

DISTRIBUCION DE LAS RAICES DEL COFFEA
ARABICA L. EN UN SUELO FRANCO-LIMOSO



P O R
FERNANDO SUAREZ DE CASTRO

VOL. 1

ENERO DE 1953

NUMERO 12

*FEDERACION NACIONAL DE
CAFETEROS DE COLOMBIA*

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE



Boletín Técnico

C H I N C H I N A

- C O L O M B I A

DISTRIBUCION DE LAS RAICES DEL
COFFEA ARABICA L. EN UN SUELO
FRANCO - LIMOSO

Por

FRNANDO SUAREZ DE CASTRO

Ingeniero Agrónomo

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE

CHINCHINA, ENERO DE 1953

Introducción.

La raíz es el lazo de unión entre las plantas y el suelo. Es el órgano con el cual los vegetales absorben del suelo agua y sustancias minerales, elementos que al combinarse con el anhídrido carbónico proveniente del aire, forman la materia prima de todo el tejido vegetal. Además sirve de soporte a la parte aérea de la planta.

Llama la atención que siendo tan importantes las funciones de este órgano, se hayan llevado a cabo tan escasas investigaciones sobre su morfología y distribución lo cual solo puede explicarse por las dificultades envueltas en esa clase de estudios.

Sin embargo, pocos conocimientos tan útiles y de tan amplia aplicación como el de la distribución de la parte subterránea de la planta en las diversas capas del suelo. Concretándonos al árbol de café, para no extendernos demasiado, vemos que tales datos son una invaluable guía en la ejecución eficiente de diversas prácticas culturales, en la selección de árboles de sombrero que no compitan con el café, en la aplicación de fertilizantes y en la construcción de estructuras mecánicas de defensa y restauración de suelos.

La División de Experimentación de la Campaña de Defensa y Restauración de Suelos (Federación Nal. de

Cafeteros de Colombia) está haciendo estudios de esta clase, teniendo en cuenta, principalmente, que en la actualidad se recomiendan y construyen en los cafetales, para defenderlos de la erosión, cajuelas de humificación, zanjas de meteorización y terrazas individuales, para cuya ejecución es necesario remover el suelo cercano a la planta. Siempre han existido divergencias sobre el valor real de estas estructuras y el daño que pueden ocasionar al árbol. La cuestión solo puede ser dilucidada sabiendo como están repartidas las raíces en el suelo para de tal manera determinar el daño que se ocasiona. Solo así, también, pueden estudiarse modificaciones a las estructuras que, sin disminuir su eficiencia, aseguren la mayor protección a la planta. Este conocimiento, por otra parte, capacita para seleccionar las plantas de cobertura, eficaces defensas contra la erosión, dentro de especies bien adaptadas que no compitan con el café.

La morfología del sistema radicular de una planta depende en primer lugar de su constitución genética. Las condiciones del medio en el cual vive o sea, textura del suelo, nutrientes y tal vez pendiente, ocasionan modificaciones en su desarrollo y por lo tanto es indudable que dos plantas genotípicamente idénticas pueden presentar diferencias notables en su sistema radicular si crecen en suelos diferentes. Por tal motivo en el proyecto original de inves-

tigación se contempla el examen del sistema radicular de árboles en los tipos de suelo más importantes de la zona cafetera y en tres pendientes diferentes.

Revisión de la literatura.

La distribución de las raíces del café en diversos suelos ha sido investigada por Nutman (6, 7, 8) + en el Africa Oriental Inglesa. Thomas (12) en Uganda, Africa, Franco e Inforzato (1) en el Brasil y Guiscafré Arrillaga y Gómez (2, 3, 4) en Puerto Rico.

El primero estudió las variedades Kent y Bourbon de la especie Arábica (árboles de 3 años de edad), encontrando pequeña o ninguna diferencia en sus sistemas radiculares. Usó los siguientes sistemas:

Cuando podía disponer de un abastecimiento de agua cercano (6,7) lavaba el suelo en capas, por medio de un fino chorro de agua a presión. En esa forma se exponían las raíces y se seguían hasta su terminación. Luego se sostenían en su posición original por medio de clavos largos de acero y al terminar de lavar cada sector seleccionado se colocaba una malla de alambre de 1 pie de separación entre hilos y se dibujaba a escala la parte correspondiente del sistema radicular. Cuando el agua era escasa verificaba la excavación a mano con ayuda de cinceles y martillos.

Luego utilizó otro método (8) consistente en excavar una zanja a lo largo de cada árbol y a 8 pulgadas del tronco. Colocaba sobre la pared vertical una malla de alambre como la descrita anteriormente y con una bomba a presión lavaba el suelo en bloques de 1 pie cúbico. Las raíces de cada bloque se recogían y se medía la longitud de las absorbentes. Los

(+) — Los números entre paréntesis corresponden a la bibliografía citada al final.

resultados los expresa en unidades de concentración, dando la longitud (en metros) de raíces absorbentes por pie cúbico de suelo.

Thomas (12) trabajó con café robusta (*Coffea canephora*), utilizando un método de muestreo con un barreno de 2 pulgadas de diámetro. El área transversal del barreno era de 10 centímetros cuadrados, y a cada profundidad tomaba 10 muestras.

Guiscafré Arrillaga y Gómez (2, 3, 4) en Puerto Rico, estudiaron plantas de *Coffea arabica* L., de 7 y 12 años de edad en diversos suelos arcillosos lavando, en bloques de 1 pie cúbico, todo el suelo del cubo en donde se distribuyen las raíces del cafeto (64 pies cuadrados de área y 48 pulgadas de profundidad). Los resultados los expresan en peso de raíces totales por capa de 12 pulgadas de espesor.

Franco e Inforzato (1), en el Brasil, utilizaron un método de estudio que, con algunas modificaciones, nosotros adoptamos y el cual se describirá detalladamente más adelante.

Condiciones generales de las plantas estudiadas.

a). Suelo. — Todos los cafetos crecieron en un suelo franco limoso, cuyo análisis físico y químico completo se da en los cuadros 1 y 2.

Este suelo pertenece a la serie 10 del reconocimiento que verifica el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en cooperación con la Federación Nacional de Cafeteros. Es la serie predominante en la región y la descripción completa de un perfil típico es la siguiente: (13).

“Consta de 3 capas así:

Capa Nº 1. — Espesor: 40 centímetros.

Color: marrón negro.

Textura: franco-limoso.

Estructura: Granular.

Consistencia: Casi suelta.

Retención de Humedad: buena.

Drenaje: regular.

Materia orgánica: abundante.

CUADRO Nº 1

Análisis físico-mecánico del suelo en donde crecieron los cafetos estudiados.

Localización del perfil: Hacienda Naranjal, lote La Floresta, a 100 metros de la carretera de entrada.

PROFUNDIDAD CMS.	ARENA	LIMO	ARCILLA %	TEXTURA
0— 20	44.2	49.4	6.4	Franco - limoso
20— 40	54.8	42.2	3.0	Franco - arenoso
40— 60	52.0	41.6	6.4	" "
60— 80	56.8	40.2	3.0	" "
80—100	57.4	39.4	3.2	" "
100—120	60.8	36.2	3.0	" "

CUADRO Nº 2

Análisis químico del suelo en donde crecieron los cafetos estudiados.

Capa Nº	Profundidad cns.	pH (1)	N. Orgánico % (2)	P. total % (3)	P. soluble % (4)	Capacidad total de cambio (5)	Bases de cambio (6)	Bases de cambio me/100 grs.			
								Ca	Mg	K	Mn
1	0— 40	5.6	0.42	0.020	Trazas	54.73	5.99	4.54	0.94	0.46	0.05
2	40— 70	5.6	0.21	0.003	Trazas	45.97	1.73	1.30	0.37	0.06	0.01
3	70—100	5.6	0.13	0.001	Trazas	28.78	1.88	1.47	0.31	0.10	Trazas

LOS RESULTADOS SE DAN SOBRE MUESTRA SECA A 105°C.

Métodos empleados: (1) Potenciómetro con electrodo de vidrio

(2) Kjeldahl

(3) Colorimétrico Jaramillo Madarriaga

(4) Colorimétrico de Bingham

(5) Suma de las bases totales de cambio y el hidrógeno de cambio

(6) Extracción con acetato de amonio

ANALISTAS: J. Parra

M. López

A. Rodríguez

Observaciones: abundancia de raíces y límites difusos.

