

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



EFFECTO DEL RIEGO INDIVIDUAL POR CAJETES (Espina de Pescado) EN LA DISTRIBUCION RADICAL DEL MACROPHYLIA INJERTADO CON LIMON MEXICANO (Citrus aurantifolia Swingle)

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

LUIS EDUARDO LOPEZ VALDOVINOS

GUADALAJARA, JAL., 1980.



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

23 de Mayo de 1979

EXPEDIENTE.....

NUMERO.....7604.....

C. PROFESORES:

- ING. J. ANTONIO SAN-GUAL MARTINEZ
- ING. J. JESUS FORTUQUER BAUTISTA
- ING. FRENCENCIO ESCOBEDO MARTINEZ

De la manera más atenta me permito comunicar a ustedes que he tenido a bien nombrarlos miembros del Jurado -- que ha de dictaminar sobre el Trabajo de Tesis denominado:

EFECTO DE RIEGO INDIVIDUAL POR CAJETON (Espina de pescado)
EN LA DISTRIBUCION SAUICAL DEL LIMON EN EL CAMPO Citrus surculifig
EN LA INJERTAS DE CERE PATRON HACROPIVELLA.

presentado por el PASANTE ANTONIO LOPEZ VALDIVINOS

Como base en el Artículo 40, Capítulo IV, Título Octavo del Reglamento de la Ley Orgánica, " No podrá verificarse ningún Examen si la Tesis no hubiese sido admitida por -- lo menos por la mayoría de los miembros del Jurado."

Con objeto de convocar al Examen correspondiente, suplicamos a ustedes se sirvan emitir su dictamen haciendo saber si el presente trabajo puede ser admitido para Examen posterior. En caso contrario, rogamos consignen las razones -- correspondientes.

ATENTAMENTE
" PIENSA Y TRABAJA "
EL DIRECTOR

ING. ANTONIO ALVAREZ GONZALEZ

RESULTADO _____ es de admitirse

FIRMA _____

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 5 de Julio de 1980

C. ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E .

Habiendo revisado la Tesis del PASANTE

LUIS EDUARDO LOPEZ VALDOVINOS Titulada:

" EFECTO DEL RIEGO INDIVIDUAL POR CAJETES ("Espina de
Pescado") EN LA DISTRIBUCION RADICAL DEL MACROPHYLLA
INJERTADO CON LIMON MEXICANO (Citrus aurantifolia -
Swingle). "

Damos nuestra aprobacion para la Im
presion de la misma.

DIRECTOR DE TESIS



ING. J. JESUS SEPULVEDA MEJIA

A S E S O R

A S E S O R



ING. LUIS ALBERTO RENDON SALCIDO



ING. AUSTREBERTO BARRAZA SANCHEZ

ml.

A G R A D E C I M I E N T O

AL ING. MC. VICTOR M. MEDINA URRUTIA, POR SU CONSTANTE APOYO, MOTIVACION,
REVISION Y VALIOSAS SUGERENCIAS EN ESTRE TRABAJO.

AL DEPARTAMENTO TECNICO AGRICOLA DEL FIDEICOMISO DEL LIMON (FIDELIM)
PRINCIPALMENTE AL ING. FERNANDO VELASCO N., ING. HECTOR MANUEL
SANCHEZ., ING. FELIPE A FELIX C., POR LAS FACILIDADES PRESTA-
DAS PARA ELABORACION DE ESTE TRABAJO.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE DE UN MODO DIRECTO E INDIRECTO PARTICIPA-
RON EN LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

LUIS Y JULIA

COMO MUESTRA AL ESFUERZO QUE REALIZARON AL HACER DE MI UN
PROFESIONISTA.

A MIS HERMANAS

LAURA GABRIELA, CELIDA ROXANA, CLAUDIA DOLORES, CLAUDIA MARCELA

A MI ABUELITA

DOLORES

A MIS MAESTROS

CON ADMIRACION Y RESPETO

A MI QUERIDA ESCUELA

POR LOS CONOCIMIENTOS RECIBIDOS DE ELLA

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

ESTA TESIS FUE PLANTEADA, DIRIGIDA Y REVISADA FINALMENTE POR MI DIRECTOR DE
TESIS Y ASESORES Y HA SIDO APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TITULO DE :

ING. AGRONOMO

Guadalajara, Jalisco Agosto 1980

Director ; Ing. MC, J, Jesús Sepúlveda Mejía

Asesor : Ing, MC, Luis A. Rendón Salcido

Asesor : Ing, Austreberto Barraza Sánchez

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

	Pag.
CUADRO 1. DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADO CON LIMON MEXICANO Y REGADO EN CAJETE EN FORMA DE ESPINA DE PESCADO.	24
CUADRO 2. DISTRIBUCION HORIZONTAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADO CON LIMON MEXICANO Y REGADO EN FORMA DE ESPINA DE PESCADO.	26
CUADRO 3. DENSIDAD DE RAICES EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO DE LOS ARBOLES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADOS CON LIMON MEXICANO.	28
CUADRO 4. DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADO CON LIMON MEXICANO EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO EN EL CAJETE.	30
CUADRO 5. DISTRIBUCION HORIZONTAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADO EN LIMON MEXICANO EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO	33
CUADRO 1 A. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS RAICES MENORES DE 2 MM (VALORES TRANSFORMADOS)	42
CUADRO 2 A. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS RAICES MAYORES DE 2 MM (VALORES TRANSFORMADOS)	43
CUADRO 3 A. DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A REGADO EN CAJETES (VALORES TRANSFORMADOS)	44
CUADRO 4 A. DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A REGADO EN CAJETES (VALORES TRANSFORMADOS)	45

	Pag.	
CUADRO 5 A.	DENSIDAD DE RAICES DE DOS DIAMETROS DEL PORTAINJERTO MACRO PHYLA EN 2 POSICIONES DE MUESTREO (VALORES TRANSFORMADOS)	46
CUADRO 6 A.	DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACRO- PHYLA EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO EN EL CAJETE -	47
CUADRO 7 A.	DISTRIBUCION HORIZONTAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MA - CROPHYLA EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO EN EL CAJE - TE (VALORES TRANSFORMADOS)	48
CUADRO 8 A.	DISTRIBUCION HORIZONTAL Y VERTICAL DE RAICES DEL PORTAINJER TO MACROPHYLA BAJO METODO DE RIEGO POR CAJETES.	49
CUADRO 9 A.	DISTRIBUCION HORIZONTAL Y VERTICAL DE RAICES DEL PORTAINJER TO MACROPHYLA EN RELACION A LA ENTRADA Y NO ENTRADA DEL SUR CO DE RIEGO AL CAJETE.	50

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	DETALLE DE LA EXCAVACION EFECTUADA POR EL METODO DEL MONOLI TO PARA EL ESTUDIO DE LA DISTRIBUCION DE RAICES DE LOS AR- BOLES DE MACROPHYLA INJERTADO CON LIMON MEXICANO.	13
FIGURA 2.	SISTEMA DE RIEGO EN CAJETE INDIVIDUAL EN FORMA DE ESPINA - DE PESCADO,	14
FIGURA 3.	DETALLE DE LA ENTRADA DEL SURCO DE RIEGO AL CAJETE DE LOS - ARBOLES Y SU RELACION CON LA POSICION DONDE SE EFECTUO EL ' ESTUDIO DE RAICES.	16
FIGURA 4.	(A) PROYECCION DE LA COPA Y AREAS ESTIMADAS EN EL ESTUDIO ' RAICES.- (B) TRIANGULO QUE MEDIANTE FUNCIONES TRIGONOMETRI - CAS SIRVIO COMO GUIA PARA LA ESTIMACION DEL AREA (A_1).	18

- FIGURA 5. CALCULO DEL AREA (A_1), EN BASE AL BLOQUE DE SUELO EXTRAIDO EN FORMA DE TRAPECIO. 19
- FIGURA 6. DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL MACROPHYLIA INJERTADO CON LIMON MEXICANO EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO (PESO FRESCO DE RAICES EN MG/DM³ DE SUELO). 31
- FIGURA 7. DISTRIBUCION HORIZONTAL DE LAS RAICES DEL MACROPHYLIA INJERTADO CON LIMON MEXICANO EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO. (PESO FRESCO DE RAICES). 34

INDICE

	Pag.	
I	INTRODUCCION	1
II	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
III	OBJETIVOS E HIPOTESIS	10
IV	MATERIALES Y METODOS	11
V	RESULTADOS Y DISCUSION	23
VI	CONCLUSIONES	35
VII	RESUMEN	36
VIII	BIBLIOGRAFIA	37
IX	APENDICE	41

I. INTRODUCCION

El Estado de Colima ocupa el primer lugar mundial en cuanto a superficie y producción de limón mexicano (Citrus aurantifolia Swingle). Teniendo una superficie de 27,671 has y una producción de 240,374 toneladas (Fidelim ' 1979).

En la actualidad el cultivo del limón atraviesa por problemas muy serios siendo uno de los más importantes la gomosis ó pudrición del pie. Esta enfermedad en los cítricos según Pratt (1976), es causada por el hongo Phytophthora spp.

En Colima esta enfermedad es propiciada en la mayoría de los casos por dos motivos: el empleo de métodos de riego inadecuados y el uso de árboles propagados de semillas susceptibles a la gomosis (Valdez y Becerra 1979).

