



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD RADICULAR DEL LIMA TAHITI**  
*Citrus aurantifolia* (Christm,) Swing. **MEDIANTE LA VARIACIÓN DE**  
**ALMACENAMIENTO DEL AGUA DEL SUELO, UTILIZANDO**  
**TÉCNICAS NUCLEARES.**

**AUTOR:**

**RODOLFO ENRIQUE VANEGAS MARTÍNEZ**

**ASESOR:**

**Ing. Agr. MSc. TELÉMACO TALAVERA SILES**

**MANAGUA, NICARAGUA, NOVIEMBRE 1995**

## **AGRADECIMIENTO**

- En especial al Ing. Agr. MSc. Francisco Telémaco Talavera Siles, por la revisión y aportes de sus conocimientos científicos en la realización de la presente investigación.
- A Lisseth Tijerino Espinoza, por su disposición y apoyo a través de la computadora.
- Al Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), por el apoyo material y técnico brindado a través del proyecto NIC/5/005.
- Al Ing. Agr. Victor Hugo Cáceres Díaz, por su colaboración técnica, práctica.
- Al Ing. Agr. Rodolfo Munguía, por su colaboración brindada en diferentes etapas del trabajo.
- Al Ing. Agr. Moisés Blanco Navarro, por su colaboración brindada en la revisión del presente documento.
- Al Sr. Alfredo Canelo, que en todo momento estuvo al cuidado del ensayo.
- A todos aquellos profesores y compañeros de estudio que de una u otra forma hicieron posible la realización de este estudio.

## **DEDICATORIA**

A mis queridos y respetados padres, que con su ejemplo y esfuerzo hicieron posible mi formación humana y profesional.

**Sr. Juan Bautista Vanegas Guadamuz**  
**Sra. Lilliam Argentina Martínez Zeledon**

A mis hermanos: **William, Cairo, y con especialidad a mi hermano menor Medardo Vanegas Martínez**, por el apoyo moral recibido de todos ellos.

A la Familia **Martínez Zeledon**, representada por la gran Madre **Sra. Ramona Zeledon de López**.

A mis Tíos **Ronaldo Martínez Zeledon y Jenny Mejía de Martínez**, por las estimulaciones y su ayuda incondicional para toda mi familia.

Rodolfo Enrique Vanegas Martínez

## ÍNDICE GENERAL

<b>Sección</b>	<b>Página</b>
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MATERIALES Y MÉTODOS	2
2.1 Descripción del lugar.	2
2.2 Establecimiento del experimento.	5
2.2.1 Metodología empleada para determinar la absorción de la planta mediante la variación del almacenamiento de agua.	5
2.2.2 Calibración de la sonda de neutrones.	5
2.3 Fitotecnia aplicada.	7
2.3.1 Establecimiento del huerto.	7
2.3.2 Manejo de fomento y producción.	7
III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
3.1 Variación de absorción de agua por estrato.	10
3.2 Variación de almacenamiento de agua en el volumen de suelo evaluado.	18
IV.- CONCLUSIONES	22
V.- RECOMENDACIONES	23
VI.- REFERENCIAS	24
VII.- ANEXOS	26

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tablas</b>	<b>Página</b>
1. Datos climáticos de la estación Experimental de Campos Azules, (CECA 1993)	2
2. Características físicas del suelo en cada una de las profundidades en estudio, 1993.	3
3. Características químicas del suelo en cada una de las profundidades en estudio, 1993.	4
4. Descripción de los tratamientos y fechas en que fueron tomadas las lecturas de humedad del suelo (épocas secas).	5
5. Descripción de fórmulas, dosis y distancias de aplicación de los fertilizantes en lima tahiti, desde el trasplante hasta los 6 años de edad.	8
6. Volumen de producción de fruta en número y peso de unidades por corte en ha / año.	9

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
1. Cantidad de agua absorbida de 0 - 10 cm de profundidad, a diferentes distancias.	11
2. Cantidad de agua absorbida de 10 - 20 cm de profundidad, a diferentes distancias.	12
3. Cantidad de agua absorbida de 20 - 30 cm de profundidad, a diferentes distancias.	12
4. Cantidad de agua absorbida de 30 - 40 cm de profundidad, a diferentes distancias.	14
5. Cantidad de agua absorbida de 40 - 50 cm de profundidad, a diferentes distancias.	14
6. Cantidad de agua absorbida de 50 - 60 cm de profundidad, a diferentes distancias.	15
7. Cantidad de agua absorbida de 60 - 70 cm de profundidad, a diferentes distancias.	16
8. Cantidad de agua absorbida de 70 - 80 cm de profundidad, a diferentes distancias.	17
9. Cantidad de agua absorbida de 80 - 90 cm de profundidad, a diferentes distancias.	17
10. Contenido de humedad en milímetros (mm) en el perfil de suelo desde 0 - 90 cm de profundidad y 50 cm de distancia del tronco.	18
11. Contenido de humedad en milímetros (mm) en el perfil de suelo desde 0 - 90 cm de profundidad y 100 cm de distancia del tronco.	19

12. Contenido de humedad en milímetros (mm) en el perfil de suelo desde 0 - 90 cm de profundidad y 150 cm de distancia del tronco. 20
13. Contenido de humedad en milímetros (mm) en el perfil de suelo desde 0 - 90 cm de profundidad y 200 cm de distancia del tronco. 21

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1.	Tabla 7. Diferencia en milímetros de agua absorbida en cada profundidad y distancia en estudio de la humedad inicial (H1), a la humedad final (H6).	26
2.	Tabla 8. Contenido de humedad en milímetros en cada uno de los espacios en estudio, distancia y profundidad (época seca).	27
3.	Tabla 9. Contaje relativo en tiempo por minuto en cada uno de los espacios en estudio, distancia y profundidad (época seca).	28

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar la actividad radicular y el patrón de distribución de las raíces activas del lima tahiti *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swing., mediante la variación de almacenamiento de agua del suelo utilizando técnicas nucleares, se condujo un experimento en la finca San Bernardo, municipio de Masatepe, Departamento de Masaya. Se escogieron plantas de la misma edad, pureza varietal, características vegetativas uniformes y se establecieron en cada unidad experimental 4 tratamientos (50, 100, 150, 200 cm de distancia del tronco), por 2 repeticiones para un total de 16 observaciones y se cubrió con plástico de polietileno negro en un área de 19.63 m<sup>2</sup> que corresponde a un círculo de radio igual a 250 cm del tronco a cada árbol. En la época seca se tomaron lecturas, y la información obtenida y analizada permite concluir que en árboles de limón tahiti de 6 años de edad, y en las condiciones edafoclimáticas y de manejo del cultivo en que se llevó el experimento, presenta su actividad radicular directamente proporcional a las distancias horizontales del tronco del árbol, mediante el consumo total de agua en el volumen de suelo (0 - 90 cm de profundidad), y a la vez directamente proporcional cada 30 cm de profundidad para un perfil de suelo de (0 - 90 cm de profundidad), lo que indica presencia de un sistema radicular extenso y profundo.

## **I- INTRODUCCIÓN**

Los cítricos son productos elementales en la economía de muchos países, realizándose su explotación como cultivo comercial prácticamente en los cinco continentes, donde las condiciones de clima les permite prosperar lo que representa un mercado amplio y evolucionado, debido a la gran demanda y poca área en producción, lo que origina un desbalance con la producción de frutas (Sakovich 1994).

Aún los Estados Unidos, considerado como uno de los países con mayor desarrollo tecnológico y con mayores volúmenes de producción y productividad a nivel mundial, en lo que respecta a la fruticultura específicamente en el género *Citrus*, ya que estos no son superados por ningún otro frutal tanto en áreas plantadas como volúmenes comercializados se ven en la necesidad de importar en los meses de menor producción para suplir la escasa oferta que tiene.

A nivel nacional, estos cultivos abastecen en un cien por ciento el consumo nacional y además se obtiene ingreso en divisas con sus exportaciones como cultivo no tradicional, por ejemplo: lima tahiti (*Citrus aurantifolia*), concentran su mayor área de explotación comercial en la zona del pacífico. Esta zona comprende los departamentos de Chinandega, León, Managua, Masaya, Granada, Carazo y Rivas, sobresaliendo en mayor escala tanto en producción como en productividad la meseta de los pueblos, ubicada en los departamento de Carazo y Masaya, los que en conjunto con el municipio de Nagarote, departamento de León (Empresa el Edén), destinan su producción al mercado internacional (Télez 1995).

Por lo antes mencionado, es fundamental estudiar en forma eficiente los factores que afectan directamente su rendimiento. Entre estos factores se encuentran, la eficiencia de absorción del agua, seleccionándose para esta actividad investigativa el método isotópico a través de sondas de neutrones, siendo éste el método indirecto más apropiado para determinar el patrón de distribución de la actividad radicular (Calvache 1990b), bajo diferentes condiciones del suelo, ambiente y de manejo agronómico con el fin de alcanzar los siguientes objetivos:

- 1. Determinar el patrón de distribución de la actividad radicular horizontalmente.**
- 2. Determinar el patrón de distribución de la actividad radicular a diferentes profundidades para cada extensión en estudio.**

## II.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Descripción del lugar.

El presente estudio se estableció en la Finca San Bernardo, Municipio de Masatepe, Departamento de Masaya, Nicaragua, ubicado entre las coordenadas geográficas 11° 54' Latitud Norte y 86° 09' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

El área presenta una topografía ligeramente ondulada a ondulada con pendientes de 5 % a 15 %.

La clasificación Bioclimática por Holdridge (1967) citado por Marín (1990), plantean que la zona presenta formaciones vegetales de bosques húmedo tropical.

