

ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE

EL SISTEMA RADICULAR DEL ABACA (MUSA TEXTILIS, NEE.)

por

JULIO BIELICH NASH.



ALGUNAS OBSERVACIONES SOBRE EL SISTEMA RADICULAR DEL ABACA

(MUSA TEXTILIS, NEE.)

T E S I S

Presentada a la Facultad, como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAGISTRI AGRICULTURAE

en el

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS

APROBADA:

B. B. Robinson
Consejero

Kenneth L. Olsen

Concepcion

Fecha: Julio 27 de 1953

BIOGRAFIA DEL AUTOR

Julio Bielich Nash, nació en Barranco, Lima - Perú, el 26 de noviembre de 1926. Efectuó sus estudios primarios en el colegio de los S.S. C.C. (Recoleta) en Lima. Los estudios secundarios los realizó en los colegios S.S. C.C. (Recoleta) en Lima, Santa Rosa de Chosica, y Champagnat de Miraflores. Sus estudios Superiores fueron hechos en la Escuela Nacional de Agricultura (La Molina) en Lima - Perú donde concluyó el año 1950.

El año 1951 trabajó con el Servicio Cooperativo Inter-Americano de Producción de Alimentos.

En mayo de 1952 obtuvo una beca del Proyecto Abacá del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América para estudiar Agronomía General del Abacá en el Instituto Inter-Americano de Ciencias Agrícolas de Turrialba, Costa Rica. donde permaneció como estudiante graduado hasta julio de 1953.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a los Drs. B. B. Robinson, W. Q. Loegerin, C. H. Batchelder y A. E. Royer, miembros del proyecto Abacá, por sus consejos los que permitieron la realización del presente trabajo.

A los Drs. P. T. Alvim y K. L. Olsen por su ayuda para el buen desenvolvimiento del mismo.

A si mismo al Sr. Frank Herrera, Supervisor de la Cía. Bananera de Costa Rica, por su valiosa cooperación en la ejecución práctica del trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
I INTRODUCCION	1
II REVISION DE LITERATURA	4
III MATERIALES Y METODOS	8
IV RESULTADOS	17
V DISCUSION	32
VI CONCLUSIONES	45
VII SUMARIO	47
LITERATURA CITADA	49

I. INTRODUCCION

El abacá, nombre con que se conoce a la Musa textilis, Nees, desde el año 1519 en que Pigaffeta lo citó cuando en el viaje de Magallanes alrededor del mundo, dijo que los nativos de Filipinas vestían trajes hechos con esa fibra (2). Es una planta que se le cultiva para la extracción de la fibra que se encuentra en las largas vainas de las hojas que forman su pseudotallo. Estas fibras forman hacecillos de una longitud y tenacidad que las hacen magnífica materia prima para la industria de la cordelería. A las condiciones enunciadas podemos agregar su gran resistencia a los factores ambientales y en especial su facultad de resistir a la acción destructiva del agua de mar. Bajo este aspecto constituye un cultivo estratégico de vital importancia para la marina mercante y de guerra.

En el aspecto agronómico su importancia y utilidad son grandes. Esta planta cuyo centro de origen son las Islas Filipinas, ha encontrado en América Central campo para su desenvolvimiento en áreas en las que el cultivo del banano está proscrito por la presencia del "mal de Panamá", causado por el Fusarium cubense. Tierras que se encuentran en las mismas latitudes que el centro de origen pero que generalmente no tienen sus mismos suelos, han venido sirviendo desde el año 1925 para su desarrollo. La primera importación fue hecha a Panamá en 1923 pero fracasó por no haber producido plantas los rizomas enviados de Filipinas. Desde entonces hasta el año 1942 el abacá ha ido llenando los espacios dejados por el abandono del banano y ha ayudado así a evitar crisis que hubieran podido sobrevenir al ser abandonadas extensas áreas de laboreo.

Con motivo del segundo gran conflicto mundial se incrementaron las áreas de cultivo en América Central y la fibra de abacá producida empezó a competir en el mercado mundial con la producida en Filipinas, hasta ese momento único productor en gran escala. Se abrió así la posibilidad de un nuevo y extenso panorama económico para los países productores Centro Americanos.

El presente trabajo efectuado en el período comprendido entre junio de 1952 y julio de 1953, en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, C. R., y la plantación de Bataan de propiedad de la Cía. Bananera de Costa Rica, tiene por objeto conocer algo sobre la morfología e histología de las raíces de abacá, su hábito de crecimiento en cuanto a su disposición en el suelo, la influencia del suelo sobre el número y apariencia de las mismas, grosor, extensión, lateral y vertical, áreas de mayor difusión, emisión de raíces laterales y terminales. Comparar el crecimiento radicular de dos de las variedades más difundidas en Costa Rica, relacionar la edad con el aumento de crecimiento.

Sabiendo cual es el área de mayor concentración radicular y en que zona se encuentra el mayor número de raíces absorbentes es posible conseguir mejor efecto de los abonos o fertilizantes aplicados, por su mejor disposición en el suelo facilitando su absorción.

El conocimiento del desarrollo de las raíces también ayudará en cuanto al uso de insecticidas y fungicidas, tanto por el lugar de aplicación de estos, como por el establecimiento de cual es la penetración requerida para alcanzar el más alto porcentaje de raíces.