Capa Nº 2. — Espesor: 30 centímetros.

Color: marrón-amarillento oscuro.

Textura: franco-limoso.

Estructura: Bloques medianos.

Consistencia: casi suelta.

Retención de humedad: buena.

Drenaje: Regular.

Materia orgánica: escasa.

Observaciones: abundancia de raíces y krotovinas. Esta capa es de transición y sus límites con la superior y la inferior son muy indefinidos.

Capa Nº 3. — Espesor: indefinido.

Color: marrón amarillento moderado.

Textura: franco-arenoso fino.

Estructura: bloques.

Retención de humedad: regular.

Observaciones: poca materia orgánica.

Posición fisiográfica: tierras de la dera (pendiente fuerte).

Topografía: ondulada 15 a 60%.

Material de origen: ceniza volcánica.

Temperatura media de la zona: 22°C.

Precipitación anual: 2500 mms.

Altura sobre el nivel del mar: 1380 mts.

b). **Topografía.** Los cafetos del grupo A crecieron en un terreno con 20% de pendiente; los del grupo B en 45% de pendiente y los del grupo C. en 60% de pendiente.

c). **Espesor del primer horizonte del suelo.**

Además, el espesor de la primera capa de suelo es diferente para los 3 grupos así:

Grupo.	Espesor Capa Nº 1
A	0.40 ms.
B	0.40 ms.
C	0.80 ms.

d). **Fertilidad del suelo.** La fertilidad de este suelo puede conside-

rarse baja. Es notable su deficiencia en fósforo (trazas de fósforo soluble en todas las capas). Por otra parte, la capa Nº 1 (capa superficial) contiene una cantidad mucho mayor de elementos nutritivos para las plantas que las capas inferiores. Esto puede comprobarse rápidamente examinando el gráfico Nº 1.

e) **Edad de los cafetos.** — La edad de las plantas estudiadas era aproximadamente de 20 años. La altura promedio fue de 166 centímetros para el grupo A; 163 centímetros para el grupo B. y 171 para el grupo C. El diámetro en la base del tronco fue de 7.7 centímetros, 7.5 centímetros y 9.3 centímetros, respectivamente, para cada grupo. El número de ramas primarias varió de 14 para el grupo A a 17 para el grupo B y 18 para el grupo C. En general puede afirmarse que presentaban un mejor crecimiento los cafetos del grupo C.

f). **Otras características de los cafetos estudiados.** — En el cuadro Nº 3 se dan las medidas completas de las plantas estudiadas y en la fotografía 1 se ve un cafeto típico de los estudiados.

g). **Sombrio y distancia de siembra.** — Las condiciones de sombrio eran uniformes. Estaba compuesto de una mezcla de guamos (Inga) y vainillos (Cassia sp). La distancia de siembra era de 3.0 metros y nunca se había aplicado a los cafetos ninguna clase de fertilizantes.

Las excavaciones necesarias se comenzaron en octubre de 1949 y se terminaron en agosto de 1950.

Método de estudio.

El método de estudio utilizado es el mismo, con algunas modificaciones, que usaron Franco e Inforzato (1). Se escogió, después de varios ensayos preliminares, porque reduce enormemente el trabajo sin que disminuya en forma apreciable la exactitud.

CUADRO N^o 3
Características de los árboles estudiados

Arbol No.	Edad aproximada Años	Altura cms.	No. de ramas primarias	Díámetro base del tronco C.M.T.S.A.	Distancia del tronco a la gotera cms.	ASPECTO GENERAL	FECHA	Pendiente del terreno
4	20	160	16	8.0	120	Normal. Descop.	Oct. 26 de 1949	20%
5	20	170	15	7.0	110	» »	Nov. 16 de 1949	20%
6	20	170	12	8.0	120	» »	Ene. 9 de 1950	20%
Promedios	20	166	14	7.7				20%
7	20	160	17	7.5	110	Normal. Descop.	Mar. 15 de 1950	40%
8	20	170	15	7.0	116	» »	Abr. 2 de 1950	40%
9	20	160	20	8.0	110	» »	Abr. 13 de 1950	40%
Promedios	20	163	17	7.5				40%
10	20	170	18	9.5	130	Normal. Descop.	Jun. 10 de 1950	60%
11	20	180	20	9.5	130	» »	Jul. 28 de 1950	60%
12	20	165	17	9.0	120	» »	Ago. de 1950	60%
Promedios	20	171	18	9.3				60%

a). **Forma de sacar los bloques de suelo.** — Una vez seleccionado el cafeto, medido y cortado, se abre a 15 centímetros del tronco y en dirección de la pendiente, una zanja de 1 metro de anchura y de longitud igual a la distancia entre plantas, que se profundiza un poco más que las raíces más profundas; la pared vertical cercana al tronco se pule cuidadosamente de manera que quede exactamente a 15 centímetros del centro del tronco. Después se comienzan a sacar bloques de 30 centímetros de anchura, 30 de longitud y 10 centímetros de profundidad (3 primeras capas), 20 centímetros de profundidad (4^a y 5^a capa) y 30 centímetros de profundidad (de la sexta capa en adelante). En esta forma para cada planta se obtienen de 77 a 88 bloques de suelo con un peso de más de una tone-

lada, que vienen a formar como un "perfil" de su sistema radicular.

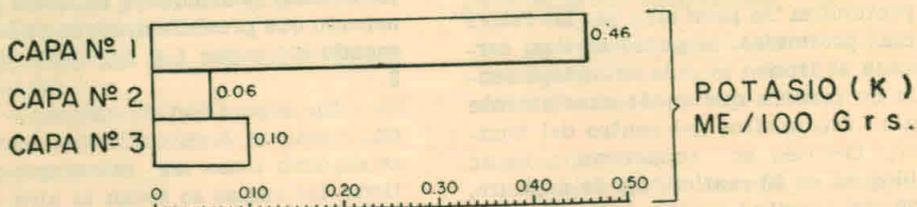
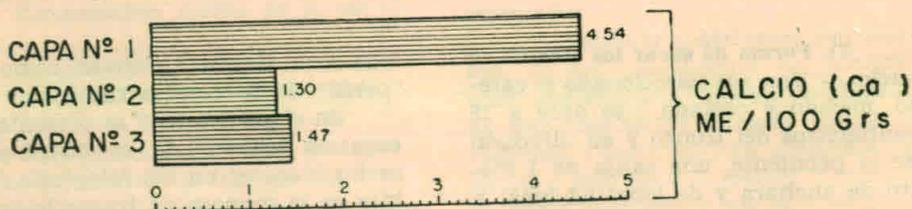
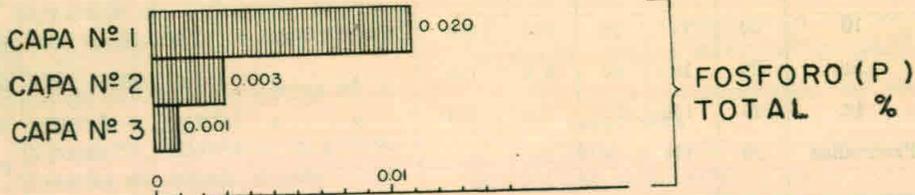
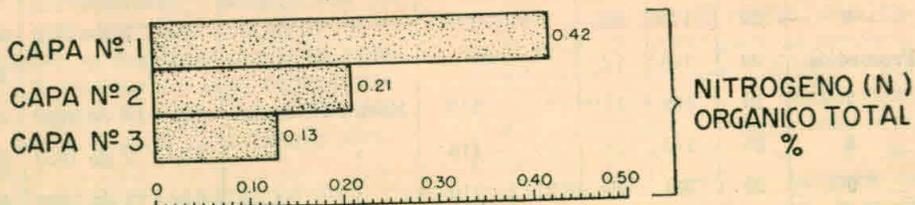
En el gráfico N^o 2 se presenta un esquema general de la distribución de los bloques; en las fotografías 2 y 3 se ve la manera de trazar la zanja para sacar los bloques de suelo y el aspecto que presenta después de haber sacado las capas 1 y 2 y parte de la 3.

b). **Separación de raíces.** — Cada bloque se lava cuidadosamente y se separan todas las raíces que contiene, las cuales se secan al aire. Como en el cafetal crecen árboles de varias especies es necesario luego separar las raíces del cafeto de las pertenecientes a otras plantas, especialmente plátano y guamo. Para esto se aprovechan las diferencias morfológicas existentes. Las raíces del plátano son mucho más carnosas,

— GRAFICO N° 1 —

CONTENIDO DE NUTRIENTES

de las diversas capas del suelo en donde
crecieron los cafetos estudiados —



FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS
Campana de Defensa y Restauracion de Suelos
DIVISION DE EXPERIMENTACION
Nov. de 1.950

Empres



FOTOGRAFIA No. 1.—Cafeto típico de los seleccionados para estudiar la distribución de sus raíces en las diversas capas del suelo.

blandas y de color blancuzco; las de guamo son rosadas, poco resistentes a la tracción y de corteza gruesa.

