y prefiere suelos de reacción neutra a ligeramente ácida. Los nutrientes minerales requeridos por esta especie corresponden al nitrógeno, potasio y fósforo, además de algunos micronutrientes como hierro y zinc principalmente.

La fertilización del huerto debe ajustarse a través de la realización de análisis foliar y análisis de suelo. En términos generales se recomienda que durante los primeros tres años de edad de los árboles el aporte en nitrógeno sea de 15, 40 y 80 gramos por árbol anualmente. En el caso de la fertilización fosforada se deben aplicar en forma anual aproximadamente 25 kg. de P_2O_5 /ha, las dosis de potasio fluctúan entre 100 y 250 gr./ha al año.

EL CULTIVO DE LOS CITRICOS

Para tener éxito en una plantación de cítricos y obtener resultados económicos satisfactorios, se debe considerar una serie de factores antes de la plantación. Uno de los más relevantes son las condiciones ambientales en que se desarrollarán las plantas, especialmente en lo que se refiere al clima y al suelo. Al respecto, el establecimiento del cultivo en zonas inadecuadas, da origen a bajas rentabilidades.

A. REQUERIMIENTOS DE CLIMA.

Las áreas óptimas para la producción de cítricos son las de clima subtropical. En ellas, las cosechas son abundantes y de gran calidad, comparadas con las de otras zonas en las que los cítricos también se pueden cultivar.

Hay que tener en cuenta que el clima es muy difícil de modificar, por no decir imposible. El elemento que más influye es la temperatura, que incluso puede llegar a ser limitante, provocando la muerte de la planta en el caso de heladas. Otros factores como la humedad relativa y los vientos, también tienen importancia, pero, por lo común, no llegan a provocar muerte de árboles. La humedad relativa alta predispone en mayor grado la aparición de enfermedades fúngicas y vientos fuertes pueden ocasionar rotura de ramas, caída de flores y frutos.

a) Temperatura.

Las temperaturas medias que favorecen el cultivo varían entre 10° a 24°C en el periodo invernal y entre 22° y 24° C en los meses de verano. Sin embargo, es importante conocer las temperaturas extremas que pueden limitar el desarrollo de los cítricos.

Pueden resistir temperaturas mínimas de 2°C bajo cero sin sufrir daños apreciables, siempre que no se den en forma persistentes de lo contrario, si las temperaturas inferiores, de lo contrario, si las temperaturas inferiores a 0° son más prolongadas, en invierno se afectan los frutos que están madurando y en primavera se dañan las flores y los brotes en crecimiento. Las temperaturas menores a 12°C en primavera pueden afectar la polinización y la fecundación, resultando en una menor formación de frutos.

Entre las especies de cítricos, los mandarinos son los más resistentes y los limoneros los más sensibles a los fríos invernales y primaverales. Las temperaturas que provocan destrucción de árboles son del orden de -8°C para los limoneros y - 12°C para los mandarinos.

No todas las variedades resisten el frío de la misma forma, por lo que se debe elegir la más adecuada para las condiciones del área donde se va a establecer la plantación, tomando algunas precauciones, especialmente en zonas con riesgos de bajas temperaturas. Por ejemplo, en mandarinos es recomendable emplear el portainjerto naranjo trifoliado (*Poncirus trifoliata*), que otorga a la variedad injertada una buena resistencia al frío, y situar los árboles en laderas para evitar el aire frío que tiende a acumularse en los sectores bajos.

La temperatura también influye en la coloración de los frutos; en el rango de 0° a 12°C durante el invierno se favorece la coloración de la cáscara de los frutos.

No sólo el frío puede dañar los árboles de cítricos. En zonas de primaveras y verano calurosos y secos, las temperaturas excesivas limitan el crecimiento de los frutos, endurecen la piel y disminuye el contenido de jugo. Cuando son superiores a 32°C se produce una detención del crecimiento de los brotes.