Se tendrá una noción más exacta de la necesidad de drenajes y de la relación entre la presencia de la napa freática y el crecimiento radicular.

Teniendo la idea de un sistema radicular normal en cuanto a morfología, densidad y hábito de crecimiento, es más factible la evaluación de los daños ocasionados por factores mecánicos, edáficos o bióticos y se podrá recomendar las prácticas más aconsejables en cada caso.

II. REVISION DE LITERATURA

Espino y Novero (11) efectuaron en Filipinas el año 1923 un trabajo tendiente a comparar el desarrollo de cuarentisiete diferentes variedades de abacá. Dan ellos gran importancia al suelo y dicen que al igual que el resto de la estructura vegetativa de cualquier planta el desarrollo de las raíces es grandemente influenciado por el medio ambiente en que se desenvuelve. Citan el tipo de suelo, la presencia de rocas y el contenido de humedad como agentes modificadores del crecimiento radicular y explican que las raíces que se desarrollan en suelos arcillosos tienen un desarrollo menos perfecto que si las mismas lo hiciesen en un suelo franco, así como también que las rocas pueden retardar y cambiar el desarrollo del sistema radicular. Fertilidad y suelos sueltos, especialmente de origen volcánico, son conocidos como promotores de un magnífico desarrollo radicular en el abacá; mientras que suelos pobres, en substancias orgánicas e inorgánicas, son conocidos como capaces de retardar el desarrollo de las raíces. Es por estas consideraciones que el suelo empleado, para el estudio de comparación, fue un arenoso franco, profundo y el cual a través de los surcos hechos para las observaciones se pudo apreciar uniforme en cuanto a sus condiciones físicas. Así, toda diferencia en el crecimiento del sistema radicular fue solamente producto de los factores genéticos de las variedades observadas.

Espino y Novero (11) consideran como buena variedad, en cuanto a penetración radicular, aquella que tenga más de 4 pies de profundidad y en cuanto a número de raíces por mata convienen que un buen desarrollo es aquel que sobrepase las 150 raíces; esto es considerando buena aquella mata que tenga de 10 a 20 plantas.

De acuerdo a los cuadros presentados por Espino y Novero (11), del trabajo hecho en Filipinas, de las variedades cultivadas en Costa Rica, la Libuton está entre las que profundizan hasta los cuatro pies y la Bungalanon y la Maguindanao entre las que no tienen 140 raíces por mata.

Encuentran que la mayoría de las raíces se encuentran entre las 6 y las 12 pulgs. de profundidad y concluyen diciendo que diferentes variedades de abacá tienen diferente desarrollo radicular y que el abacá es una planta que tiene el sistema radicular superficial, a la cual puede afectar los cultivos profundos.

Sherman (23) no puntualiza el alcance del desarrollo lateral al decir que las raíces de abacá penetran relativamente a corta distancia de la mata, pero Copeland (8) da una idea más exacta cuando dice que el crecimiento diario es 6 mm. y que en los suelos con buena humedad y en plantaciones con los distanciamientos comunes las raíces de las plantas jóvenes comienzan a sobreponerse con las de las plantas maduras al año y hay entre ellas una activa competencia.

Fawcett (12) en una breve reseña que hace sobre el cultivo del abacá el año 1921, dice que la planta requiere un suelo rico en humus y aflojado. Sherman (23) apunta que es un hecho fundamental que el crecimiento de la planta es determinado por las sustancias químicas provistas a través del sistema radicular.

En un trabajo efectuado en Costa Rica, sobre el drenaje en el área de Good Hope y Monteverde, Reeve (20) manifiesta que de las observaciones hechas en el campo se puede apreciar que el abacá que muestra pobre crecimiento tiene pobre y enfermo sistema radicular

y que en general las plantas con buen crecimiento han sido solidamente enraizadas y que inversamente las mal enraizadas muestran pobre crecimiento.

En cuanto a la relación entre el drenaje y el crecimiento de la planta de abacá, valga decir entre el contenido de humedad en el suelo y el buen desarrollo radicular, dice Reeve (20) que plantas que crecen en los bordes o en las cercanías de los canales muestran mejor crecimiento que las más alejadas y que generalmente hablando, áreas donde el drenaje es favorable corresponden a buen abacá, y en general tierras que se encuentran en alto cerca del río con gradiente vertical hacia abajo tienen buen abacá y tierras en las que las componentes de la vertical van hacia arriba el drenaje es pobre y también el abacá. Así, suelos mal drenados producen mal abacá y suelos bien drenados producen buen abacá.

Daum (10) en un estudio sobre raíces de abacá efectuado en Costa Rica, conviene con Espino y Novero (11) en que el abacá es una planta que tiene sistema radicular superficial, al decir que el mayor número de raíces se encuentran en el primer pie, y que dentro de este la mayor concentración se da en las primeras seis pulgs. de profundidad. Da también importancia a la diferencia de suelos y marca en cuadros las diferencias por él anotadas al respecto. Hace notar que la raíz del abacá no produce ramificaciones sino cuando ha sido dañada y da cuenta de la coloración púrpura observada en las raíces asimilando esta coloración a vejez de la raíz.