Los riegos de inundación comúnmente usados por el agricultor provocan condiciones de humedad excesiva que afectan la raíz y el tronco de los árboles, además de que con este método de riego las esporas de un árbol infectado se trasladan con el agua a un árbol sano.

Actualmente se han ideado nuevos métodos de riego como el denominado "espina de pescado" o riego individual por cajetes el cual evita algunos de los problemas antes mencionados,

Asimismo se ha iniciado la introducción de portainjertos que son resistentes a la "gomosis" siendo de los más comunes: Troyer, Carrizo, Naranja agrio y Macrophyla (Fidelim 1978).

En el presente trabajo se pretende conocer el sistema radical del portainjerto *Macrophyla* sometido a un tipo de riego en cajetes, el cual se ha venido generalizando entre los fruticultores y se le ha llamado "espina de pescado".

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

Muchos son los factores ligados con el desarrollo de las raíces de los frutales. Ghosh. (1973), hizo una recopilación de los factores que modifican el crecimiento de las raíces de los frutales, indicando que el agua es uno de los más importantes.

1. Humedad

Según González Sicilia (1968), el agua contenida en el suelo es probablemente el principal factor que actúa sobre el desarrollo del sistema radical de los cítricos y debe estar comprendida entre ciertos límites. Este mismo autor, señala que si el agua es escasa, las células de la raíz no alcanzan el estado de turgencia necesario para que tenga lugar el crecimiento, y si es excesiva, dificulta la aireación, tan necesaria para el desarrollo de la raíz. Aunque no menciona cuales son los límites de escases y exceso de humedad.

Ghosh (1973), explica que un contenido bajo de humedad no sólo limita el crecimiento de las raíces, sino también su diferenciación.

Hendrickson y Veihmeyer (1931), observaron que no hubo crecimiento de las raíces de girasol en suelos con tensiones de humedad cerca del punto de marchitamiento permanente.

Estos mismos autores determinaron que las raíces de las plantas no crecen en suelos secos para buscar la humedad, aunque se mantienen sanas y listas para empezar su actividad cuando nuevamente existe humedad en donde ellas se desarrollan.

Cahoon et al (1957, citado por Marsh 1973), señala que la condición de agua-suelo es el mayor componente en el medio ambiente radical afectando el crecimiento y sanidad de raíces. Una deficiencia de agua en la zona radicular produce ciertos efectos en el crecimiento de las raíces. Conforme el suelo se seca, el crecimiento de las raíces es más lento y eventualmente se detiene. Si algunas de las raíces de un árbol se queda en suelos que con tengan agua disponible, las raíces en el suelo seco no son dañadas.

Reed y Bartholomew (1930 citado por González 1968), observaron que el riego y las prácticas culturales mejoraron la penetración del agua en el suelo y favorecieron el desarrollo radicular.

1.1 Relación entre la extracción de humedad y el desarrollo radical de los árboles.

El servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de E.U. (1972), indica que las dimensiones del depósito de reserva de agua disponible para la planta se determina en su mayor parte, por las características de las raíces. La distribución de éstas determina su forma de extraer la humedad.

Cannon y Stolzy (1959), al utilizar el método de moderación neutrónica para determinar la humedad, encontraron que hubo una fuerte relación en tre la densidad de raíces y la deflexión de humedad del suelo. El estudio fue realizado en tres huertos de cítricos y en tres diferentes tipos de suelos.

Castle y Krezdorn (1977), confirmaron los resultados anteriores, al evaluar cuatro diferentes portainjertos en cuanto al uso eficiente del agua del suelo de acuerdo a la distribución radical. Los autores encontraron

que el limón Rugoso tuvo la mayor pérdida de agua, pero también el mayor peso seco de raíces, lo que indica que a medida que el sistema radical es más denso y profundo se explora un mayor volumen de suelo, y por lo tanto existe un mayor acceso a una gran cantidad de agua y nutrimentos y por consecuencia se tiene un mayor crecimiento.

Slowik (1967), trabajó con diferentes suelos que les llevaron a concluir que no es solo el enraizamiento profundo el que favorece el crecimiento vegetativo del manzano, sino la cantidad de agua potencialmente aprovechable, los trabajos de este autor muestran una alta correlación lineal entre el agua aprovechable en la columna del suelo donde se encontraron las raíces y el crecimiento vegetativo de este cultivar.

Ford (1954), al estudiar la distribución de las raíces de árboles de toronjo en relación al nivel de agua en el suelo encontró que al abatir el nivel freático de 0.75 m a 1.75 m por medio de drenaje, se duplicó la cantidad de raíces y se aumentó el tamaño de los árboles.

1.2 Efecto de la frecuencia y lámina de riego sobre el desarrollo radical.

González-Sicilia (1968), afirma que el riego ejerce una marcada influencia sobre el desarrollo del sistema radicular. A los riegos ligeros y frecuentes se les atribuye la formación de un sistema radicular de poco desarrollo y distribución superficial; en cambio los riegos copiosos y menos frecuentes propician un enraizado más abundante y profundo. Este mismo autor indica que las diferentes clases de suelo y cambios de naturaleza del subsuelo, más que el riego, son los factores que determinan la distribución de raíces.

En cuanto a la distribución vertical de las raíces absorbentes Cahoon et al (1961), al estudiar el efecto de la frecuencia de los riegos

sobre la cantidad de raíces a diferentes profundidades, encontraron una mayor cantidad de raíces en las capas más profundas, cuando se regó a intervalos de 6 semanas o bien de 100 centibarios (cb), que cuando lo hizo con una periodicidad de 3 semanas o 20 cb.

Luis (1970), informa que en árboles de manzano de diferentes edades bajo condiciones de riego (2y4 riegos), y sin riego (temporal), no hubo efecto sobre la extensión horizontal de raíces, pero en cuanto a la distribución vertical, las raíces tendían a profundizar más donde no se les aplicó riego; por lo tanto, bajo riego, las raíces pueden ser dañadas si se les da un paso de rastra.

Minessy et al (1970), al probar el efecto que tienen diferentes láminas de agua sobre el contenido mineral de las hojas, crecimiento de los brotes y raíces, rendimiento y calidad de la fruta de naranjo cv. "Washington Navel" y la mandarina cv. "Balady", encontraron diferencias en todos los parámetros. Las láminas de agua más pesadas favorecieron el crecimiento de los brotes vegetativos y raíces, la calidad de fruta y del contenido de nutrimentos en las hojas de las dos especies.

1.3 Efecto del método de riego en el desarrollo radical.

Ponder y Kenworthy (1976), estudiaron la distribución radical de raíces en plantas ornamentales, bajo condiciones de riego por goteo: encontraron que esta práctica no afecta el sistema radical en longitud y profundidad, pero sí el grosor de las raíces, ya que hubo más raíces gruesas con riego que sin riego por goteo, encontrando que el 90% de raíces estudiadas se localizan a 30 cm del tronco, de este porcentaje, el 60% fueron raíces finas.

Rodney et al (1977), determinaron que hubo una fuerte diferencia en el crecimiento lateral y profundo entre distintos métodos de riego. En este estudio con el método de riego por cajetes se estimuló mayor desarrollo de las raíces que con los riegos por aspersión, por goteo y por inundación.

Otros factores estrechamente ligados con la humedad del suelo que también ejercen fuerte influencia en el desarrollo radical de los árboles son la aireación del suelo y la temperatura del mismo.

2. Aireación

Cannon (1925), citado por González (1968), estudió el comportamiento de naranjo y limón en diferentes mezclas de gases, encontrando que para que haya crecimiento de la raíz, la atmósfera de suelo debe contener por lo menos 2% de Oxígeno, cuando el contenido del anhídrido carbónico no era mayor del 21%.

Childers y White, (1949, citado por Ayala 1975), indican que en el caso del manzano la intensidad de la respiración de las raíces se produce cuando la concentración de O_2 excede de 5 a 6 %.

Patt. et al (1966), en un ensayo en huertos adultos de varias especies de cítricos, determinaron el volumen de aireación a capacidad de campo y lo relacionaron con la densidad de raíces fibrosas y la producción. Encontraron que la aireación afectó la densidad de raíces fibrosas y la productividad de los árboles indicando que el límite crítico fue de 9 a 10 % del volumen aireado a capacidad de campo en las capas de suelo de 25 a 75 cm.

Girton (1927), encontró que la aireación favorece el crecimiento en longitud de la raíz y la producción de cabellos radicales. En los suelos are

-nosos el crecimiento longitudinal cesa cuando el contenido de Oxígeno en la atmósfera del suelo es de 1,2 a 1,5 % a 28° C y la influencia retardante de la escases de oxígeno es marcada a unas concentraciones bastantes más altas (de 5 a 8 %). El mismo señala que el exceso de anhídrido carbónico afecta - desfavorablemente la distensión de la raíz, la cual cesó totalmente a concentración de anhídrido carbónico entre 37 a 55 % a 25°C aunque el contenido de oxígeno en la atmósfera del suelo era 17 a 80 %.

3. Temperatura

Girton (1927), quién trabajó con plántulas de pomelo, naranjo dulce y naranjo agrio en soluciones nutritivas, encontró que las temperaturas mínimas, óptimas y máximas para el desarrollo de raíces eran aproximadamente 12, 26 y 37°C respectivamente. Asimismo señala que la temperatura óptima para la producción de cabellos radicales era de 33°C es decir, algo más alta que el óptimo para el desarrollo de la raíz.

