

# Distribución del sistema radical de las cítricas en algunos suelos de Venezuela.

L. AVILAN, F. LEAL, L. MENESES,  
R. SUCRE y M.L. GARCIA \*

## DISTRIBUTION DU SYSTEME RADICAL DES AGRUMES DANS QUELQUES SOLS DU VENEZUELA.

L. AVILAN, F. LEAL, L. MENESES, R. SUCRE y M.L. GARCIA.

*Fruits*, Nov. 1986, vol. 41, nº 11, p. 655-668.

RESUME - Etude, selon les méthodes de la tranchée en spirale et de la tranchée de la distribution du système radical des agrumes, orange douce (*Citrus sinensis*) sur porte-greffe (PG) Cajera (*C. aurantium* L.) et Cléopâtre (*C. reshni* HORT. ex TAN.), Citron Criollo (*C. aurantifolia* SWING.) et Toronja (*C. paradisi*) sur P.G. Cajera, plantés dans les hautes vallées du Carabobo, les plaines entourant le lac de Valencia et les plaines du centre, localisés géographiquement dans la partie centre-nord du Vénézuéla, sur des sols qui diffèrent sensiblement dans leurs caractéristiques physico-chimiques.

Les résultats obtenus montrent que la texture, la séquence texturale, le niveau phréatique, la présence d'horizons compacts, les lentilles ou les poches de sable grossier influencent de façon accentuée la distribution des racines et/ou agissent comme des obstacles physiques à la pénétration des racines. L'état nutritionnel, les dimensions et rendement des plantes sont étroitement liés au volume de sol exploré par le système radical.

## INTRODUCCION

Entre los frutales más difundidos en Venezuela los cítricos o agrios ocupan una destacada posición, existiendo para el año 1982 una superficie bajo siembra cercana a las 32.701 ha (37), teniendo la región central del país, una influencia significativa en los volúmenes de producción de este renglón, el cual para el año antes citado, fue del orden de las 368.128 Tm.

La baja productividad de los huertos ha sido señalada por varios autores, destacándose entre las causas : la baja fertilidad de los suelos y su inadecuada fertilización (10, 11, 12, 33), la baja densidad de plantación (10) y la que indica que la mayoría de los huertos fueron establecidos en suelos parcial o totalmente inapropiados para el cultivo (35), de tal manera que cada vez más se observa un menor vigor y longevidad de las plantas.

El presente estudio se llevó a cabo, con el objeto de determinar el efecto que ejercen las propiedades físicas, químicas y el manejo de los suelos, sobre el desarrollo y la distribución del sistema radical - de las cítricas. Esta información es de importancia, pues el conocimiento de los

\* - L. AVILAN, L. MENESES et R. SUCRE. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Venezuela.

F. LEAL. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.  
M.L. GARCIA. Empresa Privada.

hábitos radicales, permite una adecuada selección de las áreas para el establecimiento de nuevas plantaciones; así como un mejor uso de las prácticas agronómicas a ser empleadas, tales como: sitio de ubicación del fertilizante, el riego, densidad de plantación, etc., fundamentales para un manejo racional de los suelos que aseguren un incremento de la productividad de los huertos.

La información presentada en este trabajo forma parte de un proyecto referido a los frutales perennes de mayor importancia económica, cultivados en Venezuela.

### REVISION DE LITERATURA

El espacio radical ha sido definido (27) como el volumen de suelo que posee características convenientes para el desarrollo y funcionamiento de las raíces de las plantas, estando limitado lateralmente por la distancia entre plantas y verticalmente por los impedimentos del suelo. Asimismo, se determinó (31) que la profundidad del nivel freático es uno de los responsables de las diferencias que se presentan en el crecimiento y estado nutricional de los cítricos. Cambios en la profundidad del nivel freático de 171 cm. a 53 cm. para la naranja y de 158 cm. a 89 cm. en mandarina, causó severas reducciones en el número de brotes y en el área foliar de las plantas.

Además, las raíces reducen considerablemente su extensión tanto en el sentido horizontal como vertical, cambiando su dirección hacia la superficie del suelo, en relación al nivel de la mesa de agua; siendo la formación de sustancias tóxicas, tales como el ácido sulfídrico las mayores responsables de los daños ocasionados en las raíces bajo estas condiciones (23, 25).

Se ha puesto en evidencia, que la presencia de horizontes compactados, influyen acentuadamente sobre la distribución del sistema radical en el perfil del suelo (38), y se ha demostrado (40) que la capacidad de penetración de las raíces, está directamente relacionada con el diámetro de las mismas; estas penetran en una determinada capa de suelo, con estructura porosa rígida, si su diámetro es menor que el de los respectivos poros.

La textura probablemente constituye una de las propiedades del suelo, que más influye en la distribución de las raíces de las cítricos (17, 18, 19); de tal manera, que el crecimiento de las mismas cesa, cuando el contenido de arcilla es superior al 28% (24). La secuencia textural es uno de los factores de mayor relevancia en la distribución del sistema radical de las cítricos y de los frutales perennes en general (4).

Cuando se estudió la influencia de la aireación del suelo, en el crecimiento de los cítricos, se encontró que las diferencias observadas en suelos de textura arcillosa hasta arenosa, se reflejan en variaciones del crecimiento radical y las razones de estas discrepancias eran debidas a las

diferencias en la rata de difusión del oxígeno y la porosidad; en suelos de textura franco arenosa, el crecimiento era mayor (25), siendo los suelos con alta proporción de partículas de arena desfavorables para un buen desarrollo de las raíces (13).

Por otra parte, la baja fertilidad no parece suficiente, para explicar la mala utilización que hacen las raíces de las arenas (35) pues se ha demostrado (30) que para una misma resistencia mecánica, el crecimiento varía con el contenido de agua; las raíces se dirigen hacia los lugares donde el agua es más fácilmente utilizable, con la condición que no se intercale una capa seca.

Las prácticas agronómicas empleadas, influyen sobre la distribución del sistema radical y se ha demostrado, que la frecuencia de riego influye significativamente en la conformación y densidad del sistema, en los regados frecuentemente, las raíces profundizan menos (15) y se determinó que la densidad de plantación influye sobre la distribución de las raíces a través del perfil del suelo (18, 19).

Varios investigadores (21, 32) concluyen, que la presencia de enfermedades virosas (Exocortis y Tristeza), tienen una acción marcadamente acentuada, en la disminución del desarrollo del sistema radical.

### MATERIALES Y METODOS

Los estudios se realizaron en regiones situadas geográficamente en la parte centro-norte de Venezuela; en los Valles altos de Carabobo, un área perteneciente a la zona de vida (22) de Bosque húmedo premontano, caracterizado por un promedio anual de precipitación entre los 1.000 mm y 2.000 mm; una temperatura media anual de 18°C a 24°C y una altitud de unos 650 m.s.n.m. En el área plana que circunda el Lago de Valencia, perteneciente al Bosque seco premontano (22) caracterizado por una precipitación promedio anual, que varía de 800 mm a 1.000 mm; una temperatura media entre 24 y 26°C y situado a unos 400 m. s.n.m. En los llanos de Calabozo, zona de vida de Bosque seco tropical (22) con un promedio de precipitación anual de 1.000 mm a 1800 mm, caracterizado por una sequía de cuatro a seis meses, seguida de una estación húmeda con exceso de agua. El promedio anual de temperatura varía de 26°C a 27°C y está situado a una altitud de 100 m.s.n.m.

En los lugares antes descritos, fueron seleccionados árboles en plena producción cuyas características de cultivar, patrón, edad, altura, radio de copa, superficie lateral de producción (1) y número de frutos por planta, se muestran en el Cuadro 1.

Los métodos empleados para estudiar el sistema radical, fueron el de la «Trinchera» (29) y «Trinchera en espiral» (28), variando las profundidades de las mismas entre 80 cm. y 160 cm. Las raíces de acuerdo a sus diámetros fueron

CUADRO 1 - Características de las plantas muestreadas.