Taylor (25) al estudiar los daños producidos por el

nematode Pratylenchus muscicola, sobre raíces de abacá en Centro América ha encontrado lo mismo que Daum (10) en cuanto a la ramificación terminal de la raíz y dice que cuando esto sucede dos o más raíces aparecen justo encima de la lesión y entonces la vista general de las raíces es una serie de pequeñas secciones dando cada una algunas raíces. Observa Taylor (25) que el nematodo afecta solamente la corteza de la raíz formando lesiones de 1 mm. a 10 cm. o más, las cuales tienen originalmente color marron rojizo en pequeñas lesiones pero que posteriormente aparecen negras en lesiones de mayor tamaño. Asociadas a estas lesiones de nematodos ha encontrado colonias de hongos no bien determinados.

En relación con el fenómeno del tumbamiento del abacá Bartolomé (3) apunta que algunos creen que es debido unicamente a la acción del Cosmopolites sordidus por su acción sobre los rizomas, pero que han habido casos de plantas examinadas que no exhibían los daños efectuados por el insecto. Al respecto más explicito, y amplio es el informe que sobre este fenómeno ha hecho en Costa Rica y Panamá, Batchelder (4) el cual asume como causa directa del tumbamiento transtornos en el sistema radicular y consigna en varios grupos las causas indirectas.

III. MATERIALES Y METODOS

A. Materiales.

Rizomas y raíces de abacá han sido usados para las observaciones tendientes a la realización de este trabajo.

Han sido usadas dos bombas de agua, una de acción manual y otra con motor a gasolina que dió mejores resultados que la anterior. La capacidad de esta última fué de 40 lts. por minuto y 70 lbs. de presión por pulgada cuadrada.

Cintas de medir flexibles y cuerdas fueron utilizadas en los trabajos de campo para los cuales un desatornillador fué elemento indispensable.

Tablas de $\frac{1}{4}$ de pulg. de espesor sirvieron para limitar las "camas" efectuadas en Turrialba.

Para la preparación de cortes susceptibles a ser observados al microscopio se utilizó: Formalina, Acido acético glacial, Alcohol etílico, Xilol, Parafina, y CO₂. También se hizo uso de un horno y de todo el material de laboratorio necesario para estos trabajos.

Para efectuar los cortes se utilizó un Micrótopo y una navaja común.

Para las observaciones se usó un Microscopio. Para cultivar plantas de semillas sexuales se usó soluciones nutritivas Hoagland (14).

B. Métodos.

Los métodos empleados han diferido en cada caso. Para el estudio del hábito de crecimiento de las raíces, su relación con la variedad, el suelo, la napa freática y la edad, se hizo uso de agua actuando por presión y volumen en campos de Turrialba

y Bataan. A este método podemos denominarlo método de campo.

Para la observación de la morfología e histología de las raíces se usaron métodos que denominaremos de laboratorio, e incluiremos dentro de este grupo las observaciones hechas en plantas tenidas en soluciones nutritivas.

Métodos matemáticos para ayudar a interpretar los resultados han sido usados en el presente trabajo.

1.- Métodos de campo.

a) En la plantación comercial de Bataan.- Una vez escogida la mata se procede a hacer un surco de 4 pies de profundidad que termine a 1 pie del borde de la mata con un pie de ancho. Se tiene así un perfil del suelo de 1 pie de ancho y 4 de profundidad. Se coloca en él cuerdas horizontales que dejan entre sí 1 pie de profundidad. Luego haciendo uso de la presión y volumen de agua y ayudado por un desatornillador sin filo se procede a remover el primer pie cúbico, el más cercano a la superficie, en él se cortan todas las raíces que terminen de sus límites. En idéntica forma se procede con los tres pies restantes de profundidad. (gráfico N° 1)

Efectuado esto se coloca una cuerda horizontal a cada lado del surco a 1 pie de profundidad, posteriormente se limitan vertical y horizontalmente, sobre la superficie, 1 pie cúbico lateral a la mata y se procede a lavar el suelo en él contenido, luego se cuentan las raíces. Se procede en idéntica forma hasta completar los cuatro pies cúbicos laterales a la mata. En ambos lados del surco.

Terminada la anterior operación y dejando 1 pie de suelo sin remover al borde de la mata se hace un semicírculo de 4



Grafico # 1 .-

Forma como se realizó el trabajo para observar el crecimiento radicular a distintas profundidades, en la plantación comercial de Bataan, C.R.

pies de profundidad y de un ancho que permita desplazarse libremente en él. Dejando 1 pie de distancia con las anteriores observaciones se procede a efectuar en ambos extremos del semicírculo idénticas observaciones en profundidad a la efectuada en primer término.

b) En un campo de observación construido en Turrialba.-

Treinta rizomas fueron traídos de Bataan, pertenecían a las variedades Maguindanao y Bungalanon. Se procuró que las plantas de las que procedían fuesen de la misma talla y se encontraran en las mismas condiciones. Se les limpió totalmente de todo tejido viejo o necrosificado, se les cortaron todos los brotes y raíces se les dió un baño de inmersión en Semesan Bell (460 gms. en 7 gls. de agua) se les pesó y se les marcó.

En el campo se hicieron 6 zanjas de 4 pies de profundidad por 70 pies de largo. Fueron dos grupos de 3 zanjas. La distancia entre zanja y zanja fué 18 pulgs. y la distancia entre grupos 4 pies. Un tercer grupo separado también 4 pies fué demarcado en el suelo pero sin abrir zanjas.