Leuty (1951), quién estudió el desarrollo de la raíz de limonero en suelos arenosos y arcillosos de California, encontró que el crecimiento comenzaba independientemente del tipo del suelo, a los 15°C y que la actividad de la raíz se iniciaba de 8 a 20 días después de cada riego.

Ghosh (1973), en su revisión bibliográfica, reporta que el crecimiento de los cítricos comienza a mediados de Mayo, de 16 a 18°C, mencionando que las raíces absorbentes requieren comparativamente temperaturas más altas que las raíces auxiliares responsables del crecimiento de longitud.

4. Conclusiones a la revisión Bibliográfica.

a),- La humedad es el principal factor que afecta el crecimiento y desarrollo

de las raíces de los cítricos,

- b).- Por lo general se señala que mientras mayor sea la densidad de raíces en los árboles mayor será su extracción de humedad.
- c).- Existe contradicción en cuanto al efecto de lámina y frecuencia de riego de las raíces de los cítricos, puesto que por un lado se dice que los riegos ligeros y frecuentes provocan un desarrollo radical denso y profundo, por otro lado, también se dice que los riegos pesados y poco frecuentes estimulan más desarrollo de raíces.
- d).- También la respuesta de las raíces al crecimiento y distribución es modificada o afectada por el método de riego empleado sea por: cajete, goteo, aspersión o gravedad.
- e).- La temperatura y la aireación son otros factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de las raíces y que están ligados directamente con la humedad.

III, OBJETIVOS E HIPOTESIS

OBJETIVOS:

1.- Observar la distribución horizontal y vertical de raíces del portainjerto *Macrophylla* regado en cajetes individuales (espina de pescado).

2.- Observar si existe diferencia en cuanto a la densidad de raíces entre los cajetes con entrada de surco de riego y sin entrada de surco de riego al cajete.

HIPOTESIS:

1.- Con el riego en cajetes se tiene la misma densidad de raíces en todas las distancias y profundidades.

2.- No hay diferencia en la densidad de raíces en los cajetes con entrada y sin entrada del surco de riego al cajete.

IV. MATERIALES Y METODOS

1. Localización del sitio Experimental.

Este trabajo se estableció en una parcela demostrativa ubicada en los terrenos del Fideicomiso de Limón (FIDELIM), de Tecomán, Col.

Tecomán está situado a los 18°54' Latitud Norte y a los 103°43' - Longitud Oeste, la altura sobre el nivel del mar es de 22 metros (CETENAL - 1970).

2. Condiciones de clima y suelo.

Según Koppen, el clima de la zona es: seco, cálido, con lluvias en verano y una oscilación isoterma (Oseguera 1972), lo clasifican como: semi-seco, con invierno y primavera secos, tropical, sin estación invernal bien definida, con una temperatura media anual de 26.7°C y una precipitación pluvial anual media 825 mm.

Los suelos que predominan en la región son de textura arenolimo arcilloso en la capa superficial y arenoso en el subsuelo, con un pH alcalino (8.3 - 8.6).

3. Material Utilizado.

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron árboles de limón mexicano (Citrus aurantifolia Swingle), injertados sobre Macrophylla (Citrus macrophylla Wester), de tres años de edad, plantados en Septiembre de 1975 a una distancia de 8 x 8 en marco real.

4. Método empleado para el estudio de raíces.

Para el estudio de raíces se utilizó el método del monolito ó bloques de Rogers y Shitt, descrito por Kolesnicov (1971), el cual consiste en la extracción del suelo por capas de un sector del sistema radical del árbol, con un ángulo de 45° a 6 distancias del tronco y 6 profundidades del suelo. (Fig. 1).

Distancias: 30 - 80, 80 - 130, 130 - 180, 180 - 230, 230 - 280 y 280 - 330 cm,

Profundidades: 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80, 80 - 100 y 100 - 120 cm,

Las raíces se clasificaron de acuerdo a su grosor, en menores de 2 mm y mayores de 2 mm. Posteriormente se lavaron y pesaron en fresco.

5. Método de riego empleado.

Para regar los árboles del experimento, se utilizó el sistema de riego por gravedad comúnmente llamado "espina de pescado" (Fig. 2), el cual consta de una regadera principal, trazada entre las hileras de los árboles y varios surcos laterales por donde le llega el agua individualmente al cajete de cada árbol, con este método se evita la infección por gomosis de un árbol enfermo a uno sano.

El riego fue aplicado a criterio cada 8 días, llenando completamente el cajete de cada árbol.

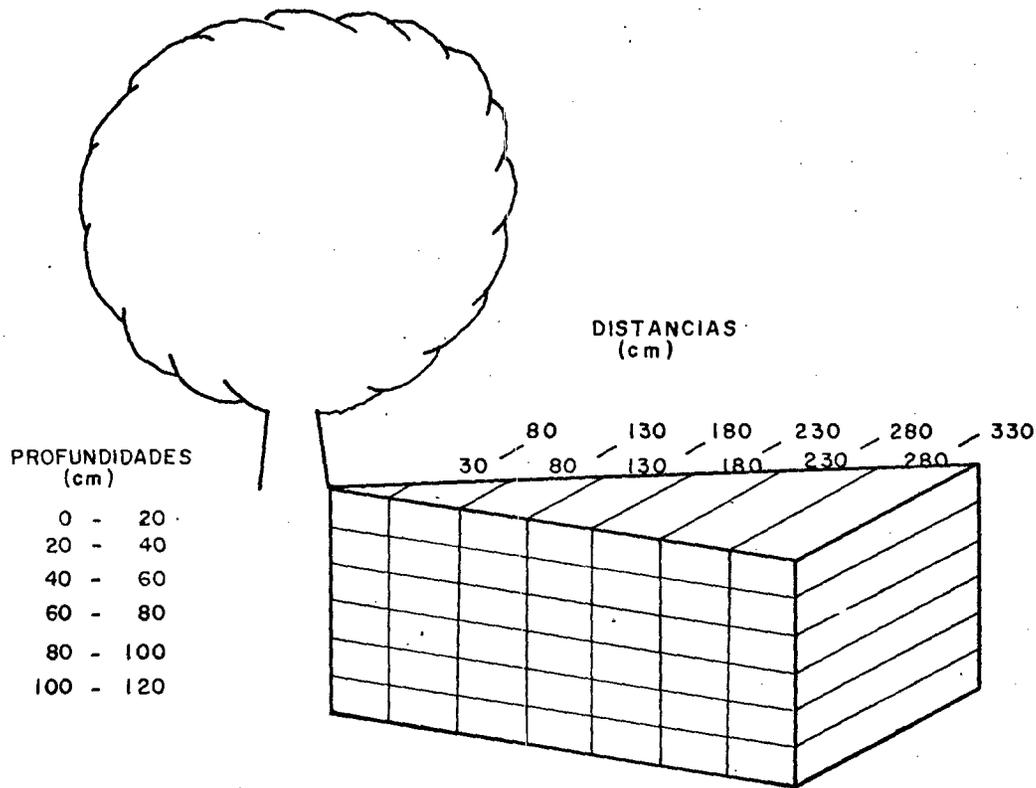


Fig:1 Detalle de la excavación efectuada por el metodo del monolito para el estudio de la distribución de raíces de los árboles de Macrophylo injertados con limón mexicano.

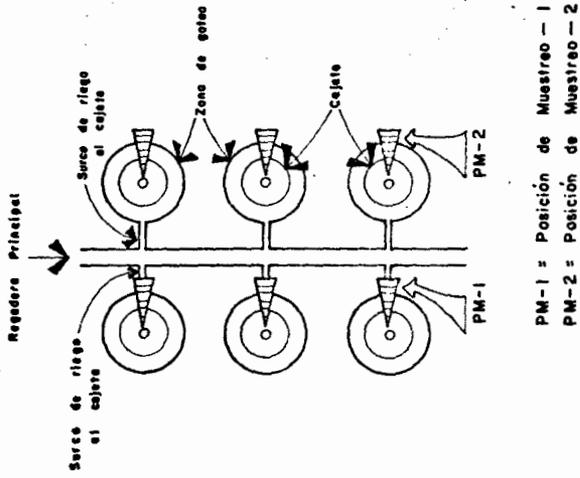


Fig: 2 Sistema de Riego en cajete individual en forma de espina de pez.

Fue aprovechado este método de riego para determinar si la entrada del surco de riego al cajete afecta la distribución de raíces de los árboles. Para ello fue necesario hacer muestreos de raíces en donde los cajetes tuvieron la entrada del surco de riego y donde no la tuvieron (ver fig. 3), para mayor facilidad los muestreos así efectuados se denominaron PM-1 y PM-2.

No se calculó la lámina de riego y tampoco se utilizaron aparatos para medir la humedad del suelo, No obstante en todas las excavaciones que se hicieron fue claramente notorio que los estratos de suelo de 0.20 - 1.0 m había mayor humedad que los estratos de 1.0 - 1.20 m.

6. Metodología Estadística.

El diseño experimental que se usó fue bloques al azar, con siete repeticiones, considerando un árbol como parcela experimental. El diseño de tratamientos fue un análisis combinado de los siguientes factores que entraron en el estudio fueron:

Factores	Niveles
Posición de Muestreo	2
Distancias	6
Profundidades	6

Los valores promedio de factores solos e interacciones que resultarán significativos en el análisis de varianza (ver cuadros - apéndice) fueron separados utilizando la prueba de Tukey o diferencia mínima significativa honesta (DMSH), al nivel del 5 % de probabilidad.