Región	Nº de estudio	Cultivar/Patrón	Edad planta (años)	Altura (metros)	Radio de Copa (metros)	Superficie lateral de producción (m <sup>2</sup> ) *	Producción Nº de frutos
Valles altos de Carabobo	1	Valencia/Cajera	10	4,80	2,30	69,36	1000 a 1400
	2	Valencia/Cajera	10	4,70	2,20	64,96	720 a 800
	3	Valencia/Cajera	10	3,00	1,80	33,92	menos de 600
Cuenca del Lago de Valencia	4	Valencia/Cajera	12	4,00	2,00	50,26	460
	5	Marsh/Cajera	12	4,50	3,00	84,82	620
	6	Limon Criollo**	14	5,00	1,50	47,12	mediana a elevada
	7	Valencia/Cleopatra	6	2,70	1,50	25,44	217
Llanos Centrales	8	Foster/Cajera	18	7,00	5,00	219,00	baja

\* - Estableciendo que la copa de la planta asemeja un cilindro ( $\pi dh$ ). (AVILAN)

\*\* - A pie franco

Peso promedio frutos maranja Valencia 0,250 g/fruto.

agrupadas en clases, las cuales se indican en cada estudio en particular.

Se realizó la descripción morfológica de los diferentes perfiles de suelos (Cuadro 2) y de cada horizonte se tomaron muestras que fueron analizadas con fines de fertilidad, de acuerdo a los métodos empleados por el Laboratorio de Suelos del FONAIAP-Región Central (20) y realizadas determinaciones de macro y microporosidad de acuerdo al método descrito por PLA SENTIS (34), cuyos resultados se presentan en el Cuadro 3.

Observaciones sobre prácticas de manejo empleadas (riego, fertilización, control de enfermedades y plagas, etc.); así como, la apariencia general de la plantación, fueron tomadas en consideración.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Distribución del sistema radical.

- Valles altos de Carabobo. Estudios Nos 1, 2 y 3 (5).

Empleando el método de la «Trinchera en espiral», se realizó el estudio del cultivar Valencia injertado sobre 'Cajera' (*C. aurantium*) que presentaban (Cuadro 1) tres niveles de producción: alta entre 250 y 350 kg/planta o 1.000 y 1.400 frutos/árbol, plantados en suelos clasificados como Typic Ustropeps, franco, gruesa, mixta, isohipertérmica; mediana producción, entre 720 a 800 frutos/árbol plantados en suelos clasificados como Fluventic Ustropeps, franca, mixta isohipertérmica; y de baja producción, con menos de 600 frutos/árbol, plantados en suelos

clasificados como Aquic tropaquets, franca, fina, mixta isohipertérmica, cuyas características morfológicas se presentan en Cuadro 2. (Estudios 1, 2 y 3) y niveles de fertilidad en el Cuadro 3. En relación al manejo de las plantas, el plan de fertilización era similar y en cuanto al riego, las de alta y baja producción recibían riego por aspersión y gravedad respectivamente en los meses de sequía (Enero a Marzo). En las plantas de mediana producción no se aplicaba riego.

La distribución radical de la planta de alta producción (Figura 1), cuyos suelos (Cuadro 2, Estudio 1) presentan una secuencia textural franco-arenosa a través del perfil y la existencia de una mesa de agua fluctuante, caracterizada por la presencia de un moteado entre los 86 cm. y 135 cm. de profundidad, es bastante uniforme tanto en el sentido horizontal como vertical. La presencia de raíces hasta una profundidad de 100 cm. fue constatada (Gráfico 1).

En la planta de mediana producción, los resultados fueron similares en cuanto a la distribución de las raíces en el perfil del suelo (Figura 2). Los suelos presentan una secuencia textural en los primeros horizontes (Cuadro 2, Estudio 2) de franco sobre franco arcilloso, hasta una profundidad de 96 cm. Entre los 36 cm. y 96 cm. de profundidad, así como a mayor profundidad, se observó la presencia de moteados que denotan la existencia de condiciones de drenaje deficiente. La presencia de raíces, hasta una profundidad de 100 cm. fue constatada, aunque la mayor concentración de las mismas se ubica hacia los horizontes superiores a los 60 cm. de profundidad.

La distribución radical de la planta de baja producción (Figura 3), presentó una conformación distinta a través

CUADRO 2 - Características morfológicas de los suelos descritos en los estudios del sistema radical.

Región	N° del estudio	Profundidad (cm)	Distribución tamaño de partícula (mm)		Textura	Color		(Humedo)	Estructura	Consistencia
			Arena	Limo Arcilla		Matiz	Moteado			
Valles altos de Carabobo	1	0-20	56	25	Fa	10YR 2/2			Bl ang	bla, fri, no ad, no pl.
		20-35	64	21	Fa	10YR 3/4			Bl and	bla, fri, no ad, no pl.
		35-86	76	12	Fa	10YR 5/4			Grano simple	bla, my fri, no ad, no pl.
		86-135	73	16	Fa	2,5YR 4/2		7,5YR 4/4	Bl ang	bla, fri, lig, pl.
	2	0-20	45	35	F	2,5YR 4/2			Bl ang	bla, fri, lig ad, no pl.
		20-36	57	24	Fa	10YR 4/3			Bl	bla, fri, no ad, no pl.
		36-96	38	37	F	10YR 4/2		7,5YR 4/4	Bl ang	d, my ad, my pl.
		96-120	40	32	FA	10YR 2/1		7,5YR 4/4	Bl ang	bl, fri, poco ad, poco pl.
	3	0-12	46	29	F	5Y 3/1			Bl sub ang	d, my ad, my pl.
		12-30	40	26	FA	5Y 3/1		2,5Y 6,5/4	Bl sub ang	my d, my ad, my pl.
		30-54	60	15	FAo	5Y 2,5/1		2,5Y 6,5/4	Prismatica	my d, my ad, my pl.
		54-120	57	19	FAo	2,5Y 6,5/1		5Y 3/1	Masiva	my d, my ad, my pl.
Cuenca del Lago de Valencia	4 y 5	0-12	18	43	FA	10YR 2/2			Granular	f, ft, fri, ad lig pl.
		12-24	14	39	A	2,5Y5/2			Bl ang	med, d, my fri, lig pl.
		24-40	12	56	FAL	2,5Y 5/4			Bl ang	med, d, my fri, lig pl.
		40-53	12	75	FL	2,5Y 4/2		5YR 4/8	Bl ang	med, d, my fri, lig pl.
	6	53-70	7	65	FAL	2,5Y 7/4		7,5 YR 5/8	Bl ang	med, d, my fri, lig pl.
		70-92	21	47	FA	5Y 6/2		7,5YR 5/8	Bl ang	med, d, my fri, lig pl.
		0-20	56	26	Fa	10YR 3/2			Bla sub ang	fri, lig peg, lig pl.
		20-40	85	7	aF	2,5Y 5/4			Grano sudeto	my fri, no adh, no pl.
	7	40-100	30	41	FA	10YR 3/3			Blo ang	fri, adh, lig pl.
		100-130	29	40	FA	10YR 5/3			Blo ang	fri, adh, lig pl.
		0-18	53	21	FAo	10YR 6/2			Bl sub ang	d, fri, ad pl.
		18-32	42	23	FA	10YR 4/4			Bl sub ang	d, fri, ad, pl.
8	32-70	41	15	Fa	10YR 4/4			Bl sub ang	d, fri, my ad, my pl.	
	70 - +	-	-	A	7,5YR 5/4			Bl sub ang	d, fri, my ad, my pl.	
	0-25	40	40	F	7,5YR 3/2			Granular	fri, lig pl.	
	25-55	33	40	F	2,5Y 5/2		5YR 3/4	Masiva	pl, lig adh.	
Llanos centrales	8	55-150	30	37	FA	2,5YR 3/6		5YR 3/4	Masiva	lig adh, pl.

A : arcillosa a : arenoso F : franco L : limoso Bl : blocaje ang : angular Bla : blanda d : débil f : fina med : media  
 ft : fuerte fri : friable ad : adherente pl : plastica my : muy lig : ligeramente.

CUADRO 3 - Análisis con fines de fertilidad y valores de macro micro y porosidad total determinados en las muestras de suelo.

