

"EFECTO DEL DEFICIT HIDRICO Y DE AIREACION EN
EL CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE PALTO (Persea
americana Mill) EN CONDICIONES RESTRICTIVAS
DE EXPANSION RADICULAR"

Tesis presentada como parte de
los requisitos para obtener el
Titulo de Ingeniero Agronomo.

A P R O B A C I O N :

Ing. Agr. GADY GUTMAN B.
Profesor Escuela de Agronomia,
Universidad Católica de Valpa-
raíso

G. Gutman

Dr. AURELIO VILLALOBOS P.
Profesor Escuela de Agronomia,
Universidad Católica de Valpa-
raíso

A. Villalobos

Ing. Agr. FRANCISCO GARDIAZABAL I.
Profesor Escuela de Agronomia,
Universidad Católica de Valpa-
raíso

F. Gardiazabal

I N D I C E

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA	4
1. Definiciones	4
2. Factores que determinan la tasa de evapotranspiración	4
3. Transpiración relacionada con el potencial del agua en la planta	7
4. Disponibilidad del agua en el suelo	11
5. Efecto del stress hídrico en las plantas	16
6. Efectos de la deficiencia de O ₂ sobre las plantas	21
7. Relaciones hídricas en el paltó	29
III. MATERIAL Y METODO	31
1. Localización del ensayo	31
2. Descripción del equipo de riego	31
3. Calidad del agua	33
4. Descripción de la mezcla de suelo	33
5. Descripción de la bolsa	33
6. Descripción del invernadero	36
7. Descripción de las plántulas	36
8. Tratamientos	37
9. Cálculo de la lámina de riego	38
10. Parámetros medidos	39
11. Medición de la evaporación	41
12. Diseño estadístico	41
IV. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	42
V. CONCLUSIONES	94
VI. RESUMEN	97
VII. SUMMARY	99
VIII. BIBLIOGRAFIA	100

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	- Esquema del riego por goteo	34
FIGURA 2	- Curva retención humedad	44
FIGURA 3	- Descarga del gotero autocompensado a diferentes presiones	46
FIGURA 4	- Pérdida de carga acumulada del lateral	47
FIGURA 5	- Comparación evapotranspiraciones Piche cobertizo, Piche y Bandeja estación	49
FIGURA 6	- Crecimiento acumulado longitudinal del tallo	56
FIGURA 7	- Crecimiento acumulado del diámetro del tallo	59
FIGURA 8	- Relación entre la altura y diámetro del tallo, en plántulas de palto cv. Mexícola	61
FIGURA 9	- Velocidad de crecimiento del tallo en relación a la demanda atmosférica y al potencial del agua en el suelo	65
FIGURA 10	- Velocidad de crecimiento del diámetro del tallo en relación a la demanda atmosférica y potencial del agua en el suelo	66
FIGURA 11	- Crecimiento acumulado del diámetro medido a 20 cms de altura	77
FIGURA 12	- Evapotranspiración y su relación con la evaporación del piche	82
FIGURA 13	- Kc relacionado con la altura de las plantas	86

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1	- Evaporación y evapotranspiración potencial registrada dentro y fuera del cobertizo	50
CUADRO 2	- Efecto de la lámina a agotar y del uso consumo sobre la frecuencia de riego en plántulas de palto creciendo en bolsa de polietileno y bajo combreadero	54
CUADRO 3	- Temperatura máxima, mínima y media en los diferentes períodos del ensayo	75
CUADRO 4	- Peso total y distribución radicular	88
CUADRO 5	- Concentración y contenido total de N, P, K, en plantas de palto creciendo en bolsas de polietileno y sometidas a diferentes regímenes de riego	92

I. INTRODUCCION

El sistema tradicional de propagación de paltos en Chile, en los últimos años ha sufrido un vuelco espectacular, reduciéndose este proceso de 30 a 18 meses en forma comercial, con un notorio mejoramiento de la calidad de las plantas.

Estos logros se han obtenido en sucesivas investigaciones en la Estación Experimental de la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso.

Pizarro en 1972, modificó fundamentalmente las condiciones de propagación, con el uso de invernaderos, sembrando en bolsas de polietileno, logrando obtener plantas aptas para su implantación definitiva en solo 14 meses.

Posteriormente, Labra en 1973, inició la injertación de plántulas, reduciendo el tiempo total desde siembra a plantas para su plantación a 8 meses.

Dado que este sistema solo se ha desarrollado en los últimos años, existe poca información en lo que concierne a las

relaciones hídricas del palto creciendo individualmente en bolsas.

Según Bunt (1961) el crecimiento de plantas en bolsas, provoca una gran concentración radicular, con lo cual se requiere un alto abastecimiento de O_2 y una elevada tasa de remoción de CO_2 por unidad de volúmen, para mantener un crecimiento adecuado. Por otro lado, Ritchie (1973) afirma que la probabilidad que ocurra "stress" hídrico en plantas que se desarrollan en bolsas, es mayor en relación a plantas que crecen en condiciones de campo, debido a que se necesita un alto abastecimiento de agua por unidad de volúmen; además, el sistema radicular es estático y no muestra el dinamismo que presentan las plantas que crecen en condiciones de campo y, por último, no existen aportes de agua desde capas más profundas del suelo.

Por lo tanto, dado que el palto es una especie muy sensible tanto a condiciones de deficiente aireación como a stress hídrico (Gustafson, 1976), con un manejo adecuado del riego podrían evitarse situaciones que perjudiquen el óptimo desarrollo vegetativo del palto, por lo cual, los objetivos de este ensayo son los siguientes:

- Determinar el efecto de la tensión de humedad en el desarrollo vegetativo del palto creciendo en bolsas.

- Evaluar la respuesta del sistema radicular frente a diferentes contenidos de humedad.
- Determinar el K_c del palto creciendo en condiciones restrictivas de expansión radicular.
- Determinar el efecto del contenido de humedad del suelo sobre la concentración y cantidad de N, P y K en las plantas, y
- Comparar el efecto del riego tradicional sobre el crecimiento de las plantas, con relación a un riego programado mediante tensiómetros.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

1. Definiciones

Con el propósito de homogenizar la terminología usada en el texto, se definen los siguientes conceptos:

Evaporación: Es el proceso físico, por el cual el agua de un cuerpo terrestre experimenta un cambio de fase, de líquido a gas y es transferido a la atmósfera circundante. (Morero, 1975).

Transpiración: Es la evaporación de agua en los organismos vivos incluyendo las plantas. (Morero, 1975).

Evapotranspiración: Es la evaporación simultánea desde un suelo cubierto de vegetación y desde los tejidos de las plantas, principalmente hojas. (Morero, 1975).

2. Factores que determinan la tasa de evapotranspiración

2.1. Factores climáticos

Los factores climáticos que causan la evapotranspiración son: a) radiación (solar y terrestre), b) la temperatura

del aire, c) la humedad relativa, y d) el viento.

La radiación solar provee la energía para cambiar la fase líquida a gaseosa, la temperatura del aire determina la caída en la atmósfera para albergar el vapor desprendido y el viento, remueve el vapor acumulado sobre la superficie de las hojas. (Morero, 1975).

2.2. Factores de la planta

Los factores más importantes de la planta son: área y estructura foliar, abertura y cierre estomático, tipo de cobertura.

En cuanto al área foliar, Fritschen y Shaw (1961) trabajando con plantas de maíz demostraron que la transpiración se relaciona directamente con la energía interceptada por las hojas, por lo cual a mayor área foliar mayor energía interceptada y por ende, mayor transpiración.

Se sabe, además, que hojas gruesas, coriáceas, altamente cutinizadas por lo general de forma aguzada, logran reducir en forma importante su transpiración, por lo cual pueden crecer en

habitats secos (Kramer, 1974).

Por otra parte, la morfología de la vegetación altera las características de la atmósfera superficial y establece un microclima especial o fitoclima.

Entre las principales características vegetales que determinan este fitoclima cabe mencionar el albedo o coeficiente de reflexión, la inclinación, tamaño, forma y densidad del follaje, altura y flexibilidad de las plantas. (Norero, 1975).

En lo que respecta a apertura y cierre estomático, Kramer (1974) y Halkias (1955) afirman que éste mecanismo tiene poco efecto sobre la transpiración, ya que los cambios en la transpiración ocurren antes que el comportamiento del estoma se modifique.

2.3. Factores del suelo

Tanto el contenido de humedad como la textura del suelo tienen su influencia. Así, Donmead y Shaw (1961), encontraron que plantas de maíz creciendo en bolsas, disminuían su transpiración en relación a la transpiración potencial, a medida que la demanda evaporativa aumentaba y el contenido de humedad en el suelo decrecía.

Además, si el suelo es muy arcilloso, el movimiento del agua hacia las raíces va a ser lento (aunque existe en cantidad total suficiente) y éstas no podrán suministrar toda el agua requerida para la transpiración. (Espildora, 1975).

3. Transpiración relacionada con el potencial del agua en la planta

La tasa de pérdida de agua por las hojas de plantas de algodón, decrece marcadamente cuando el contenido relativo del agua en las hojas disminuye bajo un valor de 90%, que corresponde a un déficit de presión de difusión (DPD) o potencial total del agua que varía en un rango de -10 a -16 bares aproximadamente.

Al respecto, Slabbers (1980) dice que muchas plantas tienen un potencial crítico en la hoja al cual, la reducción en la transpiración comienza. Así, por ejemplo:

	Potencial crítico hoja (bares)
Alfalfa	- 14
Papa	- 4
Sorgo	- 20
Trigo	- 10

3.1. Métodos para medir la evapotranspiración

Todos los métodos que miden directamente la evapotranspiración se basan en la ecuación hidrológica:

$$ET = \frac{P - (DR + DE + Di + Dw)}{A}$$

Donde:

ET : Evapotranspiración

P : Precipitación

DR : Escurrimiento superficial

DE : Percolación profunda

Di : Precipitación interceptada

Dw : Variación en el contenido de humedad del suelo

A : Superficie

Los medios utilizados para cuantificar la evapotranspiración son parcelas experimentales, lisímetros, estanques, bolsas, etc. La variación del contenido de humedad en estos métodos puede ser determinada cuantitativamente, mediante diferencia de peso, o por el método gravimétrico. También puede realizarse cualitativamente, utilizando tensiómetros, bloques de boyulos, bloques térmicos, aspersor de neutrones, etc.

3.2. Métodos para estimar la evapotranspiración

Según Espildora (1975) los métodos empíricos y semi empíricos más importantes y usados en la práctica para estimar la evapotranspiración de cultivos, estiman la evapotranspiración potencial, correspondiente a una relación del siguiente tipo:

$$ET = K \times EP$$

en que:

ET : evapotranspiración del cultivo

K : coeficiente empírico que depende fundamentalmente del tipo de cultivo y de su etapa de desarrollo o época del año.

EP : representa el poder evaporante de la atmósfera para la evapotranspiración potencial de un cultivo tipo pasto.

El valor de EP puede calcularse indirectamente por medio de datos meteorológicos, según diferentes tipos de métodos que han propuesto diversos autores.

También puede calcularse mediante evaporímetros. Según Norero (1975) el evaporímetro es una superficie mojada o simplemente agua, expuesta libremente a la interperie.

En el evaporímetro de Piche, la superficie mojada es un papel filtro, en el evaporímetro de Livingstone es una esfera de cerámica porosa. En las bandejas o tinajas de evaporación, el agua está contenida en recipientes, de los cuales existen diversos tipos, tamaños y disposiciones.

El valor obtenido en evaporímetro es un índice comparativo de la demanda de vapor o poder desecante de la atmósfera. No tiene valor absoluto porque sus resultados dependen del instrumento usado y de la forma en que éste se orienta. Al cambiar la naturaleza, tamaño y disposición del aparato, se modifica el régimen aerodinámico que afecta la remoción de vapor y la transferencia de calor, y el intercambio de radiación entre el instrumento y la atmósfera. Por eso, se ha convenido adoptar un evaporímetro estandar, cuyas especificaciones deben cumplirse meticulosamente. Uno de estos es la bandeja Clase A.

El evaporímetro Piche consiste en un tubo de vidrio graduado de 12.4 mm de diámetro y de 27.5 cm de largo, tapado en el extremo superior y con un papel filtro en el extremo abierto inferior. El tubo se llena de agua destilada y se invierte de manera que el papel filtro permanece saturado.

La disminución del nivel del agua en el tubo permite calcular la tasa de evaporación desde el papel filtro.

Su utilización se ha difundido profundamente en especial en Europa, debido a lo simple del diseño y a la facilidad de su instalación y operación (Espildora, 1975).

Hergreanes, citado por Malkias (1955) encontró que la evaporación del Piche se correlacionaba bien con el uso del agua por las plantas.

Kramer (1974) dice que el evaporímetro Piche, es un excelente integrador climático al igual que la bandeja y que ambos pueden relacionarse multiplicando por 0.7 la evaporación del Piche, aunque este coeficiente puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales.

4. Disponibilidad del agua en el suelo

Fisiológicamente, el uso restringido del agua del suelo es normalmente desfavorable al desarrollo y producción vegetal.

Por lo tanto, se debe mantener el nivel de humedad en el suelo, por sobre el punto de marchitez incipiente (Norero, 1975).

La disponibilidad total del agua en el suelo, es la diferencia de contenido de humedad que hay entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Doreenboos y Pruitt, 1975).

El nivel de agua disponible en el suelo puede ser descrito como la fuerza o tensión a la cual el agua es retenida por el suelo a un determinado contenido de humedad (Doreenboos y Pruitt, 1975).

Por lo tanto, el problema es determinar, hasta qué grado se puede agotar el agua en el suelo, sin que se produzca marchitez incipiente.

Veihmeyer y Hendrickson (1950) han publicado datos consistentes que indican que el crecimiento, transpiración y rendimientos de ciertos cultivos no se reducen hasta que el contenido de humedad del suelo es agotado hasta muy cerca del punto de marchitez permanente.

Ashton (1956) encontró que la fotosíntesis en plantas de caña de azúcar, no decreció cuando la humedad disponible del suelo fué agotada completamente.

Por otro lado, se ha encontrado en numerosos estudios, que a contenidos de humedad relativamente altos, existe reducción en el crecimiento. Por ejemplo: Van Bavel (1953) dice que a una tensión de solo 1.5 bares en el suelo, se reducen considerablemente los rendimientos en plantas de tabaco. Goode (1956) encontró que una tensión de 1 atmósfera en el suelo, reduce el crecimiento vegetativo y el tamaño del fruto en manzanos.

Saud y Rutter (1959) reportaron que una tensión de 1.5 atmósferas en el suelo, reduce el peso seco y la elongación del tallo en plántulas de pino escoses.

Para Kramer (1962) la diferencia de opiniones, en relación al grado de agotamiento de la humedad en el suelo y la respuesta del cultivo a este hecho, se debe a que el crecimiento y rendimiento de las plantas, está controlado por el status del agua dentro de estas y solo indirectamente por el contenido de humedad del suelo.

Debido a que el status del agua dentro de la planta está determinado por la tasa de transpiración y pérdida por lo cual no sería sorprendente encontrar, que durante períodos de alta

temperatura y baja humedad, plantas que se encuentran creciendo en suelos con un contenido de humedad cercano a capacidad de campo, pueden estar sufriendo severo stress; por otro lado, plantas que se encontraban creciendo a contenidos de humedad relativamente bajos, no puedan sufrir stress si la demanda atmosférica por humedad es baja.

4.1. Disponibilidad del agua en relación a la demanda atmosférica

Según Norero (1975) cuando el poder evaporante de la atmósfera es bajo, la absorción también lo es, por lo cual, los poros y las raíces son capaces de transportar el agua a la velocidad requerida; en este caso, la aprovechabilidad del agua es similar entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

Por el contrario, cuando el poder evaporante de la atmósfera es alto, la evapotranspiración también lo es, y es satisfecha inicialmente por las reservas hídricas de los poros más gruesos. Al disminuir el contenido de humedad, el agua queda contenida en los poros más pequeños que por su creciente incapacidad de ceder y transmitir el agua, restringuen gradualmente la extracción, por lo cual, la evapotranspiración disminuye en relación a su valor máximo.

Bajo esta condición, la disponibilidad del agua disminuye a medida que el contenido de humedad del suelo decrece.

4.2. Disponibilidad del agua en relación a la textura

Si las condiciones evaporativas aumentan y la transpiración de la planta es grande, el agua del suelo debe ser capaz de moverse a la velocidad suficiente, para suplir el requisito transpirativo y no se produzca un déficit. Si el suelo es muy arcilloso, el movimiento del agua hacia las raíces va a ser lento (aunque exista en cantidad total suficiente) y estas no podrán suministrar el agua requerida (Espildora, 1975).

4.3. Disponibilidad del agua en relación al sistema radicular

Es evidente que si las condiciones de extracción de agua son suaves, no se requieren muchas raíces ni poros muy conductores para satisfacer la demanda. Pero también puede imaginarse una situación en la cual una severa evaporación es mantenida por un sistema poroso deficiente. En efecto, una gran densidad o número

de raíces, puede interceptar profusamente la red porosa del suelo, acortar así el circuito del agua y contrarrestar, en conjunto, la baja conductividad individual de esos poros (Noreiro, 1975).

5. Efecto del Stress hídrico en las Plantas

5.1. Cómo se produce el stress hídrico

El stress hídrico en las plantas se produce por una reducida tasa de absorción y/o por un exceso de transpiración. (Tomar, 1973).

La magnitud del stress hídrico en las plantas, depende del contenido de humedad en el suelo, de la demanda evaporativa de la atmósfera y de la resistencia al flujo de agua en las plantas. (Slatyer, 1967).

5.2. Stress hídrico y marchitez en las Plantas

La marchitez en las plantas ocurre por la pérdida de turgor en las células del tejido vegetal.

Cuando la marchitez se debe a una excesiva transpiración, causada por una demanda atmosférica alta, es de corta duración y la planta recobra su rigidez cuando la transpiración disminuye.

Si la marchitez se ha desarrollado debido a un bajo contenido de humedad en el suelo, su duración es más larga, y si la planta no se riega, puede derivar a una marchitez permanente. (Tomar, 1973).

5.3. El efecto del stress hídrico sobre los fenómenos fisiológicos

a. Crecimiento

Debido a que la turgencia es la fuerza física necesaria para el crecimiento celular, este es el fenómeno más sensitivo al stress hídrico.

Estrechamente relacionado con el crecimiento, está la división celular. Si el stress es prolongado, la división puede ser tan sensitiva como la elongación.

b. Fotosíntesis

El stress hídrico influye directa o indirectamente, sobre la fotosíntesis.