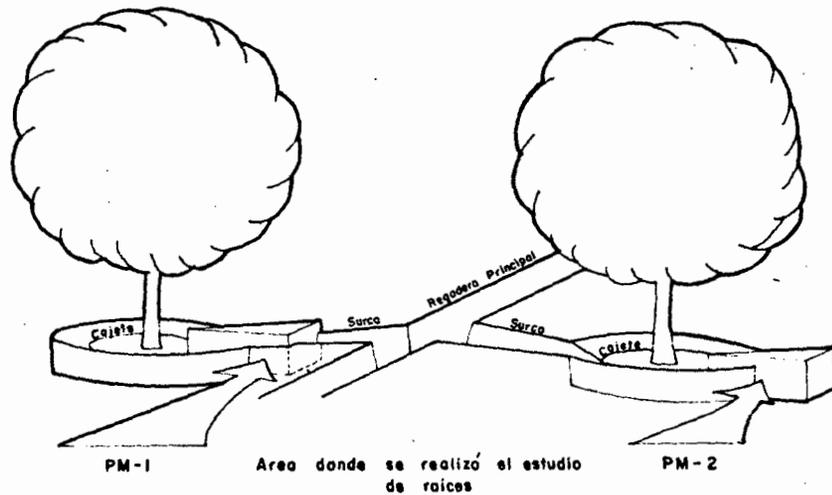


Fig: 3 Detalle de la entrada del surco de riego al cajete de los árboles y su relación con la posición donde se efectuó el estudio de raíces.

6.1 Transformaciones.

Para el análisis estadístico hubo necesidad de transformar los datos a la forma: $y = \sqrt{x+1}$ debido a que el coeficiente de variación que arrojaron los datos originales resultó ser muy alto variando los valores de 0 a 1000 o más. En la ecuación anterior:

y = valor transformado

x = datos originales

7. Cálculo de la densidad de raíces.

La densidad de raíces de cada capa de suelo se calculó estimando primero el área excavada (A), y posteriormente su Volumen (V).

7.1 Cálculo de las áreas.

En la Fig. 4 se presentan los dibujos en base a los cuales se hicieron los cálculos de áreas y volúmenes

En el inciso (A) de la Fig. 4 se muestran las seis áreas que fueron estimadas. Mientras que en el inciso (B) de la misma figura se muestra en detalle el cálculo de una área en particular.

El triángulo sombreado de la Fig. 4 (B) fue dividido en dos triángulos agudos iguales. Mediante funciones trigonométricas se calculó la base de cada triángulo.

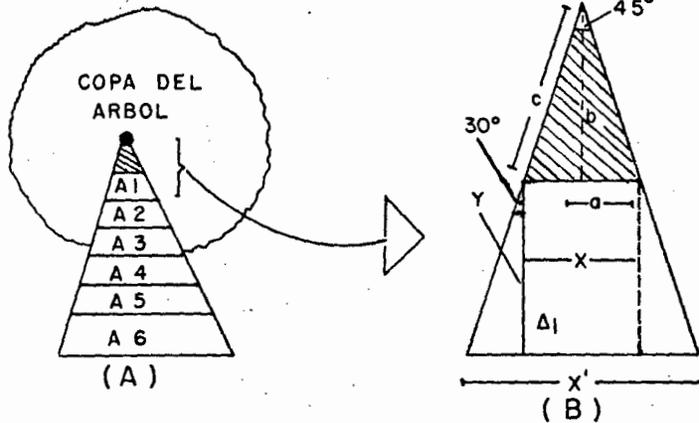


Fig. 4.- (A) PROYECCION DE LA COPA Y AREAS ESTIMADAS. EN EL ESTUDIO DE RAICES. (B) TRIANGULO QUE MEDIANTE FUNCIONES TRIGONOMETRICAS SIRVIO COMO GUIA PARA LA ESTIMACION DEL AREA (A)

El procedimiento es el siguiente;

$$\text{Sen } A = \frac{\text{Co}}{\text{Hip}} \quad ; \quad \text{donde: } \text{Sen } A = 22^\circ 30' = 0.3827$$

Co = cateto opuesto = a = ?
Hip = Hipotenusa = c = 3 dm.

Sustituyendo y despejando a se tiene:

$$\text{Sen } A = \frac{\text{Co}}{\text{Hip}} \quad ; \quad 0.3827 = \frac{a}{3} \quad ; \quad a = (3) (.3827), \quad a = 1.14 \text{ dm}$$

Como en la Fig. 4 B; X = 2 a, por lo tanto

$$X = 2 (1.148) = 2.296 \text{ dm}$$

De esta manera se obtuvo uno de los lados de lo que ahora es un trapecio (Parte no sombreada de la fig. 4 B) y en la que ahora se necesita calcular la altura Y,

Nuevamente en las funciones trigonométricas y en base a la fig. 5 se tiene que;

$$\text{Sen } B = \frac{\text{Co}}{\text{Hip}} \quad ; \quad \text{donde: } \text{Sen } 30^\circ = 0.5$$

Co = Z = ?
Hip = c = 5 dm

Sustituyendo y despejando Z

$$\text{Sen } B = \frac{\text{Co}}{\text{Hip}} \quad ; \quad 0.5 = \frac{Z}{5} \quad ; \quad Z = (5) (0.5); \quad Z = 2.5 \text{ dm}$$

Para calcular Y se tiene:

$$Y = c \text{ Cos } B \quad ; \quad \text{por lo tanto}$$

$$c = 5 \text{ dm}$$

$$\text{Cos } B = \text{Cos } 30^\circ = 0.866$$

Sustituyendo Y

$$Y = (5.0) (0.866)$$

$$Y = 4.33 \text{ dm}$$

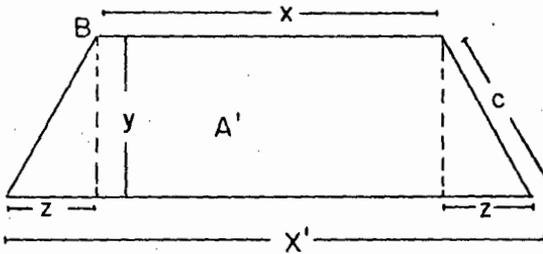


Fig. 5-CALCULO DEL AREA (A) EN BASE AL BLOQUE DE SUELO EXTRAIDO EN FORMA DE TRAPECIO.

Solo falta conocer uno de los lados del trapecio por lo que al sustituir la fórmula tendremos:

$$b = x$$

$$B = x'$$

$$B = 7.296 \text{ dm}$$

$$b = 2.296 \text{ dm}$$

$$h = Y = 4.33 \text{ dm}$$

$$a) \quad A l = \frac{B + b}{2} \quad h \quad \circ \circ$$

$$A 1 = \frac{7.296 + 2.296}{2} (4,33)$$

$$A 1 = 20,76 \text{ dm}^2$$

b).- Area 2 se siguió el mismo procedimiento donde los datos fueron:

$$b = 7.296 \text{ dm}$$

$$A 2 = \frac{12.296 + 7.296}{2} (4,33)$$

$$B = 12.296 \text{ dm}$$

$$A 2 = 42,41 \text{ dm}^2$$

$$h = 4,33 \text{ dm}$$

c).- Area 3 se continuó con el mismo cálculo y los datos fueron:

$$b = 12.296 \text{ dm}$$

$$A 3 = \frac{17.296 + 12.296}{2} (4,33)$$

$$B = 17.296 \text{ dm}$$

$$A 3 = 64,04 \text{ dm}^2$$

$$h = 4,33 \text{ dm}$$

d).- Area 4

$$b = 17.296 \text{ dm}$$

$$A 4 = \frac{22.296 + 17.296}{2} (4,33)$$

$$B = 22.296 \text{ dm}$$

$$A 4 = 85,69 \text{ dm}^2$$

$$h = 4,33 \text{ dm}$$

e).- Area 5

$$b = 22.296 \text{ dm}$$

$$A 5 = \frac{27.296 + 22.296}{2} (4,33)$$

$$B = 27.296 \text{ dm}$$

$$A 5 = 107,34 \text{ dm}^2$$

$$h = 4,33 \text{ dm}$$

f).- Area 6

$$b = 27.296 \text{ dm}$$

$$A 6 = \frac{32.296 + 27.296}{2} (4,33)$$

$$B = 32.296 \text{ dm}$$

$$A 6 = 128,99 \text{ dm}^2$$

$$h = 4,33 \text{ dm}$$

7.2 Cálculo de volúmenes

Cada área tuvo seis profundidades por lo cual para cada una de ellas se calcularon seis volúmenes, sin embargo dado que la profundidad de las diferentes capas fue igual, bastó con hacer el cálculo para la primera profundidad para tener el volumen de suelo total, siendo esto igual a las demás capas de suelo.