Se determinó hacer observaciones en 6 rizomas a partir de los 4 meses y dejando después de esto 2 meses entre observaciones. Así serían observadas 6 matas cada dos meses. Dos matas procederían de cada grupo y habrían tres matas de cada variedad por observación.

Los rizomas se sembraron entre las maderas, la posición de cada rizoma en el campo se determinó al azar y la distancia a que fueron colocadas entre si dentro de una misma línea fué dada por el presumible desarrollo radicular lateral. En los bordes laterales de madera que fueron colocados su largo estuvo condicio-



Fot. # 1 .-

Vista parcial del campo de observación confeccionado en Turrialba.

nado a las distancias de presunto crecimiento, haciéndose por esto 5 clases de bordes en cuanto a largo. Su espesor y ancho fueron constantes siendo $\frac{1}{2}$ pulg. aquel y 4 pies este.

Los largos de los bordes, condicionados a las fechas de observación fueron los siguientes:

Para los 4 meses	.....	9 pies de largo
" " 6 "	.....	11 " "
" " 8 "	.....	13 " "
" " 10 "	.....	17 " "
" " 12 "	.....	20 " "
Total		70 pies de largo.

Llegado el momento de la observación se hicieron zanjas de 4 pies de profundidad y de la dimensión de las tablas que se iban a extraer, se retiraron estas y en el perfil de suelo que quedó se colocaron cuerdas horizontales cada pie de profundidad y luego se procedió a la remoción del primer pie de profundidad haciendo uso del volumen y la presión de agua ayudados por el desatornillador. Las raíces que se encontraban que finalizaban su desarrollo en ese pie eran cortadas medido su diámetro y su largo y posteriormente colocadas en bolsas de papel previamente marcadas. Estas bolsas fueron luego colocadas en horno a 120 c. temperatura y se les pesó repetidas veces hasta constatar su total deshidratación, tomándose cuando esto había sucedido el peso por bolsa.

2).- Métodos de Laboratorio.-

Los métodos de laboratorio usados para la preparación

de muestras de tejidos susceptibles de ser observadas al microscopio fueron dos. El método de enfriamiento con CO₂ y el método de dar muerte, fijar, deshidratar y embeber en parafina a los tejidos.

a). Método del CO₂.-

Consiste en colocar en el portaobjetos especial de un microtomo, previamente humedecido, la pieza con que se va a trabajar. Luego mediante un tubo de cobre se conecta el portaobjeto con un balón que contenga CO₂ y se permite la salida de este a través de los agujeros que presente el portaobjeto. Al expandirse rápidamente en el aire el CO₂ produce una gran baja de temperatura que determina la congelación de la muestra, dándole una perfecta adherencia al portaobjeto y una consistencia tal que permite el fácil corte de la muestra.

b). Muerte, fijación, deshidratación e imbibición del tejido en parafina.-

La solución usada fue la conocida como F.A.A. la que posee una buena acción endirecedora.

Está compuesta de Formalina, Alcohol etílico y Acido glacial acético, la fórmula en cuanto a cantidades y concentraciones varía mucho de acuerdo al tejido por tratarse. Las concentraciones altas de Alcohol y Formalina producen distorsiones en los tejidos que sean suaves y las concentraciones bajas no actúan sobre los tejidos duros. Para tejidos suaves se usó:

Alcohol etílico 60%	.....	90 cc.
Acido acetico glac.	.....	7 cc.

Formalina 3 cc.

Durante 24 horas.

Para tejidos duros se uso:

Alcohol etilico 70% 90 cc.

Acido acetico glac. 5 cc.

Formalina 5 cc.

Durante 24 horas.

Por condiciones algunos de los tejidos están listos antes del tiempo dado pero esto se puede apreciar por la progresiva destrucción de los tejidos en los bordes de los cortes.

La deshidratación se hizo mediante no solventes de la parafina para luego pasar las muestras a solventes de la parafina.

Para los tejidos suaves se usó:

Alcohol al 20% 20 minutos

" 30% 30 "

" 50% 50 "

" 70% 1 hora

" 80% 1 "

" 95% 1 "

" 100% 6 horas

$\frac{3}{4}$ Alcohol y $\frac{1}{4}$ Xilol 1 " (22)

$\frac{1}{2}$ " y $\frac{1}{2}$ " 2 "

$\frac{1}{4}$ " y $\frac{3}{4}$ " 2 "

Xilol puro 2 " (haciendo 2 cambios)

Para tejidos duros se usó la misma fórmula con las siguientes variaciones: Se comenzó a deshidratar a partir de 70% de concentración de alcohol, y se dejó la muestra 2 horas en cada una de las concentraciones sucesivas hasta llegar a 100% en la cual se le dejó 24 horas y se hizo dos cambios. En la concentración $\frac{3}{4}$ de alcohol y $\frac{1}{4}$ de Xilol se tuvo la muestra 2 horas.

Para la imbibición se usó parafina cristalina, de 60°C de fusión.