Debido al stress hídrico, se produce un cierre prematuro de los estomas, lo cual interfiere en la entrada de CO_2 a la planta, lo cual reduce la fotosíntesis, de igual manera, al reducirse el área foliar, disminuye la capacidad fotosintética de la planta.

También la fotosíntesis se ve directamente influenciada por el stress hídrico, ya que al deshidratarse el protoplasma, este baja su capacidad fotosintética. (Kramer, 1974).

c. Respiración

La respiración de las plantas, usualmente decrece, cuando se incrementa el stress hídrico, pero algunos investigadores han encontrado un incremento inicial en la respiración en plantas sujetas a un diario stress hídrico, seguida por una disminución, cuando el stress llega a ser severo. (Kramer, 1974).

5.4. Síntesis de compuestos

El stress hídrico disminuye la síntesis de compuestos que forman la pared celular, proteínas, clorofila, enzimas como nitrato reductasa y fenilalanina aminoliasa.

Por el contrario, aumenta la síntesis de enzimas hidrolíticas, como la ribonucleosa y amilasa, así como la síntesis de ácido abscísico. (Hsiao, 1976).

5.5. Stress hídrico en relación al crecimiento en longitud y diámetro del tallo

La iniciación y diferenciación de células en el meristema apical y la posterior elongación, son extraordinariamente influenciadas por un mediano stress hídrico (Tomar, 1973). El meristema cambial es muy sensible al stress hídrico y, quizás, se vea afectado en la misma forma en que lo es el meristema apical. (Zanher, 1974).

5.6. Stress hídrico y crecimiento radicular

Existe numerosa evidencia que el stress hídrico afecta en menor grado a las raíces que al crecimiento aéreo.

Merril (1979), encontró que el crecimiento de las raíces de numerosas plántulas, está pobremente correlacionado con el potencial mátrico del suelo.

Taylor y Ratliff (1969) reportaron que las raíces de algodón y maní, no disminuyeron su crecimiento hasta que el potencial mátrico del suelo alcanzó valores de -7 a -12 bares.

Earis y Payne (1969) dicen que las bajas correlaciones que se obtienen entre el crecimiento radicular y el potencial mátrico del suelo, se deben a que las raíces disminuyen su potencial osmótico a medida que disminuye el potencial mátrico del suelo.

Al respecto Hsiao (1976) afirma que la osmoregulación, mecanismo por el cual las células reducen el potencial de soluto, manteniendo alto el potencial de presión, está altamente desarrollado en las raíces de las plántulas, por lo cual, pueden seguir creciendo, aunque el potencial del agua en el suelo disminuya. Este mecanismo, añade, estaría más desarrollado en las raíces que en la parte aérea de las plantas.

5.7. Stress hídrico y rendimientos

Algunos cultivos solo producen un aceptable rendimiento cuando se les mantiene siempre con un elevado abastecimiento de humedad. Estos cultivos son la mayoría de las hortalizas, papa, plátano, etc.

Otros cultivos, en cambio, incluyendo los frutales de hoja caduca, cebada y caña de azúcar, normalmente no responden cuando se les mantiene con un alto contenido de humedad en el suelo; es más, un déficit hídrico tiene a veces, un efecto positivo sobre la calidad del rendimiento. (Doreenboos y Fruitt, 1975).

6. Efectos de la deficiencia de O₂ sobre las plantas

La aereación del medio depende principalmente de 3 factores: tamaño y distribución de los poros, intensidad de la transpiración, y frecuencia de riego.

Mientras mayor sea la cantidad de poros grandes, mejor será la aereación, ya que las raíces de las plantas obtienen el oxígeno de los poros, una vez que estos han drenado después del riego, (lógicamente, a mayor tamaño de poros mayor drenaje), y luego

con el aporte que realiza la transpiración, desalojando el agua que permanece en los poros que no se han drenado, (mientras mayor sea la intensidad del fenómeno, más rápido es el abastecimiento de oxígeno). (Paul, 1976).

Una alta frecuencia de riego, puede ser detrimental para un abastecimiento adecuado de O_2 , especialmente si el medio no tiene un drenaje adecuado y si las condiciones ambientales provocan una baja demanda evaporativa. (Paul, 1976).

6.1. Efectos de la aereación del medio sobre la respiración

La respiración es el proceso mediante el cual, las células de los organismos obtienen energía para llevar a cabo todos sus procesos vitales.

El oxígeno, mediante un mecanismo enzimático, oxida moléculas vitales para la respiración celular, a la vez que este es reducido a agua dentro de las mitocondrias.

Fulton y otros (1964) encontraron que en plantas de tomate sumergidas en agua, la falta de O_2 inhibía el ciclo de Krebs (proceso intermedio de la respiración) especialmente a nivel de raíces,

a la vez que ocurría fermentación (respiración anaeróbica).

6.2. Efecto sobre la transpiración

Letey y colaboradores (1962) trabajando con plantas ornamentales, encontró que las plantas cuyas raíces estaban expuestas a bajas concentraciones de oxígeno, estaban menos turgidas que las plantas expuestas a concentraciones normales de O_2 , especialmente al medio día, cuando se supone una mayor transpiración.

Obviamente, esto indica que el agua no está siendo transportada desde el suelo a las hojas a la suficiente velocidad para mantener la transpiración máxima.

Ellos atribuyeron este hecho a una acción indirecta del oxígeno, vale decir, esta actúa sobre las raíces disminuyendo su crecimiento, por lo cual, este deficiente desarrollo radicular, no fué suficiente para suplir los requerimientos de agua de la parte aérea.

Por otro lado Letey y otros (1962) trabajando con plántulas de maravilla, encontraron similares resultados, pero además de la acción indirecta del oxígeno sobre las raíces, le atribuyeron

una acción directa, basándose en un trabajo de Cannon (1925) en que plantas sometidas a diferentes velocidades de viento, consumían más oxígeno a medida que la transpiración era más intensa.

6.3. Efecto sobre la absorción de nutrientes

Numerosos trabajos han demostrado la importancia de la respiración aeróbica en la absorción de aniones y cationes por las raíces, en contra de un gradiente de concentración.

Steward (1941) reportó que la acumulación de K en las células de los tejidos de las plantas, ocurre solamente cuando existe un adecuado abastecimiento de oxígeno.

Hoagland y Broyer (1936) encontraron, que los elementos K, Br y N se acumulan rápidamente en las raíces contra un gradiente de concentración, cuando se hacía pasar oxígeno a través de la solución.

Con relación a palto, existe abundante literatura al respecto, y todos coinciden en señalar en que el nivel de oxígeno en el suelo, influye marcadamente en la absorción de nutrientes por

las raíces y que bajos niveles de oxígeno afectan negativamente la absorción de la mayoría de los nutrientes.

Por ejemplo, Slowik et al. (1979) trabajando con plantas Hass creciendo en bolsas reportó que con bajos niveles de oxígeno en el suelo (2.5%) se redujo significativamente la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn y Cu en las hojas; K, Mn y Cu en el tallo y N, K, Mg en la raíz, en comparación a plantas que crecían con un adecuado nivel de O_2 (21%).

Las cantidades totales de los nutrientes estudiados fueron significativamente más bajos en las plantas que crecieron bajo un nivel deficiente de O_2 .

Similares resultados han sido reportados por Lalanauskas et al. (1968,1970).

6.4. Influencia del oxígeno sobre el crecimiento de la raíz

La raíz para su crecimiento, al igual que parte aérea de la planta, necesita de la síntesis de compuestos que promueven y conforman su estructura.

Para la síntesis de estos compuestos se necesita energía que es obtenida a partir de la utilización de los sustratos aportados por la fotosíntesis, mediante la respiración.

Si existe un déficit en el abastecimiento de O_2 se afecta la respiración y con esto el crecimiento radicular.

Labanouskas et al. (1970) trabajando con plántulas de cítricos, encontraron que las raíces sometidas a un bajo nivel de O_2 (0.8%) experimentaron una reducción igual a un 53% en su peso seco, en comparación a raíces con un abastecimiento normal de oxígeno.

Slowik et al. (1979) obtuvieron resultados similares trabajando con palto Hass injertados sobre Topa-topa.

En relación al crecimiento en longitud, Curtis (1948) encontró en plántulas de palto, que las raíces de éstas sumergidas en una solución de cultivo, con una baja concentración de oxígeno (0.7 ppm) no experimentaba crecimiento en longitud.

6.5. Influencia del oxígeno sobre el crecimiento de la parte aérea.

Las principales funciones del sistema radicular, con la de contener al vegetal, absorción de agua y nutrientes.

Anteriormente se discutió como una inadecuada aereación afectaba estos dos últimos fenómenos. Lógicamente, al afectarse éstos, están directamente influyendo en el crecimiento de la parte aérea. Otro rol que cumple el sistema radicular, es la síntesis de compuestos que juegan un rol esencial en el crecimiento de la parte aérea (Kramer, 1974).

Este mismo autor, ha establecido que las raíces sintetizan citoquininas y giberelinas, y que la formación de éstos compuestos se ve inhibida por acción de un medio ambiente desfavorable.

Estas aseveraciones sugieren que la reducción del crecimiento de la parte aérea, bajo déficit de oxígeno, en parte se deberían al reducido abastecimiento de éstos compuestos por parte

de la raiz.

Labanousky et al. (1968) trabajando con plántulas de palto, encontraron un menor crecimiento de la parte aérea igual a un 37.6% al someterlas a un bajo nivel de oxígeno, en comparación a plántulas que estaban creciendo con un abastecimiento normal de oxígeno.

Valoras et al. (1964) encontraron que con una concentración de oxígeno igual o menor a 1%, las plántulas de palto se marchitaban y posteriormente morían. Con una concentración de un 2%, la mayoría de las plantas se marchitaron y algunas murieron, pero no encontraron diferencias significativas entre un 10 y un 21%.

6.6. Tolerancia de las plantas a bajos niveles de oxígeno

Estudios de Vlamis y Davis (1944), indican que los requerimientos de oxígeno de las raíces de tomate, cebada y arroz son similares, pero que éstas tres plantas reaccionan en forma diferente a condiciones de anaerobiosis.

Esta evidencia sugiere la diferente movilidad para transportar oxígeno de la parte aérea, hacia las raíces y por consiguiente, el comportamiento diferente frente a condiciones de anaerobiosis similar.

Curtis (1948), encontró que las raíces del palto son extremadamente sensibles a la deficiencia de oxígeno y dice que las raíces del arroz, poroto, algodón, incluso tienen una mayor sensibilidad que las raíces de cítricos, frente a condiciones de deficiencia de este elemento.

7. Relaciones hídricas en el palto

Según Gustafson (1976), el palto es un árbol muy exigente. No crece bien en suelos relativamente secos, así como los excesos de humedad le restringen la actividad radicular y favorecen la entrada de patógenos.

Richards et al. (1958), trabajando con paltos Hass de dos años de edad, injertados sobre un portainjerto de raza Mexicana, en condiciones de campo, determinaron que la altura, diámetro

de hojas, eran mayores cuando estos se regaron a una tensión de humedad igual a -50 centibares, en comparación a los que se regaban a -1 bar.

7.1. Concentración de N, P, K, en hojas en relación al contenido de humedad

Emblenton et al. (1958), determinaron que las concentraciones de N, P, K en hojas de paltos Hass, era similar cuando los árboles se regaban a una tensión de 0.5 bares y 1 bar. La concentración de N en las hojas aumentaba cuando el riego se efectuaba a -10 bares.

7.2. Contenido de humedad del suelo y la transpiración del Palto

Sterne et al. (1977), trabajando con paltos de la variedad Bacon de 8 años de edad, determinaron que la transpiración del palto era menor cuando los árboles se regaban cada 30 días (correspondiente a una tensión mayor que 0.8 bares), en comparación a árboles que se regaban semanalmente (mayor que 0.2 bares). Esta disminución se debió a un decrecimiento de la conductividad y en menor grado a la menor diferencia en los contenidos de humedad absolutos entre la hoja y el aire.

III. MATERIAL Y METODO

1. Localización del Ensayo

El ensayo se realizó en el vivero perteneciente a la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, ubicado en la localidad de Quillota, V Región. El experimento se llevó a cabo entre el 15 de Septiembre de 1979 y el 27 de Enero de 1980.

2. Descripción del equipo de riego

Para aplicar el agua en forma controlada se instaló un sistema de riego por goteo el cual constó de un estanque cuya elevación fué de 10 metros, con una capacidad de 4 m^3 y caudal de salida igual a 600 lt/hora.

El estanque se conectó al sistema con una matriz de 40 metros de largo y 1 pulgada de diámetro. A la entrada del sistema de riego se instaló un filtro de malla, cuya finura fué de 150 mesh, a continuación se ubicó un manómetro de mercurio para

verificar la presión del sistema.

Los 3 laterales del sistema eran de polietileno negro de 1/2 pulgada de diámetro, con un largo de 20 metros. A la entrada de cada lateral, se instaló una llave de paso, de tal manera que estos funcionaban independientemente.

La pérdida de carga por lateral se determinó por la fórmula de Darcy-Weisbach, estimando el factor de fricción de acuerdo al método propuesto por Espinoza y de Vites. (Villavicencio, 1977).

A la pérdida de carga por fricción, se le agregó la pérdida por singularidad, debido a la inserción del gotero y de acuerdo al método propuesto por Villavicencio (1977).

Sobre los laterales, se ubicaron los goteros a una distancia de 33 cm. entre sí, lo que dió un total de 60 goteros por lateral.

Se utilizó un gotero tipo autocompensado con un caudal de salida igual a 7,2 lt/hora, de 4 salidas múltiples.

Cada salida correspondió a un microtubo de 1 mm de diámetro y de 20 cm de largo, por lo cual, el caudal por microtubo correspondió a 1,8 lt/hora.

Cada microtubo abasteció a una planta, por lo cual el número de plantas que regaba cada lateral fué igual a 240. El caudal que escurrió por cada lateral fué de 432 lt/hora.

3. Calidad del agua

Como fuente de agua se utilizó un pozo profundo, que abasteció el estanque. El análisis de agua se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso.

La calidad del agua se clasificó en base al método propuesto por Thorne y Thorne (1951).

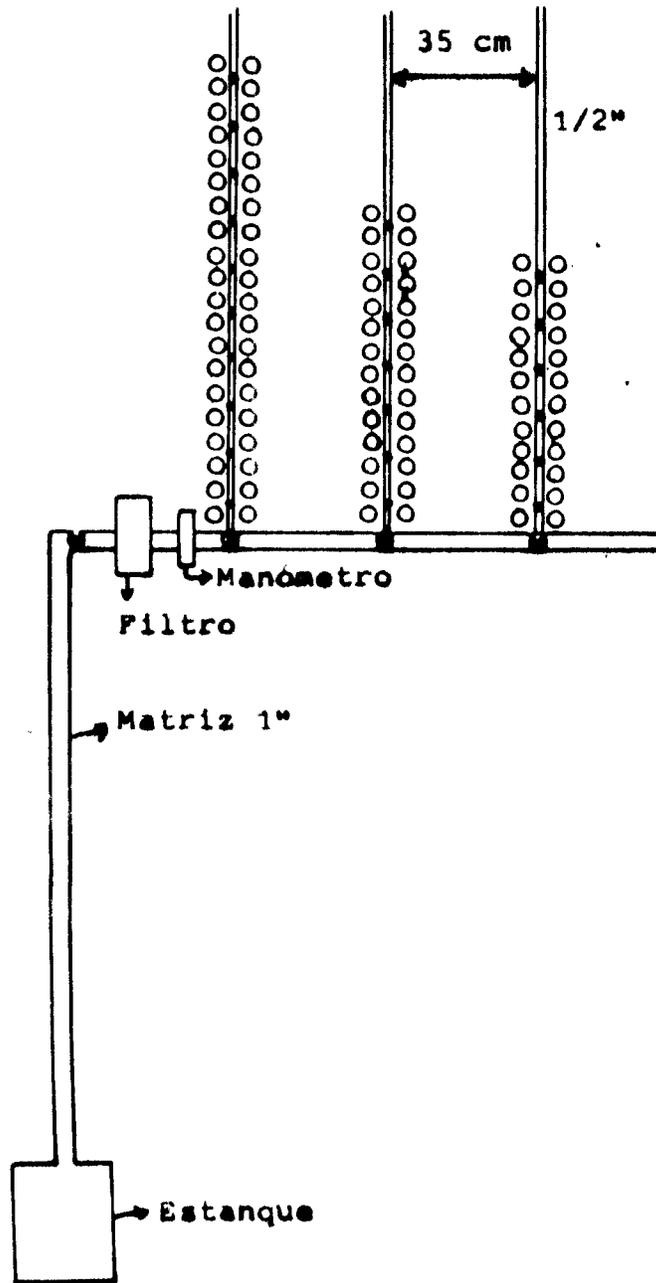


FIGURA 1 - Esquema del riego por goteo.

4. Descripción de la mezcla de suelo

La mezcla consistió en un 75% de suelo franco arcilloso y un 25% de arena fina (v/v). A este 100% se le agregó un 15% de aserrín previamente descompuesto (v/v).

El análisis químico de la mezcla de suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso. El N se determinó por el método de Kjeldahl, el P por espectrofotometría de luz ultravioleta, y el K por fotometría de llama, métodos descritos por Araos e Infante (1973).

La curva característica de humedad del suelo se determinó en el Laboratorio de Riego de la Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, utilizándose ollas, y platos a presión, a las siguientes presiones: 0,1; 0,3; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; 10,0; y 15,0 atmósferas.

Mediante el método de cilindro de volumen conocido, se determinó el valor de densidad aparente de la mezcla de suelo. Para tal efecto se muestrearon 20 bolsas al azar.

5. Descripción de la bolsa

Las bolsas utilizadas fueron de polietileno negro de 0,1 mm con una altura de 40 cm, diámetro 17,2 cm, área 232,2 cm² y un volumen de 9,428 lts. A estas bolsas se les hizo perforaciones para facilitar el drenaje hasta los 20 cm.

6. Descripción del invernadero

El ensayo se realizó bajo un cobertizo de 42 mt de largo y 12 mt de ancho, con una altura máxima de 2,8 metros y mínima de 1,5 metros. La estructura permaneció cubierta con un techo de ramas de Eucaliptus.

7. Descripción de las plántulas

Las plántulas utilizadas en el ensayo se seleccionaron en base a su altura, con el fin de comenzar con plántulas homogéneas. Para tal efecto, se seleccionaron plantas de 10 cm de

altura, las cuales habían sido sembradas el 15 de junio de 1979 y provenían de semillas de la variedad mexícola.

8. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en:

- | | |
|---------------|--|
| Testigo | regado con manguera, sin considerar una tensión del suelo predeterminada. |
| Tratamiento 1 | riego por goteo, cuando la tensión del suelo alcanzaba los 20 centibares de tensión. |
| Tratamiento 2 | riego por goteo, cuando la tensión del suelo alcanzaba los 40 centibares. |
| Tratamiento 3 | riego por goteo, cuando la tensión del suelo alcanzaba los 60 centibares. |

Para medir las tensiones, se utilizaron tensiómetros marca H.E.C., ubicados a 15 y 30 cm dentro de la bolsa, con 2 pares por cada tratamiento. El riego se efectuaba cuando el tensiómetro ubicado a 15 cms, alcanzaba la tensión previamente descrita.

9. Cálculo de la lámina de riego

Para el cálculo de la lámina de riego se utilizó la fórmula:

$$h = \frac{(W_{10} - W_x) D_p \times H}{100}$$

Donde:

h : lámina de riego en cms.

W_{10} = contenido de humedad (P/P%) a una tensión de 10 centibares

W_x = contenido de humedad (P/P%) a la tensión extipulada para cada tratamiento

D_p = densidad aparente (gr/cm^3)

H = profundidad de la bolsa (cms)

Dando las siguientes láminas para cada tratamiento:

$$T_1 = 0.91 \text{ cms}$$

$$T_2 = 1.71 \text{ cms}$$

$$T_3 = 2.03 \text{ cms}$$

Multiplicando la lámina, por la superficie de la bolsa, se obtuvo el volumen de agua aplicado en cada riego:

$$T_1 = 0.91 \text{ cms} \times 232,23 \text{ cm}^2 = 211.32 \text{ cm}^3$$

$$T_2 = 1.71 \text{ cms} \times 232,23 \text{ cm}^2 = 397.29 \text{ cm}^3$$

$$T_3 = 2.03 \text{ cms} \times 232,23 \text{ cm}^2 = 473.37 \text{ cm}^3$$

El tiempo de riego se determinó dividiendo el caudal de cada microtubo, por el volumen de agua a aplicar, de tal manera que:

$$T_1 = \frac{211.32 \text{ cm}^3}{1800 \text{ cm}^3/60 \text{ minutos}} = 7 \text{ minutos}$$

$$T_2 = \frac{397.29 \text{ cm}^3}{1800 \text{ cm}^3/60 \text{ minutos}} = 13 \text{ minutos}$$

$$T_3 = \frac{473.37 \text{ cm}^3}{1800 \text{ cm}^3/60 \text{ minutos}} = 16 \text{ minutos}$$

10. Parámetros medidos en la planta

- Altura
- Diámetro de la base del tallo (3 cm del suelo) y diámetro del tallo, medido a 20 cm del suelo.
- Materia seca: hojas
 - tallos
 - raíces
- Concentración de N, P y K en hojas, tallos y raíces
- Cantidad total de N, P y K en hojas, tallos y raíces.

La altura y diámetro de la base del tallo, se midió dos veces al mes, en 10 plantas al azar por repetición en cada medición.

El diámetro medido a 20 cm se comenzó a evaluar, cuando las plantas alcanzaron una altura de 25 cm.

La materia seca de hojas, tallos y raíces, así como la concentración y cantidad total de N, P y K, se determinó al final del ensayo, seleccionándose 5 plantas al azar por repetición.

La materia seca se determinó secando las muestras en horno de circulación forzada hasta peso constante (60 °C por 24 horas, aproximadamente).

La determinación de las concentraciones de N, P y K en hojas, tallos y raíces se llevó a cabo en la Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Valparaíso, Laboratorio de Suelos.

El N se determinó por el método de Kjeldahl, el P por espectrofotometría de luz ultravioleta y el K por fotometría de llama.

La materia seca de raíces se midió en 3 sectores de la bolsa: 0 - 10 cm; 10 - 20 cm; y 20 - 30 cm, para lo cual se

recolectó el total de raíces que le correspondía a cada sector.

11. Medición de la evaporación

Dentro del cobertizo se utilizó un evaporímetro Piche ubicado a 1,5 mts del suelo. Fuera del cobertizo se utilizó un evaporímetro Piche ubicado a 1,5 mt de altura y una bandeja clase A, USWE, ambos instrumentos ubicados en la Estación Meteorológica de la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, distantes aproximadamente 300 mt del cobertizo.

12. Diseño Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 6 repeticiones, con 40 plantas por repetición.

Los resultados se sometieron a Análisis de Varianza y los promedios se separaron según la prueba del rango múltiple de Duncan al 5%.

IV. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Calidad del Agua

El análisis de Laboratorio arrojó los siguientes resultados:

pH = 7.05

CE = 0.448 mmhos/cm

Cationes: K 0.028 (meq/lt)

Na 0.91 (meq/lt)

Ca 2.538 (meq/lt)

Mg 2.358 (meq/lt)

Aniones: Carbonatos 0.15 (meq/lt)

Bicarbonatos 3.03 (meq/lt)

Sulfatos 2.229 (meq/lt)

Cloruros 0.438 (meq/lt)

El agua se clasificó como de salinidad media y baja en Na.

Análisis químico y constantes de la mezcla de suelo:

pH = 6.85

CE = 0.2361 mmhos/cm

N = 52 ppm

P = 23 ppm

K = 115 ppm

La mezcla de suelo presentó un pH neutro, de salinidad muy baja y con alto contenido de N, P y K.

Densidad Aparente: 1.3 (gr/cm³)

Curva característica de humedad:

$$E = 10.47 W^{-0.265}$$

Uniformidad del Riego por goteo

- Descarga del gotero

El gotero utilizado permitió obtener una descarga prácticamente constante para un amplio rango de variaciones de la presión en el lateral. Estos goteros cuentan con una membrana flexible que aumenta o disminuye la sección de salida del agua por efecto de la presión.

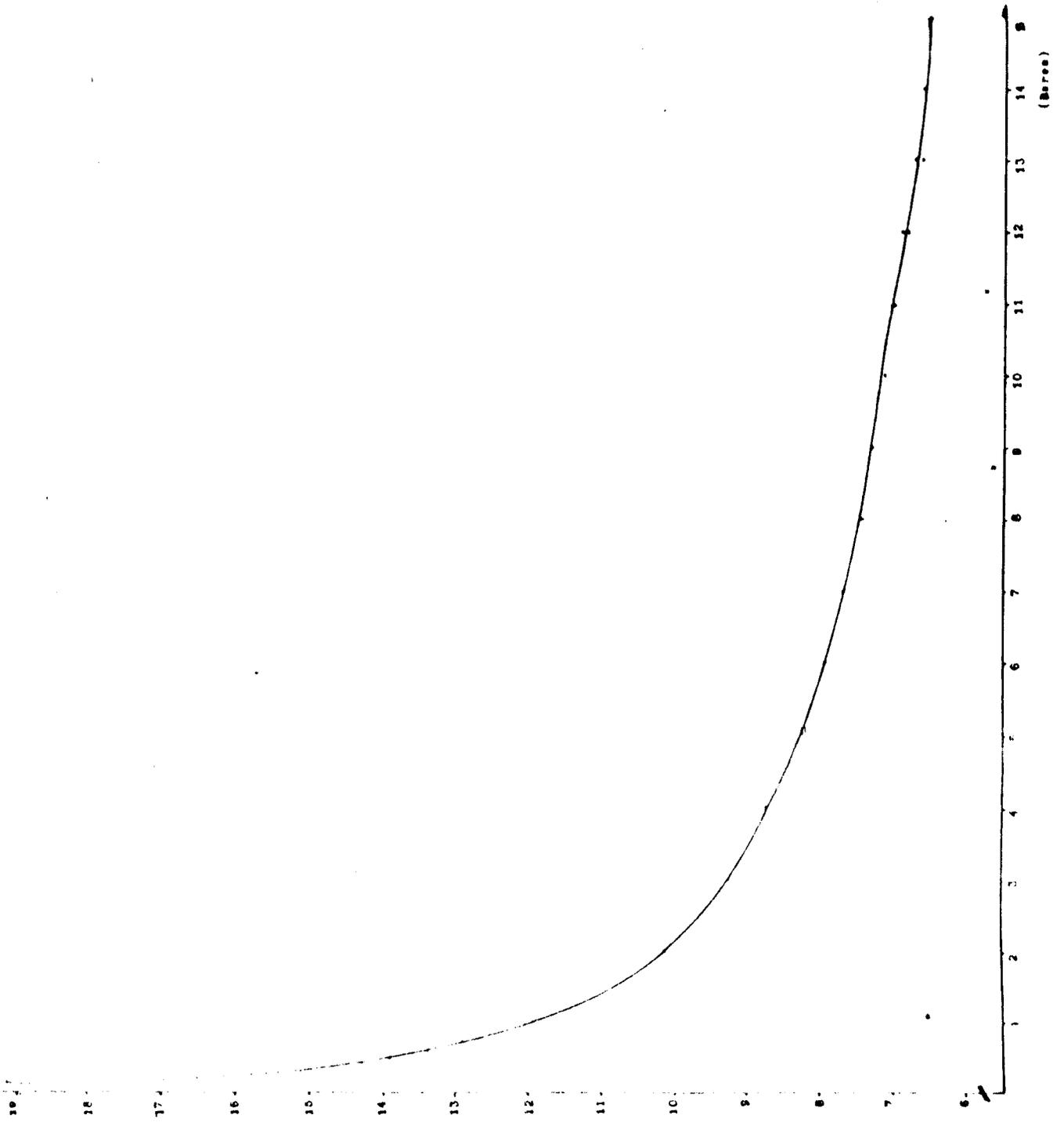


Figura 2 - Curva Relación de umedad.

En la Figura 3 se observa que la descarga del gotero permanece constante entre 5 y 9,5 metros de presión.

- Pérdida de carga por lateral

La pérdida de carga del lateral, determinado por la fórmula de Darcy-Weisbach, fué igual a 1,1 metros (Figura 4).

La pérdida de carga de fittings, filtro de malla y matriz, fué igual a 3 metros, por lo cual, la presión a la entrada del lateral fué de 7 metros y la presión al final del lateral fué de 5,9 metros.

Si se observa la Figura 3, se ve que la descarga del gotero en ese rango de presiones permanece constante.

El coeficiente de uniformidad del sistema se determinó por la fórmula de Christiansen (1972), dando como resultado una uniformidad igual a 96%.

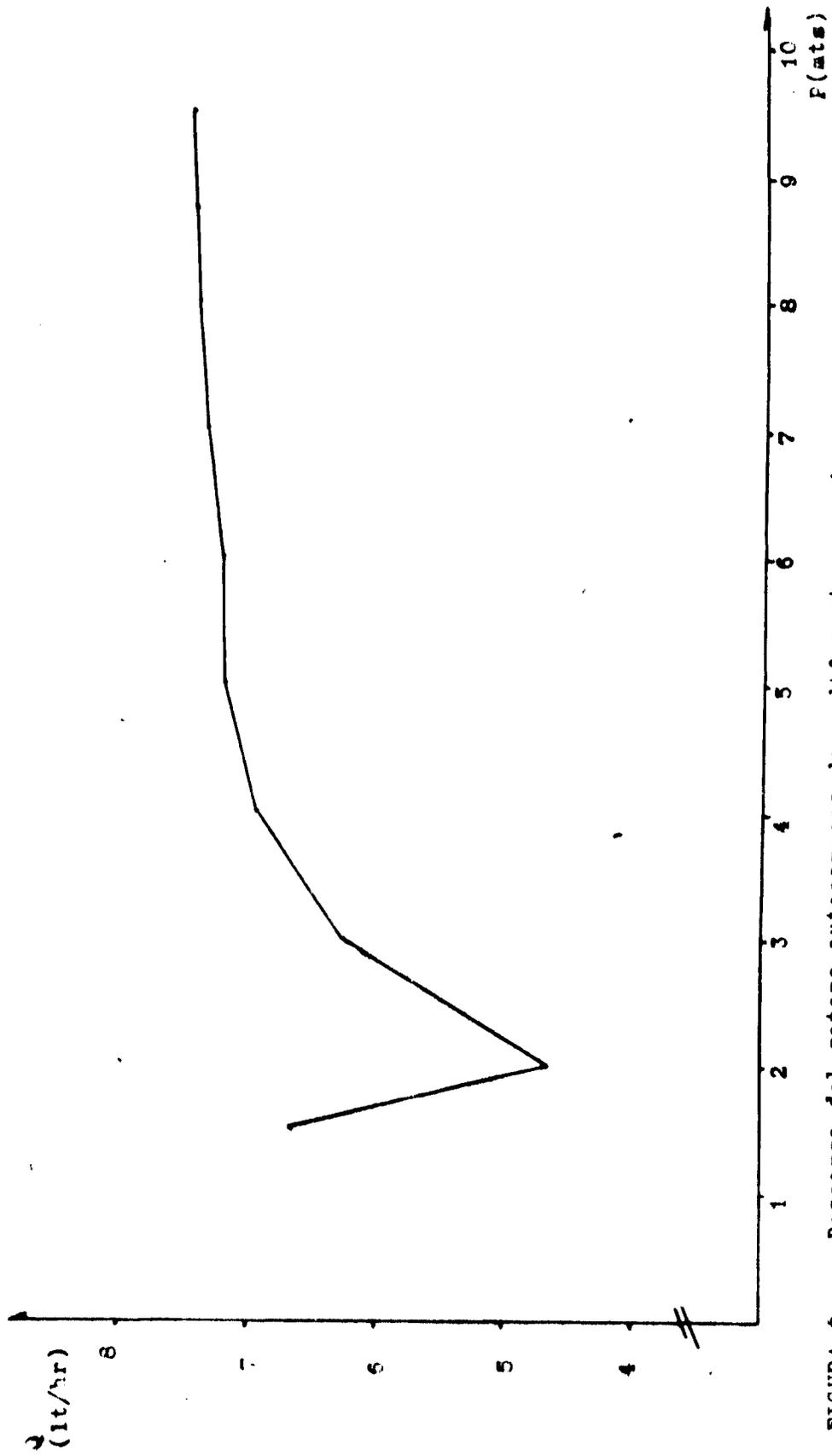


FIGURA 3 - Descarga del gotero autocompensado a diferentes presiones.

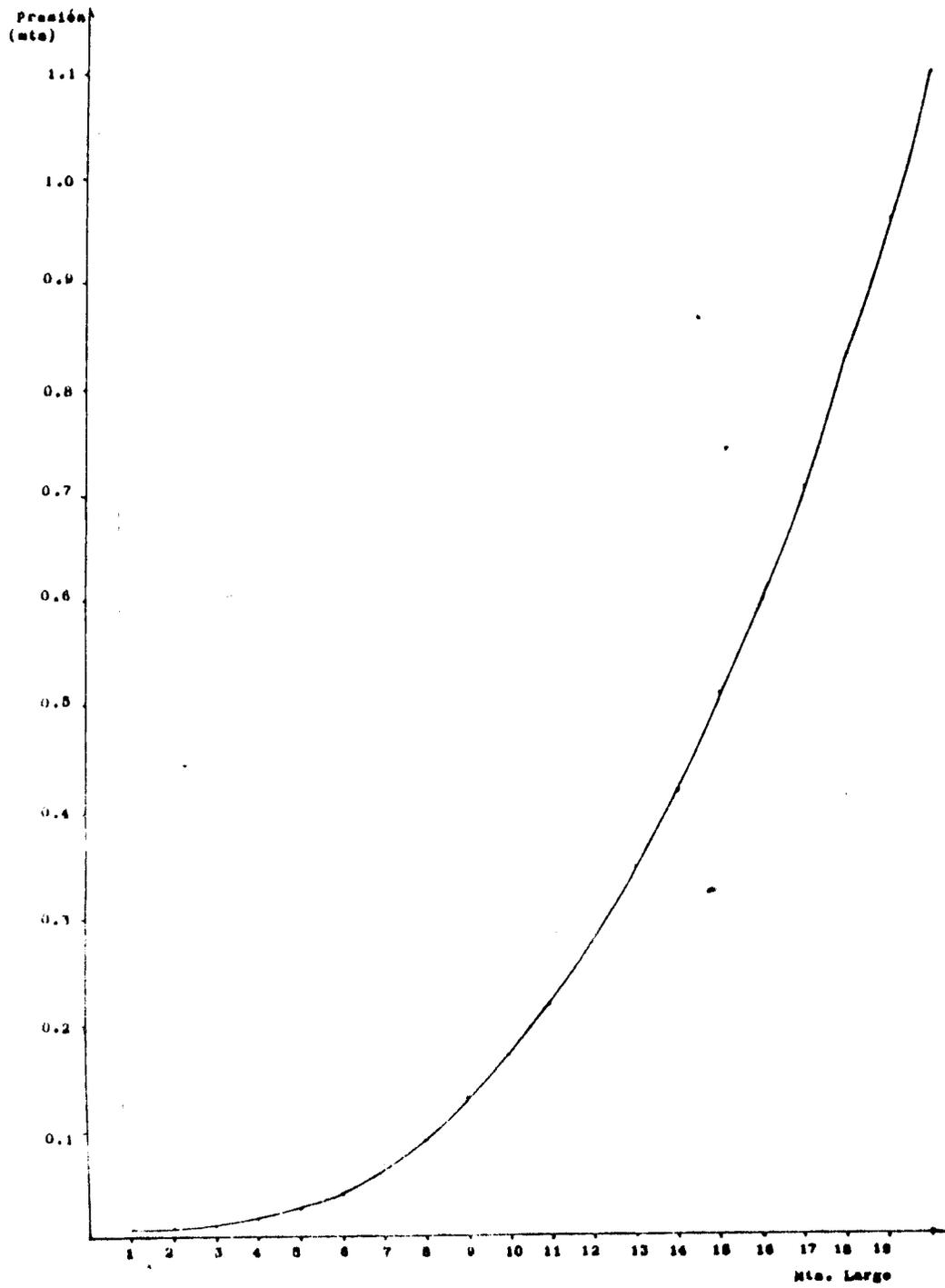


FIGURA 4 - Pérdida de carga acumulada del lateral.

Cálculo de ETo

En la Figura 5, se observa que la evaporación del Piche y la bandeja Clase A de la Estación Meteorológica de la Escuela de Agronomía, siguen la misma tendencia estacional, pero las cantidades evaporadas por ambos son diferentes, ya que el Piche evaporó un 16,05% más (valor promedio), que la evaporación de la bandeja Clase A (Cuadro 1).