- a).- V 1.1 $A 1 \times P$ donde $A 1 = 20.76 \text{ dm}^2$
 $P 1 = 2.0 \text{ dm}$
 $V 1.1 = 20.76 \times 2.0 = 41.52 \text{ dm}^3$
- b).- V 2.1 $A 2 = 42.41 \text{ dm}^2$
 $P 1 = 2.0 \text{ dm}$
 $V 2.1 = 42.41 \times 2.0 = 84.82 \text{ dm}^3$
- c).- V 3.1 $A 3 = 64.02 \text{ dm}^2$
 $P 1 = 2.0 \text{ dm}$
 $V 3.1 = 64.02 \times 2.0 = 128.04 \text{ dm}^3$
- d).- V 4.1 $A 4 = 85.69 \text{ dm}^2$
 $P 1 = 2.0 \text{ dm}$
 $V 4.1 = 85.69 \times 2.0 = 171.38 \text{ dm}^3$
- e).- V 5.1 $A 5 = 107.36 \text{ dm}^2$
 $P 1 = 2.0$
 $V 5.1 = 107.36 \times 2.0 = 214.72 \text{ dm}^3$
- f).- V 6.1 $A 6 = 128.99 \text{ dm}^2$
 $P 1 = 2.0 \text{ dm}$
 $V 6.1 = 128.99 \times 2.0 = 257.98 \text{ dm}^3$

V. RESULTADOS Y DISCUSION

1. DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYLA REGADO EN CAJETES.

En el cuadro 1 puede observarse que hubo fuertes diferencias en cuanto a la densidad de raíces de los dos diámetros en las diferentes profundidades del suelo. Hubo estadísticamente igual densidad de raíces menores de dos milímetros en las capas 0 - 20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80 y 80 - 100 cm y menor densidad en la capa 100 - 120 cm.

En cuanto a las raíces mayores de dos milímetros se encontró mayor densidad de raíces en las capas 0 - 20 y 20 - 40 cm y siendo igual en las capas de suelo de 40 - 60, 60 - 80 y 80 - 100 cm pero menor en la capa de suelo de 100 - 120 cm.

En estudios previos realizados por Medina et al (1979), ya se había observado que el portainjerto *Macrophylla* era de enraizado profundo. Sin embargo los niveles de enraizamiento del *Macrophylla* en todas las capas del suelo fueron superiores en el presente trabajo que los estudios de Medina y colaboradores. Esta diferencia se debe al manejo del agua y a la fertilización, puesto que el suelo y la edad de los árboles en ambos experimentos fue la misma. Mientras que en este experimento se regó cada 8 días llenando completamente los cajetes, en el estudio de Medina y colaboradores se regó cada 20 ó 22 días. En estas condiciones la humedad aunque no se evaluó, fue mucho mayor en todas las capas del suelo en los árboles regados cada ocho días que en los regados cada 20 ó 22 días. Además el riego aplicado con mayor continuidad también propició que el fertilizante principalmente el Nitrógeno adicionado en la capa superficial se lixiviará más rápidamente a las capas profundas del suelo donde estimuló el desarrollo de raíces.

CUADRO. 1. DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADO CON LIMON MEXICANO Y REGADO EN CAJETE EN FORMA DE ESPINA DE PESCADO (z)

PROFUNDIDAD (cm)	DENSIDAD DE RAICES (y) (mg/dm ³)	
	MENORES DE 2 MM	MAYORES DE 2 MM
0 - 20	1 229 a	1 405 a
20 - 40	965 a	1 175 a
40 - 60	1 313 a	572 b
60 - 80	993 a	390 b
80 - 100	1 230 a	267 b c
100 - 120	138 b	38 c

(z).- Densidad de raíces en base a su peso promedio de 7 árboles.

(y).- Medias en la misma columna agrupadas por la misma letra no difieren estadísticamente al .05 de probabilidad.

Sin embargo, Cahoon (1961), en un estudio previo señala que los riegos aplicados con menor periodicidad favorece más el desarrollo de raíces que los aplicados más frecuentemente, aunque el suelo donde se desarrolló el experimento de Cahoon fue más arcilloso que el empleado en el presente trabajo (arenoso).

Finalmente también el cultivar de limón pudo haber favorecido el enraizamiento profundo del portainjerto *Macrophylla*, Medina (1979 b), en un experimento previo encontró que este portainjerto presentó mayor cantidad de raíces profundas injertadas con limón mexicano que con limón Bearss.

2. DISTRIBUCION HORIZONTAL DE RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYLLA REGADO EN CAJETES.

En el cuadro dos se observa que hubo fuertes diferencias en cuanto a la densidad de raíces de los dos diámetros en las diferentes distancias del tronco.

Se observó que hubo mayor densidad de raíces menores de 2 mm en la distancia de 30 - 80 cm que en las demás. A partir de esta distancia la densidad de raíces fue disminuyendo a medida que se aumentó la distancia al tronco.

En estudios previos realizados por Medina y colaboradores (1979 a, - 1979 b), se observaron tendencias similares aunque el método de riego en cajetes empleado en el presente estudio propició mayor desarrollo de raíces. Ya se ha observado que las prácticas culturales tales como el riego modifican el desarrollo de raíces de los árboles (Cahoon y Stolzey, 1966).

CUADRO. 2 DISTRIBUCION HORIZONTAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADO CON LIMON MEXICANO Y REGADO EN FORMA DE ESPINA DE PESCADO (z)

DISTANCIA (cm)	DENSIDAD DE RAICES (y) (mg/dm ³)	
	MENORES DE 2 MM	MAYORES DE 2 MM
30 - 80	2 319 a	3 335 a
80 - 130	1 175 b	452 b c
130 - 180	1 053 c	510 b c
180 - 230	661 d	1 572 b
230 - 280	254 e	46 d
280 - 330	51 e	8 d

(z).- Densidad de raíces en base a su peso fresco, promedio de 7 árboles.

(y).- Medias en la misma columna agrupadas por la letra no difieren estadísticamente al .05 de probabilidad.

Considerando que el cajete tuvo un radio de 1,8 m fue notable como la proporción de raíces menores y mayores de 2 mm de diámetro fue mucho mayor dentro del cajete (82 % de las menores de 2 mm y 72 % de las mayores de 2 mm de diámetro), que afuera del mismo (18 % y 28 % respectivamente). Esto indica que en esa zona hubo condiciones tales como la humedad y la aireación que favorecieron la multiplicación del sistema radical de los árboles confirmando la importancia que tienen aquellos factores de raíces según Ghosh, (1973) y González - Sicilia, (1968).

3. DISTRIBUCION DE RAICES EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO DE LOS ARBOLES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADO CON LIMON MEXICANO.

Fue observado que no hubo diferencia significativa entre las posiciones de muestreo (PM-1 y PM-2), en cuanto a la densidad de raíces menores de 2 mm y mayores de 2 mm de diámetro. (cuadro No. 3).

No obstante lo anterior las tendencias indican que hubo más raíces de los dos diámetros en el PM-2 que en el PM-1. Es decir donde el muestreo de raíces coincidió con la entrada del surco de riego al cajete (zona de mayor humedad), hubo una tendencia de los árboles del Macrophylla a desarrollar menos raíces que donde no hubo entrada de surcos de riego al cajete (zona de menor humedad).

La ausencia de diferencia significativa tal vez se debió a la variabilidad que mostraron los árboles.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por algunos autores Ghosh (1973), González (1968), Kolesnicov (1971) que afirman que la humedad estimula el desarrollo de raíces y que ésta debe estar dentro de ciertos límites.

CUADRO. 3 DENSIDAD DE RAICES EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO DE LOS ARBOLES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADOS CON LIMON MEXICANO (z)

POSICION DE MUESTREO EN EL CAJETE	DENSIDAD DE RAICES (mg/dm ³)	
	MENORES DE 2 MM	MAYORES DE 2 MM
P.M. - 1	949 a	538 a
P.M. - 2	1 045 a	664 a

(z).- Densidad de raíces en base a su peso fresco promedio de 7 árboles.

(y).- Medias en la misma columna agrupadas por la misma letra no difieren estadísticamente al .05 de probabilidad.

P.M - 1 Con entrada de surco de riego

P.M - 2 Sin entrada de surco de riego

Sin embargo en estos estudios, no se evaluaron los niveles de humedad.

DISTRIBUCION VERTICAL DE RAICES DEL MACROPHYLA EN RELACION A LA ENTRADA DEL SURCO DE RIEGO AL CAJETE (POSICION DE MUESTREO).

En el cuadro cuatro puede observarse que no hubo diferencia estadística en la densidad de raíces de los árboles en las diferentes profundidades del suelo en relación a la posición de muestreo (con entrada de surco de riego y sin entrada de surco de riego al cajete).

Esto es razonable y lógico porque al parecer todos los árboles fueron regados con la misma cantidad de agua y tuvieron tratamientos similares de fertilización. No obstante hubo una tendencia por parte de los árboles en la posición del muestreo uno (con entrada de surco de riego al cajete) a mostrar una menor cantidad de raíces en todas sus profundidades excepto en la capa de suelo de 20 a 40 cm (Fig. # 6).

Este hecho ocurre solamente en las raíces menores de 2 mm pero no en las mayores de 2 mm resultando difícil de explicar lo anterior probablemente se debe a que en los árboles muestreados en la posición 1 (con entrada de surco de riego al cajete) el fertilizante es arrastrado a otra posición dentro del mismo cajete al impulso del agua, con lo que propician que exista un menor estímulo radical que en los árboles de la posición del muestreo 2 (sin entrada de surco de riego al cajete), si consideramos que el fertilizante se aplicó espolvoreado tapado con una capa de suelo muy delgada.