Las condiciones climatológicas presentadas durante el período de tiempo que duró dicha investigación, están reflejados por promedios semanales y mensuales de acuerdo a la secuencia de las lecturas o determinación de la humedad del suelo.

**Tabla 1. Datos climáticos de la estación Experimental de Campos Azules, (CECA 1993).**

meses	temperatura	precipitación	humedad relativa	horas/sol	evaporacion	viento km/h
<u>Enero</u> 01-31	23.1 °C	17.9 mm	82 %	8.3	5.1 mm	3.0
<u>Febrero</u> 01-25	23.7 °C	0.0 mm	75%	9.5	7.0 mm	3.6
<u>Marzo</u> 26-04	23.7 °C	1.4 mm	77 %	9.2	6.1 mm	2.9
05-11	24.4 °C	0.5 mm	75 %	9.1	6.8 mm	4.5
12-18	24.2 °C	0.0 mm	75 %	8.0	7.2 mm	4.0
19-25	24.8 °C	0.0 mm	69 %	10.3	6.7 mm	3.0
<u>Abril</u> 26-01	25.7 °C	0.0 mm	69 %	9.4	6.2 mm	1.5
02-08	25.3 °C	0.0 mm	69 %	9.6	5.8 mm	2.8
09-15	25.5 °C	2.9 mm	73 %	6.0	5.1 mm	1.1
16-22	26.1 °C	0.0 mm	75 %	6.5	5.3 mm	1.7
23-30	25.9 °C	0.0 mm	73 %	7.8	6.5 mm	4.0
<u>Mayo</u> 01-31	24.4 °C	429.0 mm	85 %	4.5		0.8

Fuente: Servicio Hidrometeorológico Nacional, Instituto Nacional de Estudios Territoriales, (INETER 1993).

Los suelos del área son derivados de cenizas y materiales piroclásticos básicos, que corresponden taxonómicamente al orden de los Inceptisoles, sub-orden de los Andepts y al sub-grupo de los Typic Durandepts, Serie Masatepe, presentando un drenaje profundo (Marín 1990).

**Tabla 2. Características físicas del suelo en cada una de las profundidades en estudio, 1993.**

profundidad	características físicas			
	textura	c.c % <sup>1)</sup>	p.m.p % <sup>2)</sup>	d.a g/cm <sup>3</sup> <sup>3)</sup>
00 - 10 cm	Franco Arcillo Arenoso	45.10	30.40	0.82
10 - 20 cm	Franco Arcillo Arenoso	42.70	29.70	0.82
20 - 30 cm	Franco Arcillo Arenoso	44.90	31.50	0.82
30 - 40 cm	Franco Arcillo Arenoso	51.50	32.90	0.88
40 - 50 cm	Franco Arcilloso	56.10	34.90	0.88
50 - 60 cm	Franco Arenoso	55.60	37.70	0.88
60 - 70 cm	Franco Arenoso	59.10	37.20	0.88
70 - 80 cm	Franco Arenoso	58.90	37.10	0.88
80 - 90 cm	Franco Arenoso	60.50	37.10	0.88

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua, Universidad Nacional Agraria, (UNA 1993).

<sup>1)</sup> cc: capacidad de campo

<sup>2)</sup> pmp: punto de marchitez permanente

<sup>3)</sup> da: densidad aparente g/cm<sup>3</sup>

**Tabla 3. Características químicas del suelo en cada una de las profundidades en estudio, 1993.**

profundidad	características químicas						
		M.O <sup>1)</sup>	N <sup>2)</sup>	P <sup>3)</sup>	K <sup>4)</sup>	Ca <sup>5)</sup>	Mg <sup>6)</sup>
	pH	%	%	mg/kg	meq/100 ml	meq/100 ml	meq/100 ml
00-10 cm	6.1	7.70	0.40	5.20	2.15	22.50	6.73
10-20 cm	6.2	6.60	0.30	4.60	2.36	21.90	6.80
20-30 cm	6.1	5.60	0.30	2.20	2.55	21.40	6.14
30-40 cm	6.1	4.00	0.20	1.30	1.98	22.90	6.87
40-50 cm	5.9	2.30	0.10	0.66	1.91	24.10	7.52
50-60 cm	5.8	3.00	0.10	1.50	1.86	23.40	7.65
60-70 cm	5.9	1.20	0.08	1.60	2.04	24.00	7.72
70-80 cm	6.0	1.20	0.08	4.30	1.94	24.60	8.14
80-90 cm	6.1	1.20	0.08	9.00	2.65	26.10	8.07

Fuente: Laboratorio de Suelo y Agua, Universidad Nacional Agraria, (UNA 1993).

#### Niveles de riquezas

- <sup>1)</sup> Materia Orgánica: > 6 alto, 2-6 medio, < 2 bajo
- <sup>2)</sup> Nitrógeno: > 0.2 alto, 0.1-0.2 medio, < 0.1 bajo
- <sup>3)</sup> Fósforo: 14-18 alto, 6-14 medio, < 6 bajo
- <sup>4)</sup> Potasio: > 1.5 alto, 0.3-1.5 medio, < 0.3 bajo
- <sup>5)</sup> Calcio: > 15 alto, 10-15 medio, < 10 bajo
- <sup>6)</sup> Magnesio: 7.5-10 alto, 5-7.5 medio, < 5 bajo

De acuerdo a las condiciones climatológicas y edáficas reflejadas en las tablas 1, 2 y 3, se demuestra que las condiciones son bastante favorables para la producción citrícola, siendo las zonas óptimas aquellas en que su temperatura ambiental oscile entre los 23 y 34 °C, cantidad de agua entre 9 000 y 12 000 m<sup>3</sup>/ha/ciclo anual equivalente a 900 y 1 200 mm/año (Morín 1983), una humedad atmosférica no mayor de 85 % y vientos de baja intensidad (Franciosi 1977).

Además, para desarrollar una buena producción y de larga vida requiere suelos con buen drenaje, y una buena profundidad, ricos en materia orgánica (Jacob & Uexkül 1973), y con un pH entre 5.5 a 6.5 (INRA-CEE 1994).

## 2.2 Establecimiento del Experimento.

Para determinar la variación de almacenamiento del agua en la horizontal, se establecieron cuatro tratamientos (50, 100, 150 y 200 cm), con cuatro repeticiones, dos por cada árbol.

Para el análisis de la variación vertical de almacenamiento del agua, se realizaron mediciones en nueve profundidades en cada una de las distancias, teniendo de igual manera 4 repeticiones. El suelo alrededor de cada árbol se cubrió con plástico de polietileno negro en un área de 19.63 m<sup>2</sup> que corresponde a un círculo alrededor del tronco con radio de 250 cm.

### 2.2.1 Metodología empleada para determinar la absorción de la planta mediante la variación del almacenamiento de agua.

Para determinar la absorción de agua por la planta se hizo uso del balance Hídrico, tomando en consideración únicamente. Transpiración y almacenamiento de agua en el suelo, teniendo estos componentes una relación directa con la absorción. Por lo tanto, mediante la variación de almacenamiento de agua por diferencia de su contenido inicial de humedad y contenido final, se obtiene el consumo real de agua por la planta. Debido que no hubo ganancia de agua por precipitación y/o riego. Por tal razón, no existe escorrentía, ni drenaje gravimétrico y capilar, ya que los datos obtenidos en la tabla 8 anexo 2. Reflejan contenido de humedad menores del 20 % de la capacidad de campo, en cada uno de los espacios en estudio (distancia y profundidad), y la evaporación fue controlada con plástico de polietileno negro. Lo que vino a suprimir la pérdida de agua, preservando la humedad del suelo.

Los tratamientos evaluados en función a la fecha en que fueron tomadas las lecturas, se reflejan en la tabla siguiente:

**Tabla 4. Descripción de los tratamientos y fechas en que fueron tomadas las lecturas de humedad del suelo (épocas secas).**

tratamientos		
distancias	profundidades	fechas de medición
a) 50 cm	1. 10 cm	05-03-93
b) 100 cm	2. 20 cm	12-03-93
c) 150 cm	3. 30 cm	19-03-93
d) 200 cm	4. 40 cm	26-03-93
	5. 50 cm	02-04-93
	6. 60 cm	09-04-93
	7. 70 cm	
	8. 80 cm	
	9. 90 cm	

Para medir la humedad del suelo se utilizó como herramienta la sonda de neutrones (C.P.N 503). Este aparato se conoce como probador de hidrógeno, y contiene una fuente radioactiva de 458 años vida media (Americio 241/ berilio), lo cual emite neutrones con un número de masa de  $1.675 \times 10^{-24}$  y con una clasificación de energía desde frío, térmico, epitérmico, rápido a relativísticos (Calvache 1990a).

La sonda fue colocada en los tubo de acceso de aluminio 150 cm de largo y 5 cm de diámetro, puesto en el suelo verticalmente deslizándose en su interior una pequeña fuente (Americio 241/ berilio), a la profundidad que se desea medir la humedad y al realizar la toma de lectura, ésta emite una radiación continua y directa de neutrones de alta energía, atravesando las paredes del tubo de acceso, penetrando en el suelo en diferentes direcciones, chocando con núcleos de átomos que tienen casi la misma masa del neutrón, permitiendo disminuir la velocidad de los neutrones por colisión. Los neutrones "amortiguados" a su regreso a la sonda emisiva, son identificados por el detector a través de las paredes del tubo y al penetrar envían pulsación eléctrica por el cable al contador de pulsaciones o escalímetro, donde registra el número de neutrones amortiguados, (Aguilera & Martínez 1990). Dividiéndose este dato entre un valor standard de contaje, con el fin de obtener el contaje relativo o (R), para determinar humedad en milímetros o en porcentaje volumétrico, usando la ecuación resultante a través de la calibración de la sonda (CPN - UD 1980).