Según Norero (1975), el valor obtenido en un evaporímetro, es sólo un índice comparativo de la demanda de vapor o poder desecante de la atmósfera y no tiene valor absoluto, porque los resultados dependen del instrumento usado y de la forma en que es instalado.

Por lo cual, se ha convenido en adoptar un evaporímetro estandar, y este es la bandeja Clase A, USWB (Norero, 1975).

Para estimar la evapotranspiración potencial (ETo), a partir de la evaporación de bandeja Clase A, fué necesario multiplicar la evaporación, por un coeficiente de bandeja, de tal manera que $E_{To} = K_b \times E_b$ (Doreenboos, Pruitt, 1975).

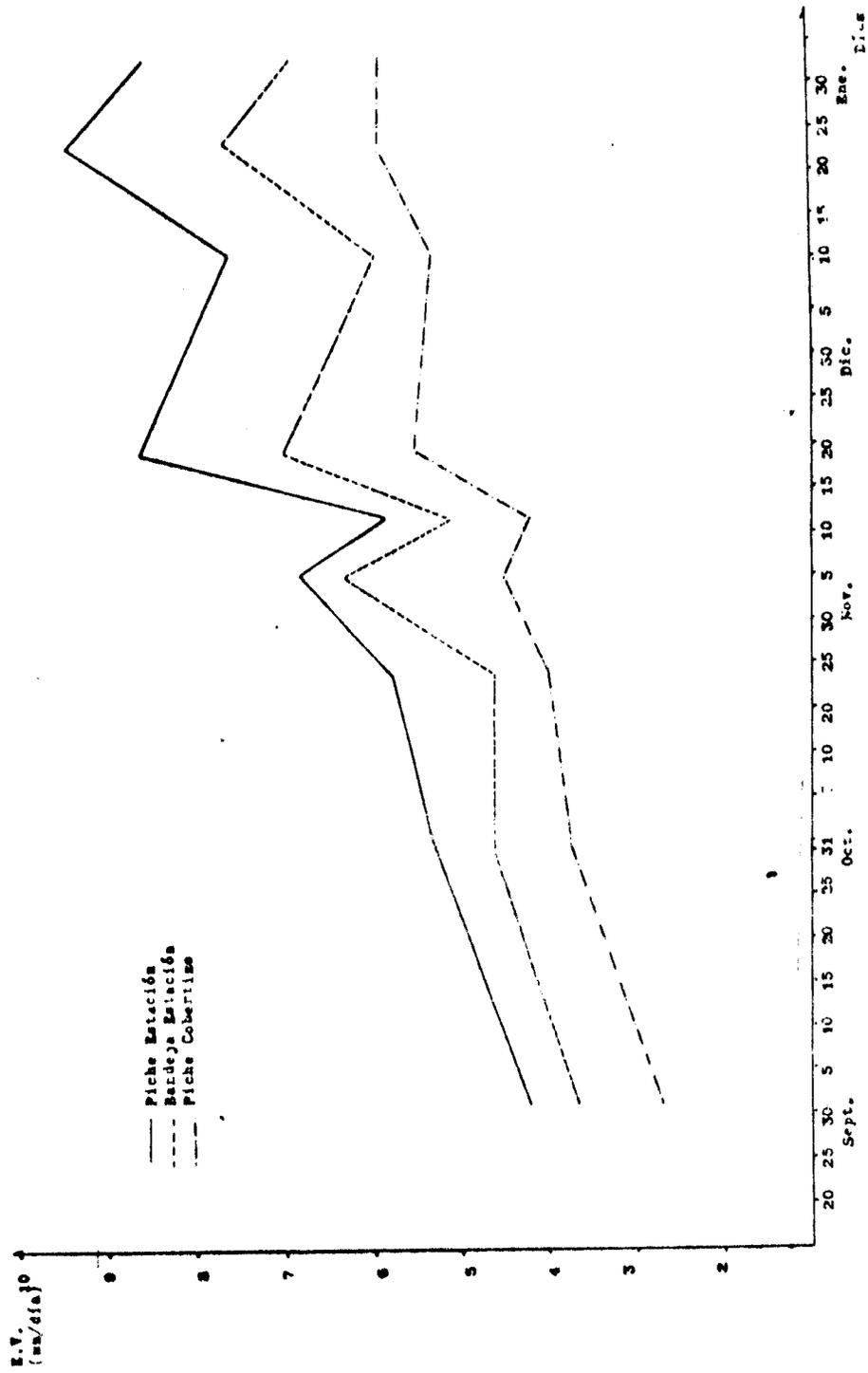


FIGURA 5 - Comparación: Estación, Cobertizo, Bardeja y Estación.

CUADRO 1 - Evaporación y evapotranspiración potencial registrada dentro y fuera del cobertizo

	P E R I O D O S									
	15 Sep.- 19 Oct.	2 Oct.- 30 Oct.	1 Nov.- 19 Nov.	20 Nov.- 30 Nov.	1 Dic.- 7 Dic.	8 Dic.- 14 Dic.	15 Dic.- 5 Ene.	6 Ene.- 17 Ene.	18 Ene.- 27 Ene.	
<u>Ev. Piche</u>										
Invernadero (mm)	47.23	104.4	76.29	49.82	29.18	38.56	116.57	70.44	64.7	
Promedio Período invernadero (mm/día)	2.778	3.48	4.02	4.529	4.169	5.509	5.299	5.87	5.8	
Estación (mm)	72.07	158.61	109.42	75.29	40.93	61.16	166.94	112.38	93.2	
Promedio Período estación (mm/día)	4.24	5.287	5.75	6.84	5.847	8.73	7.58	9.365	8.4	
Variación entre invernadero y estación (%)	34.46	34.17	30.27	33.82	28.7	36.95	30.17	37.3	30.5	
									Promedio = 32.9	
<u>Ev. Bandeja</u>										
(mm)	62.073	138.71	87.16	69.53	45.88	49.36	130.79	92.07	75.54	
Promedio Período Variación con Piche estación (%)	3.652	4.62	4.58	6.32	5.12	7.051	5.94	7.67	6.86	
	13.87	12.5	20.33	7.5	12.33	19.28	21.65	18.07	18.95	
									Promedio = 16.05	
<u>Estación</u>										
(mm)	56.43	126.1	79.24	63.3	32.62	44.88	118.9	83.7	68.68	
Promedio Período (mm/día)	3.32	4.2	4.17	5.75	4.66	6.41	5.4	6.975	6.24	
<u>Estación Invernadero</u>										
(mm)	43.25	89.86	67.28	40.38	24.08	30.1	91.61	54.36	49.92	
Prom. Período (mm/día)	2.54	3.0	3.54	3.57	3.44	4.3	4.16	4.53	4.54	

Por lo cual se hace imprescindible corregir esta mayor evaporación, a la vez que es necesario expresar la evaporación del Piche, en términos de evapotranspiración potencial (ETo).

Esta corrección se llevó a cabo, correlacionando los datos diarios (125) de evaporación del Piche y la evapotranspiración potencial calculada por el método de la bandeja, de tal manera que:

$ETo = (KP \times Ev \text{ bandeja}) = a + b (Ev \text{ Piche})$, obteniendo la siguiente ecuación de regresión:

$Y = 0.759 + 0.642 x$, con un coeficiente de correlación igual a 0.91, estadísticamente significativo a un nivel de 0.01.

Esta alta correlación, está indicando que el evaporímetro de Piche es un buen indicador del poder evaporante de la atmósfera.

Obtenida esta relación, se aplicó a los datos diarios del evaporímetro Piche, ubicado dentro del invernadero obteniendo:

$E_{To} \text{ (cobertizo)} = 0,759 + 0,642 \text{ (Ev Piche Cobertizo)}$.

En el Cuadro 1 se observa, además, que la evaporación del Piche, ubicado dentro del cobertizo, es menor en un 32,9% (valor promedio) que la evaporación del Piche ubicado en la Estación Meteorológica.

Según Norero (1975) la evaporación ocurre cuando existe: energía para cambiar la fase líquida a gaseosa, cabida en la atmósfera para albergar el vapor desprendido de la superficie y remoción del vapor acumulado sobre la superficie.

Obviamente, el techo de hojas de Eucaliptus en el cobertizo interceptó parte de la radiación solar, por lo cual, hay menos energía para provocar la vaporización del agua, por ende, hay menor evaporación.

Frecuencia de Riego

La frecuencia de riego, es el número de días que media entre la aplicación de dos riegos sucesivos.

Esta, depende en gran medida del uso consumo o evapotranspiración, y de la lámina a agotar. De tal manera que:

$$FR = \frac{h \text{ (mm)}}{UC \text{ (mm/día)}}$$

En el Cuadro 2, se observa que donde se agotó la menor lámina, es decir en el tratamiento 1, se comenzó con una frecuencia de riego de 16 días, por el contrario, cuando el nivel de agotamiento fué mayor, es decir en el tratamiento 3, la frecuencia de riego fué de 35 días.

Al final del experimento, cuando el uso consumo fué mayor, la frecuencia de riego para el tratamiento 1 y 3, fué de 3 y 11 días respectivamente. Esto nos indica, que la frecuencia de riego es altamente dependiente de la magnitud de la lámina a agotar y de la intensidad de la evapotranspiración.

Además en el Cuadro 2, se observa que la tensión a la que fué regado el testigo fué muy similar al tratamiento 1.

CUADRO 2 - Efecto de la l mida a agotar y del uso consumo sobre la frecuencia de riego en plántulas de palto creciendo en bolsa de polietileno y bajo sombreado.

Fecha Festigo	(*)	Días	Fecha	Tratamiento 1 Días	Fecha	Tratamiento 2 Días	Fecha	Tratamiento 3 Días
15 Sept.			15 Sept.	16	15 Sept.		15 Sept.	
2 Oct.	(23)	17	1 Oct.	13	14 Oct.	29	20 Oct.	35
15 Oct.	(23)	13	14 Oct.	12	7 Nov.	24	14 Nov.	25
28 Oct.	(21)	13	28 Oct.	10	18 Nov.	11	3 Dic.	19
7 Nov.	(24)	10	5 Nov.	10	2 Dic.	14	17 Dic.	14
19 Nov.	(23)	12	15 Nov.	7	10 Dic.	8	30 Dic.	13
26 Nov.	(23)	7	22 Nov.	8	20 Dic.	10	11 Ene.	12
30 Nov.	(16)	4	30 Nov.	7	2 Ene.	13	21 Ene.	11
7 Dic.	(25)	7	7 Dic.	5	9 Ene.	7		
14 Dic.	(27)	7	12 Dic.	7	15 Ene.	6		
18 Dic.	(20)	4	19 Dic.	4	20 Ene.	5		
21 Dic.	(19)	3	23 Dic.	5	25 Ene.	9		
28 Dic.	(23)	7	28 Dic.	5				
3 Ene.	(23)	6	2 Ene.	5				
8 Ene.	(25)	5	7 Ene.	5				
12 Ene.	(23)	4	12 Ene.	2				
17 Ene.	(26)	5	14 Ene.	3				
21 Ene.	(25)	4	17 Ene.	4				
24 Ene.	(26)	3	21 Ene.	3				
27 Ene.	(24)	3	24 Ene.	3				
			27 Ene.					
19 Riegos			21 Riegos		12 Riegos		8 Riegos	
Total mm		188.64 mm		189.84 mm		201.6 mm		164.8 mm
Total volumen		4.380lt		4.408lt		4.681lt		3.8316lt
		93.5		94		100		82

(*) Tensión de humedad a la cual se dió el riego.

Crecimiento acumulado en Longitud del tallo

En la Figura 6, se observa al final del ensayo (27 Enero) diferencias significativas en la altura de las plantas (los períodos intermedios se analizarán en gráfico).

Tanto el testigo, así como los tratamientos 1 y 3, tuvieron un menor crecimiento, en comparación al tratamiento 2.

El menor desarrollo de las plantas del testigo y del tratamiento 1 se debería a una inadecuada aereación del medio. Esta presunción está basada en los siguientes hechos:

- a. Mantener un alto contenido de humedad en el suelo, provoca una baja concentración de oxígeno en éste.
- b. Las raíces del palto, son extremadamente sensibles a la falta de oxígeno (Curtis, 1948), y una manifestación visible a esta susceptibilidad, es una disminución en el crecimiento vegetativo (Valoras et al., 1964).
- c. El crecimiento de plantas en bolsas, provoca una gran concentración radicular, con lo cual se requiere un alto abastecimiento de oxígeno y una elevada tasa de remoción de CO_2 por unidad de volu-

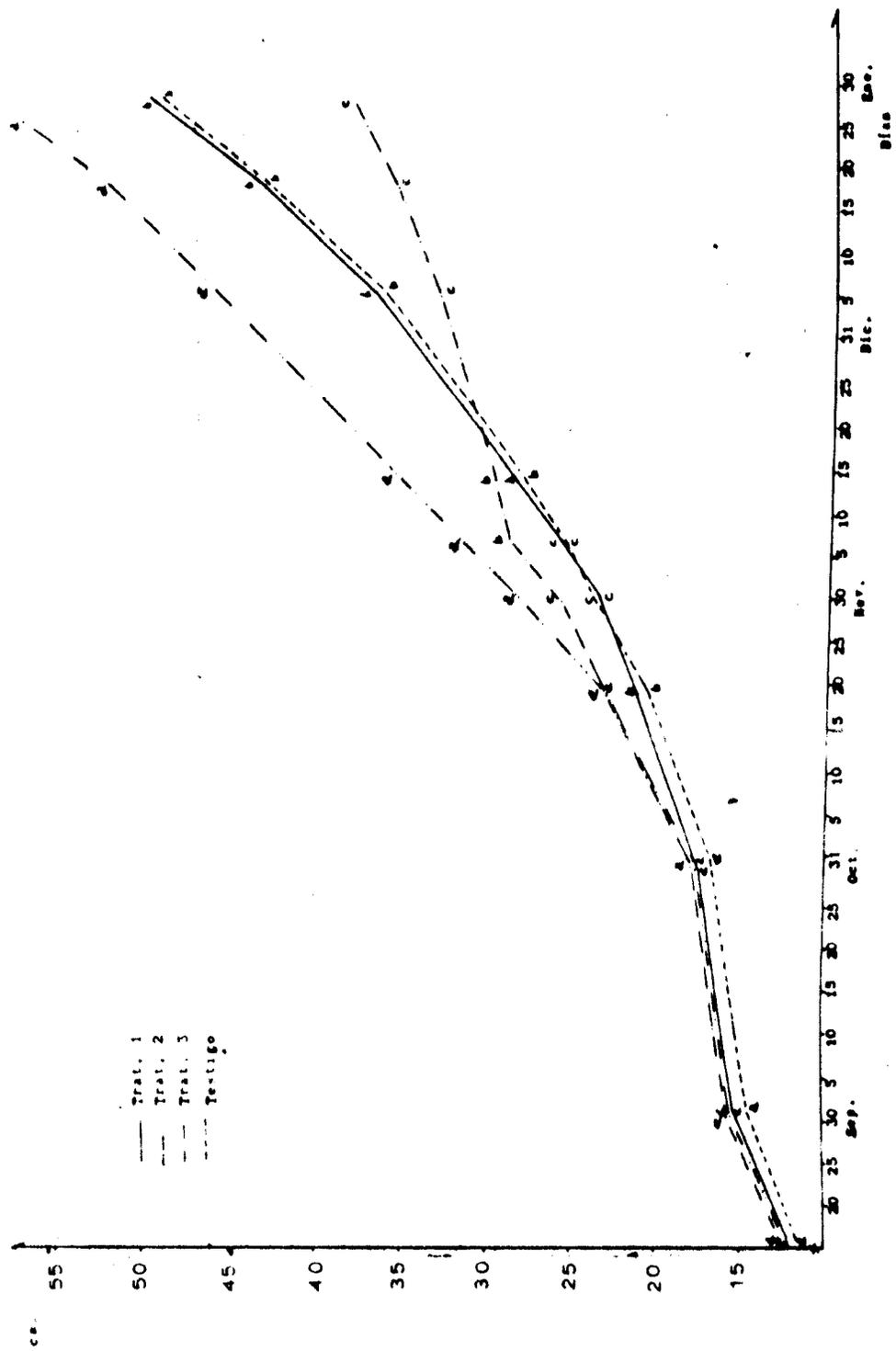


FIGURA 6 - Crecimiento acumulado longitudinal del tallo.

Letras diferentes entre tratamientos significan que son estadísticamente diferentes, según la prueba de rango múltiple de Duncan, al nivel de significancia de 0,05. Cada media representa el promedio de 6 repeticiones.

men, para mantener un crecimiento adecuado (Bunt, 1961).

Por lo cual, dado que estos tres factores se conjugaron en las plantas del testigo y del tratamiento 1, es probable que la menor elongación del tallo, se deba a la causa anteriormente citada.

Obviamente, no se produjeron diferencias significativas entre el testigo y el tratamiento 1, debido a la similitud del contenido de humedad en que se mantuvieron ambos tratamientos.

Por otro lado, el menor crecimiento de las plantas del tratamiento 3, en relación al tratamiento 2, está en concordancia con lo reportado por Richards (1958), el cual trabajando con paltos en condiciones de campo, obtuvo un mayor crecimiento, cuando los paltos fueron regados a una tensión de humedad igual a 0.5 bares.

Este menor desarrollo de las plantas del tratamiento 3, se debe a que el agua no está siendo transportada desde el suelo a la parte aérea, con la eficiencia requerida para mantener una turgencia óptima, ya que ésta última, es la fuerza física que se necesita para sustentar el alargamiento celular y además, para que ocurra

división celular, es necesario que la célula alcance un tamaño mínimo.

Al respecto Tomar (1973) y Hsiao (1976), dicen que la iniciación y diferenciación celular en el meristema apical, está considerablemente afectada por un pequeño déficit hídrico, con lo cual, el crecimiento es el factor más sensible del déficit hídrico.

Por lo tanto, regar a una tensión igual a 20 centibares, provoca un menor desarrollo vegetativo del palto creciendo en bolsas, debido al parecer, a una deficiente aereación. Igual situación se observó al regar cuando la tensión del suelo alcanzó los 50 centibares, pero en este caso, se debió a que el agua está menos disponible para la planta en comparación a 40 centibares.