Se colocó la muestra en un recipiente apropiado y se llenó este hasta las $\frac{2}{3}$ partes con Xilol, luego se relleno con parafina líquida hasta el borde. El recipiente se colocó en el horno a 35 grados C. de temp. y conforme la parafina fue diluyéndose en Xilol se fue aplicando mayor cantidad de parafina. Finalmente quedó una capa sin disolverse, en ese momento se elevó la temperatura del horno a 60 grados C., la parafina comenzó a derretirse y se extrajo la capa que sobrenadaba y se colocó más parafina derretida. Luego cada cuatro horas se quitó la mitad de la parafina y se relleno con parafina derretida. Después de repetir la anterior operación 6 veces se botó la mezcla de parafina y Xilol, relleniéndose todo con parafina pura y se colocó nuevamente en el horno. Después de dos cambios de parafina generalmente no se apreciaba al paladar la presencia de Xilol.

Para hacer la imbibición se hicieron cubitos de papel que se llenaron $\frac{1}{4}$ parte de parafina derretida a la cual se dejó endurecer un tanto para luego colocar la muestra en posición de acuerdo a las necesidades posteriores para el corte, enseguida se llenó el molde completamente con parafina derretida y se dejó solidificar.

La muestra así obtenida se colocó en el portaobjetos de un microtomo, previamente calentado para permitir la adherencia y luego se procedió a efectuar los cortes con ayuda del microtomo.

Los cortes así obtenidos por los medios referidos anteriormente así como los efectuados a mano con navaja corriente fueron observados al microscopio.

Para ambos métodos se hubo de coleccionar y seleccionar las muestras que iban a ser empleadas. Para esto se debe proceder con cuidado para no provocar daños en los tejidos. Con los rizomas no hubo dificultad. Con las raíces se procedió a desenterrarlas con sumo cuidado haciendo uso de un desatornillador, luego se lavaron y se envolvieron en servilletas de papel. Al hacer los cortes se trató de no comprimir las muestras. Los cortes se hicieron en planos de acuerdo a las necesidades futuras. Se llevó un control del lugar donde se tomó la muestra.

c). Planta en soluciones nutritivas.

Plantas provenientes de semillas sexuales fueron tenidas en frascos color ambar de $\frac{1}{2}$ litro de capacidad llenos de solución nutritiva tipo Hoagland.

3.- Métodos matemáticos.-

Se han usado determinaciones de porcentajes. Una variante de la fórmula usada por Franco e Inforzato (13) y Suarez de Castro (24) en trabajos similares en Café fué usada para la determinación de las cantidades y densidades de raíces alrededor de la mata.

Escencialmente el método es una aplicación de la fórmula geométrica de la corona. El valor de áreas conocidas se

relaciona con el valor del área de la corona y se establece una igualdad con la relación entre los valores hallados dentro de las áreas conocidas y los valores que deben hallarse en el área de la corona. En esta igualdad el único término desconocido es el de los valores que se deben hallar en el área de la corona, por lo tanto es fácil deducirlos matemáticamente.

Para el abacá se ha considerado que el círculo imaginario de la mata está inscripto en un cuadrado de 9 pies de lado. El radio de este círculo será la mitad del lado, 4.5 pies. Se halla el valor del área del círculo para deducirlo al aplicar la fórmula de la corona. Para determinar el área de la corona se adiciona al medio del círculo 1 pie que es el correspondiente al lado del cubo donde se han hecho la determinación de la cantidad que se requiere determinar en el área de la corona, en este caso número de raíces.

Para la densidad se relaciona el número de raíces halladas en una corona determinada con el área de la misma.

Para la determinación de la rata de crecimiento a diferentes edades se hizo uso de una fórmula dada por Williams (27).

$$\text{Relación de crecimiento} = \frac{\log. e \text{ Seg. Observ.} - \log e \text{ Prim. Ob}}{\text{Tiempo 2} - \text{Tiempo 1}}$$

Esta fórmula se usó con peso de materia seca, número de raíces y longitud total de raíces, promedio por observación. El resultado es expresado en por ciento por la unidad de tiempo escogida. En el presente caso en por ciento por mes.

IV. RESULTADOS.

En Bataan fueron observadas 10 matas en 3 series diferentes de suelo. Las series son las determinadas por Robinson (21), 547, 727, L 222. La clave de los símbolos es la siguiente:

Primera serie.

- 5..... Suelo franco limoso con arena fina.
- 4..... Buen drenaje.
- 7..... Subsuelo de arena fina.

Segunda serie.

- 7..... Suelo de arena fina.
- 2..... Drenaje imperfecto.
- 7..... Subsuelo de arena fina.
- L..... Capa delgada de calcáreo sobre la superficie.

Tercera serie.

- 2..... Franco arcillo-limoso.
- 2..... Drenaje imperfecto.
- 2..... Subsuelo franco arcillo-limoso.

El suelo 547 pertenece a la clase I para la producción de abacá de la clasificación de Robinson (21), es decir que es un suelo que puede ser plantado o cuya plantación de abacá puede ser mantenida. Son suelos permeables y friables que necesitan de ciertos lugares de drenaje y protección a las inundaciones. Estos suelos son calcáreos de reacción básica o neutra.

El suelo 727 L según la anterior clasificación está en la clase III por su drenaje imperfecto. Pero por sus condiciones físicas y químicas pertenece a la clase I, siendo el único factor limitante la pobreza de drenaje. Es un suelo muy friable y permeable con un delgado depósito calcáreo en la superficie (1 a 4 pulgs.) que le da gran fertilidad.