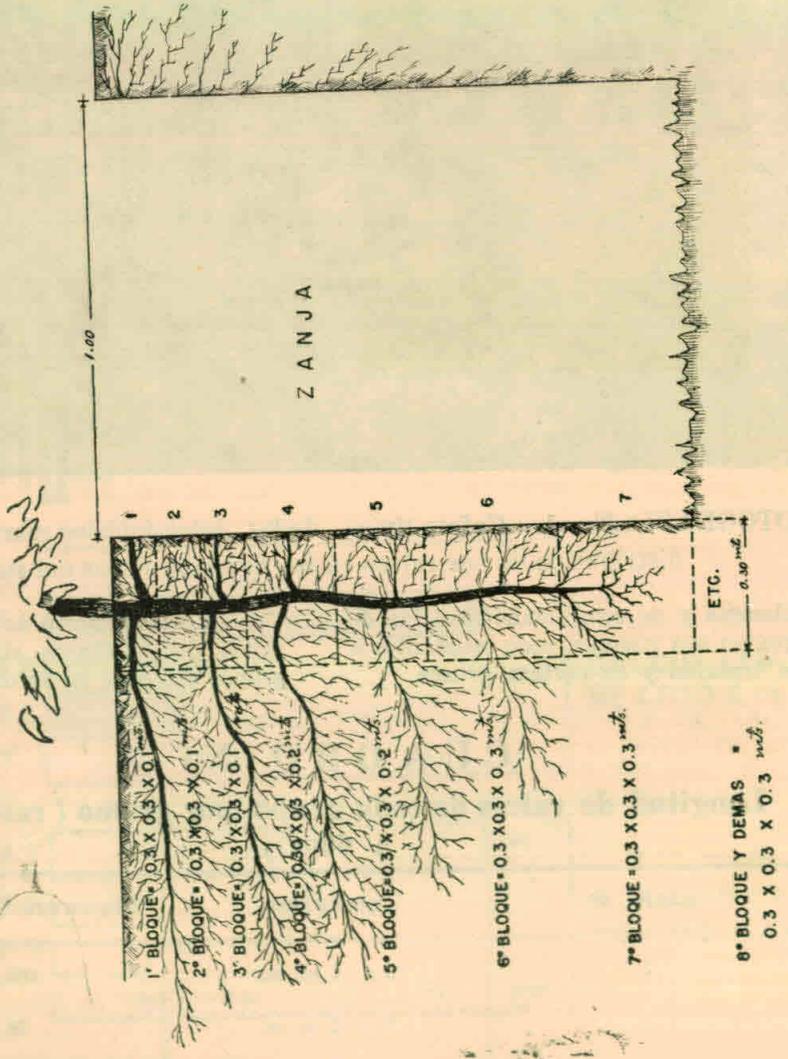
c). Clasificación de raíces. — Las raíces del cafeto se clasifican en 5 grupos con base en su diámetro.

CUADRO No 7

Longitud de raíces de cada grupo, por gramo (raíces secas a 60°C).

GRUPO N°	DIAMETRO	CENTIMETROS POR GRADO
1	0 a 1 m. m.	400.62
2	1 a 2 m. m.	76.00
3	2 a 4 m. m.	19.43
4	4 a 10 m. m.	7.39
5	10 m. m.	1.13

DISTRIBUCION DE LAS RAICES DEL CAFETO - DIAGRAMA DEL METODO USADO.





FOTOGRAFIA No. 2. — Manera de trazar un árbol para verificar el estudio de su sistema radicular.

El primer grupo comprende raíces de diámetro menor de 1 milímetro, el segundo de 1 a 2 milímetros, el tercero 2 a 4 milímetros, el cuarto de 4 a 10 milímetros y el quinto de diámetro mayor de 10 milímetros. Las raíces del primer grupo (diámetro menor de 1 milímetro) se consideran, para los fines de este estudio, como absorbentes. A cada grupo se le determinó la longitud por gramo (cuadro N° 7). La razón de esta división es la siguiente:

El peso total de raíces en cada capa no da una idea real de la distribución del sistema radicular desde el punto de vista fisiológico de la absorción de nutrientes que es, precisamente, su función más importante.

Un metro de raíces del quinto grupo pesa lo mismo que 400 metros de raíces del primer grupo. Si la comparación se hiciera por peso to-

tal se les daría un valor igual cuando realmente los 400 metros de raicillas son mucho más valiosos como órganos absorbentes que el metro de raíces gruesas. Es pues necesario separar el material para obtener un dato más aproximado.

Después de verificar esta selección se remiten al laboratorio en donde determinan peso seco a 60°C. Con estos datos se puede calcular el peso y longitud totales del sistema radicular del café.

d). — Cálculo del peso y longitud totales del sistema radicular. (Ref: Franco e Inforzato Bragantía, 6 (9): 443-478. 1946).

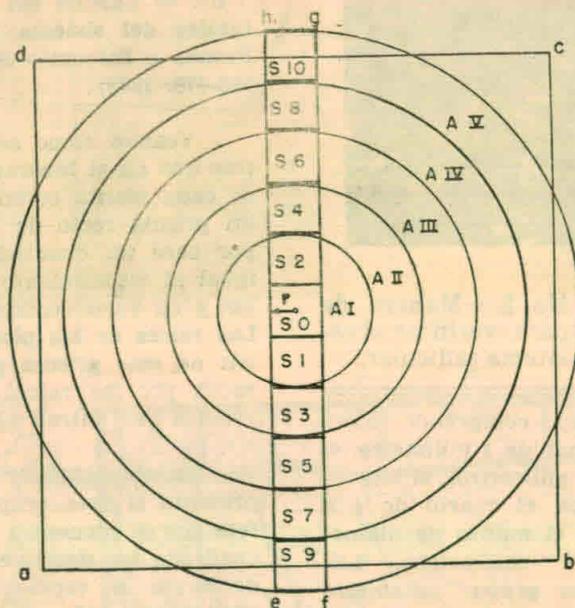
Veamos cómo se utilizan las cifras que da el laboratorio. Las raíces de cada planta están distribuidas en un prisma recto de tierra que tiene por base un cuadrado cuyo lado es igual al espaciamiento entre las plantas y en cuyo centro está el café. Las raíces de las plantas que se salen de este prisma quedan compensadas por las raíces de las plantas vecinas que entran al prisma.