Crecimiento acumulado del diámetro de la base del tallo

En la Figura 7, se observa que los resultados finales en el crecimiento del diámetro son similares a los observados en el crecimiento en altura de las plantas, lo que está indicando que

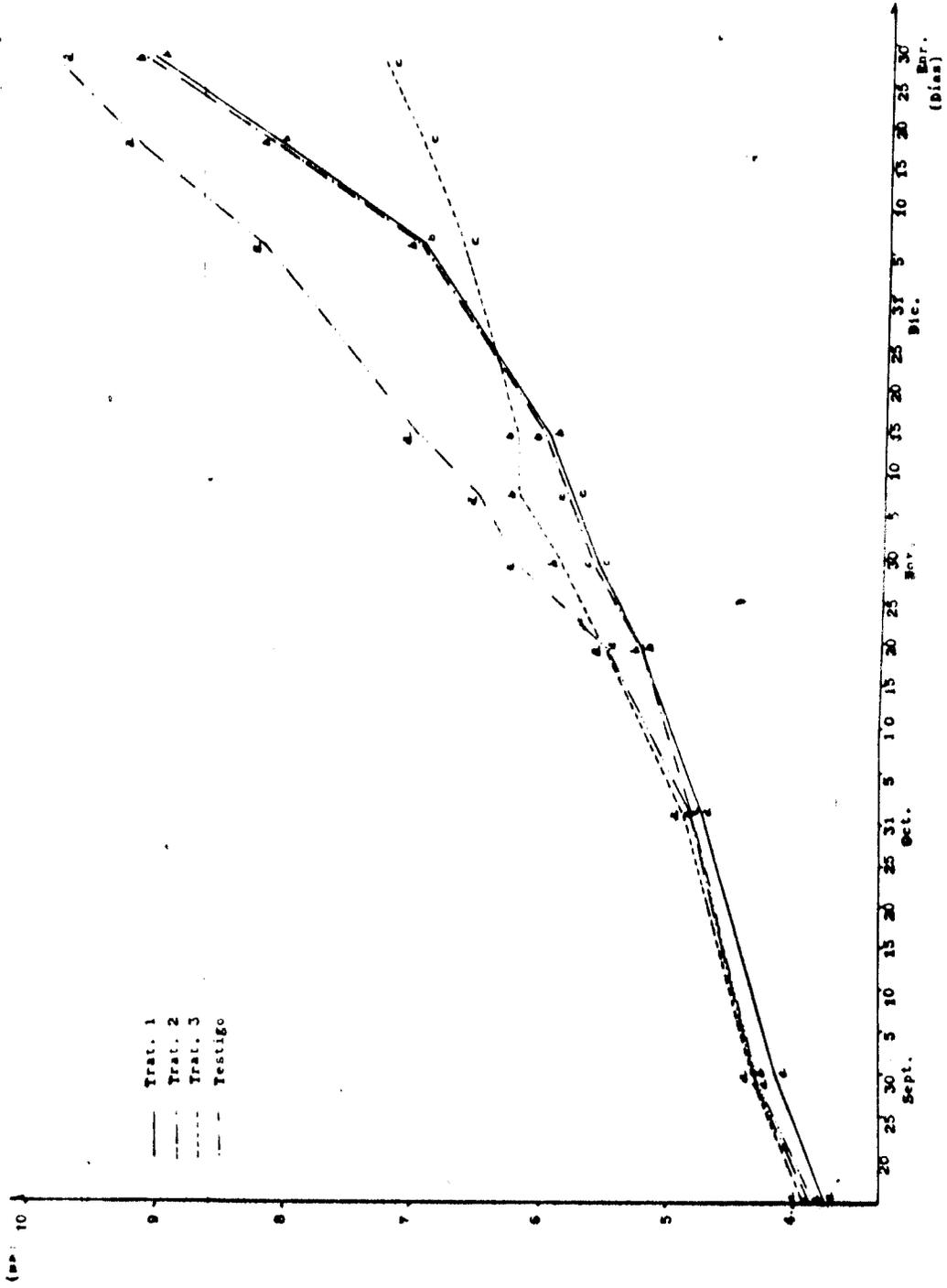


FIGURA 7 - Crecimiento acumulado del diámetro de la base del tallo.
 Letras diferentes entre tratamientos significan que son estadísticamente diferentes, según la prueba de rango múltiple de Duncan, al nivel de significancia de 0,05.
 Cada media representa el promedio de 6 repeticiones.

bajo estas condiciones, tanto el crecimiento longitudinal como radial, fueron afectados en forma similar por los tratamientos de riego.

Estos resultados están en concordancia con lo que dice Zahner, (1974) quién afirma que el meristema cambial es altamente sensible al déficit hídrico y que éste, probablemente, se vea afectado en la misma forma en que lo es el meristema apical.

Esto se ve corroborado por el trabajo de Kepler et al. (1973), en plantas de algodón, el cual encontró que a medida que el potencial del agua en el suelo disminuía, el crecimiento del diámetro y altura del tallo también decrecía.

Richards et al. (1958), trabajando con palitos del cultivar Hass, encontraron un menor crecimiento en altura y diámetro del tronco en los árboles que se regaban a un potencial mátrico de - 1 bar, en comparación a los que se regaban a - 0,5 bares.

Esta estrecha relación que existe entre el crecimiento en altura y diámetro del tallo queda demostrada en la Figura 8.

El análisis de regresión se realizó con todos los

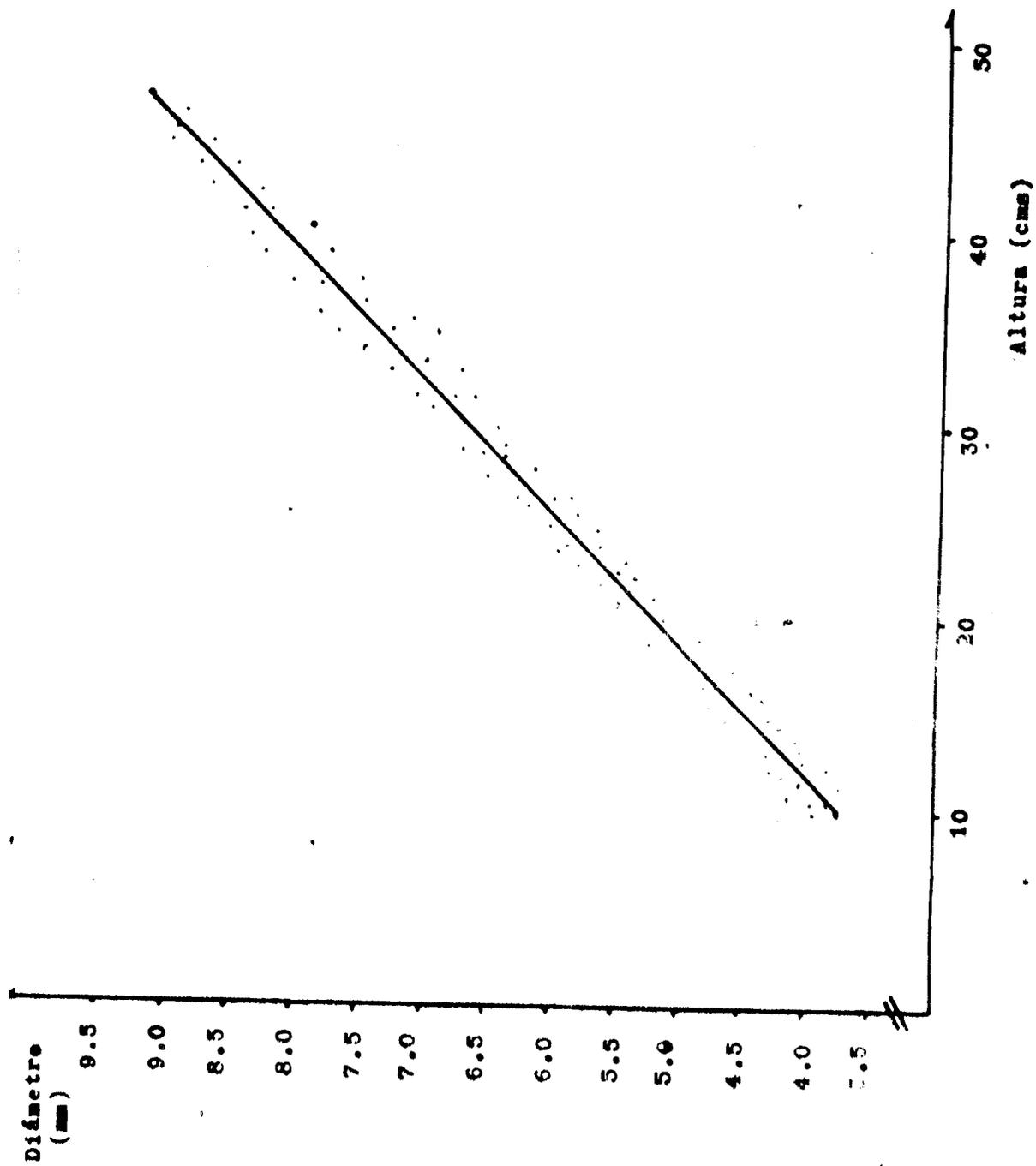


FIGURA 8 - Relación entre la altura y diámetro del tallo, en plántulas de palto cv. Mexicola.

datos de diámetro y altura que se obtuvieron a lo largo del ensayo.

Este análisis dió como resultado una relación lineal entre el crecimiento en diámetro y altura, con una recta de regresión igual a $Y = 2.38 + 0.138 x$, con un coeficiente de correlación de 0.92, estadísticamente significativo al nivel de 0.01.

Khatamian y Hilton (1977), correlacionaron positivamente el crecimiento en diámetro con la altura del tallo, en manzanos, peras, duraznos y ciruelos, encontrando una relación lineal entre estos dos parámetros en la fase activa de crecimiento.

Esto indica que el crecimiento longitudinal y radial del tallo en plántulas de palto es afectado por el contenido de humedad del suelo a la vez que el diámetro es un buen indicador de la altura de la planta y por ende del vigor de ésta.

Crecimiento de las plántulas en relación a la demanda atmosférica y al potencial del agua en el suelo

Anteriormente se dijo, que agotar el agua hasta un potencial mátrico igual a -60 centibares era inconveniente para el

crecimiento de las plántulas de palto, que se desarrollaban en bolsas, debido a que el agua en ese estado, estaba menos disponible para la planta en comparación a -40 centibares.

Numerosos investigadores han encontrado que la disponibilidad del agua para la planta, entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente, es similar (Ashton, 1956; Upchurch, 1955, Veihmeyer y Hendrickson, 1956). Otros en cambio, afirman que la disponibilidad del agua para las plantas decrece a medida que disminuye el contenido de humedad del suelo (Goode, 1956; Sands y Rotter, 1959; Van Bavel, 1953). Esta contradicción, según Kramer (1974), se debe a que el crecimiento de la planta está controlado por el estatus del agua dentro de ella y solo indirectamente, por el contenido de humedad que exista en el suelo.

El estatus del agua dentro de la planta y por ende el grado de stress que pueda ocurrir en ella, depende de la velocidad de absorción y pérdida de agua en la planta. La pérdida de agua por la planta, se debe a la transpiración y esta a su vez, está controlada según Kramer (1962) por el área y estructura foliar, apertura y cierre estomático, y por los factores ambientales que determinan el gradiente de presión de vapor entre la hoja y el aire. Por otro lado,

la absorción está determinada por la tasa de pérdida del agua, la eficiencia y extensión del sistema radicular y factores del medio ambiente, como aereación, temperatura del suelo y principalmente el potencial del agua.

Por otro lado, debido a que la velocidad de los dos procesos, están controlados por factores distintos, no sería sorprendente que no se mantuvieran en equilibrio. Debido a esto, no es seguro que un cierto nivel de agua en el suelo, va a provocar siempre el mismo grado de stress para un determinado tipo de cultivo, porque según Kramer (1962), una planta con un suelo húmedo, puede sufrir un cierto grado de stress si la transpiración es muy elevada y por otro lado, una planta que se mantenga en un suelo relativamente seco, puede no sufrir stress, si es que la transpiración es muy baja, por lo cual, un estudio en el cual se está determinando niveles óptimos de humedad, necesariamente debe incluir, además de las mediciones de humedad en el suelo, la demanda atmosférica que hubo a lo largo del ensayo.

En las Figuras 9 y 10, se observa la velocidad de crecimiento en relación a la demanda atmosférica y al potencial del agua en el suelo.

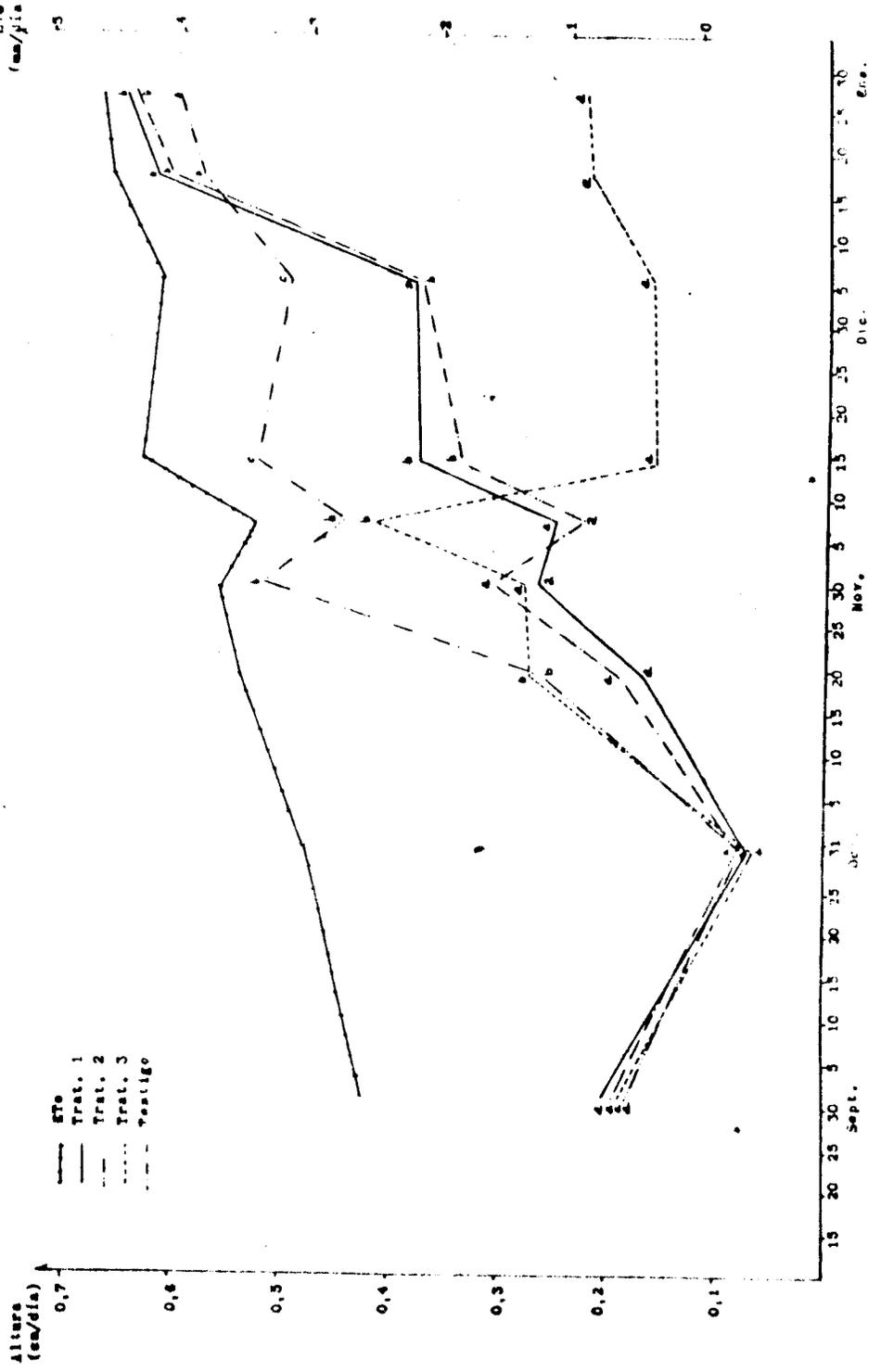
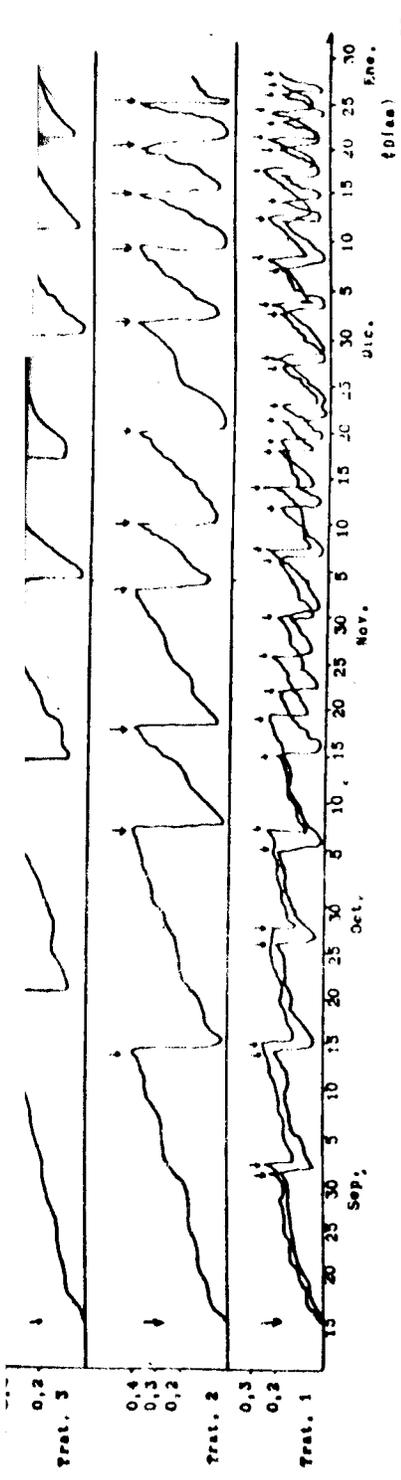


FIGURA 8 - Velocidad de crecimiento del tallo en relación a la demanda atmosférica y el potencial del agua en el suelo.