En la misma clasificación el suelo 222 pertenece a la clase III por su pobre drenaje y por la constitución impermeable de su capa superficial y su subsuelo.

Las raíces jóvenes son de color blanco nacarado y en su ápice presentan una zona de $1/8$ a $1/4$ de pulg. translúcida y verde. De consistencia succulenta son fácilmente quebradas. A 1.5 pulgs. de la ápice, en términos generales, pueden ser quebradas fácilmente pero no separadas del resto, quedando sujetas por el cilindro central. Pelos absorbentes son observados a simple vista solo en condiciones especiales y se notan a partir de $1/4$ a $1/2$ pulg. del ápice. Las condiciones especiales de crecimiento se refieren a raíces que en su desarrollo encuentran espacios de suelo libre, como por ejemplo huecos hechos por Taltuzas o algún otro animal o troncos enterrados y en estado de putrefacción. También se dan en raíces que crecen sobre la superficie del suelo.

En raíces de menos de un pie de longitud se ven pequeñas raicillas absorbente de menos de un $1/16$ de pulg. de diámetro y hasta de media pulgada de largo las cuales generalmente desaparecen dejando una cicatriz ojival. En raíces de mayor dimensión se observaron cantidades considerables de raicillas absorbentes de $1/16$ y $1/8$ de pulg. de diámetro y de longitud variable hasta los 3.5 pies. En los suelos 547 y 727 L la mayor cantidad de raicillas laterales fué observada entre los dos y los tres pies de la mata. En los suelos 222 se hallaron menor cantidad de raicillas absorbentes y su mayor densidad ocurrió a los dos pies de la mata. La mayor densidad de éstas raicillas ocurrió en los suelo 727 L.

Ramificaciones dicotómicas fueron observadas en todos los casos en que el punto terminal de la raíz fué dañada por microorganismos u otros agentes causales. Generalmente la zona más afectada por los microorganismos ha sido la que se encuentra entre los dos y los tres pies laterales de la planta y dentro del primer pie de profundidad. El número de raíces que se forman de esta manera varía en todos los casos.

Raíces jóvenes o viejas de pequeña o gran extensión presentan muchas veces la coloración morada, roja o azul. Lo mismo sucede con las raíces absorventes. En el caso de haber coloración las cicatrices dejadas por las raicillas absorventes al desaparecer, son más fáciles de apreciar por la coloración más intensa de los bordes.

Las raíces aparecen en el rizoma muchas veces a través de lenticelas en forma de rombo cuyas dimensiones varían de acuerdo al diámetro de las raíces que por él emergen. Las raíces aparecen generalmente en grupos de tres o de dos, a veces solamente una pero nunca más de tres.

Los diámetros observados al emerger del rizoma han variado entre $1/16$ y $1/2$ de pulg.

En épocas de lluvias intensas se ha observado la presencia de raíces aéreas, esto es raíces que se desarrollan sobre la superficie del suelo. Algunas desarrollan horizontalmente, otras hacia arriba y otras hacia abajo. Según sea su dirección estas raíces prosperan o no, las que se dirigen hacia abajo generalmente prosperan continuando su crecimiento en el suelo,

pero en otras ocasiones cuando el suelo está constantemente húmedo la raíz sufre la putrefacción de su ápice deteniendo su crecimiento y emitiendo ramificaciones. Las raíces horizontales y las que dirigen su crecimiento hacia arriba generalmente mueren después de corto desarrollo. Esta clase de raíces tiene profusión de pelos absorbentes, en mayor cantidad las que se dirigen hacia arriba, luego las horizontales y la menor cantidad en las que se dirigen hacia abajo los cuales los pierden al penetrar en el suelo.

En todas las matas observadas se puede apreciar que los rizomas de las plantas maduras no tenían o tenían muy pocas raíces y que su sostenimiento estaba supeditado al sistema radicular de los "ojos" o de los hijuelos a los que habían dado origen, muchos de los cuales antes de ser observados fuera del suelo ya tienen raíces de más de un pie de largo.

En los suelos 547 y 222 se observó que las raíces que atraviesan en su crecimiento suelos muy compactos sufren compresiones y depresiones.

En relación con la profundización de las raíces en las tres diferentes series de suelos el cuadro siguiente muestra apreciables diferencias.

CUADRO Nº 1

Porcentajes de cantidad de raíces por pie cúbico de profundidad, sobre la cantidad total hallada en 3 series diferentes de suelo.

Suelos serie	Total de raíces	Pies de profund.	Número de raíces	% sobre el total.
547	294	1	157	53.40
		2	79	26.87
		3	39	13.26
		4 y más	19	6.46
727 L	321	1	184	57.32
		2	94	29.28
		3	43	13.39
		4 y más	0	0.0
222	381	1	272	71.39
		2	75	19.68
		3	34	8.92
		4 y más	0	0.0

El anterior cuadro (Nº 1) muestra la influencia de la napa freática en el crecimiento radicular en profundidad, lo cual fué comprobado en las diversas "trincheras" que se hicieron con ese objeto. El suelo 727 L tiene una pequeña ventaja en todos los niveles anteriores a los cuatro pies pero en el cuarto pie el sistema radicular desaparece violentamente. Denota así mismo el cuadro una marcada predominación del crecimiento en el primer pie, siendo ésta más marcada en el suelo 222.