En el gráfico N° 3, a b c d representa el área ocupada por un café que se encuentra en el centro del cuadrado So, siendo e f g h la pared de 30 cm. de espesor que fue sacada en bloques para retirar las raíces. Son conocidos los pesos de las raíces que existen en cada uno de los prismas de suelo que tienen por base los cuadrados So; S1; S2; etc. Admitiendo cierta simetría en el sistema radicular, podemos calcular aproximadamente el peso de raíces existentes en cada círculo de suelo representado en el gráfico N° 3, haciendo una simple proporción entre las áreas conocidas de los 2 cuadrados existentes en cada círculo y el peso de raíces encontrado, por una parte, y el área total de la corona por otra. Los errores resultantes del hecho de no estar los cuadrados perfectamente incluidos por

GRAFICO Nº 3

DISTRIBUCION DE LAS RAICES DEL CAFETO

Diagrama del método usado



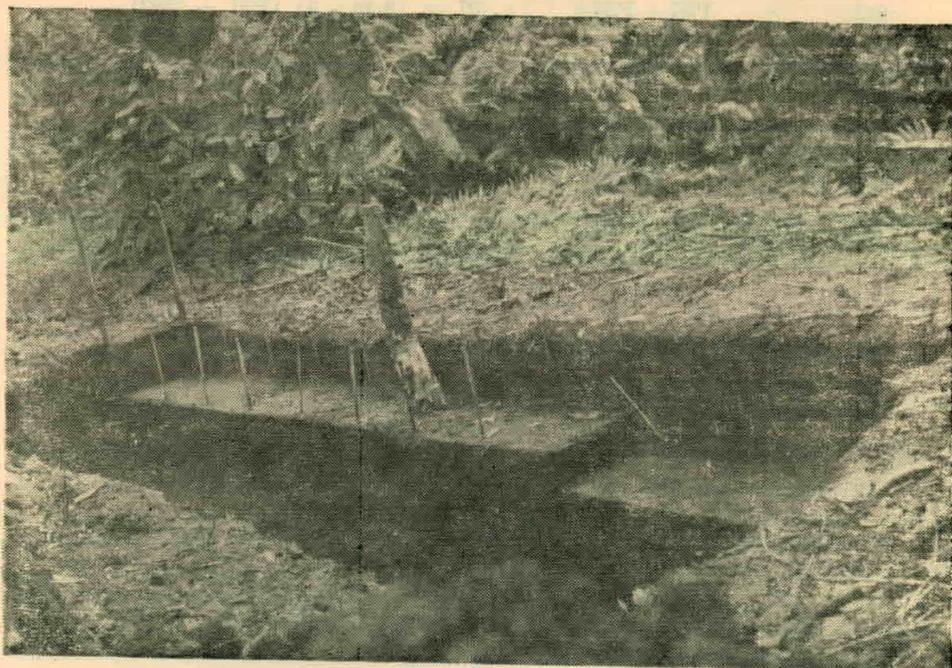
abcd = AREA DE CRECIMIENTO DE RAICES
efgh = BLOQUE DE SUELO REMOVIDO

ab = 3.00 Metros
ef = 0.30 "
r = 0.15 "

REF: Franco e Inforzato: Bragantia.
6(9) 443-478. 1946.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS
DEFENSA Y RESTAURACION DE SUELOS
División de Experimentación
ABRIL DE 1950

Am/200



Cafeto al cual se le está estudiando su sistema radicular. Puede apreciarse la forma de sacar los bloques de suelo.

dos círculos sucesivos, se compensan. El área AI no es un círculo propiamente dicho pues está compuesta del área del primer círculo menos el cuadrado So.

Las áreas So, AI y de los círculos AII, AIII, AIV y AV son:

$$So = (2r)^2 = 4r^2$$

$$AI = \pi (3r)^2 - 4r^2 = r^2 (9\pi - 4)$$

$$AII = \pi (5r)^2 - \pi (3r)^2 = 16\pi r^2$$

$$AIII = \pi (7r)^2 - \pi (5r)^2 = 24\pi r^2$$

$$AIV = \pi (9r)^2 - \pi (7r)^2 = 32\pi r^2$$

$$AV = \pi (11r)^2 - \pi (9r)^2 = 40\pi r^2$$

Como dijimos anteriormente el peso de las raíces que resulten en cada una de estas áreas puede ser calculado por una proporción entre el peso de raíces encontradas en los dos cuadrados correspondientes a cada área AI, AII, AIII, etc., y la superficie de esos dos cuadrados a la superficie total del área.

Entonces, siendo PSo el peso de raíces (determinado) en el cuadrado So; PSI el peso de raíces (determinado) en el cuadrado SI, PS2 el peso de raíces (determinado) en el cuadrado S2; P1 el peso de raíces existentes en el área AI; PII el peso de raíces existentes en el área AII, etc., tenemos:

$$\frac{8r_2}{r^2 (9 \text{ pi} - 4)} = \frac{\text{PSI} + \text{PS2}}{\text{PI}} \quad \text{PI} = \frac{(9 \text{ pi} - 4) (\text{PSI} + \text{PS2})}{8}$$

$$\frac{8r_2}{16 \text{ pi} r^2} = \frac{\text{PS3} + \text{PS4}}{\text{PII}} \quad \text{PII} = \frac{2 \text{ pi} (\text{PS3} + \text{PS4})}{16 \text{ pi} r^2}$$

$$\frac{8r_2}{24 \text{ pi} r^2} = \frac{\text{PS5} + \text{PS6}}{\text{PIII}} \quad \text{PIII} = \frac{3 \text{ pi} (\text{PS5} + \text{PS6})}{24 \text{ pi} r^2}$$

Y por deducción semejante encontramos:

$$\text{PIV} = 4 \text{ pi} (\text{PS7} + \text{PS8})$$

$$\text{PV} = 5 \text{ pi} (\text{PS9} + \text{PS10})$$

El peso total P_t del sistema radicular será:

$$P_t = \text{PS}_0 + \frac{(9 \text{ pi} - 4) (\text{PS1} + \text{PS2}) + 2 \text{ pi} (\text{PS3} + \text{PS4}) + 3 \text{ pi} (\text{PS5} + \text{PS6}) + 4 \text{ pi} (\text{PS7} + \text{PS8}) + 5 \text{ pi} (\text{PS9} + \text{PS10})}{8}$$

Haciendo las simplificaciones tenemos:

$$P_t = \text{PS}_0 + 3.03 (\text{PS1} + \text{PS2}) + \text{pi} (2 (\text{PS3} + \text{PS4}) + 3 (\text{PS5} + \text{PS6}) + 4 (\text{PS7} + \text{PS8}) + 5 (\text{PS9} + \text{PS10}))$$

Con esta fórmula se calculan los pesos de los sistemas radiculares de los cafetos conociendo los pesos de raíces en los prismas de tierra, S_0, S_1, S_2, S_3 , etc. Basta entonces multiplicar estos valores por los metros por gramo de cada grupo de raíces, para obtener las longitudes correspondientes.

RESULTADOS

a) **Distribución de raíces totales.** En el gráfico N° 4 se resume la distribución de las raíces totales de los árboles de los 3 grupos, cuyos datos se dan en el cuadro N° 4.

En los primeros 10 centímetros de suelo se encuentra un 47.48% (en promedio) de las raíces totales.

En los primeros 30 centímetros vive un 89.91% (en promedio) de ellas. La concentración de raíces totales disminuye enormemente desde los

50 centímetros hasta los 70 centímetros de profundidad. De este límite hacia abajo la cantidad es infima no llegando sino al 2.35% del total.

b) **Distribución de las raíces absorbentes.** En el cuadro N° 5 se resume la distribución de las raíces absorbentes (diámetro menor de 1 milímetro) de los cafetos de los 3 grupos.

En los primeros 10 centímetros de suelo se halla el 52.28% (promedio) de las raíces absorbentes. En los primeros 30 centímetros vive el 86.10% (promedio) de ellas.

Hasta una profundidad de 50 centímetros se encuentra el 96.27% de las raíces absorbentes de los cafetos. De allí hacia abajo disminuye apreciablemente la cantidad de raíces y se puede considerar infima de 70 centímetros de profundidad hacia abajo (gráfico N° 5).

CUADRO N^o 4

**Distribución de raíces totales del cafeto a diversas profundidades
(en % del total).**

	Profundidad. Capa N ^o 1 del suelo	Pendiente del terreno	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS							
			0-10	10-20	20-30	30-50	50-70	70-100	100-130	130-160
A	0.40	20%	39.25%	28.30%	21.37%	10.40%	0.47%	0.18%	0.02%	0.01%
B	0.40	40%	53.62%	22.69%	15.97%	6.26%	1.34%	0.07%	0.04%	0.01%
C	0.80	60%	49.57%	20.28%	18.70%	9.53%	1.75%	0.16%	0.01%	0.00%

Para este suelo puede por lo tanto concluirse que el sistema radicular de los cafetos es extremadamente superficial. Se halla prácticamente distribuido en una capa de 70 centímetros de espesor cuyos primeros 10 centímetros albergan la mitad, aproximadamente, de raíces totales y absorbentes y los primeros 30 centímetros más de las dos terceras partes de ellas.

c) Concentración de raíces a distintas distancias del tronco. En el gráfico N^o 6 y cuadro N^o 5 se presentan los datos de concentración de raíces absorbentes, a distintas distancias del tronco. Se dan los resultados en gramos por metro cuadrado porque, co-

mo vimos antes, es distinta el área a cada distancia del tronco de manera que esta es la única manera de tener un dato comparativo. El promedio es de 40.14 gms./m² para el grupo A, 42.91 gramos /m² para el grupo B y 74.59 gramos /m² para el grupo C.