Perrier & Sakini (1991), plantean que entre mas átomos de hidrógeno presenta el suelo, mayor número de neutrones disminuyen su velocidad e incrementan los valores reflejados en el detector de escala del probador de hidrógeno.

Estas mediciones en base a este método son empíricas sino se realiza la curva de calibración para cada tipo de suelo (Van Bavell et al., 1961) citado por Sampat (1991).

### **2.2.2 Calibración de la sonda de neutrones.**

Se seleccionaron tres sitios, a un sitio se le realizaron lecturas en seco y los dos sitios restantes se saturaron con agua y se hicieron lecturas con intervalos variados de tiempo, de forma que el suelo presentara para cada fecha de lectura contenidos de humedad diferentes. En cada fecha en que se realizó las lecturas, se tomaron a dos profundidades muestras de suelo para determinar el contenido de humedad por el método gravimétrico (Talavera 1995), en base a ello se determinó la ecuación de regresión para este suelo. La ecuación resultante fue la siguiente:  $Y = -2.304 + 18.226 X$ , y el coeficiente  $R = 0.73$  el cual es altamente significativo.

## **2.3 Fitotecnia aplicada.**

### **2.3.1 Establecimiento del huerto.**

El material de siembra se seleccionó del Centro Experimental Campos Azules utilizando como patrón grape-fruit.

La preparación del suelo se realizó en mayo de 1987, iniciando con una limpieza manual o roza con machete para el control de las malas hierbas, que fue recogida e incorporada en la calle. A continuación se realizó el trazado y estaquillado, utilizando sistema de siembra en rectángulo, 7 m entre hileras y 5 m entre plantas.

El hoyado, siembra y fertilización se realizó en junio de 1987, los hoyos se hicieron con un diámetro de 60 cm y 60 cm de profundidad, se aplicó en el fondo del hoyo 10 gramos de carbofurán (Furadán) al 10 % y 10 gramos de fertilizante de la fórmula 12-30-10, cubriendo esta aplicación con una capa de 5 cm de suelo de vegetal. Después se colocó la planta y se rellenó con suelo vegetal, hasta que la base del tallo del árbol quedara encima del nivel del suelo.

### **2.3.2 Manejo de fomento y producción.**

Se realizó la eliminación de árboles (raleo) en mayo de 1988, para obtener una distancia de siembra de 10 m entre hileras y 7 m entre planta para una densidad poblacional de 142 plantas por hectárea.

En cuanto al control de la vegetación espontánea, ha sido mecánico y cultural durante sus 6 años de edad en la plantación definitiva, siendo las malezas más comunes *Sorghum halapense* L. (zacate invasor), *Cyperus rotundus* L. (coyolillo), *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (zacate manga larga) *Cenchrus echinatus* L. (mozote). Dichas especies no repercuten en el cultivo, ya que el productor cada mes procede a suprimir o eliminar la malezas rozando con machete y utilizando los residuos vegetales como coberturas muertas. Durante la época lluviosa utiliza coberturas vivas en asocio con el cultivo.

La fertilización se ha realizado de forma fraccionada en 3 aplicaciones anuales. Se puede apreciar de mejor forma el historial de fertilización del cultivo en la tabla siguiente.

**Tabla 5. Descripción de fórmulas, dosis y distancias de aplicación de los fertilizantes en lima tahiti, desde el trasplante hasta los 6 años de edad.**

año	fórmula	dosis/planta	distancia	momento	estado fisiológico
1987	12-30-10	28.35 g	20 cm	Agosto	crecimiento
	Urea 46 %	28.35 g	20 cm	Octubre	
1988	15-15-15	113.40 g	20 cm	Junio	crecimiento
	15-15-15	113.40 g	20 cm	Agosto	
	Urea 46 %	113.40 g	20 cm	Octubre	
1989	15-15-15	113.40 g	50 cm	Junio	crecimiento
	15-15-15	113.40 g	50 cm	Agosto	
	Urea 46 %	113.40 g	50 cm	Octubre	
1990	12-30-10	226.80 g	100 cm	Junio	reproductivo
	12-30-10	226.80 g	100 cm	Agosto	
	Urea 46 %	113.40 g	100 cm	Octubre	
1991	12-30-10	226.80 g	100 cm	Junio	reproductivo
	12-30-10	226.80 g	100 cm	Agosto	
	Urea 46%	113.40 g	100 cm	Octubre	
1992	12-30-10	453.59 g	100 cm	Junio	reproductivo
	12-30-10	453.59 g	100 cm	Agosto	
	Urea 46 %	226.80 g	100 cm	Octubre	
1993	12-30-10	453.59 g	150 cm	Junio	reproductivo

Fuente: Canelo Alfredo. (productor) 1993.

En los meses de Junio y Julio de cada año, se realiza una eliminación de chupones en cada árbol, para mantener la formación lograda en la poda de formación que se realiza en los meses de Marzo y Abril de cada año.

Para el control de plagas y enfermedades se realiza una aplicación de carbofurán (Furadán) al 10 % durante la salida de invierno en dosis de 10 g por planta a una distancia de 20 cm de tronco.

Durante el año se realizan aspersiones de insecticida sujeto a observaciones *in situ* usando los siguientes productos: metamidophos (Filltox), decametrina (Decis), malathion (Malation) clorpirifos (Lorsban). Siendo las plagas más importantes; *Saissetia spp* (cochinilla), *Unaspis citi* Comstock (piojo blanco), *Toxoptera aurantii*, Fonseca *Aphis gossypii* Glover (afidos). Estas aplicaciones se mezclan con fungicidas benomil (Benlate) o clorotalonil (Bravo 500). La enfermedad de mayor importancia *Phytophthora parasitica* (gomosis). Estos productos son mezclados con fertilizantes amidos (Urea 46 %) y con abono foliar líquido con su composición de 10, 10, 7.5 % de NPK más microelementos vitaminas y fitohormona (Sandoflor) y 11, 8, 6 % de NPK más microelementos y vitaminas (Bayfolan).

La cosecha se realiza girando hacia la derecha la fruta manualmente una a una.

**Tabla 6. Volumen de producción de fruta en número y peso de unidades por corte en ha/año.**

año	número corte	número frutos	ton/ha	fecha
1990	1	842	0.11	Agosto
	2	900	0.12	Septiembre
	3	400	0.05	Noviembre
1991	1	2 858	0.31	Agosto
	2	4 000	0.44	Septiembre
	3	3 000	0.33	Noviembre
	4	1 000	0.11	Diciembre
1992	1	5 428	0.53	Agosto
	2	7 000	0.68	Septiembre
	3	6 000	0.58	Noviembre
	4	3 000	0.29	Diciembre
1993	1	9 857	0.98	Agosto
	2	12 000	1.20	Septiembre
	3	10 000	1.00	Noviembre
	4	5 000	0.50	Diciembre
	5	3 000	0.30	Enero
	6	1 500	0.15	Febrero
	7	1 500	0.15	Marzo

Fuente: Canelo Alfredo. (Productor) 1993.

### III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Variación de absorción de agua por estrato.

Al analizar las variaciones de almacenamiento de agua en las profundidades 10, 20 y 30 cm (figuras 1, 2 y 3), se observan variaciones mínimas de agua absorbida en los primeros 10 cm en los tratamientos 50, 150 y 200 cm., no así en el tratamiento 100 cm de distancia del tronco donde se reduce considerablemente, lo que indica que existe un menor volumen de raíces absorbentes. Siendo este el espacio donde el productor pasó por tres años aplicando los fertilizantes, como se demuestra en la tabla 4, lo que ayudó a destruir muchas raíces absorbentes por daños mecánicos y a posible efectos del fertilizante, lo cual es corroborado por Ford, Rewther & Smith (1957); Krezdorn (1975) citado por Osa (1986), Torcia & Munguía (1992). Ellos expresaron que la distribución radical de la planta cítrica es afectada por malas prácticas de manejo agronómico.

A la vez, esto podría indicar que al haberse aplicado los fertilizantes de mejor manera, todos los tratamientos hubieran presentado raíces absorbentes en magnitudes similares en el primer estrato de suelo evaluado. Debido a que el suelo es sometido a incorporaciones periódicas de residuos vegetales (mulch), lo que origina una buena bioestructura en los primeros 10 cm., esto debió fomentar un desarrollo radicular superior y cercano a la superficie (Jacob & uexküll 1973), Hernández et al., (1992).

Al respecto Sampat (1969) citando a Bermúdez (1954), encontró que en suelos estudiados en Turrialba, la máxima concentración de raicillas estaba directamente relacionado con el contenido de materia orgánica y con la porosidad.

A 20 cm de profundidad muestra en todos sus tratamientos variaciones muy pronunciadas en el almacenamiento de agua siendo esta variación directamente proporcional a la distancia del tronco. A 50 cm la absorción de agua fue sólo de 14 % del total absorbido a la mayor distancia (200 cm), siendo esta la más cercana a la copa del árbol, que se localiza a 220 cm del tronco, lo que permitió mayor absorción por ser las últimas ramificaciones que se hayan en estado de crecimiento primario Katherine (1986). A 100 y a 150 cm los porcentajes con relación al mayor valor fueron de 52 y 72 % respectivamente, lo que indica distribución normal del sistema radical absorbente en relación a la copa del árbol., ya que a medida que aumenta el radio ocupado por el follaje del árbol, es mayor el volumen de raíces absorbentes lo cual coincide con lo expresado por Hayes (1960) citado por Morin (1983).