En la Región de Coquimbo, siempre que el suelo se mantenga con suficiente humedad, los cítricos soportan sin inconvenientes las temperaturas máximas que se dan normalmente.

b) Humedad relativa.

La humedad relativa excesiva del aire puede perjudicar los frutos y también los árboles. En huertos establecidos en áreas de alta humedad ambiental, los troncos de los árboles y las ramas principales son afectados por hongos y líquenes. En los frutos, los ataques de hongos que provocan pudriciones (*Penicillium*) son elevados. En algunas

temporadas lluviosas (lo que es una excepción en la Región de Coquimbo), la humedad relativa es más elevada y es recomendable la aplicación preventiva de productos que ayuden a reducir una pérdida de producción por pudriciones.

Si la humedad del aire es baja (verano), la transpiración de los árboles se incrementa aumentando las necesidades de agua de riego.

c) Vientos.

Antes de establecer una plantación de cítricos, se debe recopilar datos sobre los vientos en cuanto a frecuencia e intensidad, humedad que contiene o elementos que transporta (sal, arena) para tomar precauciones que eviten los daños que puedan ocasionar.

Los deterioros provocados por el viento se manifiestan en una deshidratación de brotes, rotura de ramas, caída de frutos y hojas, quemadura de la vegetación. La caída de frutos se puede evitar, en parte, empleando variedades que producen frutos fuertemente adheridos al pedúnculo. El limonero es una especie muy resistente a la caída de los frutos.

El empleo de cortaviento, ya sean naturales o artificiales, disminuyen el efecto negativo del viento.

Los cortavientos naturales son barreras formadas por especies arbóreas de crecimiento erecto. Para cumplir con su función las especies deben tener las siguientes características: adecuado volumen radicular para resistir el viento, crecimiento rápido, ramas flexibles, no quebradizas, período de floración diferente al del cultivo principal para no entorpecer la función de los insectos polinizadores, buen comportamiento para las condiciones agroclimáticas de la zona. Una de las especies más comunes es la Casuarina, de rápido crecimiento y fácil manejo. Los eucaliptos y pino radiata también suelen usarse, pero tiene las desventajas de poseer raíces invasoras, efecto de alelopatía (eucaliptus) y crecimiento excesivo de ramas laterales en la base de los árboles (pino), lo que dificulta su manejo. Se entiende por alelopatía la producción de compuestos químicos que en algún momento inhiben el crecimiento de plantas vecinas.

Los cortavientos artificiales se hacen con materiales inertes como cañas y mallas plásticas. Este tipo de estructura tiene un efecto inmediato de protección y no se debe esperar 3 ó 5 años como ocurre con las cortinas naturales. Además, no compiten con el cultivo por luz, agua ni nutrientes. Tampoco es necesario una labor de mantenimiento. Sin embargo, a diferencia de las cortinas naturales, tienen un alto costo de instalación.

B. REQUERIMIENTOS DE SUELO.

Las características físicas y química del suelo y del subsuelo deben asegurar las mejores condiciones para proveer de agua y nutrientes a los árboles durante el período de vida de un huerto. Algunos de los atributos de los suelos, más importantes de considerar, son la textura y su composición química.

a) Suelo arenosos.

Compuestos principalmente por elementos gruesos (arenas gruesas, arenas finas, etc.), se caracterizan por retener poca humedad (permeables), ser muy porosos y tener una buena circulación de aire; además se calientan rápidamente.

Son suelos con poca estructura, de bajo contenido de materia orgánica. Los fertilizantes son arrastrados en profundidad con el agua de riego y lluvia, especialmente los nitratos. Este tipo de suelo se puede mejorar con la agregación de altas cantidades de materia orgánica.

Los árboles establecidos en suelos arenosos son de gran tamaño y con un sistema radicular muy desarrollado. Los frutos son de un tamaño superior al normal, la piel es muy fina y la madurez se adelanta.

b) Suelos arcillosos.