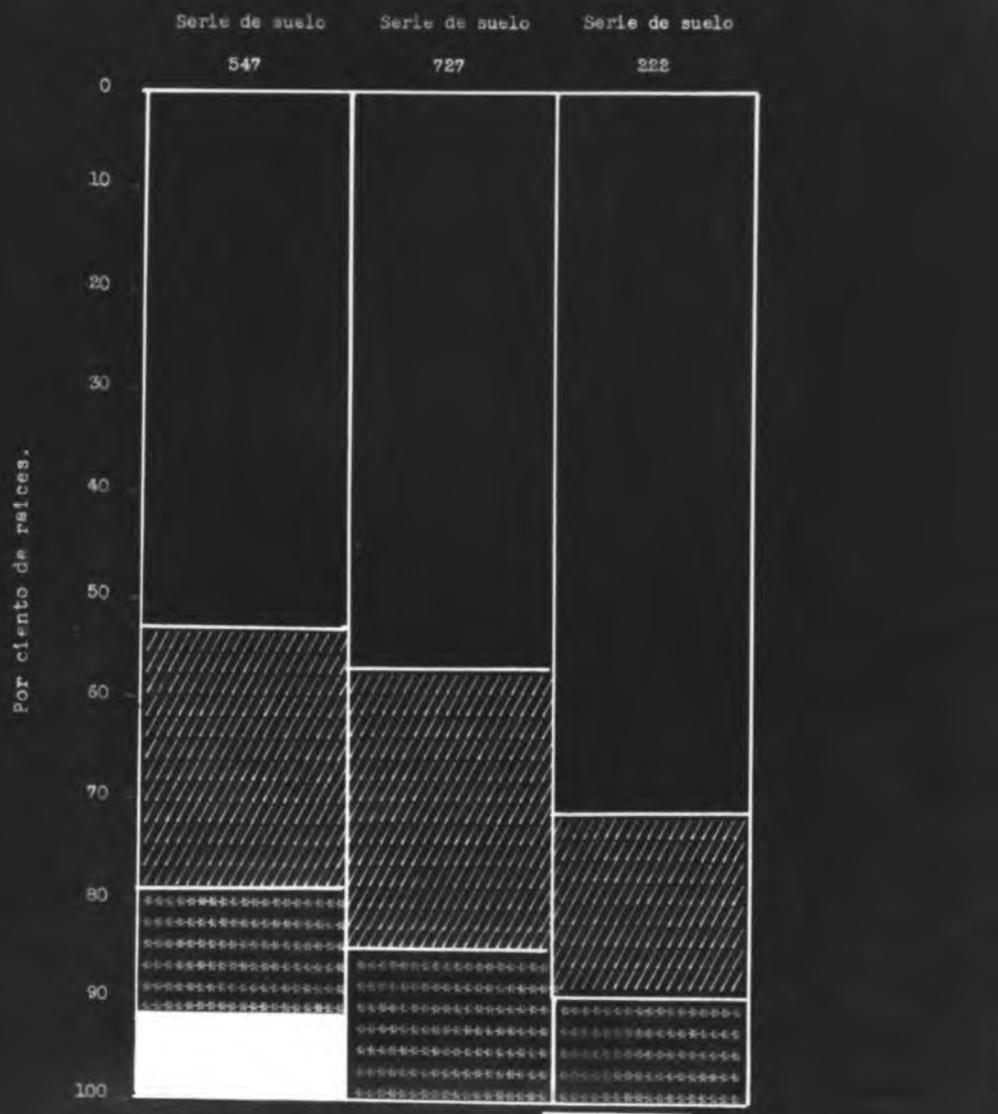


Grafico # 2 .-

Porcentajes de raíces hallados a distintas profundidades. Tomados sobre el total en cada uno de tres suelos de serie diferente, en Bataan, C.R.

	Primer pie de profundidad
	Segundo pie de profundidad
	Tercer pie de profundidad
	Cuarto pie de profundidad

CUADRO N° 2

Dá la cantidad y densidad de raíces en las áreas de las coronas de las matas en las tres series diferentes de suelos.

Suelo
Serie 547

<u>Area</u>	<u>Número de raíces</u>	<u>Densid. x pie 3</u>	<u>Número de raíces</u>	<u>Densid. x pie 3</u>	<u>Número de raíces</u>	<u>Densid. x pie 3</u>
Corona I	910.60	28.98	996.95	31.75	471.15	15.00
Corona II	828.96	21.97	1055.04	28.00	364.17	9.66
Corona III	912.17	20.75	1230.88	28.00	358.33	8.15
Corona IV	764.19	14.74	1396.60	26.99	254.59	4.91

Las mayores densidades son halladas al borde de la mata pero se ve que hay una gran densidad en los espacios comprendidos entre el 2o y 3er. pie lateral. La densidad comienza a disminuir a partir del cuarto pie, con mayor intensidad en el suelo 222 en que es cerca de la mitad de la densidad hallada en el pie anterior. En el suelo 547 la baja de densidad alcanza casi la tercera parte, pero en el suelo 727 L es muy pequeña. Las alturas de las plantas maduras en promedio en las tres series diferentes, de suelos, han sido las siguientes:

Suelos:	547	727 L	222
Alturas:	141.97 pulgs.	114.18 pulgs.	105.90 pulgs.