Debe observarse que las plantas de los grupos A y B tienen un sistema radicular de igual desarrollo aproximado, en tanto que las del grupo C. tienen un sistema radicular mucho más abundante. La diferencia en peso encontrada equivale a 86.93 metros de raíces absorbentes por metro cuadrado, lo cual tiene que reflejarse en la nutrición de los cafetos.

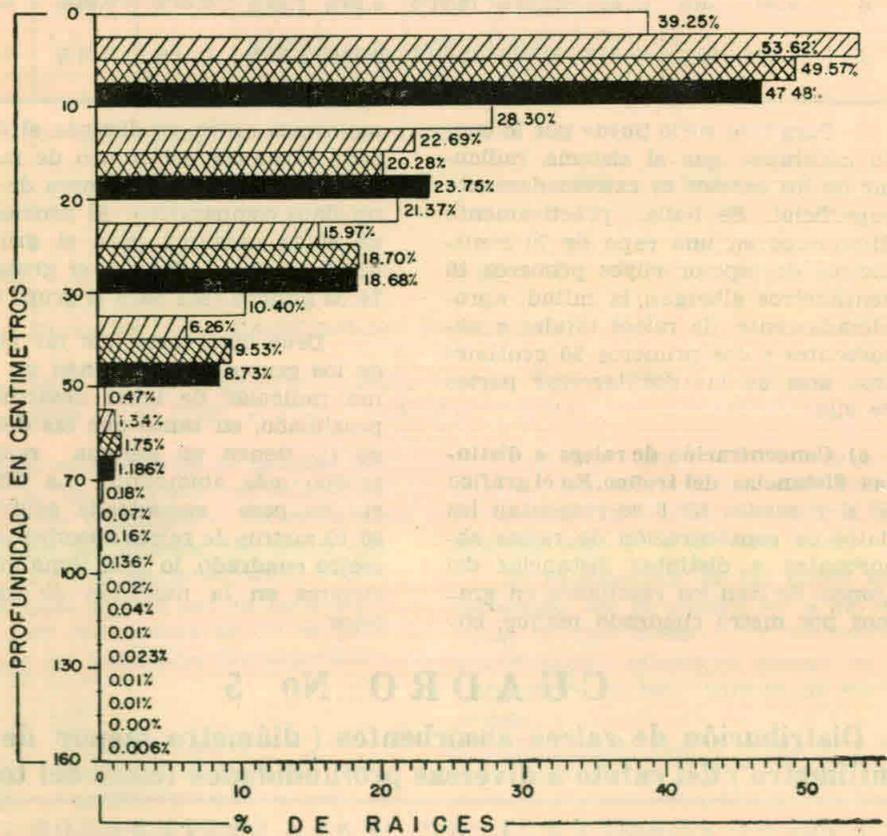
CUADRO N^o 5

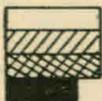
Distribución de raíces absorbentes (diámetro menor de 1 milímetro) del cafeto a diversas profundidades (en % del total).

Grupo de árboles	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS							
	0-10	10-20	20-30	30-50	50-70	70-100	100-130	130-160
A	53.53%	16.87%	17.11%	10.26%	1.55%	0.59%	0.06%	0.01%
B	49.86%	18.40%	19.28%	8.86%	3.43%	0.09%	0.07%	0.01%
C	53.44%	16.23%	13.28%	11.65%	3.80%	1.27%	0.33%	0.00%

GRAFICO N° 4

DISTRIBUCION DE RAICES TOTALES DEL CAFETO A DIVERSAS PROFUNDIDADES.



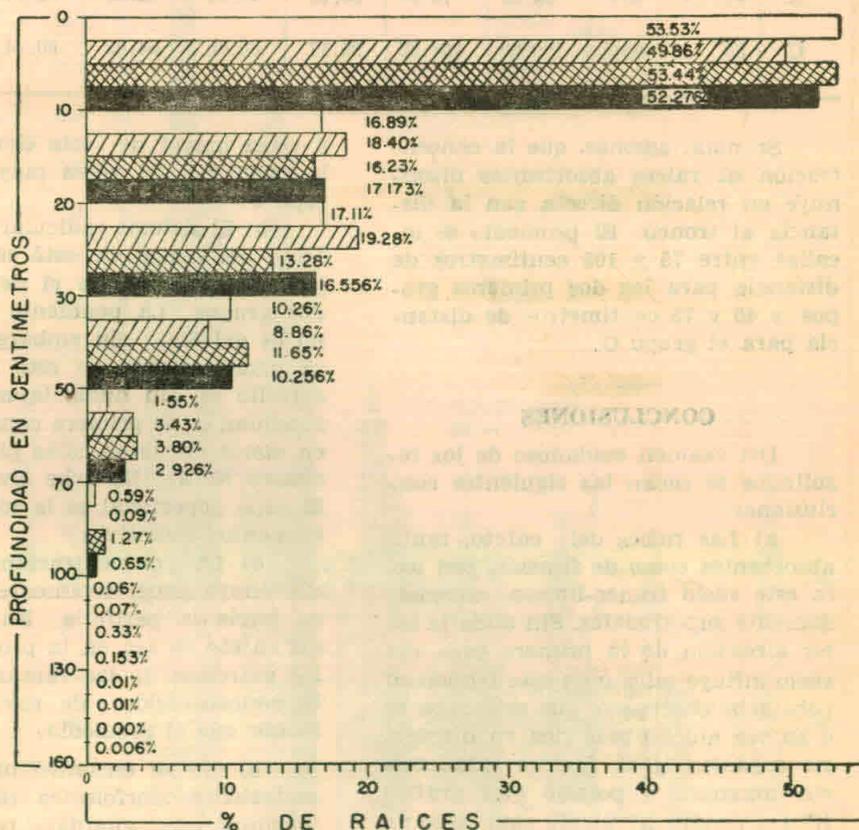

 GRUPO A %
 GRUPO B %
 GRUPO C %
 PROMEDIO

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS
 DEPARTAMENTO TECNICO
 "DEFENSA Y RESTAURACION DE SUELOS"
 DIVISION DE EXPERIMENTACION
 NOV. DE 1.950

Dibujó: Cayula

GRAFICO Nº 5

DISTRIBUCION DE RAICES ABSORBENTES DEL CAFETO (DIAMETRO < 1 M.M.) A DIVERSAS PROFUNDIDADES.



GRUPO A %
 GRUPO B %
 GRUPO C %
 PROMEDIO

Dibujó: Cuyler

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS
 DEPARTAMENTO TECNICO
 "DEFENSA Y RESTAURACION DE SUELOS"
 DIVISION DE EXPERIMENTACION
 NOV. DE 1950

CUADRO N^o 6

Distribución de raíces absorbentes del cafeto a diversas distancias del tronco (en gramos por metros cuadrados).

Grupo de árboles	Profundidad. Capa N ^o 1 del suelo	Pendiente del terreno	DISTANCIA DEL TRONCO EN CENTIMETROS						
			0—15 gr. 7m ²	15—45 gr. 7m ²	45—75 gr. 7m ²	75—105 gr. 7m ²	105—135 gr. 7m ²	135—165 gr. 7m ²	PROMEDIOS gr. 7m ²
A	40 cms.	20%	123.97	84.35	55.21	45.80	29.35	27.73	40.14
B	40 »	40%	99.53	73.57	56.13	49.84	32.81	34.11	42.02
C	80 »	60%	199.50	156.22	95.17	65.05	64.02	60.44	74.59

Se nota, además, que la concentración de raíces absorbentes disminuye en relación directa con la distancia al tronco. El promedio se localiza entre 75 y 105 centímetros de distancia para los dos primeros grupos, y 40 y 75 centímetros de distancia para el grupo C.