A 30 cm de profundidad la Figura 3 muestra una distribución de su sistema radicular bastante similar a la anterior, difiriendo en un mayor aumento de 50 a 100 cm y de 150 a 200 cm sin embargo, los valores obtenidos para 100 y 150 cm son similares entre sí, lo que indica concentraciones de raíces absorbentes en proporciones parecidas lo que es demostrado por los valores obtenidos en la tabla 7 mediante la diferencia en milímetros de agua utilizada por la planta. Se observa un aumento considerable a la distancia de 50 cm pero no así en las demás distancias con relación al estrato anterior lo que refleja que existen nuevas ramificaciones de su sistema radicular, por obtener un mayor valor en milímetros de agua absorbida por la planta siendo demostrado por los datos obtenidos en la tabla 7.

Los datos obtenidos en campo nos indican claramente que en el primer espesor de suelo de 0 - 30 cm de profundidad, fue el de menor porcentaje para un 28.5 % en base al total absorbido en las distancias horizontales del tronco del árbol.

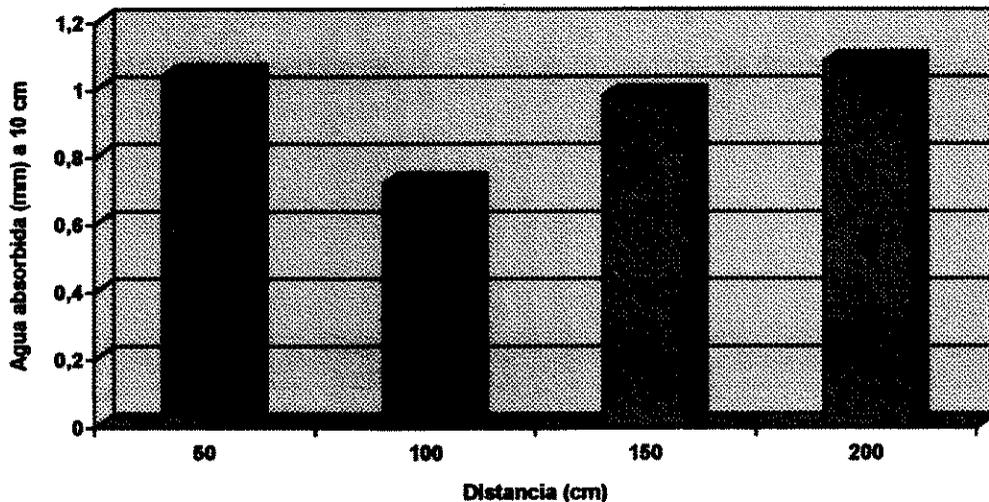


Figura 1. Cantidad de agua absorbida de 0 - 10 cm de profundidad, a diferentes distancias.

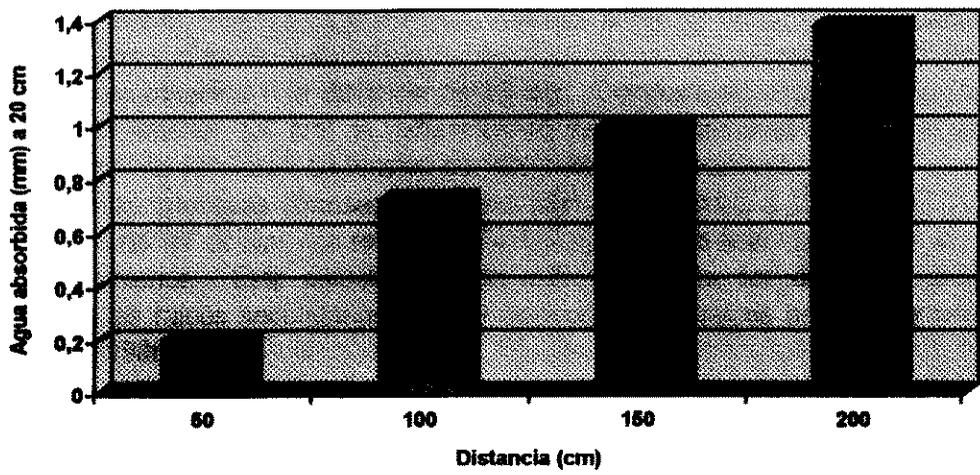


Figura 2. Cantidad de agua absorbida de 10 - 20 cm de profundidad, a diferentes distancias.

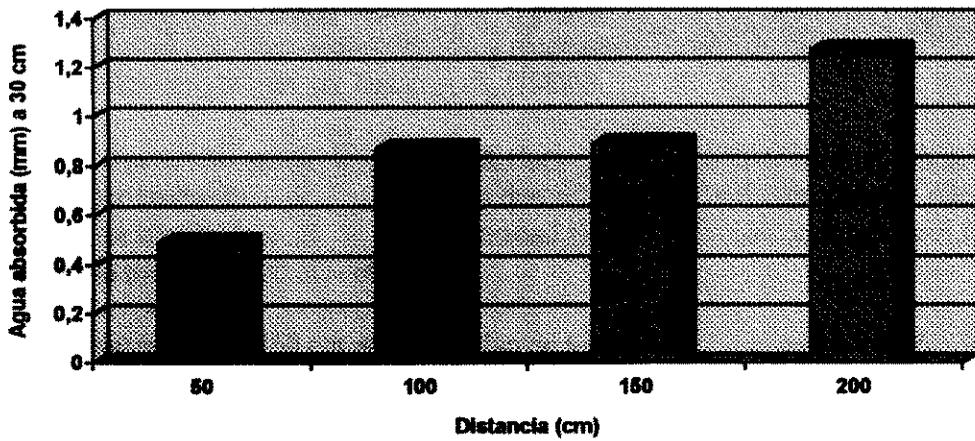


Figura 3. Cantidad de agua absorbida de 20-30 cm de profundidad, a diferentes distancias.

Los resultados obtenidos en milímetros de agua absorbidos en las profundidades 40, 50 y 60 cm (figuras 4, 5 y 6), muestran que a 40 cm la mayor actividad radicular se encuentra a 100 y 200 cm de distancia y el menor valor al igual que en los estratos anteriores, excepto en los 10 cm de profundidad fue obtenido a la distancia de 50 cm. Comparando esta distancia (50 cm) con relación al estrato anterior, (30 cm) se reduce en 25 % lo que demuestra que gran parte de las nuevas ramificaciones perdieron su función de absorción por crecimiento secundario y se tornan resistentes, gruesas y leñosas (Greulach & Adams 1980). En cambio a 100 cm se obtiene mayor concentración de raíces activas con relación a los 150 cm, ya que éste mantiene un valor similar a la profundidad anterior. Este aumento en los 100 cm puede ser debido al crecimiento o alargamiento de las raíces secundarias, que se originan de las raíces primarias y laterales más viejas (Katherine 1986).

A 50 cm de profundidad, refleja un comportamiento similar al obtenido en las profundidades de 20 y 30 cm, donde la variación de almacenamiento es directamente proporcional a la distancia del tronco, siendo mayor la presencia de pelos absorbentes a medida que la raíz se alarga del tronco en dirección a la copa del árbol, de acuerdo a lo reportado por Morin (1983), Katherine (1986), Hernández et al., (1992). Ellos plantean que la zona de mayor actividad del sistema radical se encuentra debajo de la zona de goteo. Se obtiene un aumento considerable a 50 cm con relación a los 40 cm de profundidad y donde la absorción fue de 35% del total absorbido en la mayor distancia 200 cm., debido a lo explicado en la figura 4 mientras que a 100 y 150 cm los porcentajes con relación al mayor valor fueron 54 y 60 % respectivamente.

A 60 cm de profundidad, se observa que a 200 cm de distancia el agua absorbida continúa aumentando, hasta alcanzar su punto máximo por la planta, ya que las raíces se dirigen hacia los lugares donde el agua es más fácilmente utilizable y modifican el patrón de distribución de las raíces en concordancia con lo encontrado por Avilan et al., (1983).

Estos resultados contradicen a Hilgeman & Hurn (1955) citado por Morin (1983), Roche et al., (1979) citado por Hernández et al., (1992), ya que ellos consideran que la mayor absorción de agua se presenta en los primeros 30 cm de profundidad disminuyendo su concentración de raíces activas conforme se profundiza en el suelo.

Los tratamientos 100 y 150 cm, se comportan de forma similar que en los estratos anteriores (40 y 50 cm) y aumentan en ambos en un porcentaje mínimo y relativo con ligera diferencia del 6 % lo cual podría deberse que a medida que las raíces continúan creciendo longitudinalmente, producen nuevos pelos absorbentes, en cambio a 50 cm de distancia se mantiene en un mismo valor lo que refleja mínimo crecimiento radicular, con respecto a 50 cm de profundidad.

En el estrato de 30 - 60 cm se determinó un incremento en el número de raíces fisiológicamente activas, ya que la variación del almacenamiento del agua en este estrato fue mayor (33.3 %) lo que indica que las raíces más profundas en periodos secos, ejercen mayor función absorbiva con respecto al primer espesor de suelo 0 - 30 cm., lo que es confirmado por Castle (1978) citado por Osa (1986). Ellos plantean que las raíces superficiales absorben rápidamente los nutrientes aplicados y el agua en periodos lluviosos intensos manteniendo las raíces profundas como una reserva prevista a funcionar de forma activa, en los periodos críticos de sequía. Pudiendo no tomar los nutrientes no absorbido por las raíces de capas superiores.