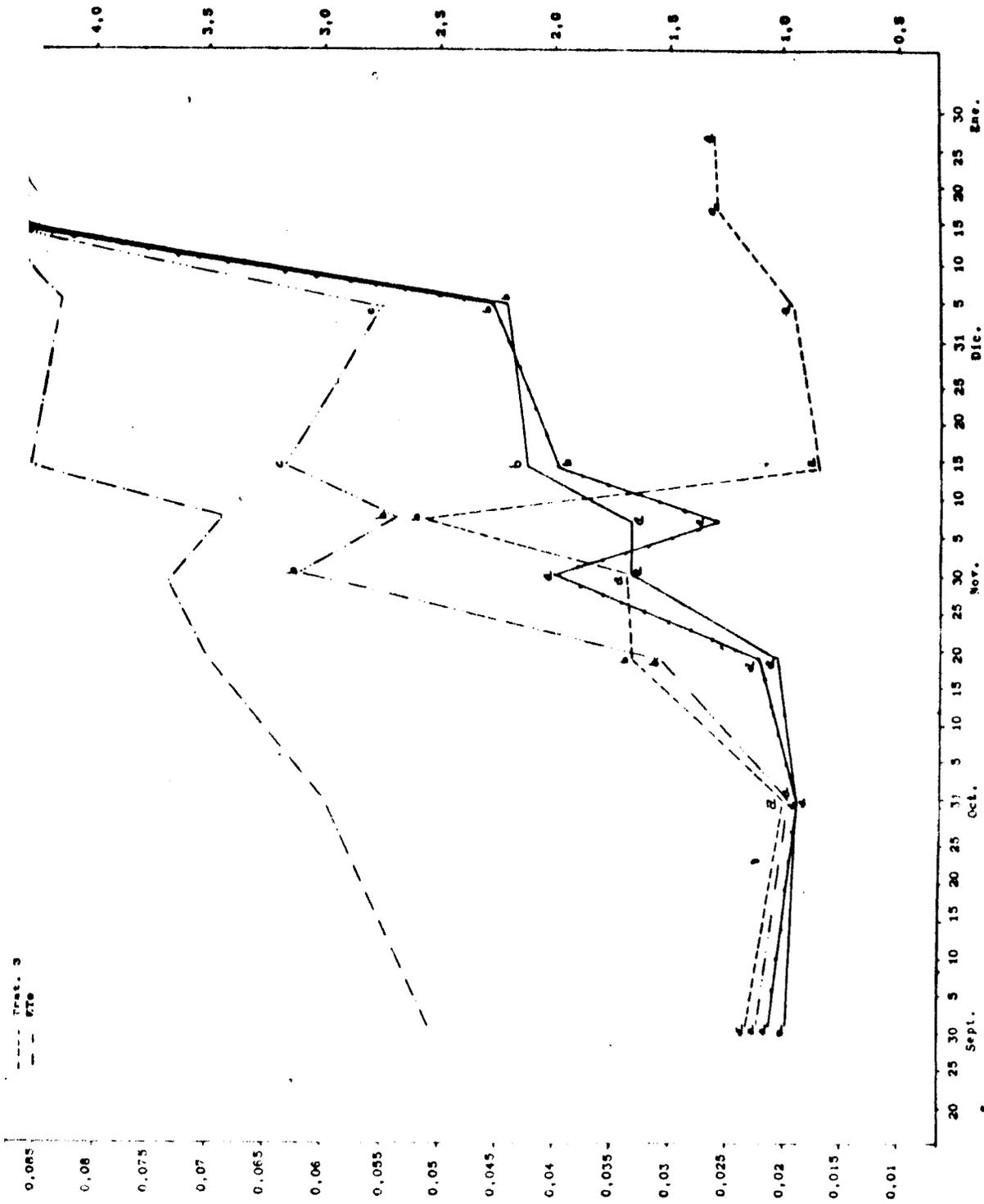


FIGURA 10 - Velocidad de crecimiento del diámetro del tallo en relación a la demanda atmosférica y al potencial del agua en el suelo.

Letras diferentes entre tratamientos significan que son estadísticamente diferentes, según la prueba de rango múltiple de Duncan, al nivel de significancia de 0,05. Cada media representa el promedio de 8 repeticiones.

Las velocidades de crecimiento en todos los períodos corresponden al cálculo del incremento en la altura y diámetro de las plantas, entre dos fechas de medición, dividiendo por el número de días entre cada medición, por lo cual, son velocidades promedio.

El ETo para cada período, corresponde a la sumatoria de los ETo diarios, divididos por el número de días del período por lo cual, también corresponde a un ETo promedio para cada intervalo.

Debido a que el diámetro y la altura, mostraron una respuesta similar a los tratamientos de riego, estos dos parámetros se analizarán juntos, por lo tanto, al referirse a la velocidad de crecimiento, implícitamente se está incluyendo a los dos.

En la Figura 9, se observa que los períodos en que se dividió el ensayo fueron lo suficientemente amplios como para que se verificara todo el rango de tensiones dentro de ellos.

Hasta el 10 de Octubre, la velocidad de crecimiento fué similar para todos los tratamientos, esto se debe, a que al 10 de Octubre la tensión de humedad fué similar para todos los tratamientos (20 cent.), como puede observarse en la Figura 9. Posteriormente, todos los tratamientos disminuyeron su velocidad de crecimiento.

to, no existiendo diferencias significativas al 31 de Octubre, a pesar que los diferentes tratamientos de riego ya se habían aplicado. Esta respuesta de las plantas a los diferentes tratamientos de riego, debe ser atribuida a una deficiencia de nitrógeno que afectó a todas las plantas, debido a que el aserrín, solo estaba parcialmente descompuesto (esta deficiencia se detectó por sintomatología visual y análisis químico del suelo).

Esta deficiencia se corrigió el 15 de Octubre, aplicando 1 gr de nitrógeno por planta.

Al 19 de Noviembre, existieron diferencias significativas en las velocidades de crecimiento y vemos que el testigo y el tratamiento 1 crecieron a una velocidad menor que el tratamiento 2 y 3.

El testigo y el tratamiento 1, crecen a una velocidad menor que el tratamiento 2, hasta el 5 de Enero, posteriormente hasta la finalización del ensayo, tanto el testigo como los tratamientos 1 y 3 crecen a una velocidad similar.

Según Paul y Lee (1976), los efectos de una deficiente aereación son más marcados, cuando existe una baja demanda de

evaporación, debido a que las raíces obtienen el oxígeno una vez que han drenado los poros grandes después del riego y luego con el aporte que realiza la transpiración, desalojando el agua de los poros que no se han vaciado.

Obviamente, mientras más intensa sea la transpiración, más rápido extraerá la planta el agua del suelo, y por consiguiente más rápido se volverán a llenar los poros de aire.

Peterson (1952), trabajando con plántulas de trigo, encontró que la velocidad con que se abastecía el suelo de O_2 , y por consiguiente, la rapidez con que es desalojado el CO_2 , era más importante para el crecimiento de las plantas, que la concentración por si sola.

Por lo tanto, si se comparan las velocidades de crecimiento del testigo y el tratamiento 1 con respecto al tratamiento 2, que es el que crece a una mayor rapidez durante los diferentes períodos del ensayo, vemos que se distinguen dos ciclos de crecimiento con respecto a la evapotranspiración potencial.

El primer ciclo va desde el 31 de Octubre hasta el 5 de Enero, en el cual la demanda atmosférica representada en este

caso por la evapotranspiración potencial, aumenta desde un valor de 3 mm/día hasta 4.16 mm/día, y que a juzgar por la menor velocidad de crecimiento experimentado por el testigo y el tratamiento 1, no es lo suficientemente intensa para provocar una adecuada velocidad de abastecimiento de oxígeno a las raíces de las plantas del testigo y el tratamiento 1.

El segundo ciclo, corresponde al período comprendido entre el 6 de Enero y el 27 de Enero, que es cuando se dió por terminado el ensayo. En este ciclo, la evapotranspiración potencial llegó a un valor promedio diario de 4.54 mm/día, esta demanda atmosférica si provocaría una tasa adecuada de aireación al medio en que están creciendo las plantas del testigo y el tratamiento 1, ya que ambos crecen a una velocidad similar al tratamiento 2.

Si se comparan las velocidades de crecimiento del tratamiento 3 con el tratamiento 2, vemos que estas son iguales hasta el 19 de Noviembre, con una demanda atmosférica igual a 3.54 mm/día. En el siguiente período, es decir, entre el 20 de Noviembre y el 30 del mismo mes, el tratamiento 3 disminuyó su crecimiento en relación al tratamiento 2, con un $E_{To} = 3.67$ mm/día, posteriormente la velocidad de crecimiento entre los dos tratamientos son iguales, para el

período comprendido entre el 1 y 7 de Diciembre, cuando el ETo disminuye a 3.44 mm/día.

Posteriormente, hasta la finalización del ensayo, el tratamiento 3 crece a una menor velocidad que el tratamiento 2. Con esto queda ampliamente demostrado lo dicho por Kramer (1962), en el sentido que el crecimiento de la planta está estrechamente relacionado con el estatus del agua dentro de ella y este a su vez, con la velocidad de transpiración y absorción.

Según Norero (1975), una baja demanda atmosférica, provoca que la velocidad de absorción también lo sea, y por lo tanto, las raíces podrán transportar agua hacia la planta, a la velocidad requerida. Bajo esta condición, la disponibilidad de agua en el suelo, probablemente será similar entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

Si la demanda atmosférica es alta, obviamente, la velocidad de absorción también lo será, pero para satisfacer esta alta demanda, es necesario que el agua en el suelo esté contenida en los poros más grandes (alto potencial mátrico), ya que estos retienen débilmente el agua, lo ceden rápidamente y su conductividad hidráulica

es máxima.

Por el contrario, si el agua está retenida en los poros más pequeños, (bajo potencial mátrico), las raíces no podrán extraer el agua con la rapidez requerida, ya que éstos retienen con más tenacidad el agua, lo ceden con dificultad y su conductividad hidráulica es mínima.

Por lo tanto, bajo esta condición, la disponibilidad del agua en el suelo, no será igual en el rango comprendido entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente, y que será cada vez menos disponible a medida que el contenido de humedad del suelo disminuya.

Se desprende entonces que, la demanda atmosférica promedio, para el período comprendido entre el 30 de Octubre y el 19 de Noviembre, no fué lo suficientemente intensa, como para provocar una baja disponibilidad del agua, a un contenido de humedad relativamente bajo; por consiguiente las plantas del tratamiento 3 pudieron transportar el agua desde el suelo a las hojas a la velocidad requerida por la demanda; así, las plantas se mantuvieron turgentes y crecieron a la misma tasa que el tratamiento 2.

Por el contrario, con una demanda atmosférica mayor o igual a 3.67 mm/día, las plantas del tratamiento 3, no pueden trasladar el agua a la misma velocidad, con que lo hacen las plantas del tratamiento 2. Por lo tanto, bajo esta condición, las plantas del tratamiento 3, transpiran más de lo que absorben y por consiguiente, disminuye la presión de turgencia de las células y con esto el crecimiento.

Si se comparan el testigo y el tratamiento 2 con respecto al tratamiento 3, vemos que existen 3 ciclos de crecimiento con relación a la demanda atmosférica. El primer ciclo está comprendido entre el 30 de Octubre y el 19 de Noviembre, con una demanda atmosférica de 3.54 mm/día. En este período el tratamiento 3 crece más rápidamente que el testigo y el tratamiento 1 ya que el tratamiento 3 se ve favorecido por una baja demanda atmosférica y el testigo y el tratamiento 1 se ven seriamente afectados.

El segundo ciclo está comprendido entre el 29 de Noviembre y el 30 del mismo mes, con una demanda atmosférica de 3.67 mm/día.

En este ciclo el testigo y los tratamientos 1 y 3 crecen a una tasa similar debido a que, por una parte, el testigo y el tratamiento 1 están afectados por la falta de aireación y, por otro lado, el tratamiento 3 lo está debido al stress hídrico.

El tercer ciclo, comienza el 8 de Diciembre y termina el 27 de Enero. Al 8 de Diciembre el ETo promedio se eleva a 4,3 mm/día, para terminar con un valor de 4,54 mm/día. Durante este ciclo de crecimiento el tratamiento 3 se ve fuertemente afectado por la alta demanda atmosférica y por el contrario, el testigo y el tratamiento 1, se ven favorecidos.

Temperatura, relacionada con la evapotranspiración potencial y la velocidad de crecimiento de las plantas

En el Cuadro 3, se observa que a medida que aumenta la temperatura del aire, el ETo también se incrementa. Esta relación se basa en el hecho de que la presión de vapor saturado del agua aumenta con su temperatura. Como la temperatura del aire sigue las mismas variaciones que la temperatura del agua, se concluirá que para una misma presión de vapor de aire, la tasa de evaporación aumenta con la temperatura del aire (Espildora, 1975).

CUADRO 3 - Temperatura máxima, mínima y media, en los diferentes períodos del ensayo

Periodos	Temperatura Promedio (2C)		Eto Pro- medio (mm/día)	Velocidad crecimiento promedio del Tallo			
	Máxima	Mínima		Testigo cm/día	Trat. 2 cm/día	Trat. cm/día	
15 Sep. - 1 Oct.	24.17	6.64	2.54	0.1795	0.207	0.195	0.187
2 Oct. - 31 Oct.	27.46	7.86	3.0	0.078	0.065	0.074	0.0745
1 Nov. - 19 Nov.	27.52	9.26	3.54	0.1891	0.1691	0.2566	0.2741
20 Nov. - 30 Nov.	29.09	9.4	3.67	0.3106	0.254	0.518	0.2726
1 Dic. - 7 Dic	28.42	9.1	3.44	0.2305	0.2546	0.4475	0.423
8 Dic. - 14 Dic.	30.42	11.57	4.3	0.3403	0.381	0.5191	0.1591
15 Dic. - 5 Ene.	29.54	11.4	4.16	0.3766	0.3735	0.4953	0.1605
6 Ene. - 17 Ene.	34.16	12.3	4.53	0.611	0.623	0.5765	0.2193
18 Ene. - 27 Ene.	34.3	12.4	5.54	0.623	0.626	0.547	0.221

Además en el cuadro se observa que las plantas del testigo, tratamiento 1 y 2 crecen con mayor rapidez a medida que la temperatura del aire se incrementa. Esto se debe, a que el crecimiento máximo de una planta (velocidad), está determinado por su código genético, pero para que esa información se exprese en todo su potencial, es necesario que las condiciones ambientales sean favorables para la planta.

Crecimiento acumulado del diámetro medido a 20 cm de altura (+)

En la Figura 11 se observa que el diámetro del tallo medido a 20 cm mostró el mismo patrón de crecimiento que la altura del tallo y que el diámetro de la base.

El 14 de Diciembre, se aprecia que no existen diferencias significativas entre testigo y los tratamientos 1 y 3, pero el tratamiento 2 presenta un crecimiento acumulado mayor. Igual situación se observó en esa fecha, para el crecimiento en altura y diámetro de la base del tallo.

(+) Altura de injertación.

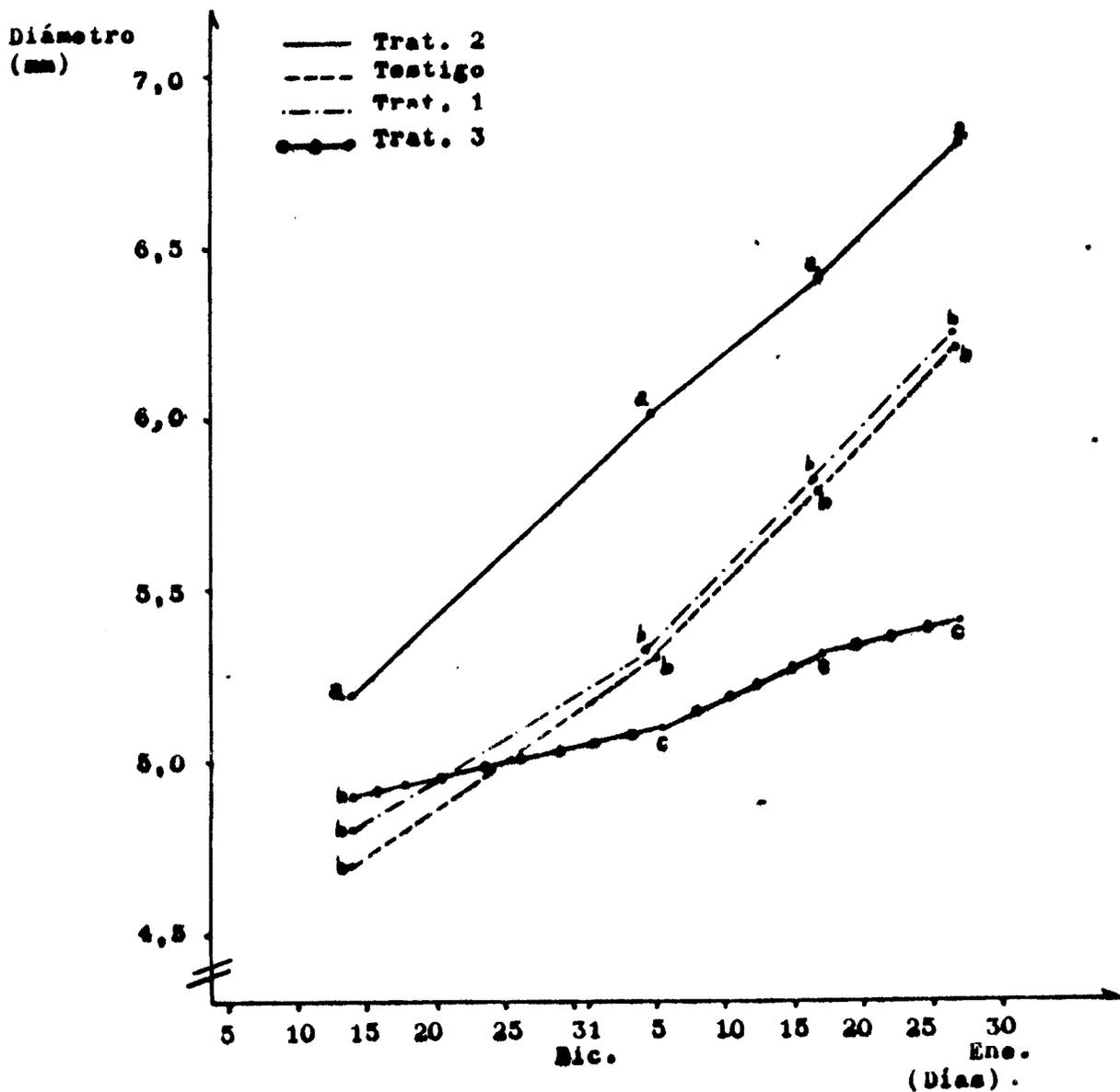


FIGURA 11 - Crecimiento acumulado del diámetro medido a 20 cm de altura.

Letras diferentes entre tratamientos significan que son estadísticamente diferentes, según la prueba de rango múltiple de Duncan, al nivel de significancia de 0,05. Cada media representa el promedio de 6 repeticiones.