En su composición abundan los elementos finos. El tamaño de los poros es pequeño, por lo que el aire y el agua circulan con dificultad. Son suelos con un alto riesgo de asfixia radicular cuando existen excesos prolongados de humedad en invierno y primavera.

Estos suelos pueden ser mejorados mediante el aporte de materia orgánica (guano, abono verde) para aumentar la aireación del suelo, o bien con el establecimiento de sistemas de drenajes para evacuar el exceso de agua.

En este tipo de suelo las plantas y los frutos son de tamaño inferior a lo normal, la maduración es tardía y la pulpa es menos jugosa.

Todas estas comparaciones se han realizado con relación a los suelos francos.

c) Composición química de los suelos.

Para poder elegir la variedad y portainjerto, y en algunos casos llevar a cabo las enmiendas o los aportes nutritivos necesarios, es importante conocer las características químicas de los suelos, tales como pH, contenido de materia orgánica y cantidad total de los elementos nutritivos, así como cloruros, sulfatos, etc. También es importante conocer el contenido de cal activa. Toda esta información se obtiene haciendo análisis de laboratorio.

La materia orgánica es fundamental para el mantenimiento de una buena estructura de suelo. Ella es aportada por la descomposición natural de restos vegetales o a través de la incorporación de abonos orgánicos, tales como guano o abonos verdes. Un buen contenido de materia orgánica se considera entre 2 y 3% en los primeros 20 centímetros de suelo. Cuando es inferior al 1% se afectan las características físicas del suelo y es lo que sucede en el norte chico, donde es necesario incorporar abonos orgánicos.

Los suelos de la zona norte también suelen tener altos contenidos de cal activa, la que sobre un 8% puede inducir carencias nutricionales, ya que bloquea la absorción de ciertos nutrientes, como el hierro, produciendo clorosis de las hojas. Esta condición es importante al momento de elegir el portainjerto, por ejemplo el naranjo trifoliado *Poncirus trifoliata* es sensible al exceso de cal, en tanto el mandarino Cleopatra presenta una mayor tolerancia. En relación al pH (índice de acidez o alcalinidad de un suelo), los cítricos prefieren suelos de pH ligeramente ácido a neutro (6.5 a 7). Los suelos de la zona norte tienen valores de pH superiores a 7, lo que provoca algunos problemas de falta de hierro y zinc. En este caso se debe utilizar preferentemente abonos acidificantes.

Otro inconveniente que presentan los suelos del norte de nuestro país es el alto contenido de cloruros (sales) y boro, que provocan toxicidad en las hojas de los árboles. En este sentido, es importante regar con aguas de buena calidad. El agua de riego que contenga más de 1 a 1.5 g/litro de cloruros o más de 1 ppm de boro se considera peligrosa, especialmente en suelos poco permeables en los que se produce una acumulación de esos elementos. Entre los portainjertos, el mandarino Cleopatra y el *Citrus macrophylla* muestra una mayor tolerancia a las sales.

Cuadro 1. Resistencia a heladas en especies de cítricos, temperaturas límite y patrones o portainjerto en orden decreciente. La temperatura indica el umbral térmico donde se inician daños por bajas temperaturas.

Especies	T° Límite	Portainjerto
Naranjos	-2.8	Troyer y Carrizo
Pomelos	-1.6 – 2.0	Citrumelo
Clementinas	-1.1 a –1.4	Naranjo amargo
Limoneros	-1.1 a –1.4	Macrophyla

C. ESPECIES Y VARIEDADES.

Al interior de la región son numerosas las especies y variedades que es posible encontrar, sin embargo el presente documento abordará las de mayor importancia en la región restringiéndose a limoneros, mandarinos y naranjos, que además son las especies que INIA se encuentra estudiando en la Región.

a) Mandarinos (*Citrus reticulata*).

Esta especie cítrica está enfocada principalmente a la exportación, aunque no más del 40% de la producción actual se exporta hacia los mercados de Europa y en menor proporción a Japón. Se espera que dentro de los próximos años se abra el mercado de Estados Unidos que en la actualidad, al igual que para naranjas, está cerrado por razones fitosanitarias.