CONCLUSIONES

Del examen cuidadoso de los resultados se sacan las siguientes conclusiones:

a) Las raíces del cafeto, tanto absorbentes como de fijación, son para este suelo franco-limoso, extremadamente superficiales. Sin duda la mejor aireación de la primera capa del suelo influye mucho en este fenómeno pero debe observarse que esta capa es a su vez mucho más rica en nitrógeno orgánico total, fósforo total, calcio, magnesio y potasio (ver gráfico N^o 1 y cuadro N^o 2). El contenido de nitrógeno disminuye apreciablemente a medida que se profundiza. La capa N^o 3 tan solo contiene un tercio de la cantidad de este elemento que contiene la capa N^o 1. La disminución del potasio a medida que se profundiza es de proporciones similares y la del fósforo total es aún más notable, pues la capa 1 contiene una cantidad

6 veces mayor de este elemento que la capa 2 y 20 veces mayor que la capa 3.

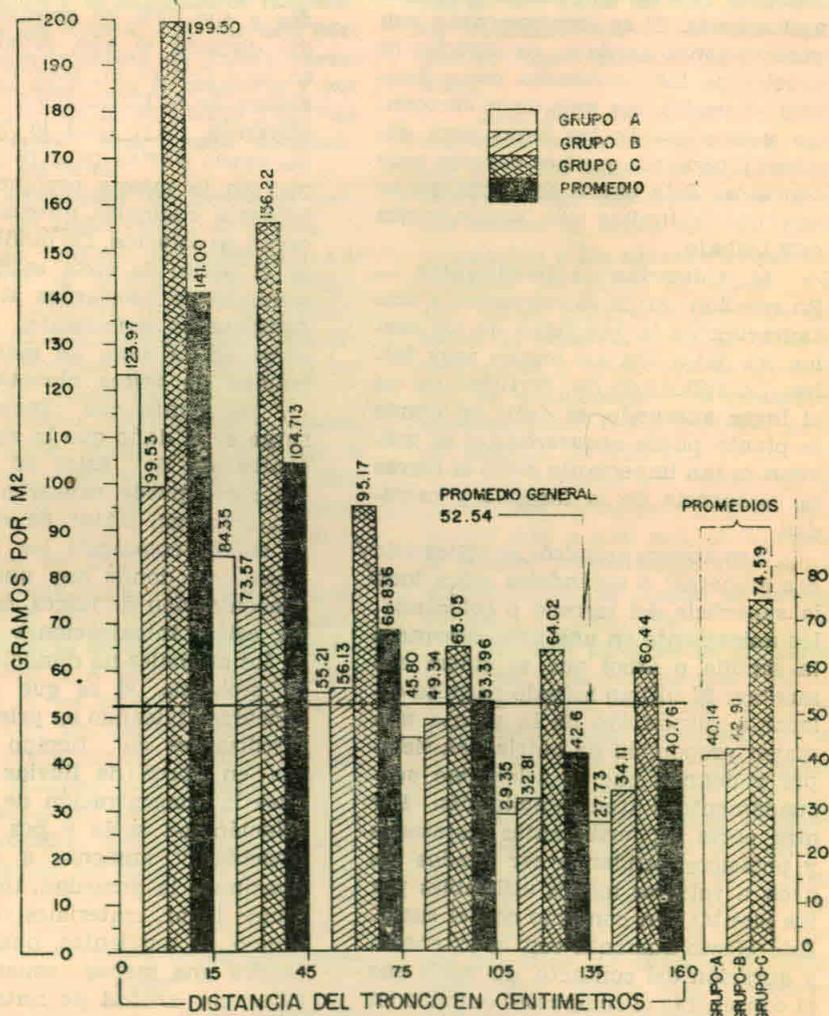
b) El sistema radicular de los cafetos del grupo C. está mucho mejor desarrollado que el de los otros dos grupos. La pendiente del terreno es del 60%; sin embargo, la causa principalísima de este mejor desarrollo es, sin duda, la mayor profundidad de la primera capa del suelo en donde crecieron estas plantas (ver cuadro N^o 4). No debe olvidarse que la capa superficial es la más rica en elementos nutritivos.

c) La concentración de raíces disminuye progresivamente del tronco hacia la periferia. En la gotera del cafeto (o sea en la proyección de los extremos de las ramás laterales) la concentración de raíces es 45% menor que el promedio.

d) No se encontró ninguna característica morfológica fácil de determinar que guardara relación con el desarrollo radicular. El diámetro del tronco y la longitud de ramás laterales tienen una marcada tendencia a variar de acuerdo con dicho factor pero ella no es muy fija, excepto en casos de desarrollos radiculares muy diferentes.

e) El peso de raíces absorbentes y totales es bastante variable de

RAICES ABSORBENTES DEL CAFETO A DISTINTAS DISTANCIAS DEL TRONCO. — (GRAMOS POR M²).



Dibujó: *Cayula*

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS
DEPARTAMENTO TECNICO
"DEFENSA Y RESTAURACION DE SUELOS"
— DIVISION DE EXPERIMENTACION —
NOV. DE 1.950

planta a planta. Su distribución en porcentaje en las distintas capas del suelo es, en contraste, muy semejante para todos los cafetos.

APLICACION DE LOS RESULTADOS

a) **Escogencia de árboles de sombrero.** Como al principio vimos, los datos de este estudio tienen múltiples aplicaciones. Si se complementan con observaciones similares en especies de árboles de las utilizadas como sombrero, se tendrá una guía en su escogencia y se sentarán las bases para explicar fenómenos que hoy parecen muy confusos. Este punto sin embargo, se sale de los límites que circunscriben este trabajo.

b) **Aplicación de fertilizantes.** — En relación con la conservación y restauración de la fertilidad de los suelos, los datos son así mismo muy útiles. La aplicación de fertilizantes en el lugar adecuado, es decir en donde la planta puede aprovecharlos al máximo, es tan importante como la correcta escogencia de la fórmula y cantidad.

Los abonos químicos se aplican de dos maneras: o regándolos sobre toda la superficie del terreno o colocándolos únicamente en una área cercana a la semilla o árbol que se quiere alimentar. El último método permite colocar a disposición de la planta una mayor proporción de nutrientes, siempre y cuando que se seleccione adecuadamente el área de aplicación. Por otra parte los fertilizantes fosfatados y potásicos tienden a ser fijados (es decir a volverse menos utilizables por las plantas) en contacto con el suelo. Este efecto aumenta con la extensión y duración del contacto, de modo que al concentrar el compuesto químico en una pequeña zona aledaña al árbol se reducen las oportunidades de fijación (9).

Debe también considerarse que, exceptuando algunos materiales orgánicos, la mayoría de los nutrientes con-

tenidos en las mezclas entran en solución con el agua lluvia y se mueven con ella. Así pues, los nutrientes que se aplican se desplazan de manera principalísima verticalmente, de arriba hacia abajo con la percolación y en sentido inverso con la evaporación, siendo el movimiento lateral nulo e n áreas planas.

En cafetales muy bien sombreados y con 53% de pendiente se perdió durante el año próximo pasado en este Centro un porcentaje reducidísimo de la lluvia como agua de escorrentia (11). Casi la totalidad de las aguas lluvias penetraron al terreno. En la misma proporción se distribuiría cualquier nutriente que llevaran en solución. De manera que desde el punto de vista estricto del suministro de nutrientes al cafeto, los fertilizantes comerciales deben aplicarse en la zona de mayor concentración de raíces absorbentes.