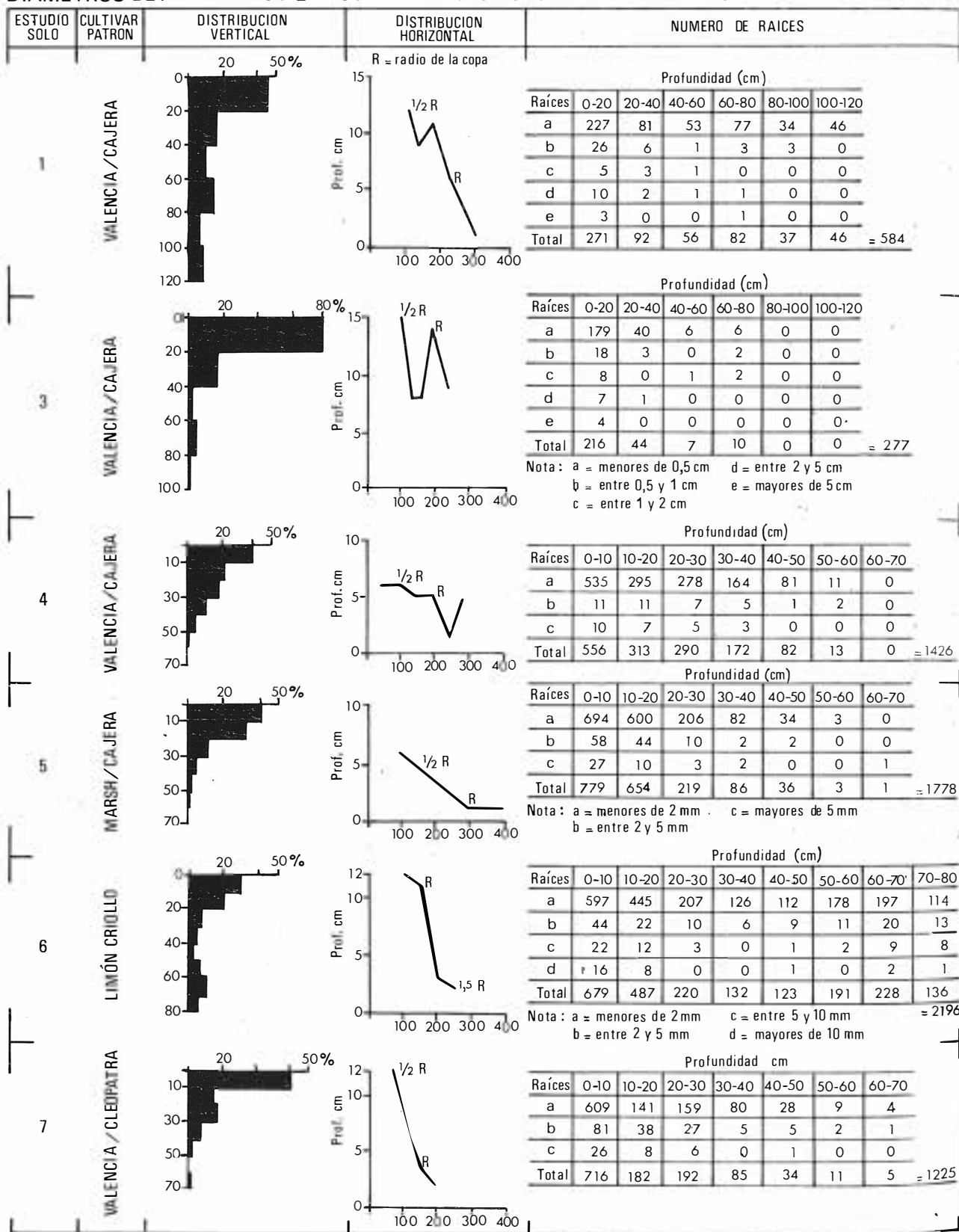
Region	N° de estudio	Profundidad (cm.)	Textura	pH	Fósforo ppm	Potasio ppm	Calcio ppm	Materia orgánica	Porosidad		
									macro	micro	total
Valles altos de Carabobo	1	0-20	Fa	7,3	154	256	1160	4,86	7	38	45
		20-35	Fa	7,4	10	60	580	1,48	6	36	42
		35-86	Fa	7,3	4	36	280	0,21	5	39	44
		86-135	Fa	7,0	5	28	300	0,46	6	37	43
	2	0-20	F	6,7	184	920	960	4,96	8	45	53
		20-36	Fa	6,7	18	132	360	0,75	7	41	48
		36-96	F	6,7	14	128	380	0,94	6	47	43
		96-120	Fa	5,6	10	132	280	1,62	6	35	41
	3	0-12	F	7,0	55	244	580	4,05	6	42	48
		12-30	FA	6,7	3	52	280	1,48	3	32	35
		30-54	FAa	6,7	1	36	200	0,92	2	30	32
		54-120	FAa	7,0	1	32	180	0,40	-	-	-
Cuenca del Lago de Valencia	4 y 5	0-12	FA	6,3	14	76	+1500	7,2	11	63	74
		12-24	A	6,5	36	44	960	7,02	10	72	82
	24-40	FAL	7,5	21	24	+1500	4,03	9	73	82	
	40-53	FL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	53-70	FAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	70-92	FA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0-20	Fa	6,5	16	76	560	1,89	12	30	42	
	20-40	aF	5,7	10	52	160	1,78	Sin estructura	Sin estructura	Sin estructura	
	40-100	FA	6,5	16	76	560	1,89	8	27	35	
	100-130	FA	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	0-18	FAo	5,4	83	96	100	3,51	8	40	48	
	18-32	FA	5,0	9	80	25	2,43	5	35	40	
	32-70	A	5,2	2	84	12	1,35	3	35	40	
	70 - +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Llanos Centrales	8	0-25	F	6,3	10	48	480	1,99	4	41	45
		25-55	F	6,1	11*	32	340	1,13	6	36	42
		55-150	FA	6,1	1	36	520	0,70	3	38	41

Fósforo y potasio extraídos con NaHCO<sub>3</sub> 0,5 pH 8,5. Relacion Suelo : Extractora 1:20

Calcio extraído con CH<sub>3</sub>COONa 0,125 M pH 4,2. Relacion Suelo : Extractora 1:20.

Materia Organica determinada por combustion humeda Walkleys Black.

Gráfico 1 • DISTRIBUCION VERTICAL, HORIZONTAL Y NUMERO DE RAICES EN FUNCION A SUS DIAMETROS DETERMINADOS EN LOS DIFERENTES ESTUDIOS REALIZADOS.



DISTRIBUCION DEL SISTEMA RADICAL DE LAS CITRICAS EN LOS VALLES ALTOS DE CARABOBO.