CUADRO. 4 DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A INJERTADO CON LIMON MEXICANO EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO EN EL CAJETE ^(z)

POSICION DE MUESTREO EN EL CAJETE	PROFUNDIDAD (cm)	DENSIDAD DE RAICES (mg/dm ³)	
		MEÑORES DE 2 MM	MAYORES DE 2 MM
P.M - 1	0 - 20	890	1 397
	20 - 40	896	1 042
	40 - 60	1 265	512
	60 - 80	874	295
	80 - 100	1 070	94
	100 - 120	117	38
P.M - 2	0 - 20	1 480	1 421
	20 - 40	833	1 310
	40 - 60	1 365	630
	60 - 80	1 117	488
	80 - 100	1 402	340
	100 - 120	168	38
		N.S	N.S

(z) Densidad de raíces en base a su peso fresco

P.M 1 Con entrada de surco de riego

P.M 2 Sin entrada de surco de riego

POSICION DE MUESTREO 1 (P.M-1)
(MAS HUMEDAD)

POSICION DE MUESTREO 2 (P.M-2)
(MENOS HUMEDAD)

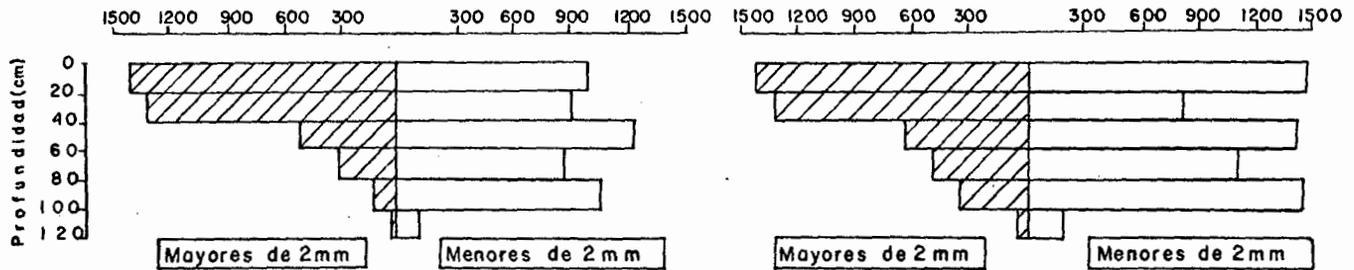


Fig. 6 Distribución vertical de las raíces del Macrophylla injertado con limón Mexicano en relación a la posición de muestreo. Paso fresco de raíces en mg/dm³ de suelo.

DISTRIBUCION HORIZONTAL DE RAICES EN RELACION A LA ENTRADA DE SURCO DE RIEGO AL CAJETE.

En el caso de los árboles con entrada del surco de riego al cajete (PM-1), se observó que hubo mayor densidad de raíces de los 2 diámetros en la distancia de 30 - 80 cm, disminuyendo la densidad radical conforme se alejan del tronco, aunque en las tres últimas distancias la densidad de raíces fue estadísticamente igual (cuadro # 5).

En el caso de los árboles sin entrada del surco de riego al cajete (PM-2) aunque se observó una tendencia parecida a la anterior fue notorio que hubo igual densidad de raíces en la distancia de 30 - 80 - cm del tronco y superior a las demás distancias, siendo menor la densidad en las distancias 130 - 180 cm y 180 - 230 cm y la menor densidad de raíces fue encontrada en las distancias de 230 - 280 y 280 - 330 cm.

Los esquemas de distribución horizontal de las raíces en las 2 posiciones de muestreo fueron muy similares (Fig. 7). No obstante, a excepción de las distancias de 30 - 80 y 280 - 330 cm. constantemente hubo una mayor densidad de raíces en todas las distancias, en el caso de los árboles que no tuvieron entrada de surco de riego al cajete (PM-2), que los que sí la tuvieron (PM-1), aunque tales diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Probablemente los niveles de humedad en las distancias 80 - 130, 130 - 180, 180 - 230 y 230 - 280 cm son mas favorables en los árboles que no tuvieron el tratamiento (PM-2) que los de tratamiento (PM-1). Sin embargo esta hipótesis no pudo ser comprobada debido a que no se estimaron los niveles de humedad.

CUADRO 5. DISTRIBUCION HORIZONTAL DE LAS RAICES DEL PORTAINCIERTO MACROFITO EN EL CAJETE (z)
 LIMON MEXICANO EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO EN EL CAJETE (z)

POSICION DE MUESTREO EN EL CAJETE	DISTANCIA (cm)	DENSIDAD DE RAICES (y)		(mg/dm ³)
		MENORES DE 2 MM	MAYORES DE 2 MM	
P.M - 1	30 - 80	2 429	a	3 044
	80 - 130	1 547	b c	359
	130 - 180	957	d	456
	180 - 230	457	e f	100
	230 - 280	157	f g	30
	280 - 330	54	f g	16
P.M - 2	30 - 80	2 218	a	3 635
	80 - 130	2 013	a b	550
	130 - 180	1 238	c d	562
	180 - 230	879	d e	147
	230 - 280	357	f g	62
	280 - 330	44	g	2
				N.S

(z) Densidad de raíces en base a su peso fresco, promedio de 7 árboles.

(y) Medias en la misma columna agrupados por la misma letra no difieren estadísticamente al .05 de probabilidad.

P.M-1 Con entrada de surco de riego

P.M-2 Sin entrada de surco de riego

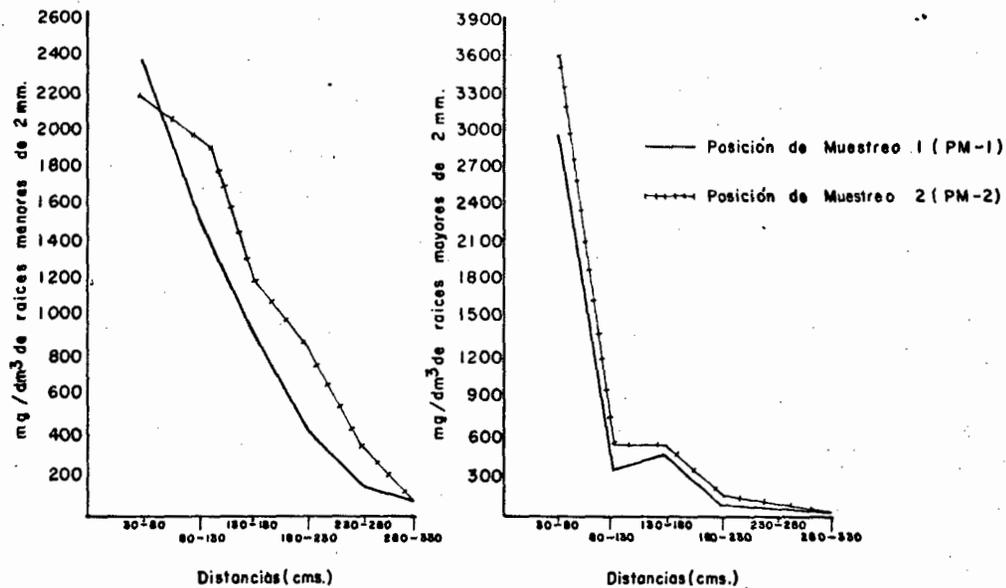


Fig: 7 Distribución Horizontal de las raíces del Macrophylla injertado con limón mexicano en relación a la posición de muestreo.(peso fresco de raíces)

VI CONCLUSIONES

- 1.- No hubo diferencia significativa estadística entre el volumen de raíces de los árboles en relación a la posición de muestreo (PM-1 y PM-2).
- 2.- Asimismo no se encontró diferencias significativas entre el volumen de raíces que se obtuvieron en las diferentes profundidades de los 2 sistemas muestreados.
- 3.- Se encontró diferencia significativa entre los volúmenes de raíces de las diferentes distancias del tronco en los árboles muestreados, habiendo sido mayor el volumen en los árboles de la posición de muestreo 2 (PM-2), a excepción de las distancias 30 - 80 y 280 - 330 que no mostraron diferencias.
- 4.- La cantidad de raíces disminuyó a medida que se aumentó la distancia del tronco.
- 5.- La densidad de raíces del portainjerto *Macrophyla* en las capas más profundas fueron favorecidas por el sistema de riego empleado y por el fertilizante lixiviado.

VII RESUMEN

Este estudio se realizó en las instalaciones del Fidelim, Tecomán, Col. a fines de 1978, utilizando árboles de Macrophylla (Citrus macrophylla Wester), injertados con limón mexicano (Citrus aurantifolia Swingle), de 3 años de edad.

El objetivo fue observar la distribución radical de los árboles bajo método de riego por cajetes (" espina de pescado "), también observar la densidad de raíces en dos posiciones de muestreo.

Para ello se extrajeron bloques de suelo en seis distancias y seis profundidades, mediante el método de bloques Rogers y Shett. Las excavaciones se hicieron donde los cajetes tuvieron la posición de muestreo (PM-1 y PM-2).

Se observó que no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos (PM-1 y PM-2), en cuanto a la densidad radical total. Sin embargo, la densidad de raíces a diferentes distancias del tronco fue mayor en (PM-2), que en (PM-1).