Sin embargo las mandarinas ya ocupan un lugar importante dentro del mercado nacional, lográndose una gran aceptación dentro de los consumidores. Los resultados económicos durante los meses de abril y mayo han resultado tremendamente atractivos ya que alcanzan los mejores precios en nuestro país, por el contrario durante junio y julio estos decaen considerablemente. Una de las variedades que ha despertado un alto interés principalmente por las posibilidades de entrar temprano a mercado es la variedad **Marisol** (30 a 40 Ton/ha) pero solo recomendada para zonas con una alta acumulación de sólidos solubles, que favorezcan una maduración temprana. La variedad **Clemenule** es una variedad tempranera, no tanto como **Marisol** pero más productiva que esta última y que tradicionalmente se ha estado plantando en algunos sectores de la zona como en la localidad de El Palqui por las excelentes condiciones productivas factibles de alcanzar.

b) Limonero (*Citrus Limon*).

Las principales variedades plantadas en Chile corresponden a Génova y Eureka (60 a 70 y 70 a 80 Ton/ha respectivamente), estimándose que un 70% de su producción se cosecha desde mediados de mayo hasta agosto y un 30% en los restantes meses. Aunque el consumo de esta fruta en Chile es importante; son evidentes las fluctuaciones de precios a lo largo del año. Durante los meses de mayor oferta (invierno) se alcanzan los menores precios y por el contrario en los meses de menor producción (verano) se logran los mayores precios.

Por otra parte también resulta atractivo la producción en los meses de otoño donde es posible alcanzar atractivos precios de ahí la importancia de variedades como **Fino 49** (60 a 80 Ton/ha) que permitirían iniciar la cosecha un mes antes que las variedades tradicionales. Aunque falta experiencia comercial con esta variedad sin duda satisface una muy importante necesidad en extender el periodo de cosecha y exportación, además de entrar al mercado con precios más competitivos al interior de la temporada. Otra variedad de limonero interesante de evaluar en las condiciones de la Comuna de Combarbalá es el generalmente conocido como Limón de Pica o **Sutil de Gaza** el cual mantiene un nivel de precios bastante atractivo y estable durante todo el año.

c) Naranja (*Citrus sp*).

Lane Late: Variedad de origen australiano, fue descubierta como mutación en 1952 y es actualmente una variedad que presenta mucho interés en varios países que la ven como la mejor alternativa actualmente disponible para prolongar el periodo de oferta

de naranja de ombligo. Presenta un excelente calibre, produce bien (40 a 60 Ton/ha), se ha visto que se puede cosechar sin problemas hasta noviembre sin presentar mayor deterioro. Lamentablemente hay aún poca experiencia en el país y no se sabe hasta cuando puede recolectarse sin que aparezcan algunos problemas de calidad. A pesar de lo anterior aparece como una alternativa importante de evaluar en las condiciones de la Provincia de Limarí.

Ficha agroeconómica del cultivo Cítricos. Localidad Rapel

Cultivar : Limoneros Fino 49 y Sutil de Gaza, Mandarinos Marisol y Naranjos Lane Late
 Fecha de establecimiento: Oct, 1999
 Marco de plantación : 5 x 5
 Densidad : 400 Pl/ha