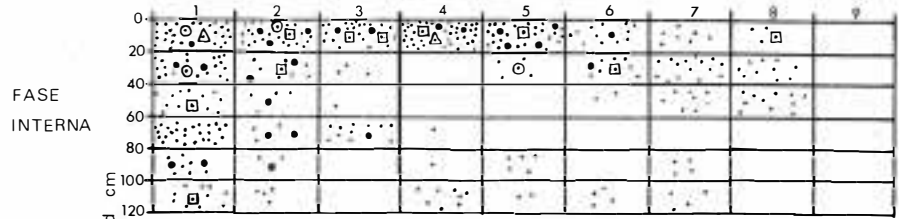


Figura 1 • ALTA PRODUCCION

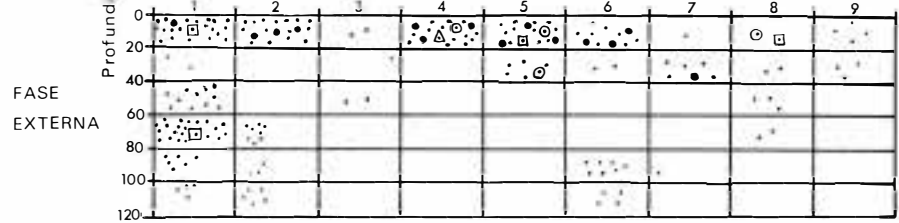


Figura 2 • MEDIANA PRODUCCION

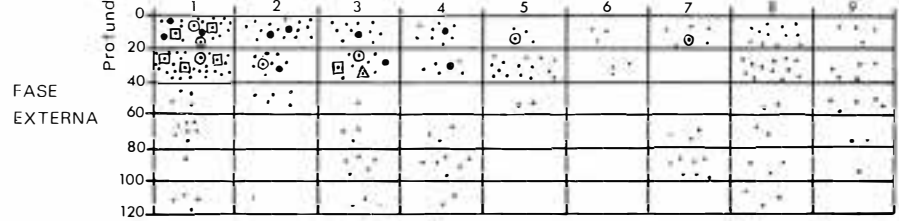
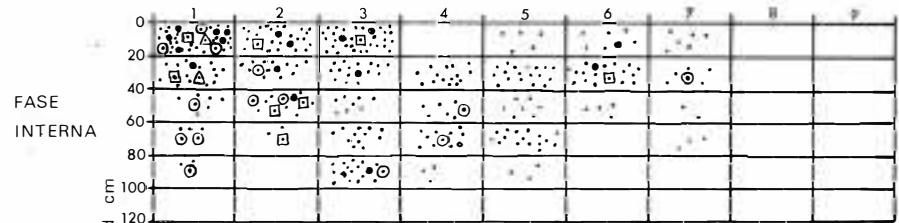
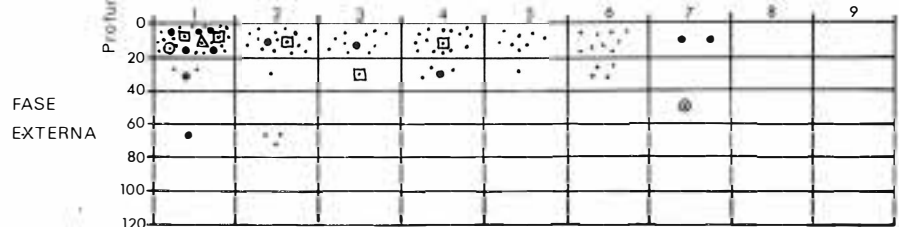
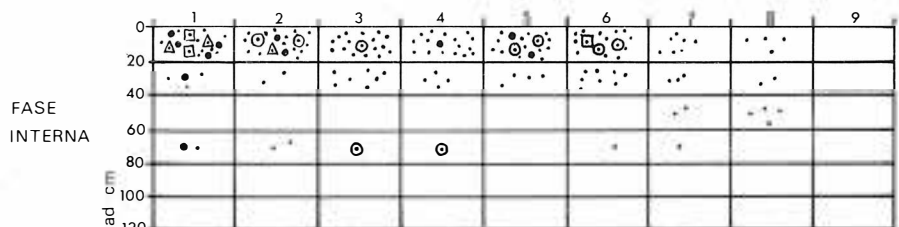


Figura 3 • BAJA PRODUCCION



• < 0,5 cm    ● 0,5-1 cm    ⊙ 1-2 cm    ◻ 2-5 cm    △ > 5 cm

del perfil del suelo estando sus raíces limitadas a los primeros centímetros del suelo. Las características de los suelos descritas (Cuadro 2, Estudio 3), muestran una secuencia textural de franco en los primeros 12 cm. de profundidad, seguida de horizontes franco-arcilloso y franco-arcillo-arenoso, con la presencia de abundantes moteados y una estructura prismática a masiva a partir de los 30 cms de profundidad. Los valores de macroporosidad (Cuadro 3, Estudio 3), variaron de 6% en los primeros 12 cm. de profundidad a valores de 3% y 2% para los subsiguientes horizontes de suelo muestreados. Ambos factores, mal drenaje y horizontes compactados, limitan la penetración de las raíces.

Un análisis de la densidad de las raíces, en función de las distancias laterales al tronco de las plantas, nos muestran que existen diferencias significativas (Cuadro 4) en cuanto a suelos y distancias alcanzadas por las mismas. Las plantas de alta y mediana producción, presentan una mayor densidad, en relación a las plantas de baja producción. Entre las plantas de alta y mediana producción, la segunda se caracteriza por una mayor densidad, hechos estos atribuibles a la falta de riego en las épocas secas, lo cual la obliga a un mayor desarrollo del sistema, a objeto de hacer una mayor exploración del espacio radical a disposición y satisfacer así, sus necesidades hídricas.

En el Gráfico 1, se muestra la distribución vertical y horizontal de los sistemas radicales de las plantas en los Estudios 1 y 3, así como el número de raíces determinado en cada caso.

- Areas planas circundantes al Lago de Valencia. Estudios 4, 5, 6 y 7. (6, 7, 8).

Se realizaron tres estudios, naranja 'Valencia' y grapefruit 'Marsh' ambos sobre patrón 'Cajera' en suelos originados por restos de plantas acuáticas descompuestas, con capas irregulares de conchas de caracol y que formaban el

fondo del Lago de Valencia (6). En naranja 'Valencia' injertado sobre patrón 'Cleopatra' (*Citrus reshni*, HORT ex TAN) en suelos con predominancia de textura fina y en Limón Criollo (*Citrus aurantifolia* SWIN.) a pie franco, en suelos de origen coluvio-aluvial. Las características de las plantas muestreadas, se describen en el Cuadro 1 y el método de estudio del sistema radical empleado fue el de la Trinchera en espiral.

Los resultados obtenidos de la distribución del sistema radical en suelos del antiguo fondo de la Laguna se muestran en las Figuras 4 y 5 y en el Gráfico 1 en forma resumida, el número de raíces determinado en los diferentes grupos establecidos de acuerdo a su diámetro.

En líneas generales, la distribución del sistema en ambas especies, difieren muy poco, y sus raíces están localizadas fundamentalmente en los primeros 40 cm. de profundidad del suelo. Muy pocas raíces superan esta distancia y a los 70 cm. prácticamente están ausentes. Sin embargo, el número total de raíces determinado, las cuales fueron para el naranjo y grapefruit, respectivamente de 1426 y 1778, en comparación a otros estudios (5) bajo condiciones de suelo con mayor profundidad efectiva, son extremadamente elevados; lo cual sugiere una intensa utilización de los volúmenes de suelo a disposición. A los 30 cm. de profundidad para ambos casos, se sitúa, más del 80% de todo el sistema radical de las plantas.

La disposición en el sentido horizontal o distribución centrífuga del sistema (Gráfico 1, Estudios 4 y 5) indica que la mayor concentración de raíces, se localiza a la mitad del radio de la copa de los árboles, disminuyendo paulatinamente a partir de esta distancia. Al nivel de la proyección de la copa de las plantas y en las zonas circunvecinas a la misma, fueron observados incrementos en la concentración de las raíces, siendo estos más acentuado en el caso del naranjo que el grapefruit. Ello se explica, por los volúmenes de suelo y espacios radicales a disposición de

CUADRO 4 - Densidad de las raíces en función de la distancia al tronco (densidad radical/m<sup>2</sup>)

Distancia del tronco	Estudios N°			Total	$\bar{X}$
	1	2	3		
a	1,60	1,15	0,32	3,08	1,02
b	1,06	1,03	0,45	2,54	0,84
c	0,61	0,98	0,38	1,97	0,65
d	0,53	0,55	0,28	1,36	0,45
e	0,50	0,61	0,66	1,77	0,59
f	0,43	0,41	0,31	1,15	0,38
g	0,50	0,18	0,21	0,89	0,29
h	0,38	0,40	0,20	0,98	0,32
i	0,15	0,85	0,03	1,03	0,34
Total	5,76	6,16	2,85	14,77	4,92

m.d.s. = 0,35



Figura 4 • DISTRIBUCION SISTEMA RADICAL. GRAPEFRUIT MARSH / CAJERA. CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA.