PM-1 Con entrada de surco de riego

PM-2 Sin entrada de surco de riego

VIII BIBLIOGRAFIA

1. Ayala, L.S. 1976 Estudio de la distribución radical de 3 portainjertos de manzano (MM-111, M-7, M-26) por dos métodos diferentes. Tesis de M.C. C.P, Chapingo, Méx.
2. Cahoon, G.A, M.R. Humberthy and M.J. Garber. 1961. Irrigation frequency effects on citrus root distribution density; Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 77 : 167 - 172.
3. Cahoon, G.A. and L.H. Stolzy. 1959. Estimating, root density distribution in citrus orchards by the neutron moderation method. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 74 : 322 - 327
4. Castle, W.S. and A.H. Krezdorn. 1977. Soil water use and apparent root - efficiencies of citrus trees on four rootstocks. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 (4) : 403 - 406.
5. CETENAL (1970), Colima. 13 Q-VI. Dirección de planeación. Talleres gráficos de la Nación - México.
6. Fideicomiso del Limón, Depto. Técnico Agrícola. 1978. Boletín informativo. Vol. 1 Número 1. México, D.F.
7. Fideicomiso del Limón. Depto. Técnico Agrícola. 1979. Resumen del Censo Limonero del Estado de Colima. Fidelim. Tecomán, Col.
8. Ford, H.W. 1954. Root distribution in relation to the water table. Proc. Fla. Sta. Hort. Soc. 64 : 30-33

9. Ford, H.W. 1957. Root distribution of citrus trees. Ann. Rpt. Fla. Agric. Exp. pp 207.
10. Ghosh, S.P. 1973. Root system of fruit plants, Indian Agric. 17 (2): pp 195 - 210.
11. Girton, R.E. 1927. The growth of citrus seedlings, as influenced by environmental factors. California Univ. Publ. Agric. Sci. (5).
12. González - Sicilia, E. 1968. El cultivo de los agrios. Instituto de Investigaciones agronomicas. Madrid. pp 433 - 435.
13. Hendrickson, A.H. and F.J. Veihmeyer. 1931. Influence of dry soil root extension. Plant Physiol. 6 : pp 567 -576.
14. Kolesnicov, V.A. 1971. The root system of fruit plants. Mir. Publishers. Moscow. pp 268
15. Leuty, J.D. 1951. Lemon root growth study. Calif. Citrograph. 36 : 131
16. Luis, A.A. 1973 Estudio de la extension radicular en manzano de diferentes edades con o sin riego (de temporal), en Canatlán, Dgo. Avances de investigación en manzano.
17. Marsh, A.W. 1973 Irrigation. The Citrus Industry. (ed). W. Reuther. University of California. Vol III 235 - 238 pp.
18. Medina U. V.M. 1978. Evaluación de diferentes portainjertos y de su interacción con el cultivar, en la distribución radical, producción y nutrición mineral del limón. Tesis M.C. C.P. Chapingo.

19. Medina U, V.M, Alcalde B.S, y Sadowski A. 1979. Análisis de la distribución radical de 8 patrones injertados con el limón Persa. (Citrus latifolia Tanaka). SARH, INIA, CIAPAC. México en - prensa.
20. Medina U, V.M., Alcalde B.S, y Sadowski. A. 1979. Efecto de 3 cultivares de limón en la distribución radical de 3 portainjertos, SARH, INIA. CIAPAC.
21. Mineesy, F.A., M.A. Barakat, and E.M, El - Azab. 1970 Effect water table on mineral content, root and shoot growth, yield and fruit quality in "Washington Navel " orange and "Balady" mandaring. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 (1) : 81 - 85.
22. Oseguera, V.J. 1972 Tecomán, Ediciones Monroy Padilla, S.A, México. - pag. 153.
23. Patt, J.D. Carmeli, and I Zafrir. 1966 Influence of soil physical condition on root development and productivity of citrus trees. Soil Science, 102 (1) : 104 - 107.
24. Ponder, H.G. and A.L. Kenworthy. 1976. Trickle irrigation of shade trees growing in the nursery II. Influence on root distribution. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 (2) : 104-107.
25. Rodney, D.R., R.L. Roth. and B.R. Garner. 1977 Citrus respons to irrigation methods. Proc. Fst. Int. Soc. Citriculture 1: 106 - 110
26. Servicio de conservación de suelos. Depto. de Agricultura de los Estados Unidos de América. 1972. Relación Suelo - Planta - agua.

pag. 48 Feb, 1974 Editorial Diana

- 27, Slowik, K. 1967. Amount of available water for the plants by Richards Technique in different soil as an index of their suitability for the orchard purpose. Tag. Ber. Dit. Acad. Landwirtsh, wiss Berlin. 931 33 - 37.

IX APENDICE

CUADRO 1 A. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS RAICES MENORES DE 2 MM (VALORES TRANSFORMADOS)

FACTORES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
REPETICION	6	0.994	0.165	2.578	N.S.
POSICION DE MUESTREO (PM)	1	0.546	0.546	8.531	N.S.
PROFUNDIDADES (P)	5	40.403	8.080	126.250	**
DISTANCIAS (D)	5	11.996	2.399	37.484	**
PM * P	5	0.761	0.152	2.375	**
PM * D	5	0.482	0.096	1.500	N.S.
D * P	25	6.834	0.273	4.265	*
PM * P * D	25	1.064	0.042	0.656	N.S.
ERROR EXPERIMENTAL	426	27.591	0.064		
TOTAL	503	90.671	0.180		

CUADRO 2 A. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS RAICES MAYORES DE 2 MM (VALORES TRANSFORMADOS)

FACTORES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA
REPETICION	6	1.231	0.205	2.252	N.S
POSICION DE MUESTREO (PM)	1	0.308	0.308	3.384	N.S
PROFUNDIDADES (P)	5	17.874	3.575	39.285	**
DISTANCIAS (D)	5	70.615	14.123	155.197	**
PM * P	5	0.308	0.062	0.681	N.S
PM * D	5	0.145	0.029	0.318	N.S
D * P	25	40.761	1.630	17.912	*
PM * P * D	25	0.998	0.040	0.439	N.S
ERROR EXPERIMENTAL	426	38.991	0.091		
TOTAL	503	171.231	0.340		

CUADRO 3 A. DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYLA
REGADO EN CAJETES. (VALORES TRANSFORMADOS)

PROFUNDIDAD (cm)	DENSIDAD DE RAICES mg/dm ³	
	MENORES DE 2 mm	MAYORES DE 2 mm
0 - 20	1.493 a	1.551 a
20 - 40	1.366 a	1.475 a
40 - 60	1.521 a	1.254 b
60 - 80	1.412 a	1.179 b
80 - 100	1.494 a	1.126 b c
100 - 120	1.069 b	1.019 c

CUADRO 4 A. DISTRIBUCION HORIZONTAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYLTA
REGADO EN CAJETES. (VALORES TRANSFORMADOS.)

DISTANCIA (cm)	DENSIDAD DE RAICES mg/dm ³			
	MENORES DE 2 mm		MAYORES DE 2 mm	
30 - 80	1.822	a	2.082	a
80 - 130	1.666	b	1.205	b c
130 - 180	1.433	c	1.229	b c
180 - 230	1.289	d	1.604	b
230 - 280	1.120	e	1.203	d
280 - 330	1.025	e	1.004	d

CUADRO .5 A. DENSIDAD DE RAICES DE DOS DIAMETROS DEL PORTAINJERTO MACROPHYLA EN DOS POSICIONES DE MUESTREO. (VALORES TRANSFORMADOS)(z)

POSICION DE MUESTREO	DENSIDAD DE RAICES mg/dm ³	
	MENORES DE 2 mm	MAYORES DE 2 mm
PM - 1	1.360 a	1.223 a
PM - 2	1.426 a	1.293 a

(z).- Densidad de raices en mg/dm³

PM - 1 Con entrada de surco de riego al cajete

PM - 2 Sin entrada de surco de riego al cajete.

CUADRO 6 A. DISTRIBUCION VERTICAL DE LAS RAICES DFL PORTAINJERTO MACROPHYLA EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO EN EL CAJETE. (VALORES TRANSFORMADOS.)

POSICION DE MUESTREO	DISTANCIA (cm)	DENSIDAD DE RAICES DE mg/dm^3	
		MENORES DE 2 mm	MAYORES DE 2 mm
PM - 1	0 - 20	1.411	1.545
	20 - 40	1.377	1.429
	40 - 60	1.505	1.230
	60 - 80	1.369	1.138
	80 - 100	1.439	1.094
	100 - 120	1.057	1.019
PM - 2	0 - 20	1.575	1.556
	20 - 40	1.354	1.520
	40 - 60	1.538	1.277
	60 - 80	1.455	1.220
	80 - 100	1.550	1.158
	100 - 120	1.081	1.019
		N.S	N.S

PM - 1 CON ENTRADA DE SURCO DE RIEGO AL CAJETE

PM - 2 SIN ENTRADA DE SURCO DE RIEGO AL CAJETE

CUADRO 7 A. DISTRIBUCION HORIZONTAL DE LAS RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYL A EN RELACION A LA POSICION DE MUESTREO EN EL CAJETE. (VALORES TRANSFORMADOS).