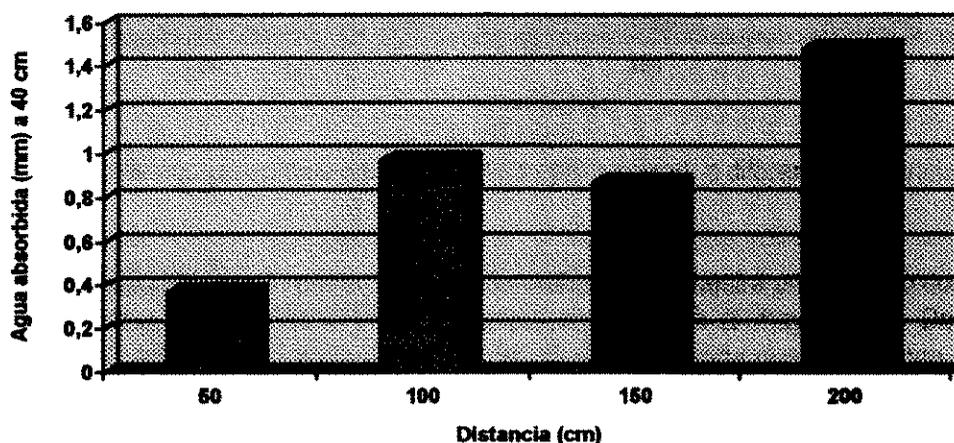


Figura 4. Cantidad de agua absorbida de 30 - 40 cm de profundidad, a diferentes distancias.

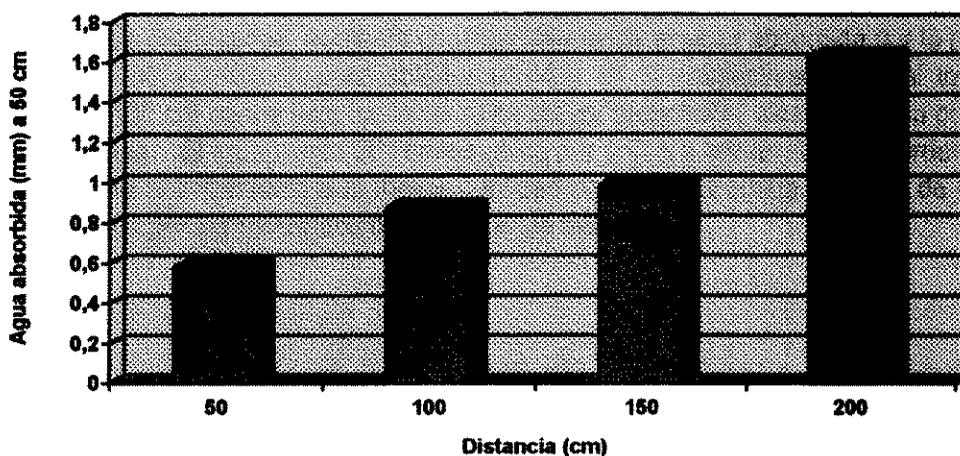


Figura 5. Cantidad de agua absorbida de 40 - 50 cm de profundidad, a diferentes distancias.

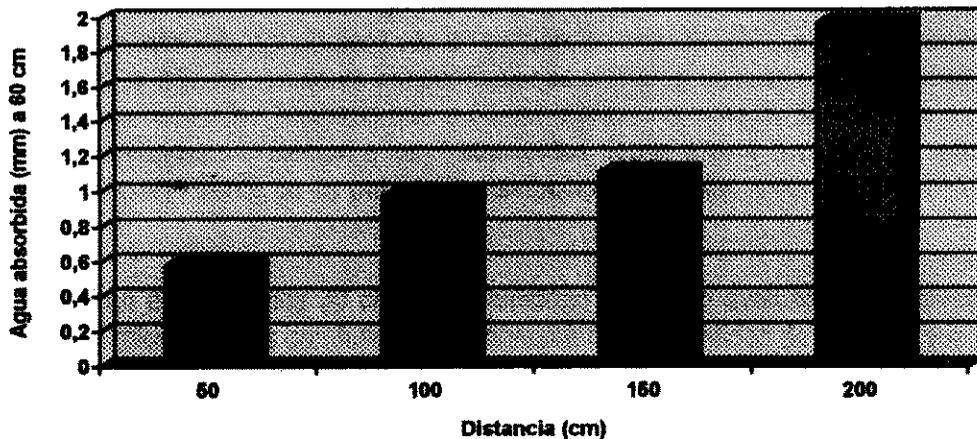


Figura 6. Cantidad de agua absorbida de 50 - 60 cm de profundidad, a diferentes distancias.

El agua absorbida por la planta a 70 cm de profundidad muestra un aumento considerable a 150 cm de distancia, estableciendo poca diferencia con relación al mayor valor. Debido que la cantidad de raíces activas de la zona de goteo, disminuyen a medida que se acercan al tronco en más del 20 % comparándolo con el estrato anterior (60 cm) y que aún aumentando en 150 cm en proporción relativa a la disminuida en la mayor distancia se mantiene en segundo orden, en cambio a 50 y 100 cm se reduce en más del 5 y 13 % respectivamente en relación al estrato anterior, lo que podría indicar mayor engrosamiento de las raíces y por consiguiente reduciendo su función de absorción, lo que es demostrado por los resultados obtenidos mediante la diferencia de milímetros de agua absorbida en la (tabla 7).

A 80 cm de profundidad, aumenta considerablemente el agua absorbida por la planta en los tratamientos 50, 100 y 150 cm, para obtener el 44 y 54 % respectivamente del total de agua absorbida en los 150 cm donde éste incrementa en mayor proporción, alcanzando su punto máximo de actividad radicular. El tratamiento 200 cm se ubica por primera vez en segundo orden, alcanzado el 74% en relación al tratamiento que mayor cantidad de agua absorbida (150 cm de distancia) lo que es comprobado por los resultados obtenidos en la tabla 7.

A 90 cm de profundidad la mayor actividad radicular se continúa obteniendo a los 150 cm aún reduciéndose aproximadamente en 10 % con relación a los 80 cm. En cambio en el tratamiento 100 cm aumenta por primera vez en proporción considerable para obtener el 77 % con relación a 150 cm y a la vez presenta concentraciones similares de raíces con respecto a 200 cm difiriendo en menos del 10 %. Mientras que a 50 cm representa el 45 % siendo este más alto que en los estratos anteriores en relación a los tratamientos donde mayor consumo de agua hubo, lo que indica un comportamiento de su patrón de distribución radicular similar al obtenido en los 80 cm de profundidad.

Además en estos últimos 30 cm de profundidad del suelo evaluado, se obtiene la mayor concentración de raíces activas con función de consumir mayor cantidad de agua ya que se obtiene el 38.2 % del total absorbido, debido al sistema de plantación empleado por el productor, lo que es confirmado por Avilan et al., (1983), quienes plantearon que la presencia de raíces absorsivas, incluyendo las de mayor diámetro en las capas más profundas del perfil del suelo se explicaría en la apertura de hoyos cuyo diámetro es de 60 cm y 60 cm de profundidad, lo que permite que las raíces puedan superar capas profundas que logran romper mas fácilmente las barreras de textura gruesa (franco arenoso y arenoso). A la vez esta investigación presenta resultados similares al obtenido por los investigadores Huberty & Garber (1961) citado por Osa (1986), ellos señalan que el riego no frecuente provocan el mayor desarrollo de raíces entre los 30 a 90 cm de profundidad, al parecer donde la dinámica del agua es menor y generalmente existen reservas.

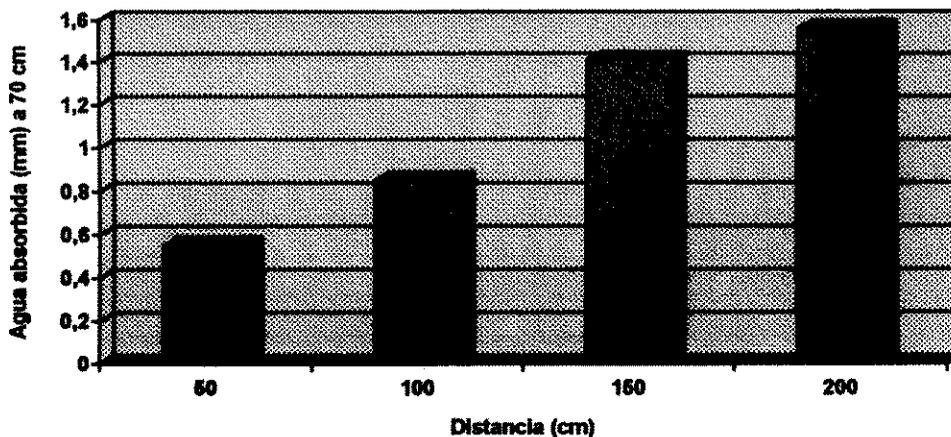


Figura 7. Cantidad de agua absorbida de 60 - 70 cm de profundidad, a diferentes distancias.

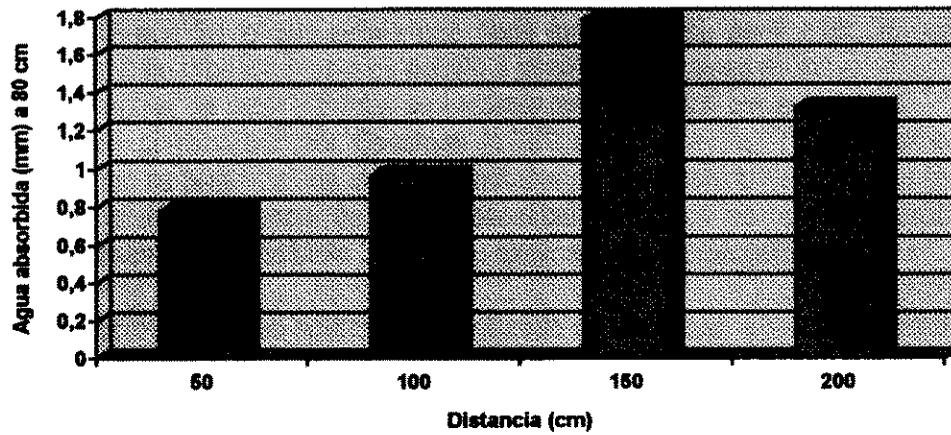


Figura 8. Cantidad de agua absorbida de 70 - 80 cm de profundidad, a diferentes distancias.