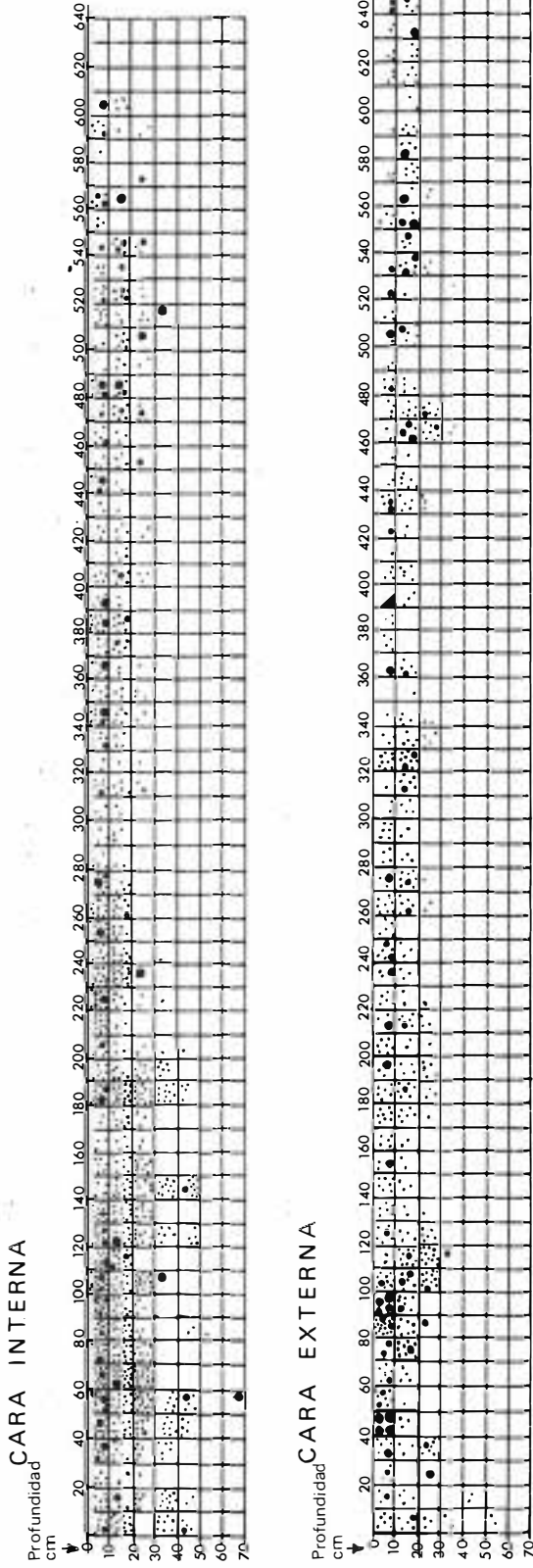


Figura 5 • DISTRIBUCION SISTEMA RADICAL. VALENCIA / CAJERA. CUENCA DEL LAGO DE VALENCIA.

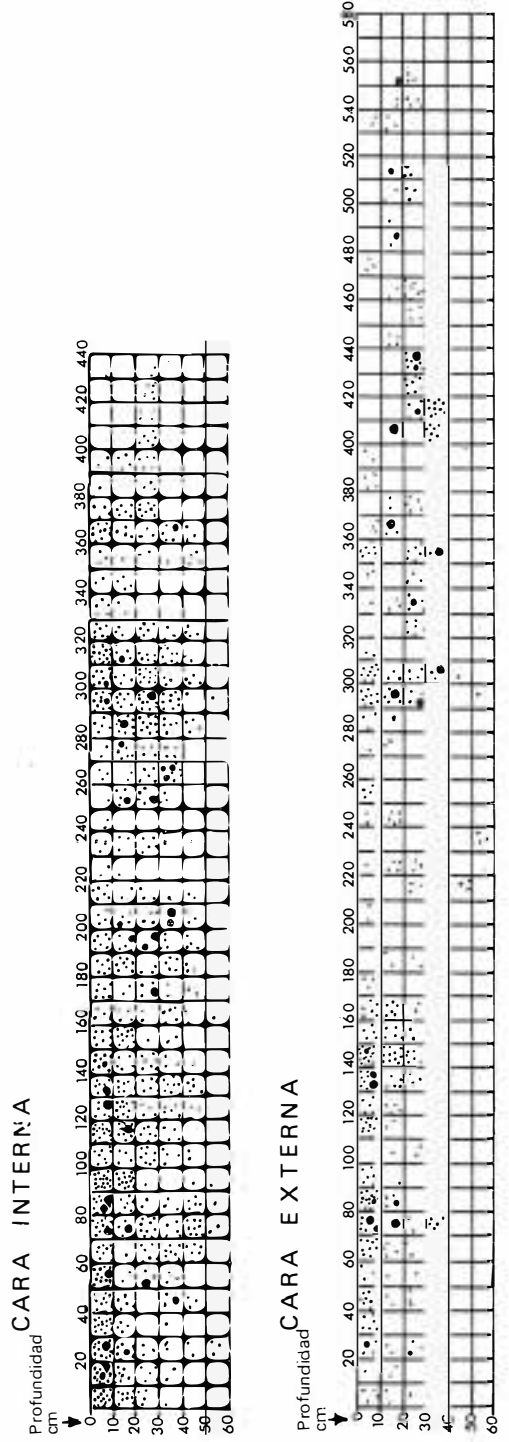


Figura 6 • DISTRIBUCION DEL SISTEMA RADICAL LIMON CRIOLLO (CITRUS AURANTIFOLIA) A PIE FRANCO, EN SUELOS DE ORIGEN COLUVIO-ALLUVIAL, CUENCA DEL LAGO VALENCIA.

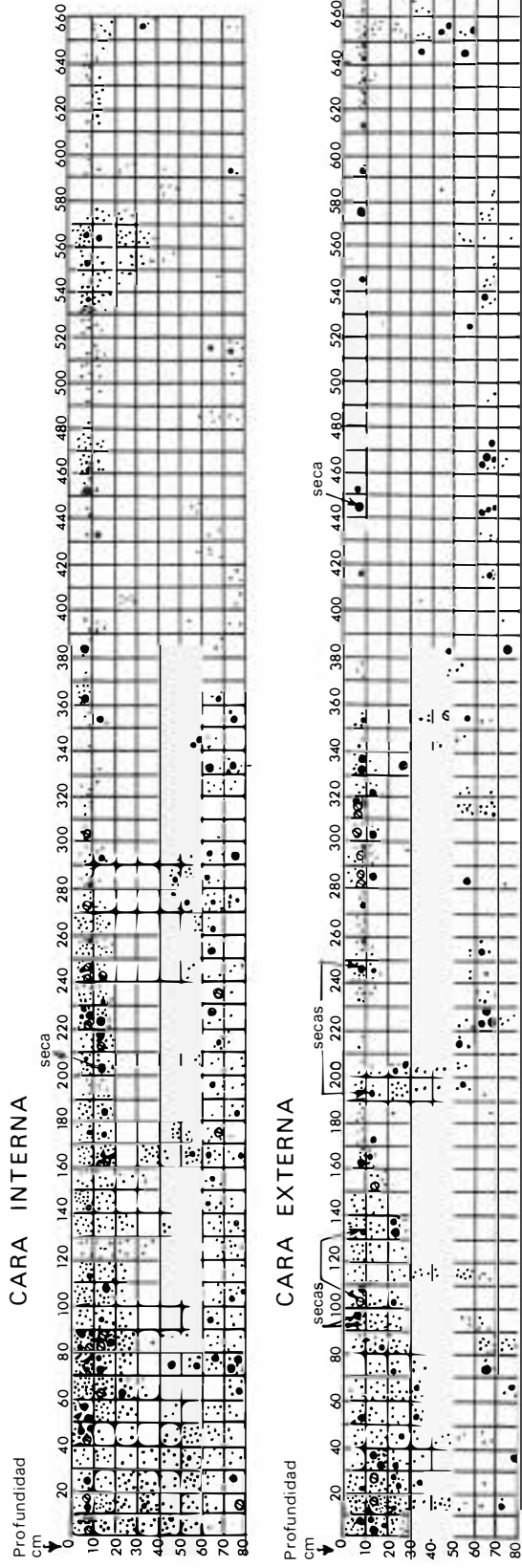
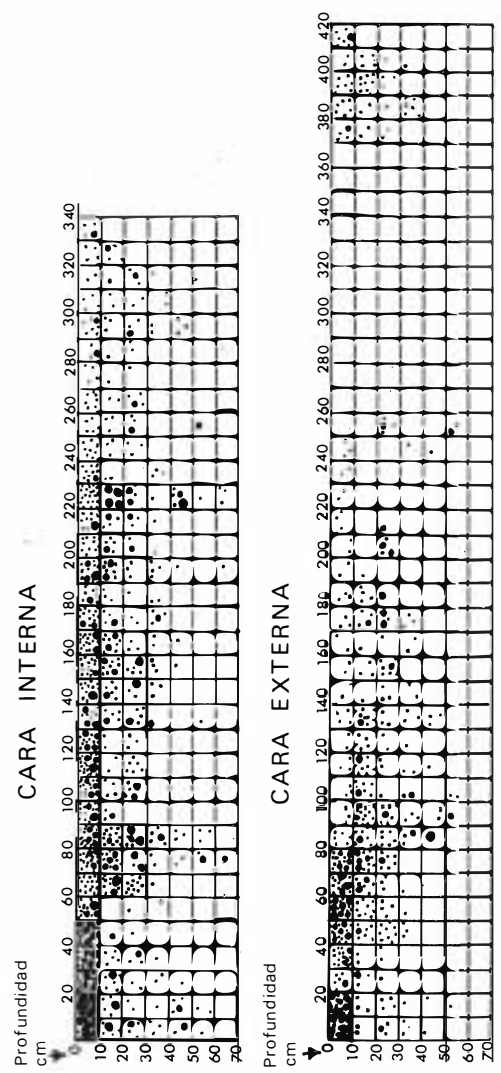