POSICION DE MUESTREO	DISTANCIA (cm)	DENSIDAD DE RAICES DE mg/dm ³	
		MENORES DE 2 mm	MAYORES DE 2 mm
PM - 1	30 - 80	1.852 a	2.011
	80 - 130	1.596 b c	1.166
	130 - 180	1.399 d	1.207
	180 - 230	1.049 e f	0.459
	230 - 280	1.076 f g	1.015
	280 - 330	1.027 f g	1.008
PM - 2	30 - 80	1.793 a	2.153
	80 - 130	1.736 a b	1.245
	130 - 180	1.466 c d	1.250
	180 - 230	1.371 d e	1.071
	230 - 280	1.165 f g	1.031
	280 - 330	1.022 g	1.001
			N.S

PM - 1 CON ENTRADA DE SURCO DE RIEGO AL CAJETE

PM - 2 SIN ENTRADA DE SURCO DE RIEGO AL CAJETE

CUADRO 8 A. DISTRIBUCION HORIZONTAL Y VERTICAL DE RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYLIA
BAJO METODO DE RIEGO POR CAJETES. (z)

DISTANCIA (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	DENSIDAD DE RAICES (y) (mg/dm ³)			
		VALORES TRANSFORMADOS MENORES DE 2 MM	VALORES TRANSFORMADOS MAYORES DE 2 MM	VALORES TRANSFORMADOS MENORES DE 2 MM	VALORES TRANSFORMADOS MAYORES DE 2 MM
30 - 80	0 - 20	1.910 abc	3.044 a	2648	8255
	20 - 40	1.821 abcd	3.227 a	2316	9413
	40 - 60	2.114 a	2.001 a	3468	3004
	60 - 80	1.946 abc	1.647 de	2786	1712
	80 - 100	1.946 abc	1.497 cd	2786	1241
	100 - 120	1.194 ij	1.074 e	0425	0155
80 - 130	0 - 20	1.769 bcde	1.314 cde	2129	0726
	20 - 40	1.654 bcdefg	1.277 cde	1735	0630
	40 - 60	1.975 ab	1.251 de	2900	0565
	60 - 80	1.725 bcdef	1.269 de	1975	0610
	80 - 100	1.815 abcd	1.102 de	2294	0214
	100 - 120	1.060 j	1.018 e	0123	0036
130 - 180	0 - 20	1.612 cdefg	1.710 bc	1598	1924
	20 - 40	1.381 ghij	1.247 de	0907	0555
	40 - 60	1.520 defgh	1.184 de	1310	0413
	60 - 80	1.471 efghi	1.117 de	1163	0247
	80 - 100	1.536 defgh	1.091 de	1359	0190
	100 - 120	1.075 j	1.017 e	0155	0034
180 - 230	0 - 20	1.596 fj hij	1.171 de	0948	0371
	20 - 40	1.206 hij	1.069 de	0454	0142
	40 - 60	1.344 ghij	1.045 e	0806	0092
	60 - 80	1.257 hij	1.038 e	0580	0077
	80 - 100	1.483 defghi	1.036 e	1199	0073
	100 - 120	1.050 j	1.004 e	0102	0008
230 - 280	0 - 20	1.221 hij	1.054 e	0490	0110
	20 - 40	1.085 j	1.024 e	0177	0048
	40 - 60	1.145 ij	1.027 e	0054	0054
	60 - 80	1.064 j	1.004 e	0132	0008
	80 - 100	1.175 ij	1.029 e	0380	0058
	100 - 120	1.033 j	1.000 e	0067	0000
280 - 330	0 - 20	1.048 j	1.010 e	0098	0020
	20 - 40	1.047 j	1.005 e	0096	0010
	40 - 60	1.030 j	1.009 e	0060	0018
	60 - 80	1.010 j	1.001 e	0020	0002
	80 - 100	1.011 j	1.000 e	0022	0000
	100 - 120	1.002 j	1.000 e	0004	0000

(z).- Densidad de raíces en base a su peso fresco. Promedio de 7 árboles

(y).- Medias en la misma columna agrupadas por la misma letra no difiere estadísticamente.

CUADRO 9 A. DISTRIBUCION HORIZONTAL Y VERTICAL DE RAICES DEL PORTAINJERTO MACROPHYLLA EN RELACION A LA ENTRADA Y NO ENTRADA DEL SURCO DE RIEGO AL CAJETE. (2)

DISTANCIA (cm)	PROFUNDIDAD (cm)	VALORES TRANSFORMADOS		VALORES RETRANSFORMADOS		
		MEHORES DE 2 MM	MAYORES DE 2 MM	MEHORES DE 2 MM	MAYORES DE 2 MM	
P.N - 1	0 - 20	30 - 80	1.735	3.110	2079	8872
	20 - 40	80 - 130	1.900	2.987	2510	7922
	40 - 60	130 - 180	2.189	1.941	3792	2767
	60 - 80	180 - 230	2.023	1.578	3092	1490
	80 - 100	230 - 280	2.030	1.399	3190	0957
	100 - 120	280 - 330	1.233	1.067	0520	0138
P.N - 1	0 - 20	30 - 80	1.650	1.281	1722	0640
	20 - 40	80 - 130	1.714	1.274	1937	0623
	40 - 60	130 - 180	1.946	1.206	2785	0454
	60 - 80	180 - 230	1.544	1.114	1383	0240
	80 - 100	230 - 280	1.671	1.010	1792	0020
	100 - 120	280 - 330	1.053	1.193	0108	0423
P.N - 1	0 - 20	30 - 80	1.556	1.661	0118	1758
	20 - 40	80 - 130	1.384	1.236	0915	0527
	40 - 60	130 - 180	1.516	1.165	1298	0357
	60 - 80	180 - 230	1.440	1.115	1073	0243
	80 - 100	230 - 280	1.470	1.040	1160	0081
	100 - 120	280 - 330	1.027	1.053	0054	0118
P.N - 1	0 - 20	30 - 80	1.301	1.151	0692	0324
	20 - 40	80 - 130	1.176	1.077	0382	0159
	40 - 60	130 - 180	1.268	1.028	0507	0056
	60 - 80	180 - 230	1.153	1.019	0329	0038
	80 - 100	230 - 280	1.334	1.021	0779	0042
	100 - 120	280 - 330	1.013	1.000	0026	0000
P.N - 1	0 - 20	30 - 80	1.162	1.047	0350	0096
	20 - 40	80 - 130	1.043	1.013	0087	0026
	40 - 60	130 - 180	1.077	1.025	0159	0050
	60 - 80	180 - 230	1.037	1.000	0065	0000
	80 - 100	230 - 280	1.122	1.005	0258	0010
	100 - 120	280 - 330	1.016	1.000	0032	0000
P.N - 1	0 - 20	30 - 80	1.060	1.018	0123	0036
	20 - 40	80 - 130	1.047	1.008	0096	0016
	40 - 60	130 - 180	1.034	1.016	0069	0032
	60 - 80	180 - 230	1.017	1.002	0034	0004
	80 - 100	230 - 280	1.006	1.000	0012	0000
	100 - 120	280 - 330	1.000	1.000	0000	0000
P.N - 2	0 - 20	30 - 80	2.086	2.978	3331	7868
	20 - 40	80 - 130	1.743	3.488	2048	1166
	40 - 60	130 - 180	2.040	2.063	3161	3255
	60 - 80	180 - 230	1.869	1.717	2493	1948
	80 - 100	230 - 280	1.863	1.595	2470	1545
	100 - 120	280 - 330	1.155	1.081	0334	0168
P.N - 2	0 - 20	30 - 80	1.889	1.347	2568	0641
	20 - 40	80 - 130	1.594	1.230	1540	0630
	40 - 60	130 - 180	2.004	1.297	3016	0782
	60 - 80	180 - 230	1.905	1.424	2829	1027
	80 - 100	230 - 280	1.958	1.153	2833	0329
	100 - 120	280 - 330	1.067	1.017	0138	0034
P.N - 2	0 - 20	30 - 80	1.668	1.759	1732	2094
	20 - 40	80 - 130	1.377	1.258	0896	0582
	40 - 60	130 - 180	1.525	1.212	1325	0466
	60 - 80	180 - 230	1.501	1.118	1253	0249
	80 - 100	230 - 280	1.602	1.144	1566	0308
	100 - 120	280 - 330	1.123	1.010	0261	0020
P.N - 2	0 - 20	30 - 80	1.491	1.191	1223	1418
	20 - 40	80 - 130	1.236	1.060	1527	0123
	40 - 60	130 - 180	1.421	1.062	1019	0127
	60 - 80	180 - 230	1.361	1.057	0862	0117
	80 - 100	230 - 280	1.633	1.051	1666	0104
	100 - 120	280 - 330	1.086	1.007	0179	0014
P.N - 2	0 - 20	30 - 80	1.281	1.060	0640	0123
	20 - 40	80 - 130	1.127	1.034	0270	0069
	40 - 60	130 - 180	1.212	1.028	0468	0056
	60 - 80	180 - 230	1.090	1.007	0188	0014
	80 - 100	230 - 280	1.227	1.054	0505	0110
	100 - 120	280 - 330	1.051	1.001	0104	0002
P.N - 2	0 - 20	30 - 80	1.035	1.002	0071	0006
	20 - 40	80 - 130	1.048	1.001	0098	0002
	40 - 60	130 - 180	1.025	1.001	0050	0002
	60 - 80	180 - 230	1.004	1.001	0008	0002
	80 - 100	230 - 280	1.017	1.000	0034	0000
	100 - 120	280 - 330	1.003	1.000	0006	0000
			N.S	N.S	N.S	N.S

(2). - DENSIDAD DE RAICES EN BASE A SU PESO EN FRESCO