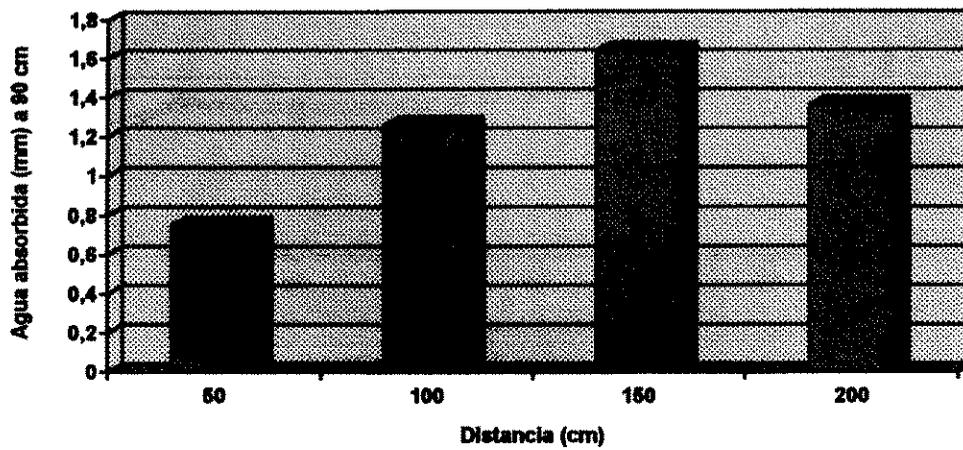


Figura 9. Cantidad de agua absorbida de 80 - 90 cm de profundidad, a diferentes distancias.

### 3.2 Variación de almacenamiento de agua en el volumen de suelo evaluado:

A 50 cm de distancia horizontal del tronco (figura 10), se observan variaciones mínimas de almacenamiento (1 a 2 %) lo que refleja que cada estrato de su perfil evaluado existe mínima actividad radicular. Esto probablemente es debido a presencia de raíces de mayor edad, que tienden a suberificarse, cambiar de color y perder su carácter meristemático por encontrarse mas cerca de la base, lo que es corroborado por Cossman (1940) citado por Osa (1986), Katherine (1986). Unicamente a 10 cm se presenta una diferencia notable en el contenido de humedad (más del 4 %) atribuyéndose ésto a la presencia de mayor densidad de raíces absorbentes, producto de las características presentadas en la tabla 2 y 3 y a lo explicado en la profundidad de 10 cm.

A la vez se observa que aumenta su contenido de humedad, a medida que las lecturas se toman a mayor profundidad. Debido que en la primer capa de suelo 0 - 30 cm es mayor la dinámica de humedad por ser la mas expuesta a evaporarse. Diferenciando con respecto a esta tendencia, las profundidades 30 y 40 cm obtuviéndose valores ligeramente menores en relación a su profundidad anterior o 20 cm.

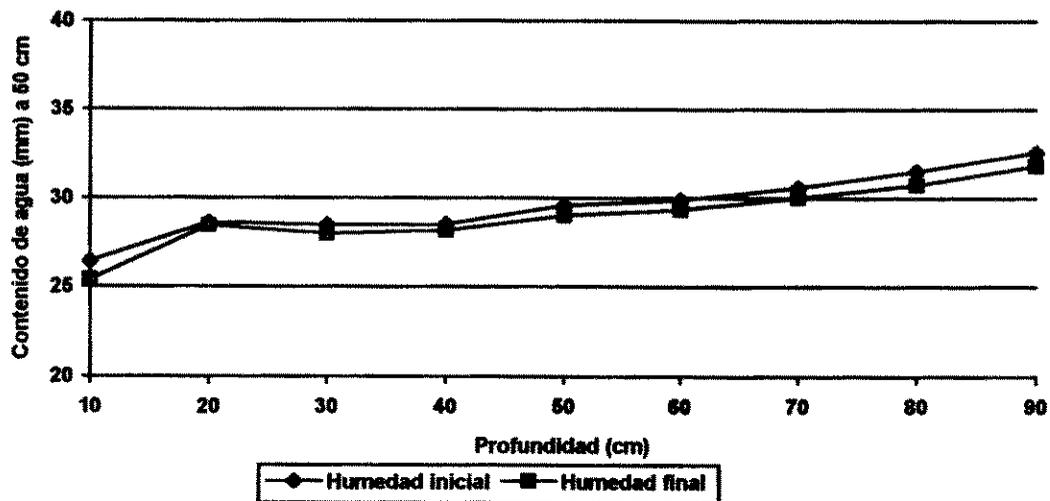


Figura 10. Contenido de humedad en milímetros (mm) en el perfil de suelo desde 0 - 90 cm de profundidad y 50 cm de distancia del tronco.

A 100 cm de distancia horizontal del tronco, se reflejan variaciones de almacenamiento de agua entre el 2 y 4 % en todo su perfil, lo que indica aumento de más del 100 % en relación a la mayoría de los tratamientos evaluados a la distancia estudiada anteriormente. Esto podría explicarse por la mayor cantidad de raíces que ejercen un mayor gradiente de difusión, debido a su actividad radicular siendo más activa en los 100 cm de distancia.

Además, se obtuvo aumento de forma gradual y continua en su contenido de humedad a medida que aumentaba la profundidad, ya que a medida que se profundizan la capacidad de retención de humedad y disponibilidad de agua aumenta, lo que es comprobado por los datos obtenidos en la tabla 2 y 8.

La mayor diferencia de variación de humedad se observa en los 90 cm que por consiguiente indica mayor actividad radicular, por profundizar hacia los lugares donde el agua es más fácilmente utilizable (Avilan et al., 1983).

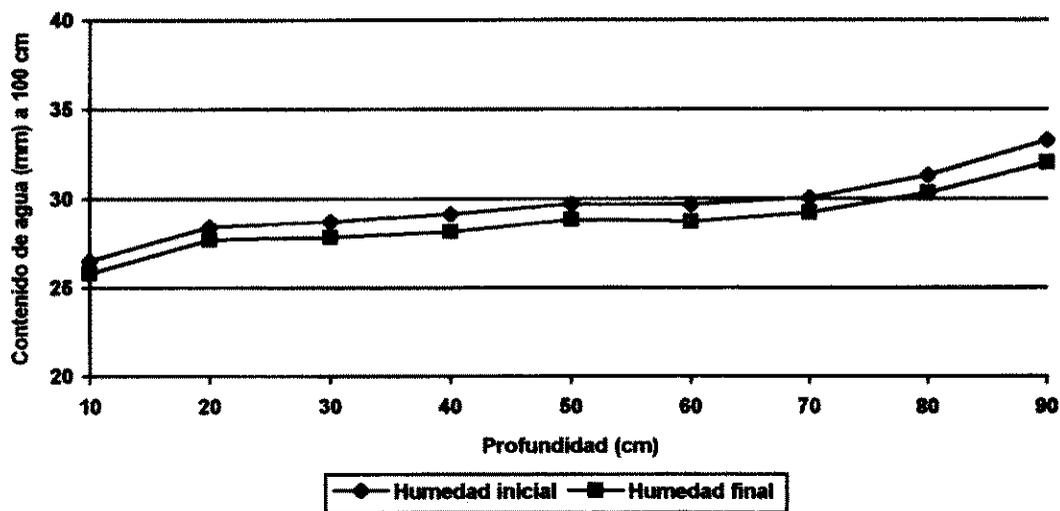


Figura 11. Contenido de humedad en milímetros (mm) en el perfil de suelo desde 0 - 90 cm de profundidad y 100 cm de distancia del tronco.

La Figura 12 muestra una variación de almacenamiento porcentual, similar a lo obtenido en los 100 cm, siendo a 150 cm del 3 al 4 %. Entre 0 - 60 cm de profundidad es notorio el aumento en su contenido de humedad y por consiguiente su variación de almacenamiento en más de 4 a 5.6 %, lo que indica mayor actividad radicular en su último 30 cm del perfil de suelo evaluado. Demostrando una relación directa entre el contenido de humedad y la actividad radicular, lo que es comprobado por las lecturas de humedad efectuada con la sonda de neutrones.

Lo que indica que el agua fluye por diferencia de gradiente o potencial matricial de la zona con menor cantidad de raíces hacia la zona con mas profusión de raíces. Permitiendo obtener en esta zona mayor contenido de humedad, lo que es corroborado por Martínez (1994) & Cáceres (1995).