Figura 7 • DISTRIBUCION DEL SISTEMA RADICAL NARANJA VALENCIA / CLEOPATRA, EN SUELOS DE TEXTURA FINA, CUENCA DEL LAGO VALENCIA.



• menores de 2 mm    • Entre 2 y 10 mm    • Mayores de 10 mm

cada uno de ellos. Tomando como límite la proyección de las copas de las plantas (Cuadro 1) y la profundidad de 40 cm. hasta donde llegan a penetrar ambos sistemas, el naranjo dispone de 5,02 m<sup>3</sup> y el grapefruit de 11,30 m<sup>3</sup> de volumen de suelo para su desarrollo; por ello, el naranjo compensa su escaso espacio radical interno expandiendo su sistema con mayor intensidad hacia las áreas circunvecinas a la copa.

En la descripción de los suelos (Cuadro 2, Estudios 4 y 5) se puede apreciar, que a partir de los 24 cm. de profundidad, se presentan moteados rojos-amarillentos, frecuentes y definidos, que evidencian condiciones de mal drenaje. Los suelos se caracterizan además, por ser extremadamente calcáreos (Cuadro 3) elevándose el pH a medida que aumenta su profundidad. Las condiciones físico-químicas de los suelos impiden la penetración de las raíces.

En suelos de origen coluvio-aluvial que se han desarrollado sobre un sustrato de arena y granzón, se estudió el sistema radical del 'Limón Criollo' (*C. aurantifolia* SWIN) cuyas características de la planta y de los suelos se describen en los Cuadros 1, 2 y 3. El método de estudio fue el de la Trinchera en espiral.

Los resultados de la distribución radical, se muestran en la Figura 6 y Gráfico 1, observándose que el sistema está localizado en los primeros 30 cm. de profundidad del suelo, situándose en esta zona más del 60% del total de raíces. A partir de esta profundidad el número de raíces se reduce, alcanzando entre los 30 y 50 cm., valores comprendidos entre un 4% y 5% y después de los 50 cm., se aprecia un incremento de su número. En relación a su distribución horizontal, el sistema se localiza alrededor de la mitad del radio de la copa de la planta o muy cerca de él. El número de raíces situado al nivel de la proyección de la copa y fuera de ella, es elevado, en comparación con los patrones de distribución radical observados en otros frutales perennes (2, 3, 4), sin embargo dicha distribución es similar a los establecidos en suelos con limitaciones de orden físico (5).

La descripción morfológica del perfil de los suelos (Cuadro 2, Estudio 6) muestra que la secuencia textural es franco-arenoso, areno-francoso y franco-arcilloso, presentando variaciones del sustrato arenoso, a veces bastante superficial. En el horizonte de textura areno-francoso, donde

la fracción arena representa el 85%, con predominio de la arena gruesa y sin estructura, la presencia de raíces es muy escasa, actuando como impedimento físico a la penetración de las mismas. Las raíces presentes en las capas más profundas y situadas por debajo de la capa de arena, se explica por el sistema de plantación realizado, el cual consiste en la apertura de hoyos de más de 60 cm de profundidad.

En suelos con predominancia de textura fina, se estudió el sistema radical de la naranja 'Valencia' injertada sobre el patrón 'Cleopatra', cuyas características de la planta y de los suelos se describen en los Cuadros 1, 2 y 3. La distribución de las raíces se muestra en la Figura 7, y en el Gráfico 1 en forma resumida el número de raíces, considerando sus diámetros.

El sistema es muy superficial, situándose en los primeros 10 cm. de profundidad, el 58% del total de las raíces y en los 30 cm del suelo el 89% de todo el sistema. La secuencia textural (Cuadro 2, Estudio 7) es franco-arcillo-arenoso sobre franco-arcilloso, presentando este último horizonte un elevado grado de estructuración, evidenciada a través de los valores de macroporosidad determinados (Cuadro 3, Estudio 7). Después de 20 cm. de profundidad, los valores de macroporosidad fueron de 5% y 3%, indicando un elevado grado de compactación de los suelos, que aunado a los altos contenidos de la fracción arcilla (35% y 44%) actúan como implementos a la penetración de las raíces. Vale destacar, que FORD (24) señala, que el patrón 'Cleopatra' se adapta mejor a suelos de textura fina, que a los suelos de textura arenosa y profundos.

En relación a la distribución horizontal del sistema, además de estar localizado en los primeros centímetros de profundidad del suelo, está ubicado alrededor del tronco de la planta y la mitad del radio de la copa.

#### ● Llanos de Calabozo. Estudio 8 (9).

Se realizó el estudio del sistema radical del grapefruit 'Marsh' injertado sobre el patrón Cajera en suelos clasificados como Udic Paleustalf (39) cuyas características de la planta y suelos muestreados se presentan en los Cuadros 1, 2 y 3. El método de estudio del sistema fue el de la Trinchera (29) cuyos resultados en forma gráfica se presentan en la Figura 8 y Cuadro 5.

CUADRO 5 - Análisis foliar de naranjo 'Valencia' de tres niveles de producción, Valles altos de Carabobo.