Item	Costo de operaciones	Unidad	Cantidad	Precio	Total
1	Maquinaria				
	Tractor + arado discos	Hrs	8	6.000	48.000
	Tractor + Pala	Hrs	18	6.000	108.000
	Rectificación manual	Hrs	6	4.000	24.000
	Subtotal Maquinaria				180.000
2	Mano de obra				-
	Despedradura	J.H	14	4.000	56.000
	Cuadratura	J.H	2	4.000	8.000
	Estacado	J.H	4	4.000	16.000
	Hoyadura	J.H	8	5.300	42.400
	Preparación mezcla	J.H	4	4.000	16.000
	Plantación	J.H	10	4.000	40.000
	Subtotal Mano de Obra				178.400
3	Insumos Mano de Obra				-
	Planta	Unidad	400	1.850	740.000
	Tutores	Unidad	200	200	40.000
	Cinta Amarra	kg	1.2	1.000	1.200
	Nitrógeno	kg	11.5	217	2.496
	Fósforo	kg	262.8	375	98.550
	Potasio	kg	0	472.5	-
	Subtotal Insumos Mano de Obra				882.246
4	Costo Total				1.240.646

EL CULTIVO DEL OLIVO.

El olivo es una alternativa productiva interesante, que últimamente ha despertado un renovado interés por el sector productivo. Es así como se inicia el proyecto "Manejo de Huertos de Olivos y su Desarrollo en la IV Región" que corresponde a un programa financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) de la Región de

Coquimbo, y que es ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi (INIA CRI Intihuasi). La duración total es de cinco años, mayo de 1999 hasta abril del 2004. El objetivo general es potenciar el desarrollo olivícola de la región. Para ello, el proyecto se propone determinar y transferir a todos los agentes interesados, las variedades de olivo más adecuadas para la producción de aceite y mesa, según zonas agroclimáticas. Asimismo, se validará un sistema de manejo agronómico, tanto en las nuevas variedades como en las tradicionales, que permita obtener los mejores resultados productivos y comerciales.

A. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS DEL OLIVO

a) Requerimientos climáticos del olivo.

El cultivo del olivo es propio de climas mediterráneos caracterizados por inviernos suaves y veranos largos, cálidos y secos. El olivo experimenta un endurecimiento provocado por la acción de los fríos progresivos del otoño y entra en periodo de reposo, haciéndose resistente a temperaturas comprendidas entre 0° C y -5 ° C, las que causan pequeñas heridas en brotes y ramas de poca edad; temperaturas comprendidas entre -5° C y - 10 ° C pueden causar daños mayores a brotes y ramas de poca edad que en ocasiones provocan su muerte; y temperaturas inferiores a los - 10°C causan la muerte de ramas de gran tamaño e incluso de toda la parte aérea. Durante el periodo de crecimiento y maduración del fruto, temperaturas inferiores a 0° C lo dañan, mermando la producción y disminuyendo la calidad del aceite obtenido. Cuando el olivo está activo, temperaturas ligeramente inferiores a 0° C pueden causar daños graves en brotes provocando la muerte de yemas y hojas tiernas (recién formadas); y temperaturas bajas, ligeramente superiores a 0° C, pueden afectar a la floración provocando una formación incompleta de la flor.

En general, la brotación del olivo comienza con temperaturas de 10° a 12°C, la floración tiene lugar con 18° a 19°C y la fecundación se obtiene con 21° a 22°C. Durante el periodo vegetativo, las temperaturas óptimas para el desarrollo del árbol están comprendida entre 12°C y 22°C.

b) Requerimientos de suelo.

Se adapta en una amplia gama de texturas de suelos. Sólo los suelos de texturas arcillosas que presentan una aireación inadecuada para las raíces son de difícil manejo.

Los suelos con profundidades útiles menores de 0,8 m no son aconsejables, a menos que la limitación a la profundidad provenga de horizontes petrocálcicos (tertel) o capas de arcilla compacta lo bastante someros y delgados como para que puedan ser rotos o entremezclados con otros horizontes mediante labores de subsolado o de desfonde que lleguen a penetrar en capas subyacentes no cementadas o compactadas.

Las raíces del olivo son muy sensibles al encharcamiento, especialmente cuando persiste un tiempo significativo durante la estación de crecimiento.

c) Requerimientos hídricos del olivo.