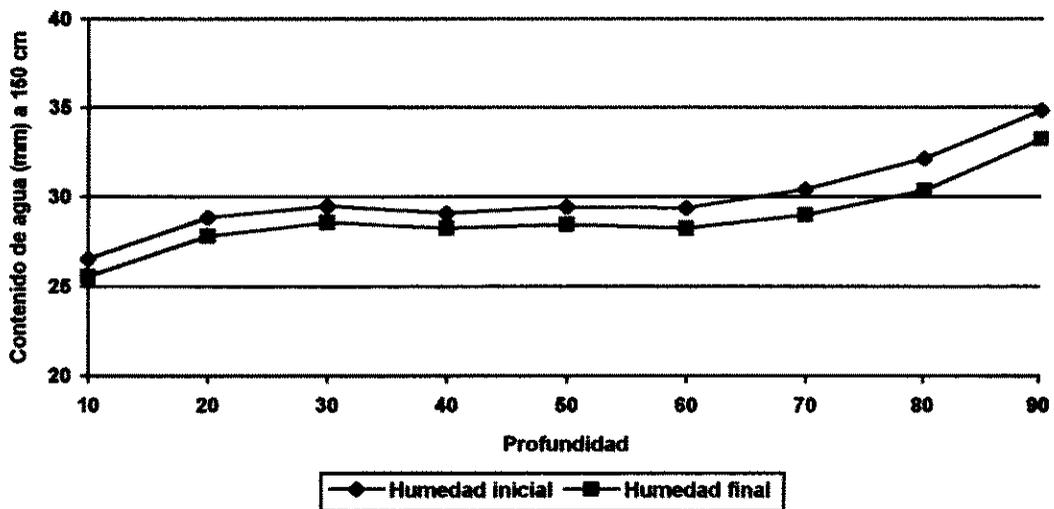


Figura 12. Contenido de humedad en milímetros (mm) en el perfil de suelo desde 0 - 90 cm de profundidad y 150 cm de distancia del tronco.

Al analizar el contenido de humedad a 200 cm de distancia horizontal del tronco, muestra variaciones de almacenamiento entre 4 a 6 % de 0 - 70 cm de profundidad y menos del 4 % de los 80 - 90 cm de profundidad, lo que indica aumento en un 50 % aproximadamente con respecto a 100 y 150 cm de distancia para un perfil de suelo de 0 - 90 cm y de 0 - 60 cm de profundidad respectivamente, debido a que la planta ejerce mayor fuerza de succión por medio de su presión osmótica, que permite que el agua se desplace hacia las raíces como respuesta a una diferencia de potencial, lo que es confirmado por Thompson & Troch (1980), Cool et al., (1992).

Ellos plantean que al secarse el suelo, tanto el potencial capilar como el osmótico, aumentan en las proximidades de las raíces, siendo este fenómeno la causa de que el agua de otras regiones del suelo se desplace hacia ellas, dando como respuesta a este principio un mayor contenido de humedad en todo su perfil de suelo evaluado.

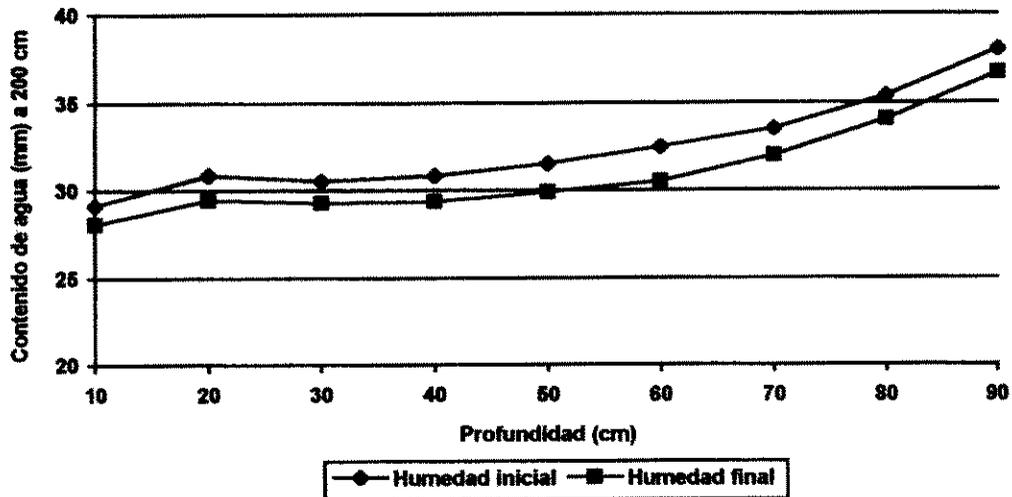


Figura 13. Contenido de humedad en milímetros (mm) en el perfil de suelo desde 0 - 90 cm de profundidad y 200 cm de distancia del tronco.

#### **IV.- CONCLUSIONES**

- A 50 cm del tronco, la mayor variación de almacenamiento y por consiguiente la mayor actividad radicular, se obtuvo a los 10 cm de profundidad.
- A 100 cm del tronco, la mayor variación de almacenamiento y por consiguiente la mayor actividad radicular, se obtuvo a los 90 cm de profundidad.
- A 150 cm del tronco, la mayor variación de almacenamiento y por consiguiente la mayor actividad radicular, se obtuvo de los 70 a 90 cm de profundidad.
- A 200 cm del tronco, la mayor variación de almacenamiento y por consiguiente la mayor actividad radicular, se obtuvo de los 40 a 60 cm de profundidad.
- La mayor variación de almacenamiento y por consiguiente, la mayor actividad radicular se tiene a 200 cm del tronco y a 60 cm de profundidad.
- La menor variación de almacenamiento y por consiguiente, la menor actividad radicular se tiene a 50 cm del tronco y a 20 cm de profundidad.
- Existe actividad radicular en todas las distancias evaluadas, variando su porcentaje de actividad en cada una de sus profundidades.
- Existe una relación directa entre el contenido de humedad y la actividad radicular, (mayor actividad radicular, mayor contenido de humedad).
- La zona más efectiva en cuanto a la presencia de raíces activas, por obtener un mayor consumo de agua en milímetros, se localizó entre 100 y 200 cm y de 30 - 90 cm de profundidad.
- La planta bajo estas condiciones de suelo y de manejo de cultivo, presentan un sistema radical extenso y profundo.
- El contenido de agua usado por la planta, desde el tronco hasta 200 cm., es directamente proporcional cada 30 cm de profundidad para un 28.5, 33.3 y 38.2 % en base al total absorbido en las distancias horizontales del tronco del árbol.
- El contenido en milímetros usado por la planta, en el perfil de 0 - 90 cm., fue directamente proporcional a la distancia horizontal del tronco del árbol, los valores correspondientes fueron 14.3, 22.1, 28.6 y 35 % para las distancias 50, 100, 150 y 200 cm, respectivamente.

**V.- RECOMENDACIONES**

- En vista que la eficiencia de utilización de agua es uno de los factores determinantes del potencial productivo de los cultivos, es recomendable la irrigación por micro aspersión para obtener humedecimiento uniforme en toda el área de mayor presencia de raíces activas que prorrogue el ciclo productivo del cultivo y por consiguiente mejor calidad y productividad de frutas.
- La lámina de riego debe de ser aplicada en toda el área que cubre el árbol y de 0 - 90 cm de profundidad encontrándose en este espacio la zona de mayor concentración de raíces absorbente o su máxima eficiencia de utilidad de agua.
- En caso de que no se disponga de microaspersión y el riego se aplique de forma manual, realizarlo uniformemente en toda el área cubierta por el follaje del árbol.
- Realizar estudios de variaciones de humedad bajo condiciones controladas (riego).
- Debido al poco conocimiento, del saber administrar los recursos de agua y nutrientes de cultivos perennes (cítricos), es de gran importancia realizar un plan de actividad donde se proceda a evaluar la capacidad absorbente de huertos en diferentes tipos de suelos, ambientes, patrones, variedad utilizada, atenciones fitotécnicas y edad de la plantación que nos permita obtener el espacio preciso de máxima utilización de agua y nutrientes, permitiéndole a la planta expresar mas productividad.
- El fertilizante debe de ser aplicado a 200 cm de distancia del tronco, en un círculo que se extienda a lo largo de la periferia hacia al área de goteo ( 220 cm ), por ser el tratamiento en presentar mayor porcentajes de absorción.

## VI.- REFERENCIAS

- Aguilera M. & R. Martínez. 1990. Relaciones agua, suelo, planta, atmósfera. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. Tercera Edición Pp 141 - 145.
- Avilan R., Garcia M., Leal F. Sucre R. 1983. Estudio del sistema radical del limón criollo ( *Citrus aurantifolia* ) Swing, en un suelo de origen aluvial. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. Pp 61 - 71
- Calvache M. 1990a. Uso de sondas de radiación gama y de neutrones en estudios de densidad y humedad de suelo. Editorial FAO/OIEA. Viena, Austria. Pp 1 - 15.
- Calvache M. 1990b. Evaluación de la actividad radicular de cultivos arborios utilizando técnicas isotópicas. Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica. Quito, Ecuador. Pp 112 - 123
- Cool J, Rodrigo G, García B. & R. Sánchez. 1992. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide, S.A. Madrid, España. Sexta Edición Pp 71 - 83.
- C P N - U D. 1980. Operating Manual. Martínez, California. Pp 11 - 119.
- Caceres V. 1995. Comunicación personal. Centro Experimental del Pacífico (Jardín Botánico), Masatepe, Masaya.
- Canelo A. 1994. Comunicación personal. Finca San Bernardo, Masatepe, Masaya, Nicaragua.
- Osa F. de la, 1986. Labores de cultivos en plantaciones jóvenes de naranjo ( *Citrus sinensis* L. Osbeck ) c. v. olinda valencia establecidas en suelos ferralítico rojo típico. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. La Habana, Cuba. Pp 24 - 36 y 82 - 96.
- Franciosi R. 1977. Factores de producción de los cítricos. Editorial Universidad Agraria, La Molina. Lima, Perú. Pp 2 - 3.
- Greulach & Adams 1980. Las Plantas, Introducción a la Botánica Moderna. Editorial Limusa, S.A. Segunda Reimpresión, México. Pp 202 - 209.
- Hernández R. García M. Hernández O. Colombe A. & Rodríguez F. 1992. Determinación de la zona activa del sistema radical de los cítricos y su relación con la aplicación de fertilizantes. Centro Universitario "Hermanos Saiz", Pinar del Río, Cuba. Pp 35 - 44.
- INRA - CEE. 1994. Guía Tecnológica para la Producción de Lima Tahiti. San Marco, Carazo, Nicaragua. 66 p.