Al 5 de Enero, el tratamiento 3, tiene un menor crecimiento acumulado en diámetro que el testigo y el tratamiento 1 y 2. Este menor crecimiento se atribuyó a que las plantas están sufriendo stress hídrico, debido a la alta demanda atmosférica. Esta situación se mantiene hasta el final del ensayo.

Si se compara el testigo y el tratamiento 1 con respecto al tratamiento 2, se observa que éste siempre tiene un diámetro acumulado mayor, pese a que se puede suponer, que a partir del 6 de Enero, estos tratamientos crecen a la misma velocidad (para el diámetro de la base ocurrió esa situación), debido a la alta demanda atmosférica. Se estima que esto se debe a que el tratamiento 2 ha acumulado un diámetro mayor en los períodos anteriores, en virtud de su mayor velocidad de crecimiento bajo las diferentes demandas atmosféricas.

El diámetro mínimo de injertación para plantas de paltos es de aproximadamente 6 mm (observación personal), por lo tanto, las plantas del tratamiento 2 cumplen con este requisito el 5 de Enero. Por el contrario, las plantas del testigo y el tratamiento 1, solo lo cumplen aproximadamente dos semanas después y las plantas

del tratamiento 3, hasta la fecha de término del ensayo, todavía no alcanzaban el diámetro mínimo de injertación.

El tiempo requerido por cada tratamiento para alcanzar el diámetro mínimo de injertación, está estrechamente relacionado con las condiciones ambientales, principalmente la temperatura ambiental; por lo tanto esta diferencia en tiempo citada anteriormente, podría ampliarse o disminuirse, dependiendo de las condiciones ambientales a que hayan estado expuestas las plantas.

Lo que si aparece evidente, es que para plantas de palto que están creciendo en bolsas, regar cuando la tensión del suelo haya alcanzado una tensión igual a -40 centibares, es lo óptimo para su mejor desarrollo vegetativo, ya que estas crecieron mejor que aquellas plantas que fueron mantenidas con un contenido más alto de humedad, frente a condiciones de baja demanda atmosférica, y a su vez, también evidenciaron un mayor desarrollo en comparación a plantas que se mantuvieron con un contenido de humedad más bajo, frente a condiciones de demanda atmosférica alta.

Evapotranspiración y su relación con la evaporación del Piche y el potencial del agua en el suelo

En la Figura 12, se observan las diferentes evapotranspiraciones de los tratamientos en relación a la evaporación del Piche.

Las evapotranspiraciones para cada período corresponden a la lámina de agua consumida por cada tratamiento, dividido por el número de días del período, por lo cual, corresponden a una evapotranspiración promedio, de igual manera se calculó la evaporación.

Según Norero (1975), se encuentra a menudo una estrecha proporcionalidad entre las evaporaciones medidas en un evapórimetro estandar y las evapotranspiraciones medidas en un cultivo bien provisto de agua, ya que se trata de dos fenómenos cualitativamente semejantes.

Cordoba (1973), dice que usando $ET = a + bE$ se obtienen correlaciones del orden de 0.7, aunque pueden encontrarse

valores más altos.

En este ensayo se encontró una recta de regresión igual a $Y = -2,9898 + 1,241 x$, con un coeficiente de correlación igual a 0,88, lo que indica que el evaporímetro Piche, bajo las condiciones en que se desarrolló el ensayo, es un buen integrador climático.

Pese a que los diferentes tratamientos no son estrictamente comparables en base a sus evapotranspiraciones, debido a que son plantas de diferentes tamaños, algunos alcances pueden ser hechos. En la Figura 12, puede observarse que las evapotranspiraciones son similares a lo largo del ensayo, salvo en los dos últimos períodos.

Si se compara el tratamiento 1, y el testigo con el tratamiento 2, se observa que sus evapotranspiraciones son similares; esto se debe a que los 3 tratamientos se mantuvieron con un alto contenido de humedad en el suelo.

Si se compara el tratamiento 3 con el tratamiento 2, se observa que la evapotranspiración en los dos tratamientos es simi-

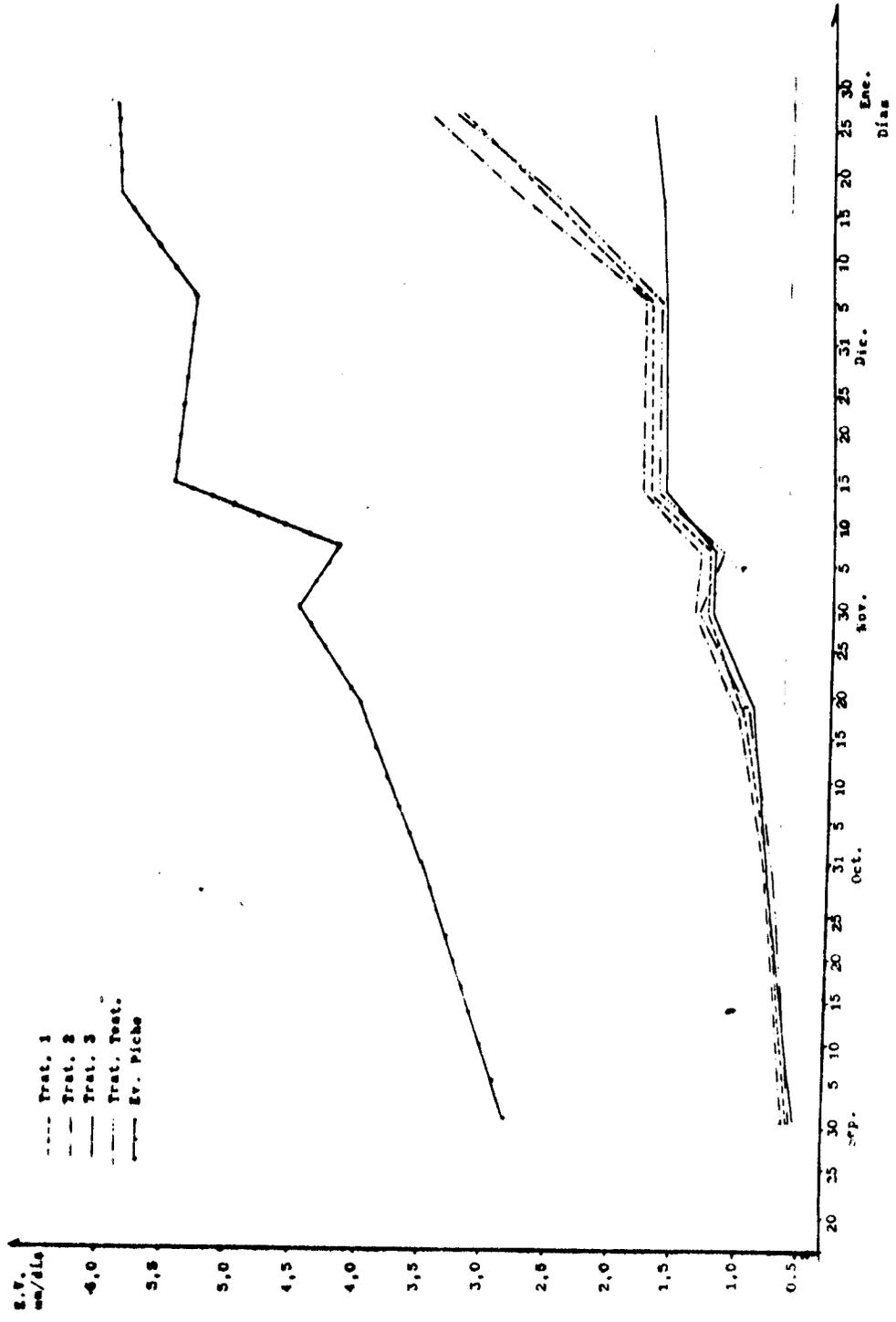


FIG. RA 12. - Evaporación y su relación con la evaporación del Piche

lar a lo largo del ensayo, salvo en los dos últimos períodos.

Si bien es cierto que las plantas del tratamiento 3, son más pequeñas y por lo tanto, evapotranspiran menos, existe una reducción adicional en la pérdida de agua por las plantas, ya que si se considera que el área foliar total de una planta es proporcional a la altura de ésta, y a su vez el área foliar está directamente relacionada con la magnitud de la evapotranspiración, se ve que al 17 de Enero, las plantas del tratamiento 3 son un 32% más pequeñas que las plantas del tratamiento 2 (Figura 6); en cambio, la reducción en la evapotranspiración se eleva a un 41% y para el último período la reducción en altura y evapotranspiración es igual a 34% y 51% respectivamente.

Denmead y Shaw (1961), encontraron que la evapotranspiración decrece, cuando el contenido de humedad del suelo disminuye, y aumenta la evapotranspiración y que esta disminución parecería estar coincidiendo con la pérdida de turgor en las plantas.

Sterne et al. (1977), trabajando con paltos del cultivar Bacon de 8 años de edad, encontraron que aquellos árboles

que no habien sido regados por 30 días, su transpiración era mucho menor en comparación a aquellos que se regaban semanalmente y que esta disminución se debía a un decrecimiento de la conductividad y en menor grado a la disminución en la diferencia de las humedades absolutas entre la hoja y el aire.

La razón por la cual en los períodos anteriores al 17 de Enero, no se notó una disminución en la evapotranspiración, a pesar de existir períodos de stress hídrico, podría deberse a lo siguiente: Según Ehlig y Garnerd (1976), la transpiración es proporcional al porcentaje de peso turgido de la célula, por lo cual, entonces la demanda atmosférica no habría provocado una disminución en la turgidez de las celulas tan grande, como para provocar una disminución en la transpiración de tal magnitud, que esta haya quedado registrada en la lectura de los tensiómetros.

Determinación del Kc

El factor adimensional Kc, es igual a $\frac{E_{Ta}}{E_{Tp}}$, por lo cual mediante su cálculo, pueden estimarse las necesidades de riego

conociendo la evapotranspiración potencial a partir de un evaporímetro.

En la Figura 12, se observa una estrecha relación entre altura de las plantas y el Kc.

Fritschen y Shaw (1961) llegaron a similar conclusión trabajando con plantas de maíz. Esto se debe a que la transpiración se relaciona linealmente con la energía interceptada por las hojas, por lo tanto, a mayor altura, mayor área foliar y por ende mayor transpiración.

En los 2 períodos finales, se observa que el Kc aumenta violentamente, esto podría deberse a la mayor actividad fisiológica de la planta, ya que es en estos dos períodos, donde las plantas crecen a una mayor velocidad, debido a la mayor temperatura. (Cuadro 3).

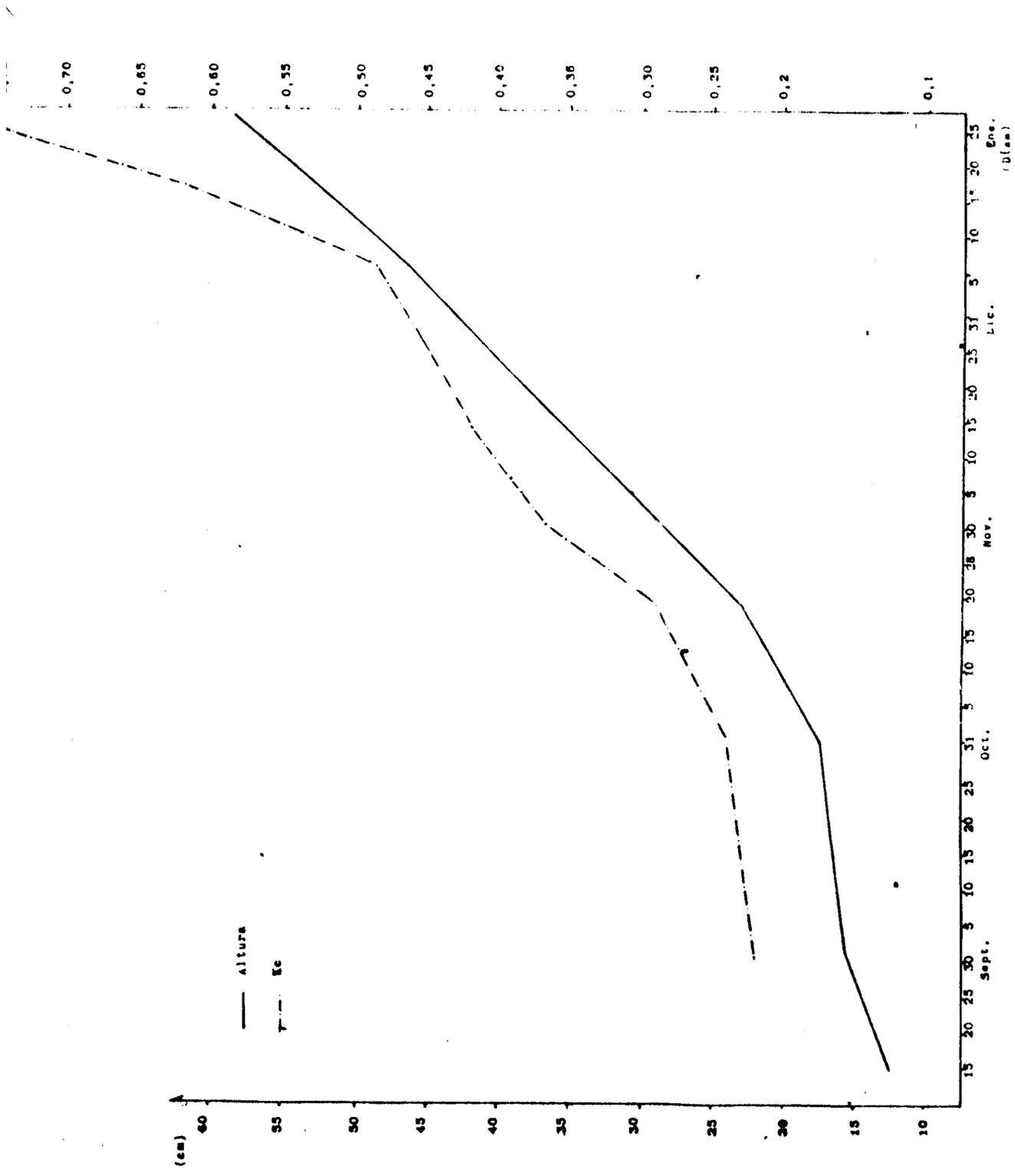


FIGURA 13 - Kc relacionado con la altura de las plantas

Crecimiento total y distribución radicular en la bolsa

En el Cuadro 4, se observa que el peso total de las raíces, fué estadísticamente igual en todos los tratamientos.

Numerosos autores han reportado que el crecimiento radicular del palto, se ve afectado frente a condiciones de deficiente aireación. (Ortiz, 1948; Labanauskas, 1968; Slowik, 1979).

La discordancia con los valores encontrados en el ensayo, podría deberse a dos causas; en primer lugar, los niveles de oxígeno no habrían sido lo suficientemente bajos como para provocar un menor crecimiento radicular o por el contrario, estos solamente afectaron el crecimiento cuando la aireación fué deficiente, frente a condiciones de baja demanda evaporativa, posteriormente la raíz creció a una tasa normal, cuando la demanda evaporativa fué mayor.

La razón por la cual, el tratamiento 3, tampoco redujo su peso seco en comparación al tratamiento 2, está relacionada con la mayor habilidad que tienen las raíces para seguir creciendo

CUADRO 4 - Peso total y distribución radicular

Profundidad	Testigo	%	Tratamiento 1	%	Tratamiento 2	%	Tratamiento 3	%	C.V.(%)
0 - 10 cms	0.271 a	10.5	0.28 a	9.4	0.284 a	12.7	0.31 a	16.2	18.1
10 - 20 cms	0.63 b	26.5	0.947b	3.2	0.641 b	28.8	0.836b	29.2	17.2
20 - 30 cms	1.67 c	64.9	1.74 c	58.6	1.4 c	52.9	1.88 c	54.5	17.5
Total	2.57 a	100	2.96 a	100	2.92 a	100	2.88 a	100	19.0

Letras diferentes, significan diferencias significativas, según la Prueba de rango múltiple de Duncan al nivel de significación de 0.05.

Cada valor es la media de 6 repeticiones con 3 plantas por repetición.

en condiciones de stress hídrico, en relación a la parte aérea.

Greacen (1972), reportó que la baja correlación que existe entre la tasa de elongación radicular y el potencial mátrico del suelo, se debe a que las células de las raíces de las plántulas disminuyen el potencial osmótico, cuando decrece el potencial mátrico del suelo.

Al respecto Hsiao et al. (1976), dice que la osmoregulación, mecanismo por el cual las células reducen el potencial de soluto, manteniendo alto el potencial de presión, está altamente desarrollado en las raíces de las plántulas, por lo cual, pueden seguir creciendo, aunque el potencial del agua en el suelo disminuya. Este mecanismo añade, está más desarrollado en las raíces que en la parte aérea.

Con relación a la distribución de las raíces, se observa que esta fué similar en todos los tratamientos, encontrándose más del 50% del total de las raíces entre los 20 y 30 cms. (Cuadro 4).

La lectura de los dos tensiómetros que se ubicaban a 15 y 30 cms dentro de la bolsa, fué similar en todos los tratamientos, por lo cual, la humedad dentro de la bolsa también lo fué.

Al parecer, la mayor concentración radicular en el fondo de la bolsa no obedece al hecho de que en este sector, se creen condiciones más favorables para su desarrollo, sino que, por el contrario, podría deberse a razones físicas, ya que la raíz al chocar con un obstáculo se curva. Por lo cual, las raíces que se dirigen hacia abajo chocan con el fondo de la bolsa, comenzando a crecer en forma circular, concentrándose por consiguiente, en mayor proporción en ese sector.

Concentración y contenido total de N, P, K en las plantas

En el Cuadro 5, se observa que las concentraciones de los elementos estudiados, fueron similares en todos los tratamientos, pero si, existen diferencias significativas en el contenido total de los elementos considerados.

Numerosos autores han reportado que la concentración

de estos elementos en la planta, disminuye cuando la aireación del medio es deficiente (Labanauskas, 1968; Slowik, 1979).

Por carecer de datos intermedios, no es posible decir si las concentraciones de N, P, K, se vieron disminuídas frente a condiciones de baja evaporativa en las plantas del testigo y tratamiento 1.

En el caso hipotético, que no se hayan visto reducidas, la explicación al menor crecimiento desarrollado por las plantas del testigo y del tratamiento 1, frente a condiciones de baja demanda evaporativa, estaría dada al menos en parte, por la menor síntesis de sustancias en la raíz, ya que según Chibnall y Went, citados por Kramer (1974), la síntesis de sustancias en el sistema radicular juega un rol esencial en el crecimiento del tallo.