El punto que inmediatamente surge es el daño que la excesiva concentración de sales en la solución del suelo puede causar a la planta. Sin embargo, tratar de evitar daños al cafeto colocando los abonos químicos en donde hay una muy baja concentración de raíces, es como querer evitar intoxicaciones alimenticias en los animales no dándoles de comer. El problema, si es que existe, debe abocarse aplicando en primer lugar los fertilizantes en tiempo oportuno o sea en época de lluvias moderadas, pues la concentración de sales en la solución del suelo y por lo tanto la toxicidad, aumenta a medida que disminuye la humedad. Usando, en segundo lugar, materiales con alto contenido de nutrientes, pues así se obtendrá una menor concentración de sales por **unidad de nutriente** y por lo tanto puede aplicarse igual cantidad de alimento para la planta con menos peligro de causarle daño. Por último, hay que hacer y aplicar con cuidado las mezclas y aún podría distribuirse la cantidad total de ferti-

lizante que se quiera usar anualmente, en varias aplicaciones con intervalos convenientes.

De modo pues que, si se considera necesario aplicar fertilizantes el sitio más inapropiado para hacerlo es la gotera del cafeto. Ellos deben distribuirse alrededor de la planta en una faja limitada por dos círculos distantes 20 y 80 centímetros respectivamente del tronco. Allí, por una parte, la concentración de raíces absorbentes es mayor que el promedio y por otra el área es de suficiente amplitud para permitir una buena distribución del material.

c) **Utilización de prácticas mecánicas de conservación de suelos.** — Entre las muchas prácticas que actualmente se utilizan para defender los cafetales contra la erosión, figuran en lugar principalísimo las terrazas individuales, las cajuelas y las zanjas de meteorización.

Las terrazas individuales consisten en pequeños terraplenes circulares u ovalados que se construyen al rededor de los cafetos, con una inclinación del 10% contraria a la dirección de la pendiente del terreno.

Su tamaño varía desde 0.70 mts. de radio de la plataforma, en pendientes del 45 al 50%, hasta 1.00 metro en terrenos con 8 a 25% de inclinación; siempre se les forma un talud suave que impida los deslizamientos.

Al construir tal estructura es necesario remover una porción del terreno alrededor del cafeto y con ella una cantidad apreciable de raíces. Son muchas las opiniones que circulan sobre la severidad de esa poda radical y sus buenos o malos efectos, sin que conozcamos datos aproximados de ninguna clase.

Con base en las cifras finales obtenidas en este estudio, se dibujaron las figuras 7 y 8 en las cuales se muestra lo que sucede al construir terrazas individuales en terrenos del 20 y el 45% de pendiente. Como puede apreciarse, aunque el suelo removi-

do es una proporción pequeña del volumen total del prisma en donde crece el sistema radicular, este sufre una poda equivalente a un 35.3 y un 40.1% respectivamente, de las raicillas absorbentes. Por una parte directamente se extraen todas las contenidas en el área limitada por el talud superior y por otra todas las localizadas de allí hacia arriba, interrumpen su conexión con el sistema total y por lo tanto también las pierde el árbol.

Esta poda de la parte subterránea debe considerarse severa. Hasta qué punto la planta es capaz de reaccionar es algo que depende de la edad del cafeto, la época en que sufra la mutilación y las características de los diversos horizontes del suelo. Puede por ahora afirmarse que hay necesidad de observar muy de cerca esta estructura y evitar en lo posible su uso en plantaciones ya establecidas, especialmente como práctica general de defensa de suelos.

Las cajuelas son pequeñas zanjas rectangulares de 1.20 mts. de largo por 0.30 a 0.40 mts. de anchura y la misma profundidad, que se construyen entre las hileras de cafetos y cortando la pendiente.

En este caso no se remueve, al construir una estructura, sino 0.192 metros cúbicos de suelo de la parte intermedia entre los cafetos, es decir de la zona en donde la concentración de raíces es menor.

El número de raíces absorbentes removidas no llega al 2% del total, de tal manera que no se le produce ninguna mutilación seria al cafeto. Desde el punto de vista de la fisiología del árbol las cajuelas parecen estructuras mucho más aconsejables que las terrazas individuales.

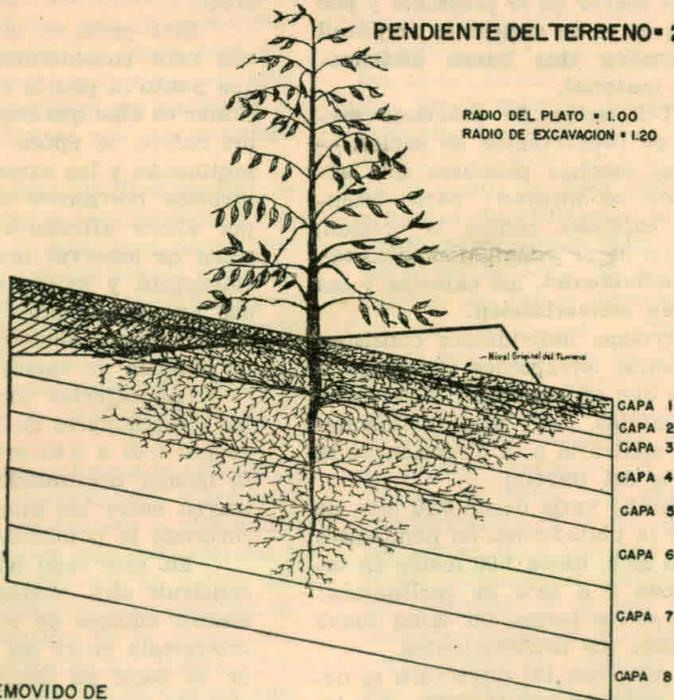
Por último las zanjas de meteorización son estructuras parecidas a las cajuelas pero de mayor longitud. Construidas en contorno y a intervalos horizontales de 6 metros, cada planta (suponiendo que la plantación esté

GRAFICO-Nº 7

RAICES ABSORBENTES (DIAMETRO < 1 m.m.) DESTRUIDAS AL CONSTRUIR UNA TERRAZA INDIVIDUAL.

PENDIENTE DEL TERRENO = 20%

RADIO DEL PLATO = 1.00
RADIO DE EXCAVACION = 1.20



CAPA 1
CAPA 2
CAPA 3
CAPA 4
CAPA 5
CAPA 6
CAPA 7
CAPA 8

% DE SUELO REMOVIDO DE CADA CAPA

		PESO DE RAICES ABSORBENTES GRAMOS
CAPA 1	45%	82.32
" 2	35%	20.20
" 3	28%	16.37
" 4	5%	1.75
TOTAL		120.64

35.30%



AREA EN LA CUAL SE DESTRUYEN LAS RAICES.

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS
DEPARTAMENTO TECNICO
DEFENSA Y RESTAURACION DE SUELOS
DIVISION DE EXPERIMENTACION
ABRIL DE 1950

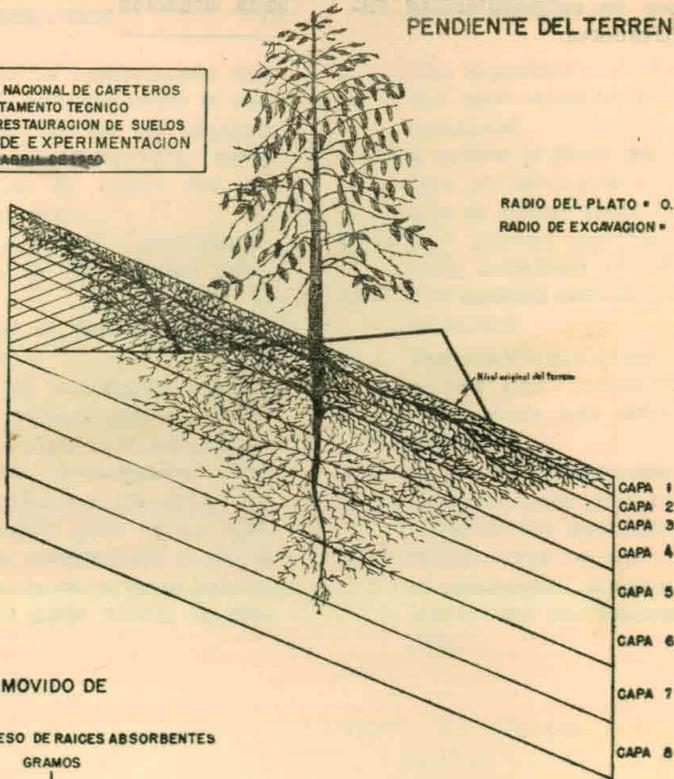
Arboreo

GRAFICO N° 8

RAICES ABSORBENTES (DIAMETRO < 1 m.m.) DESTRUIDAS AL CONSTRUIR UNA TERRAZA INDIVIDUAL.