- Jacob & Uexkull 1973. Fertilizacion, Nutricion y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Ediciones Euroamericanas, Cuarta Edicion, Mexico. Pp 355 - 372.
- Katherine E. 1986. Anatomia Vegetal II. Universidad de California, USA. Pp 485 - 492.
- Laboratorio de Suelo y Agua. 1993. Universidad Nacional Agraria, (UNA). Managua, Nicaragua.
- Marín E. 1990. Estudio agroecologico y su aplicación al desarrollo productivo agropecuario. Región IV, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Pp 13 - 55.
- Morin C. 1983. Cultivo de cítricos. IICA. San José, Costa Rica. 597 p.
- Martínez R. 1994. Comunicación personal. San Francisco, California.
- Torca P. & R. Munguía. 1992. Fruticultura. MOLISV. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Pp 185 - 217.
- Thompson L. M. & F. R. Troch. 1980. Los suelo y su fertilidad. Editorial Reverte, S. A. Barcelona, España. Cuarta Edición. Pp 107 - 110.
- Talavera F. T. 1995. Comunicacion personal. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Tellez L. 1995. Proyecto CEE-ALA 86/30 Ejecutado 1989-1996. San Marco, Carazo, Nicaragua.
- Perrier E. R. & A. B. Salkini. 1991. Supplemental irrigation in the near east and North African. ICARDA AND FAO. Editorial Kluwer Academic Publisher. Dordrecht the Netherlands. Pp 126 - 129.
- Sacovich N. 1994. Lemon industry Balances supply and demand to continue the good times. *Grower California*, Vol 18, No. 1 Pp 18 - 19.
- Sampat A. Gavande, 1969a. Influencia de succion de suelo en la porosidad de aereación y en la difusión de oxigeno en el cafe cultivado en seis suelos de Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agricola, Turrialba, Costa Rica. Pp 39 - 48.
- Sampat A. Gavande, 1991b. Física de Suelos, principios y aplicaciones, Editorial LIMUSA, S.A. de C.V., México, Séptima Reimpresión. 351 Pp.
- Servicio Hidrometeorologico Nacional. 1993. Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales (INETER). Managua, Nicaragua.

## ANEXO 1

**Cuadro 7. Diferencia en milímetros de agua absorbida en cada profundidad y distancia en estudio de la humedad inicial (H1), a humedad final (H6).**

tratamiento		mm de agua absorbida	tratamiento		mm de agua absorbida
Distancia	Profundidad	H1 - H6	Distancia	Profundidad	H1 - H6
0.5cm	10 cm	1.04	1.5 m	10 cm	0.98
	20 cm	0.20		20 cm	1.00
	30 cm	0.49		30 cm	0.89
	40 cm	0.37		40 cm	0.87
	50 cm	0.58		50 cm	0.99
	60 cm	0.58		60 cm	1.11
	70 cm	0.55		70 cm	1.41
	80 cm	0.78		80 cm	1.79
	90 cm	0.75		90 cm	1.64
1 m	10 cm	0.72	2 m	10 cm	1.08
	20 cm	0.73		20 cm	1.38
	30 cm	0.87		30 cm	1.27
	40 cm	0.97		40 cm	1.48
	50 cm	0.88		50 cm	1.63
	60 cm	0.98		60 cm	1.97
	70 cm	0.85		70 cm	1.56
	80 cm	0.97		80 cm	1.32
	90 cm	1.26		90 cm	1.36

## ANEXO 2

**Cuadro 8. Contenido de humedad en milímetros en cada uno de los espacios en estudio, distancia y profundidad (época seca).**

tratamiento		número de muestreo					
Distancia	Profundidad	1	2	3	4	5	6
0.50 m	10 cm	26.43	26.30	25.94	25.47	25.53	25.39
	20 cm	28.63	28.81	28.74	28.43	28.30	28.43
	30 cm	28.46	28.37	28.30	28.23	27.92	27.97
	40 cm	28.51	28.39	28.50	28.29	28.33	28.14
	50 cm	29.57	29.30	29.50	29.19	29.05	28.99
	60 cm	29.89	29.64	29.85	29.75	29.29	29.31
	70 cm	30.59	30.28	30.30	30.16	30.14	30.04
	80 cm	31.52	31.10	31.16	31.02	30.60	30.74
	90 cm	32.60	32.54	32.45	32.07	31.88	31.85
1 m	10 cm	26.53	26.36	26.16	25.94	25.99	25.81
	20 cm	28.42	28.24	28.18	27.92	27.95	27.69
	30 cm	28.70	28.36	28.47	28.10	28.09	27.83
	40 cm	29.12	28.77	28.90	28.42	28.06	28.15
	50 cm	29.69	29.36	29.46	29.23	28.95	28.81
	60 cm	29.68	29.38	29.35	29.19	28.74	28.70
	70 cm	30.04	29.71	29.74	29.66	28.91	29.19
	80 cm	31.31	31.27	31.19	30.95	30.58	30.34
	90 cm	33.28	33.16	33.07	32.44	31.88	32.02
1.5 m	10 cm	26.55	26.48	26.212	25.98	26.16	25.57
	20 cm	28.81	28.84	8.60	28.22	28.08	27.81
	30 cm	29.44	29.31	29.15	29.00	28.80	28.55
	40 cm	29.08	28.94	28.89	28.55	28.59	28.21
	50 cm	29.42	29.45	29.11	28.77	28.43	28.43
	60 cm	29.34	28.98	28.92	28.55	28.29	28.23
	70 cm	30.39	29.88	29.52	29.31	29.00	28.98
	80 cm	32.13	31.71	31.36	31.04	30.64	30.34
	90 cm	34.84	34.18	34.19	33.51	33.16	33.20
2 m	10 cm	29.14	28.72	28.68	28.42	28.33	28.06
	20 cm	30.86	30.65	30.63	30.15	29.83	29.48
	30 cm	30.54	30.20	30.13	29.85	29.25	29.27
	40 cm	30.83	30.34	30.36	30.04	29.53	29.35
	50 cm	31.51	31.27	31.26	30.63	30.17	29.88
	60 cm	32.48	32.35	32.13	31.65	31.07	30.51
	70 cm	33.52	33.42	33.16	32.95	32.22	31.96
	80 cm	35.38	35.16	35.22	34.77	34.14	34.06
	90 cm	38.01	37.73	37.68	37.25	36.67	36.65

## ANEXO 3

**Cuadro 9. Contage relativo en tiempo por minuto en cada uno de los espacios en estudio, distancia y profundidad (época seca).**

tratamiento		número de muestreo					
Distancia	Profundidad	1	2	3	4	5	6
0.50 m	10 cm	1.57	1.56	1.54	1.52	1.52	1.52
	20 cm	1.69	1.70	1.70	1.68	1.67	1.68
	30 cm	1.68	1.68	1.67	1.67	1.65	1.66
	40 cm	1.69	1.68	1.69	1.67	1.68	1.67
	50 cm	1.74	1.73	1.74	1.72	1.72	1.71
	60 cm	1.76	1.75	1.76	1.75	1.73	1.73
	70 cm	1.80	1.78	1.78	1.78	1.78	1.77
	90 cm	1.85	1.83	1.83	1.82	1.80	1.81
1 m	10 cm	1.58	1.57	1.56	1.54	1.55	1.54
	20 cm	1.68	1.67	1.67	1.65	1.66	1.64
	30 cm	1.70	1.68	1.68	1.66	1.66	1.65
	40 cm	1.72	1.70	1.71	1.68	1.66	1.67
	50 cm	1.75	1.73	1.74	1.73	1.71	1.70
	60 cm	1.75	1.73	1.73	1.72	1.70	1.70
	70 cm	1.77	1.75	1.75	1.75	1.71	1.72
	90 cm	1.84	1.84	1.83	1.82	1.80	1.79
1.5 m	10 cm	1.58	1.57	1.56	1.55	1.56	1.52
	20 cm	1.70	1.70	1.69	1.67	1.66	1.65
	30 cm	1.74	1.73	1.72	1.71	1.70	1.69
	40 cm	1.72	1.71	1.71	1.69	1.69	1.67
	50 cm	1.74	1.74	1.72	1.70	1.68	1.68
	60 cm	1.73	1.71	1.71	1.69	1.67	1.67
	70 cm	1.79	1.76	1.74	1.73	1.71	1.71
	90 cm	1.88	1.86	1.84	1.82	1.80	1.79
2 m	10 cm	1.72	1.70	1.70	1.68	1.68	1.66
	20 cm	1.81	1.80	1.80	1.78	1.76	1.74
	30 cm	1.80	1.78	1.77	1.76	1.73	1.73
	40 cm	1.81	1.79	1.79	1.77	1.74	1.73
	50 cm	1.85	1.84	1.84	1.80	1.78	1.76
	60 cm	1.90	1.90	1.88	1.86	1.83	1.80
	70 cm	1.96	1.96	1.94	1.93	1.89	1.88
	90 cm	2.06	2.05	2.05	2.03	1.99	1.99
	90 cm	2.21	2.19	2.19	2.17	2.13	2.13