Los requerimientos hídricos del olivo para obtener altas producciones alcanzan valores de 600 a 800 mm al año (6000 a 8000 m³ / ha año); esto es alrededor del 60 % de la evapotranspiración potencial anual. Las necesidades de riego se determinan según los requerimientos hídricos menos la precipitación efectiva.

d) Densidad de plantación.

La forma de un solo tronco, con los árboles homogéneamente distribuidos en el terreno permite, en un sistema de alta densidad, sustanciales aumentos de producción a corto y largo plazo con respecto a la olivicultura tradicional. En condiciones de riego, distancias de plantación de 8 x 5 m, 8 x 4 m y 7 x 4.5 son recomendables con vistas a lograr una adecuada producción a corto y largo plazo.

Siempre que sea posible, las líneas de plantación deben orientarse en dirección norte – sur para optimizar el aprovechamiento de la radiación solar y reducir el sombreamiento entre árboles dentro del olivar.

e) Fertilización.

Los máximos beneficios se han alcanzado con dosis comprendidas entre 0,5 y 1,0 kg N/árbol adulto aplicadas al suelo.

f) Formación y protección de los árboles.

Para el caso de los árboles formados en vaso libre, se utiliza un tutor de eucalipto de 2 a 3 pulgadas de grosor y de 1,2 m sobre el nivel del suelo, donde se amarra con cinta plástica el eje principal del árbol cada 10 a 15 cm.

La poda de formación del olivo en sus primeras tres temporadas, consiste sólo en eliminar los brotes que emerjan bajo los 70 cm del tronco, dejando todas las ramas sobre esa altura; posteriormente, después de la primera producción, comenzarán pequeñas intervenciones anuales, que no desequilibren el árbol, para ir seleccionando las ramas madres.

Por otra parte, con el sistema de formación en monocono, se utiliza un tutor más largo, de aproximadamente 1,8 m sobre el nivel del suelo, donde se amarra el eje de la planta. La poda también debe ser la mínima posible, eliminando los brotes que emerjan bajo los 50 cm. En la parte superior siempre debe dominar el eje principal por sobre las ramas laterales.

A continuación, en el **Cuadro 2**, se presentan las principales características de las variedades de olivo en evaluación.

Cuadro 2: Características de las variedades de olivo consideradas en el proyecto.

Variedades	Destino	Rendimiento Graso	Fertilidad	Alternancia	Repilo (tolerancia)	Verticilosis (tolerancia)
Azapa	Mesa	S/I	Parcialmente autofértil	Medio	Bajo	S/I
Ascolana	Mesa	Medio	Autoestéril	Bajo	Alto	Bajo
Sevillana	Mesa	Bajo	Parcialmente autofértil	Alto	Alto	Bajo
Manzanilla de Sevilla	Mesa	Medio	Autoestéril	Bajo	Bajo	S/I
Nocellara del Bèlico	Mesa	Medio	Autoestéril	Medio bajo	Medio	Bajo
Kalamata	Mesa	S/I	Autofértil	Bajo	Bajo	Bajo
Nabali	Aceite	Alto	Parcialmente autofértil	S/I	Bajo	S/I
Arbequina	Aceite	Alto	Autofértil	Bajo	Bajo	Medio
Biancolilla	Aceite	Bajo	Parcialmente autofértil	Bajo	Medio	S/I
Coratina	Aceite	Alto	Autoestéril	Bajo	Bajo	Medio
Frantoio	Aceite	Alto	Autofértil	Bajo	Bajo	Medio
Leccino	Aceite	Medio	Autoestéril	Bajo	Alto	Bajo
Picual	Aceite	Alto	Parcialmente autofértil	Bajo	Bajo	Bajo
Liguria	Aceite	Alto	Autofértil	Medio- bajo	Medio	Alto
Barnea	Doble	Medio	Parcialmente autofértil	S/I	Bajo	S/I
Empeltre	Doble	Alto	Parcialmente autofértil	Medio- alto	Bajo	Bajo
Itrana	Doble	Medio	Autoestéril	Bajo	S/I	S/I

S/I: Sin información