PENDIENTE DEL TERRENO = 45%

FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS
DEPARTAMENTO TECNICO
DEFENSA Y RESTAURACION DE SUELOS
DIVISION DE EXPERIMENTACION
ARM. 22550



RADIO DEL PLATO = 0.70
RADIO DE EXCAVACION = 0.95

% DE SUELO REMOVIDO DE CADA CAPA

	PESO DE RAICES ABSORBENTES	
	%	GRAMOS
CAPA 1	45%	119.51
" 2	40%	44.95
" 3	35%	27.68
" 4	20%	6.20
" 5	5%	0.33
TOTAL		198.67

= 40.11%



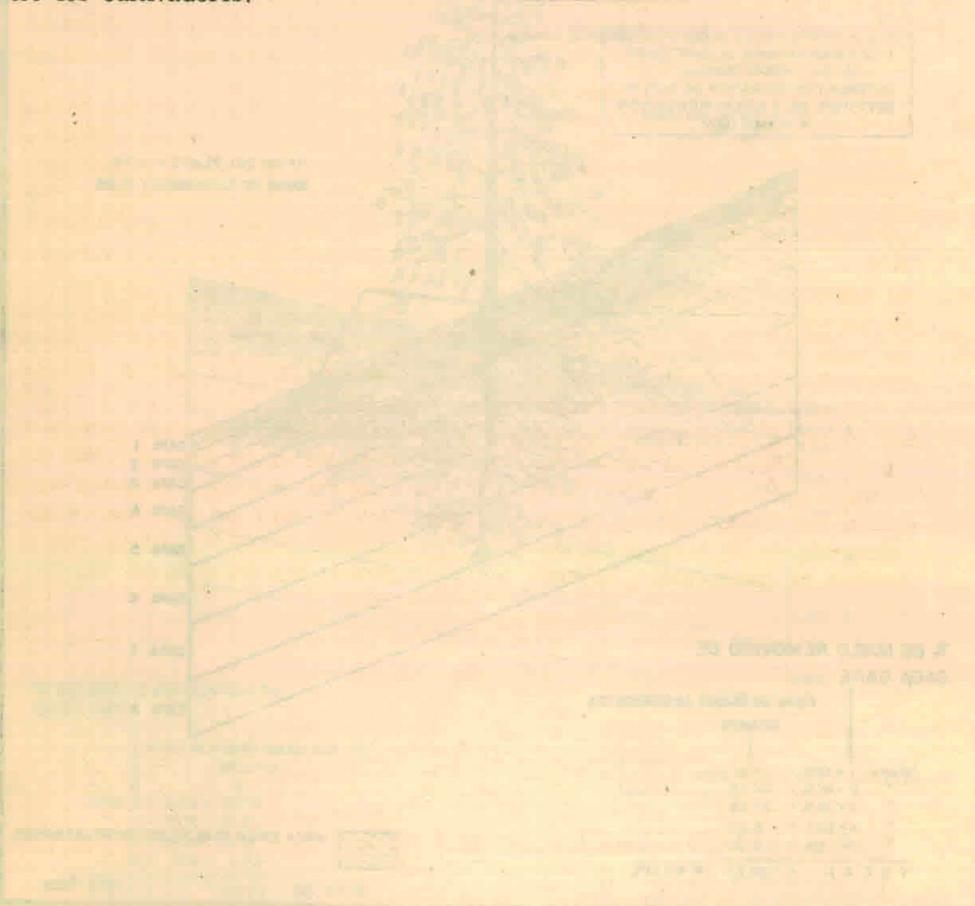
AREA EN LA CUAL SE DESTRUYEN LAS RAICES.

Arquí. C. Rojas

sembrada al contorno) no se afecta sino por 0.6 metros cuadrados del área de cada zanja. Como el caso de las cajuelas la zona en donde se construyen tiene la menor concentración de raíces, no se remueve sino un poco más del 2% de raíces absorbentes.

También es una práctica que se adapta muy bien a la fisiología del café, y este factor no debe haber influido poco en su popularidad entre los cultivadores.

Debe advertirse finalmente que estas anotaciones no deben tomarse en ningún caso como veredicto definitivo sobre la bondad de las tres estructuras estudiadas. Se ha examinado tan solo un aspecto de la cuestión, o sea el relacionado con los daños que ocasionan al sistema radicular. Deben sí tenerse muy en cuenta estos datos para integrar con su ayuda el cuadro general de condiciones de cada situación.



RESUMEN

- 1º — Se explica la importancia que tienen los estudios sobre el sistema radicular de las plantas.
- 2º — Se revisa la literatura sobre distribución de raíces del café en el suelo.
- 3º — Se describen las condiciones generales de los árboles estudiados.
- 4º — Se explica el método de estudio usado.
- 5º — Se dan los resultados comparándolos gráficamente y de ellos se extraen algunas conclusiones.
- 6º — Se discute brevemente cómo pueden utilizarse los datos obtenidos, como guía en la aplicación de fertilizantes y en la valoración de estructuras que defienden el suelo contra la erosión.

SUMMARY

- 1: — The importance of the study of the root systems of plants is explained.
- 2º — A review is given on the literature pertaining to the distribution of coffee roots in the soil.
- 3º — The general conditions of the trees examined are described.
- 4º — The method used in this study is explained.
- 5º — The results are graphically presented and compared. Some conclusions are drawn therefrom.
- 6º — It is briefly discussed how the obtained data can be used as guide in the application of fertilizers and in the evaluation of mechanical structures, which protect the soil against the erosion.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — Franco, C.M. e Inforzato, R. —O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do Estado de Sao Paulo. *Bragantia*: 6 (9): 443-478. 1946.
- 2 — Guiscafre Arrillaga, J. y Cómez, L. A. Studies of The Root System of *Coffea arabica* L. Part. I. Environmental condition affecting the distribution of coffee roots in Coloso Clay. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. XXII (2): 227-261. 1938.
- 3 — ———— Studies of the Root System of *Coffea arabica* L. Part. II. Growth and distribution in Catalina clay soil. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. XXIV (3): 109-117, 1940.
- 4 — ———— Studies of the Root System of *Coffea arabica* L. Part III. Growth and distribution of roots of 21 years old trees in Catalina clay soil. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. XXVI (2): 34-39. 1942.
- 5 — National Joint Committee on Fertilizer Application. *Methods of Applying fertilizer*. National Fertilizer Association, Washington. 1948.
- 6 — Nutman, F. J. The Root-system of *C. arabica*. Pt 1 — Root systems in typical soils of British East Africa. *Empire Jour. Expt. Agric. I* (3): 271-284. 1933.
- 7 — ———— The Root system of *C. arabica*. Pt. II. The effect of some soil conditions in modifying the normal root-system. *Empire Jour. Exp. Agric. I* (4): 285-296. 1933.
- 8 — ———— The Root system of *C. arabica* Pt. III. The spatial distribution of the absorbing area of root. *Empire Jour. Expt. Agric. 2* (8) 294-302. 1934.
- 9 — Ross, W. H. y Mehring, A. L. *Mixed Fertilizers*. U. S. D. A. Yearbook of Agriculture (Soils and Men): 523-546. Washington. 1938.
- 10 — Salter, R. M. *Methods of Applying Fertilizers*. U. S. D. A. Yearbook of Agriculture (Soils and Men) 546-562.
- 11 — Suárez de Castro, F. Experimentos sobre la erosión de los suelos. Resumen de los Resultados obtenidos en algunas investigaciones sobre Conservación de Suelos y Agua, durante los años de 1949 y 1950. *Federacafé, Boletín N° 6*. Chinchiná, 1951.
- 12 — Thomas, A. S. Observations on the Root Systems of Robusta Coffee and other tropical crops in Uganda. *The Empire Journ. Exp. Agric. XII* (48): 191-205. 1944.
- 13 — Grisales, A. Informe sobre los trabajos de reconocimiento de suelos que adelanta el Instituto Geográfico Militar y Catastral en el Departamento de Caldas. Chinchiná. 1950. Inédito.