Recientemente, prosigue Kramer, se ha establecido que en la raíz existe síntesis de giberelinas y citoquininas, y que su formación se ve inhibida por una aireación deficiente.

CUADRO 5 - Concentración y contenido total de N, P, K en plantas de palto creciendo en bolsas de polietileno y sometidas a diferentes regimenes de riego.

	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	C.V. (%)
Peso seco:					
Hojas (gr)	9.6 a	9.8 a	13.8 b	6.8 c	15.8
Tallos (gr)	11.3 a	12.1 a	15.7 b	9.24 c	17.2
Raíces (gr)	2.57 a	2.96 a	2.22 a	2.86 a	16.9
Total (gr/planta)	23.47 a	25.8 a	37.72 b	18.9 c	17.0
N					
Hojas (%)	2.346a	2.288a	2.244a	2.258a	15.4
Tallos (%)	0.664a	0.706a	0.713a	0.657a	17.3
Raíces (%)	1.448a	1.586a	1.448a	1.487a	14.9
Total (gr/planta)	0.3322a	0.3519a	0.4532b	0.236c	16.0
P					
Hojas (%)	0.121a	0.126a	0.1277a	0.141a	15.9
Tallos (%)	0.062a	0.065a	0.073 a	0.07 a	16.2
Raíces (%)	0.110a	0.094a	0.1104a	0.1144a	15.8
Total (gr/planta)	0.0214a	0.0231a	0.0318b	0.01936c	17.1
K					
Hojas (%)	1.38 a	1.32 a	1.37 a	1.34 a	16.3
Tallos (%)	0.858a	0.921a	1.035a	1.028a	17.3
Raíces (%)	1.292a	1.461a	1.276a	1.354a	16.1
Total (gr/planta)	0.2638a	0.2822a	0.3796b	0.2248c	18.0

Letras diferentes entre tratamientos significan diferencias significativas a la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel de significación del 5%.
Los valores representan el promedio de 6 repeticiones con 8 muestras por repetición.

La razón por la cual, en el Tratamiento 2, se obtuvo una similar concentración, se explicaría de la siguiente manera; para que las plantas puedan absorber los nutrientes, éstos deben estar a una concentración adecuada alrededor de la raíz.

Esta concentración, según Brewster y Tinkler (1972), va a depender de la tasa de absorción y de las propiedades del suelo, principalmente el contenido de humedad.

Si el crecimiento es lento, la absorción de nutrientes también lo será, por lo cual, si ambas velocidades se mantienen en equilibrio no se esperaría encontrar una concentración diferente de N, P y K en los tejidos, en comparación a una planta que crece bajo un mayor contenido de humedad.

Los montos totales de N, P, K, fueron mayores en el tratamiento 2, debido probablemente a la mayor cantidad de materia seca producida.

V. CONCLUSIONES

- El evaporímetro Piche es un buen indicador del poder evaporante de la atmósfera, por lo cual dado su bajo costo y fácil manejo, podría ser utilizado en estimar las necesidades de riego del cultivo, tanto en condiciones de campo como en invernadero.

Eso sí, para las condiciones de quillota, evapora un 14% más, como promedio que la bandeja Clase A, USWB. Por lo tanto antes de emplearse en otras zonas, su evaporación debería ser correlacionada con la bandeja clase A, USWB.

- Regar, cuando la tensión del suelo alcanza los 20 centibares, es detrimental para el desarrollo de plántulas de palto creciendo en bolsas, frente a condiciones de baja demanda evaporativa (hasta 4.16 mm/día). por el contrario, el crecimiento vegetativo no se ve afectado cuando la evapotranspiración potencial se eleva a 4,54 mm/día.

- El crecimiento no se afecta cuando la tensión del suelo alcanza los 60 centibares, frente a condiciones de baja demanda evaporativa

(3,54 mm/día); por el contrario, es seriamente afectada cuando el poder evaporante de la atmósfera aumenta a 4.54 mm/día.

- Las plantas que son regadas cuando la tensión del suelo alcanza los 40 centibares, crecen a una mayor velocidad, que las plantas que están a un contenido más alto de humedad, frente a condiciones de baja demanda evaporativa (4.16 mm/día). También evidencian similar comportamiento en comparación a plantas que están creciendo a un menor contenido de humedad, cuando la evapotranspiración potencial es igual o mayor que 3.67 mm/día.

- El crecimiento longitudinal y radial del tallo es afectado en forma similar por el estatus del agua dentro de la planta, por lo cual, el diámetro del tallo podría ser utilizado como índice de la altura de las plantas y por ende, del vigor de éstas.

- El Kc de las plántulas de palto creciendo en bolsas, depende en gran medida de la altura y actividad fisiológica de éstas.

- Existe una estrecha relación entre la velocidad de crecimiento y la temperatura ambiental del cobertizo, evidenciándose la mayor velocidad, cuando la temperatura media promedio es de 23,5 °C.

- Las plántulas que están expuestas a stress hídrico, disminuyen su transpiración, cuando la demanda atmosférica es de 4.54 mm/día, esto implicaría un cierre parcial o total de los estomas cuando el poder evaporante de la atmósfera es intenso.

- La concentración de N, P y K, en hojas, tallos y raíces no es afectada, cuando las plantas son regadas a 20, 40 ó 60 centibares, por el contrario, existe una estrecha relación entre el contenido total de otros elementos en la planta, y la cantidad de materia seca producida por ésta.

- El crecimiento radicular de plántulas de palto desarrollándose en bolsas, es similar cuando el riego se realiza a 20, 40 ó 60 centibares, concentrándose más del 50% del sistema radicular entre los 20 y 30 cms de profundidad.

- El riego programado con tensiómetros, permitió obtener plantas de mayor diámetro y tamaño con un menor número de riegos, en comparación al riego tradicional, por lo cual, la utilización de este instrumento, permitiría mejorar la eficiencia de un vivero a la vez que se obtendrían plantas de mejor calidad.

VI. RESUMEN

En el Vivero perteneciente a la Escuela de Agronomía de la Universidad Católica de Valparaíso, ubicado en la localidad de Quillota, V Región, se realizó un ensayo con plántulas de palto del cultivar Mexícola, creciendo en bolsas, cuyos objetivos fueron: determinar el crecimiento longitudinal y radial del tallo, crecimiento radicular, concentración y contenido total de N, P y K en plántulas, en respuesta a 3 regímenes de riego, 20, 40 y 60 centibares y a una demanda atmosférica variable.

El crecimiento longitudinal y radial del tallo se midió 2 veces al mes, el crecimiento radicular, concentración y contenido total de N, P y K, se evaluó al final del ensayo.

Los resultados indicaron que las plantas que fueron regadas cuando la tensión del suelo alcanzó los 20 centibares, crecieron a una menor velocidad que las plantas que fueron regadas a 40 y 60 centibares, frente a condiciones de baja demanda evaporativa (3.54 mm/día), pero posteriormente, cuando la demanda evaporativa fué mayor (4.54 mm/día) crecieron a una tasa similar, en comparación a plantas que fueron regadas cuando la tensión del suelo alcanzó los 40 centibares.

Estos resultados se atribuyeron a una deficiente aereación del suelo, provocado por una baja demanda evaporativa.

En relación a las plantas que fueron regadas cuando la tensión del suelo alcanzó los 60 centibares, estos crecieron a una tasa similar que las plantas que fueron regadas a 40 centibares, frente a condiciones de baja demanda evaporativa (3.54 mm/día), pero posteriormente, éstas disminuyeron su tasa de crecimiento, cuando la demanda atmosférica fué igual o mayor que 3.67 mm/día.

Estos resultados se atribuyeron a que frente a condiciones de baja demanda evaporativa, la planta puede trasladar el agua desde el suelo a la suficiente velocidad, para sustentar una

turgencia óptima, pero en cambio, cuando la demanda evaporativa es alta, la planta no puede satisfacerla completamente, ya que a medida que el contenido de humedad del suelo disminuye, este reduce gradualmente la velocidad a que puede absorber el agua la raíz.

Las plantas que fueron regadas cuando la tensión del suelo alcanzó los 40 centibares, crecieron a una mayor velocidad en comparación a plantas que fueron mantenidas con un contenido más alto de humedad, frente a condiciones de baja demanda evaporativa, posteriormente, cuando la demanda evaporativa fué mayor, evidenciaron similar comportamiento en relación a plantas que fueron mantenidas con un contenido de humedad más bajo.

La respuesta del sistema radicular, así como la concentración de N, P y K en la planta, fué similar para todos los tratamientos de riego, en cambio el contenido total de N, P y K fué más alto en aquellas plantas que evidenciaron un mayor crecimiento.

VII. SUMMARY

The effects of three irrigation regims -20, 40 and 60 centibars at a variable atmospheric demand- on growth length and diameter of the tronc, root growth and N, P, K content in tissues of Mexicola Avocado seedlings, growing in poliethylene containers, were studied in the nursery at "La Palma" Experimental Station (Universidad Católica de Valparaíso) in Quillota.

Length and diameter were recorded twice a month, while all others parameters were evaluated at the end of the study, 125 days after planting.

When plants were watered at 20 centibars soil tension, rate of growth was less than when they were watered at 40 or 60 centibars, under a low atmospheric demand regime of 3.54 mm/day.

When the atmospheric demand was increased up to 4.54 mm/day, growth was at the same rate at 20 or 40 centibars. Th These results suggest a restriction in soil aereation, due to the low evaporative demand.

Plants watered at 60 centibars soil tension condi- tion growth at a similar rate than those at 40 centibars, under low atmospheric demand, but rate decreased with an increase in demand (3.67 mm/day).

This suggest that under a low evaporative demand the plant can absorb water from the soil at a rate enough to keep an optimal turgidity of the tissues, but when the demand is rised, rate of absortion is not enough.

Treatments did not affect root growth, nor N, P, K, concentration, but total content of these elements was higher in those plants that grew more.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ARACS, J. e INFANTE, J. 1973. Métodos de análisis de suelo para evaluar las necesidades de fertilización. Est. Exp. La Platina Bol. Cir. Inst. Invest. Agropec.
- ASHTON, M. 1956. Effects of a series of cycles of alternating low and high soil water contents on the rate of apparent photosynthesis in sugar cane. *Plant Physiol.* 31:266-274.
- BREWSTER, J. y TINKER, H. 1972. Nutrient flow rates into roots. *Soil and Fertilizers.* 35(4):78-81.
- BUNT, A. 1961. Some physical properties of pot - plant comport and their effects on plant growth. *Plant and Soil.* XIII(4):323-332.
- CANNON, W. 1925. Physiological features of roots, with special reference to the relation of roots to the areation of the soil. *Carnegie Inst. Wash. Pub.* 368.
- CORDOBA, F. 1973. Relaciones entre uso - consumo y evaporación desde bandeja para un cultivo de maíz. *Agric. Téc.* 34(1)
- CHRISTIANSEN, J. Riego por aspersión. Manual de Ingeniería de suelos, Sección 15: Riego. Serv. de Conserv. de Suelos, Depto. de Agric. de EE.UU. Ed. Diana, México. 102 p.
- CURTIS, D. 1948. Effect of oxygen supply in nutrient solution on Avocado and Citrus seedlings. *Plant Physiol.* 18:253-261.
- DENMEAD, L. y SHAW, R. 1961. Availability of soil water to plants as effected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agron. Jour.* Vol. 54:385-390.
- DORRENBOS, J. y PRUITT, W. 1975. Crop water requirements. Paper No 24. *Irrigation and drainage, FAO.*
- EAVIS, B. y PAYNE, D. 1969. Soil physical conditions and root growth. *Whittington Ed. Root Growth.* Plenum Press, N.Y.

- EHLLIG, C. y GARDNER, W. 1964. Relationship between transpiration and the internal water relations of plants. *Agron. Jour.* 56 (2):207-209.
- EMBLETON, T., GARBER, R., JONES, W. y RICHARDS, S. 1958. Effects of irrigations treatments and rates of nitrogen fertilization on young Hass avocado trees. *Proc. of the Amer. Soc. for Hort. Sci.* 71:311-313.
- ESPILDCRA, J. 1975. *Elementos de Hidrología.* Pub. Universidad de Chile. 452 p.
- FRITSCHEN, L. y SHAW, R. 1961. Evapotranspiration for corn as related to fan evaporation. *Agron. Jour.* 54:149-150.
- FULTON, J., BRICKSON, E. y TOLBERT, E. 1964. Distribution of C¹⁴ among metabolites of flooded and aerobically grown tomato plants. *Agron. Jour.* 56:527-529.
- GOODE, F. 1956. Soil moisture relationship in fruit plantations. *Ann. Appl. Biol.* 44:525-530.
- GREACEN, E. y OH, J. 1972. Physics of root growth. *Nature new biology,* 235:24-25.
- GUSTAFSON, C. 1976. Avocado water relations. *Califor. Avoc. Soc. Yearbook.* 57-73.
- HALKIAS, N., VEINMEYER, F. y HENDRICKSON, A. 1955. Determining water needs for crops from climatic data. *Hilgardia.* 24(9):207-231.
- HOAGLAND, D. y BOYER, M. 1936. General nature of the process of salt accumulation by roots with description of experimental methods. *Plant. Physiol.* 11:471-508.
- HSIAC, T., ACEVEDO, E., FERERES, E. y HANDERSON, D. Stress Metabolism. *Phil. Trans R. Soc. London B.* 273:479-500.
- KEPLER, B., TAYLOR, H., HUCKS, M. y FISCUS, E. 1973. Water relations and growth of cotton in drying soil. *Agron. Jour.* 65:307-310.
- KHATAMIAN, K. y HILTON, R. 1977. The relationship between shoot growth and area of trunk cross-section in several woody plants species. *Hortscience* 12(3):255-257.

- KOZLOWSKI, T. Water deficits and plant growth. Vol. 2 Academic press. 328 p.
- KRAMER, P. 1962. Water stress and plant growth. Agron. Jour. (57):31-35.
- _____ 1974. Fifty years of progress in water relations research. Plant. Physiol. 54:463-471.
- LABANOUSKAS, C., STOLEY, L., ZENTMYER, G y SZUSZKIEWICZ, L. 1968. Influence of soil oxygen and soil water on the accumulations of nutrients in avocado seedlings. Plant and soil. 29(3): 391-405.
- LABANOUSKAS, C., STOLEY, L. y HANBY, M. 1972. Concentrations and total amount of nutrients in citrus seedlings and in soil as influenced by differential soil oxygen treatments. Soil Sci. Soc. Amer. procc. 36:454-456.
- LABANOUSKAS, C., STOLEY, L., KLOTZ, L. y DEMOLFE, T. 1971. Soil oxygen diffusion rates and mineral accumulations in citrus seedlings. Soil Sci. III(6):386-392.
- LABRA, L. 1973. Obtención precoz de palto (Persea americana Willd) por medio de injertación de plántulas. Quillota, U.C.V. Tesis mimeografiada.
- LETEY, J., STOLEY, L., VALORAS, N. y SZUSZKIEWICZ, T. 1961. Influence of oxygen diffusion rate on sun flower growth at various soil and air temperatures. Soil Sci. 91:151-155.
- MERRILL, S. y RAWLINGS, S. 1979. Observation of root growth through polyethylene sheeting compared with other methods. Soil Sci. 127:351-357.
- NGRERO, A. Evaporación y Transpiración. 152 pág.
- PAUL, J. y LEE, C. 1976. Relation between growth of chysantemuns and aereation of various container media. Jour. Amer. Soc. Hortscience 101(5):500-503.
- PETERSON, J. 1949. Relation of soil air to roots as factors in plant growth. Soil Sci. Soc. Amer. Procc. 10:263-268.
- PIZARRO, G. 1972. Obtención precoz del palto (Persea americana Mill) en la zona de Quillota - La Cruz. Quillota, U.C.V. Tesis mimeografiada. 66 pág.

- 103
- RICHARDS, S., WEEKS, L. y JOHNSTON, J. 1958. Effects of irrigation treatment and rates of nitrogen fertilization on young Hass avocado trees. Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci. 71: 292-297.
- RITCHIE, J. 1973. Influence of soil water status and meteorological conditions on evaporation from a corn canopy. Agron. Jour. 65:893-897.
- ROBERTSON, G. y PARKER, J. 1966. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soils materials. Soil Sci. 102:18-22.
- SAND, K. y RUTTER, A. 1959. Studies in the growth of young plants of pinus silvestris. Ann. Bot. 23:269-284.
- SLABBERS, P.J. 1980. Practical prediction of actual evapotranspiration. Irrigation science. 1:185-196.
- SLOWIK, K., LABANOUSKAS, C.K., STOLEY, L. y ZENTMYER, G.A. 1979. Influence of rootstocks, soil oxygen and soil moisture on the uptake translocation in young avocado plants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(2):172-175.
- SLATYER, R.C. 1967. Plant water relationships. Academic press New York.
- STERNE, R., KAUFMANN, R. y ZENTMYER, G. 1977. Environmental effects on transpiration and leaf water potential in avocado. Physiol. Plantarum. 41:1-6.
- TAYLOR, H. y RATLIFF, L. 1969. Root elongation rates of cotton and peanuts as a function of soil strength and soil water content. Soil Sci. 108:113-119.
- THORNE, J. y THORNE, D. The irrigation water of UTAH. UTAH Agr. Expt. Sta. Bul. 346, 64 p.
- TOMAR, V. y GHILDYAL, B. 1973. Short note on the wilting phenomenon in crop plant. Agron. Jour. 65:414-415.
- TOSSO, J. 1974. Nueva fórmula para la determinación de evapotranspiración en Chile. Inst. Invest. Agrop. Est. Exp. La Plati-na.

55

104.-

UPCHURCH, R., PETERSON, M. y HAGAN, R. 1955. Effects of soil moisture content on the rate of photosynthesis and respiration in cadine cloner. *Plant Physiol.* 30:297-303.

VALORAS, N., LETEY, J., STOLEY, L. y PROLICH, E. 1964. The oxygen requirements for root growth of three avocado varieties. *Amer. Soc. for Hort. Sci.* 85:173-177.

VIEHMEYER, F. y HENDRICKSON, A. 1950. Soil moisture in relation to plant growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 1:285-304.

VAN BABEL, C. 1953. Chemical composition of tobacco leaves as affected by soil moisture conditions. *Agron. Jour.* 45:611-614.

VILLAVICENCIO, J. y LOLAS, A. 1977. Riego por goteo, desarrollo de nuevas técnicas para su aplicación en Chile. *U. de Chile.* 132 pág.

VLAMIS, J. y DAVIS A. 1944. Effects of oxygen tension on certain physiological responses of rice, barley and tomato. *Plant Physiol.* 19:33-51.