Muestra de planta	Contenido de elementos expresados en %			
	P	K	Ca	Mg
Alta producción	0,20	1,52	1,19	0,25
Mediana producción	0,11	0,92	1,03	0,26
Baja producción	0,03	0,28	0,56	0,25

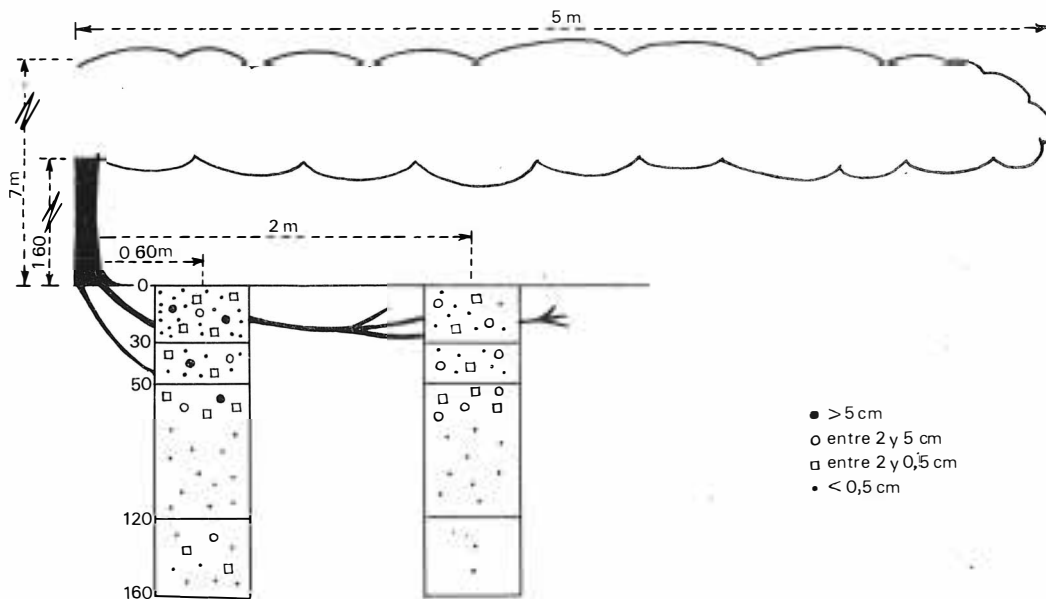


Figura 8 • DISTRIBUCION RADICULAR DE UN GRAPEFRUIT VARIEDAD FOSTER CULTIVADO EN SUELOS DE LA SERIE CACHIMBO (Udic Paleustalf) DE LOS LLANOS CENTRALES DE VENEZUELA (AVILAN et al, 1979).

La mayor concentración de raíces se observó en el perfil de muestreo, situado a los 60 cm. lateralmente del tallo y ubicándose las mismas verticalmente en los primeros 50 cm. de profundidad (Cuadro 5). En la descripción de los suelos (Cuadro 2, Estudio 8), se destaca la ocurrencia de un acentuado proceso de gleyzación, que pone en evidencia, la presencia de un nivel freático fluctuante o permanente.

Los valores de macroporosidad determinados (Cuadro 3, Estudio 8) presentan valores de 3% entre los 40 y 110 cm. de profundidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes situaciones de suelo estudiadas, se pone en evidencia, que las características físicas de los suelos, juegan papel relevante en la distribución del sistema radical de cítricas. La presencia de una mesa de agua alta y/u horizontes compactados, no solamente limitan la penetración de las raíces, sino que inducen a cambios en la conformación y disposición del sistema. En suelos de escasa profundidad efectiva, el patrón de distribución del sistema radical es más horizontal que vertical y el número de raíces tiende a ser mayor.

En suelos profundos, la mayor concentración de raíces en el sentido lateral, se sitúa alrededor de la mitad del radio de la copa de las plantas, presentando a nivel de la proyección de la misma, muy escasas raíces. En contraposición en suelos superficiales, al nivel de la proyección de la copa de los árboles y en áreas circunvecinas a la misma, la concentración de raíces es elevada. Este hecho es importante destacar, por su relación en cuanto al manejo de la

fertilización (localización del mismo) y el control de malezas; mediante el uso de maquinarias (rastras) y/u herbicidas.

Los valores de macroporosidad ponen en evidencia, que cuando son inferiores al 5%, la penetración de las raíces es nula o muy limitada, lo cual indica que la utilización de este parámetro puede ser de gran ayuda para el establecimiento de la profundidad efectiva de los suelos y por ende los patrones teóricos de distribución del sistema radical de las plantas.

En relación a la textura y su secuencia en el perfil del suelo, ambas tienen marcada influencia sobre el patrón de distribución de las raíces. En suelos con alto contenido de arcilla (mayor al 30%) o arena gruesa (más del 80%) constituyen factores limitantes a la penetración de las raíces.

#### Estado nutricional y nivel de producción de las plantas.

La existencia de una relación entre el tamaño, rendimiento, estado nutricional y el volumen de suelo explorado por el sistema radical de las plantas, señalada por varios investigadores (14, 15, 17, 25, 27, 29, 31 36) es confirmada por los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Los análisis químicos de muestras foliares provenientes de las plantas donde se realizaron los estudios del sistema radical de los Valles altos de Carabobo (5) con niveles de producción alto, medio y bajo, muestran diferencias apreciables en los elementos determinados, a pesar del similar

CUADRO 6 - Distribucion radicular de un grapefruit variedad Foster ubicado en un suelo de la serie Cachimbo (Udic paleustalf). Resultados expresados en diametro radicular (cm.), numero de raices y por ciento por cada uno de los horizontes descritos.

Profundidad (cm)	Distancia lateral															
	0,60 m								2 m							
	Diametro radicular (cm)								Diametro radicular (cm)							
	> 5		5 a 2		2 a 0,5		< 0,5		> 5		5 a 2		2 a 0,5		< 0,5	
N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
0-30	3	60	1	20	8	40	160	55,1	0	-	3	30	4	36,3	57	39,1
30-50	1	20	2	40	4	20	40	13,7	0	-	3	30	2	18,2	20	20,6
50-120	1	20	1	20	4	20	60	20,6	0	-	4	60	5	45,4	34	35,0
120-160	0	-	1	20	4	20	30	10,3	0	-	0	-	0	-	6	6,2
N° total de raices	5	-	9	-	20	-	290	-	0	-	10	-	11	-	97	-

plan de fertilización a la cual están sometidos. Los análisis de suelo (Cuadro 3, Estudio 1, 2 y 3) muestran que los niveles de fertilidad son elevados en relación a los elementos fósforo, potasio y calcio, mientras en contraposición los contenidos en las hojas (Cuadro 6), varían grandemente de una situación de suelo estudiada a otra.

Ello pone en evidencia, que cuando las condiciones físicas del suelo son adversas al desarrollo radical, los niveles nutricionales poco adecuados presentes en las plantas y en muchos casos acompañados de síntomas visuales de estados carenciales que corresponden a una mala nutrición, son consecuencia de una inadecuada explotación de las reservas del suelo y no a su insuficiencia. La absorción, se efectúa principalmente, por la interacción raíz-partículas del suelo (en especial lo referente a los elementos fósforo y potasio), lo que supone una buena exploración del suelo por las raíces (14, 15).

El desarrollo de la parte aérea de las plantas (Cuadro 1, Estudios 1, 2 y 3) muestra que las localizadas en suelos de mayor profundidad efectiva tienen un mayor tamaño y por ende una mayor superficie lateral de producción (1). La planta localizada en los suelos superficiales o de poca profundidad efectiva, presentan una superficie lateral de producción cercana al 50% de las anteriores.

Similares consideraciones pueden hacerse en el resto de

los estudios presentados, tomando como base los rendimientos considerados como óptimos para las diferentes edades de las plantas y el tamaño o superficie de producción de las mismas.

#### CONCLUSIONES.

Las características físicas y químicas, así como el manejo de los suelos, influyen acentuadamente sobre la distribución horizontal y vertical del sistema radical.

La textura y su secuencia en el perfil del suelo, juegan papel relevante en la distribución del sistema radical. Capas de suelo con un contenido superior al 30% de arcilla, restringen la penetración de las raíces.

A valores de macroporosidad inferiores al 5%, no se observó y/o fue muy escasa la penetración de las raíces.

La mayor concentración de las raíces en el sentido lateral, se sitúa en la mitad del radio de la copa de las plantas, a exposición de los suelos muy superficiales, donde a nivel de la proyección de la copa su concentración es un tanto elevada.

Existe una estrecha relación entre el tamaño, rendimiento, estado nutricional y el volumen de suelo explorado por el sistema radical.

#### BIBLIOGRAFIA

- AVILAN (L.).  
El índice de fructificación en frutales perennes.  
*Agron. Trop.* (Maracay) 30 (1-6), 147-157, 1980.
- AVILAN (L.), MENESES (L.), SUCRE (R.) y FIGUEROA (M.).  
Distribución del sistema radical del níspero (*Achras sapota* L.).  
*Agron. Trop.* (Maracay), 31 (1-6), 247-256, 1981.
- AVILAN (L.), MENESES (L.), SUCRE (R.) y FIGUEROA (M.).  
Efecto de las propiedades físicas de un suelo del Orden Entisol sobre la distribución radical del Aguacate (*Persea americana* MILL.).  
*Agron. Trop.*, (Maracay) 29 (2), 115-126, 1979.
- AVILAN (L.) y MENESES (L.).  
Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución de las raíces del Mango (*Mangifera indica* L.).  
*Turrialba*, 29 (2), 117-122, 1979.
- AVILAN (L.), MENESES (L.), SUCRE (R.), PEREZ (O.) y VELARDE (C.).  
Efecto de algunas propiedades físicas del suelo sobre la distribución radical y la producción en cítricos.  
*Agron. Trop.* (Maracay), 29 (5), 413-427, 1979.

6. AVILAN (L.), LEAL (F.) y MENESES (L.).  
Distribución del sistema radical de la naranja dulce (*Citrus sinensis*) y Toronja (*C. paradisi*) sobre patrón naranja agria (*C. aurantium*) en suelos calcáreos de la Hoya del Lago de Valencia.  
En resúmenes: *XXX Congreso de la Sociedad Americana de Ciencias Hortícolas, Región Tropical, Caracas, 1982.*
7. AVILAN (L.).  
Comportamiento del sistema radical del patrón Cleopatra injertado con naranja 'Valencia' en suelos de textura fina.  
*Agron. Trop.*, (Maracay), 1982. En prensa.
8. AVILAN (L.), GARCIA (Ma. L.), LEAL (F.) y SUCRE (R.).  
Estudios del sistema radical del Limón Criollo (*Citrus aurantifolia* SWIN.) en un suelo de origen aluvial.  
*Rev. Fac. Agron. (Maracay)*, 1983 (en prensa).
9. AVILAN (L.), MENESES (L.) y GUADARRAMA (A.).  
Estudio de los sistemas radicales del Mango (*Mangifera indica* L.) y el Grapefruit (*Citrus paradisi* Mc FANDYEN) cultivados en suelos de los Llanos Centrales de Venezuela.  
*Agron. Trop.* (Maracay), 29 (2), 173-183. 1979.
10. AVILAN (L.), LEAL (F.), GARCIA (Ma. L.), CIURANA (J.) y RODRIGUEZ (P.).  
Sistemas de plantación de las naranjas dulces (*Citrus sinensis*) en Venezuela.  
*Agron. Trop.* (Maracay), 1983.
11. AYALA (H.).  
Resultados de un ensayo de fertilización en naranja California durante cuatro años.  
En *IX Jornadas Agronómicas, Maracay, Sociedad Venezolana de Ingenieros Agrónomos*, 1977, 11 p.
12. BASCONES (L.), CARVALLO (J.) y ARA (E.).  
Estado nutricional de las plantaciones de cítricas en los Valles Altos de Carabobo y Yaracuy.  
En: *II Seminario Nacional de Fruticultura, Caracas, Fondo de Desarrollo Frutícola*, Tomo I, 177-185, 1973.
13. BECERRA (S.).  
Distribución de raíces en árboles de Limón Mexicano (*Citrus aurantifolia* SWINGLE).  
En Resúmenes, *XXVII Congreso anual de la Sociedad Americana de Ciencias Hortícolas, Región Tropical*, 1979.
14. BLANCHET (R.).  
Quelques aspects récents des études relatives à l'alimentation minérale des plantes dans le sol.  
*Science du Sol*, 2, 109-119, 1974.
15. BLANCHET (R.), MAERTENS (C.) et BOSC (M.).  
Principaux facteurs agronomiques déterminant l'absorption des éléments nutritifs par les racines.  
*Science du Sol*, 2, 69-80, 1974.
16. CAHOON (G.), HUBERTY (M.) and GARBER (M.).  
Irrigation frequency effects on citrus root, distribution and density.  
*Amer. Soc. Hort. Sci.*, 77, 167-172, 1961.
17. CASTLE (W.).  
Citrus root systems: their structure, function growth, and relationship to tree performance.  
*Proc. Int. Soc. Citriculture*, 1978, p. 62-69.
18. CASTLE (W.) and PHILLIPS (R.).  
Performance of 'Marsh' grapefruit and 'Valencia' orange tree on eighteen rootstocks in a closely spaced planting.  
*J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 105 (4), 496-499. 1980.
19. CASTLE (W.).  
Fibrous root distribution of 'Pineapple' orange trees on Rough Lemon rootstock at three tree spacing.  
*J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 105 (3), 478-480, 1980.
20. CHIRINOS (A.).  
Análisis rápidos de suelo con fines de fertilidad.  
En *Curso de análisis químicos de suelo, Maracay, Sociedad Venezolana de Ciencia del Suelo*, 1972, 43 p.
21. DIAZ (H.).  
La tristeza de los cítricos.  
*Ingeniería Agronómica (Caracas)*, 3, 26-27, 1960.
22. EWEL (J.) y MADRIZ (A.).  
Zonas de vida de Venezuela.  
*Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría, Editorial Sucre*, 1968, 265 p.
23. FORD (F.).  
Root distribution in relation to the water table.  
*Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 67, 30-33. 1954.
24. FORD (H.).  
Growth and root distribution of orange trees on two different rootstocks as influenced by depth to sub soil clay.  
*Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 74, 313-321, 1959.
25. FORD (H.).  
Eight years of root injury from water table fluctuation.  
*The Citrus Industry*, 54 (6), 10-16. 1973.
26. HAGIN (J.), LIFSHITZ (Z.) and MONSELISE (S.).  
The influence of soil aeration on the growth of citrus.  
*Israel J. Agric. Res.*, 15 (2), 59-64. 1965.
27. HARDY (F.).  
Root room.  
*Trop. Agric. (Trinidad)*, 51 (2), 272-278. 1974.
28. HUGUET (J.).  
Nouvelle méthode d'étude de l'enracinement des végétaux pérennes à partir d'une tranchée spirale.  
*Ann. Agron.*, 24 (6), 707-731. 1973.
29. KOLENSNIKOV (V.).  
The root systems of fruits plants.  
*Moscow, MIR.*, 1971, 269 p.
30. MAERTENS (G.).  
La résistance mécanique des sols à la pénétration. Ses facteurs et son influence sur l'enracinement.  
*Ann. Agron.*, 15 (5), 539-554. 1964.
31. MINESSY (F.), BARAKAT (M.) y EL-AZAB (E.).  
Effect of some soil properties on root and top growth and mineral content of Washington Navel orange and Balady Mandarin.  
*Plant and Soil*, 34 (1), 1-15, 1971.
32. MONTENEGRO (H.).  
Contribuição ao estudo do sistema radicular das plantas cítricas. Piracicaba, Brasil, Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' Tese, 1960, 143 p.
33. PINTO (R.) y LEAL (F.).  
Estado nutricional de algunos huertos de cítricas en los Valles Altos de Carabobo.  
*Rev. Fac. Agron. (Maracay)*, 8 (1), 71-88, 1974.
34. PLA SENTIS (I.).  
Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales.  
*Maracay, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela*. 1977. s.n.
35. SALIBE (A.).  
La citricultura Venezolana.  
*Cagua, Fundación Servicio para el Agricultor, FUSAGRI*, 1973, 30 p.
36. TROCME (S.) y GRASS (R.).  
Suelo y fertilización en fruticultura.  
*Madrid. Ediciones Mundi-Prensa*, 1966, 564 p.
37. VENEZUELA.  
Memoria y Cuenta del año 1981.  
*Caracas, Ministerio de Agricultura y Cría. División de Información*, 1982, s.n.
38. WEERT (R.) van der.  
Influence of mechanical forest clearing on soil conditions and the resulting effects on root growth.  
*Trop. Agric. (Trinidad)*, 51 (2), 331-352. 1974.
39. WESTIN (F.), AVILAN (J.), BUSTAMANTE (A.) and MARIÑO (M.).  
Characteristics of some Venezuelan soils.  
*Soil Science*, 105 (2), 92-102. 1968.
40. WIERSON (L.).  
The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots.  
*Plant and Soil*, 9 (1), 75-85. 1957.