En Turrrialba se observaron 26 plantas de dos diferentes variedades, creciendo en suelos de condiciones químicas similares, de buen drenaje, de textura similar, pero cuya estructura fué variada al momento de la formación del campo de observación.

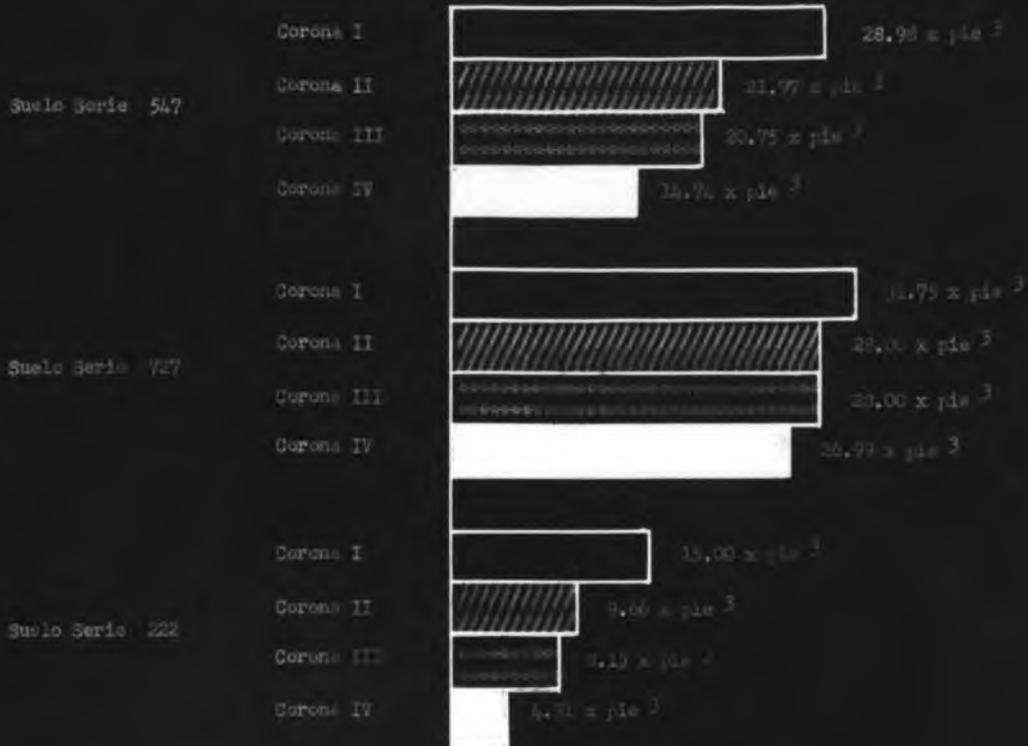


Gráfico # 3 .-

Densidad radicular, dada un número de raíces por pie cúbico, a 1 pie de profundidad y a 1, 2, 3 y 4 pies laterales del borde de la mata de abono, en tres series diferentes de suelo.

Denominemos A, B, y C, los tres grupos diferentes en condiciones de estructura de suelo. Al momento de sembrar el grupo A se constató que el ancho dado a las zanjas para colocar las maderas divisorias permitía a ambos lados de las mismas la existencia de una sección, que teniendo de ancho 6 pulgs. y el mismo largo y profundidad de la zanja, era necesario rellenarla con suelo suelto. Quedaron así las dos "camas" del grupo A con una sección de 6 pulgadas de ancho no removida y dos secciones, laterales a la anterior, que estaban constituidas de suelo removido.

Por la necesidad de extraer piedras de gran tamaño, así como troncos y también por los derrumbes ocasionados al confeccionar las zanjas, el suelo de las "camas" del grupo B, fué totalmente removido.

El grupo C creció en un suelo que no había sufrido remoción alguna, pues no habiendo necesidad de colocar tablas divisorias en las "camas" solamente se escavó lo necesario para colocar los rizomas.

En síntesis tenemos que las matas que crecieron en Turrialba lo hicieron en las siguientes condiciones de estructura:

Grupo A	Suelo <u>semi</u> -removido
Grupo B	Suelo <u>totalmente</u> removido
Grupo C	Suelo <u>no</u> removido

En la morfología de la raíz no se ha encontrado ninguna diferencia con las raíces halladas en Bataan. Las raíces que se han observado cubiertas de pelos absorbentes son aquellas que crecieron en los espacios libres junto a las maderas donde el suelo no fué bien apisonado. Se observó cierta flexuosidad en

las raíces que les permitía rodear obstáculos y atravesar los huecos o hendidias de las maderas, hallándose algunas que afectaron la forma de una "S". El diámetro de las raíces cambia a través de su desarrollo y varía o aumenta indistintamente, se dan casos de raíces cuyos ápices son de mayor diámetro que la parte inicial y viceversa.

En el rizoma que sirvió de semilla no se observan sino muy pequeña cantidad de raíces en los nudos inferiores, generalmente de diámetro muy reducido (1/16 de pulg.) con pequenísimas ramificaciones. En la parte superior del rizoma, donde generalmente aparecen los "ojos" o brotes, es donde se aprecia la mayor cantidad de raíces, estas si de normal desarrollo pero generalmente de menor número que lo usual en rizomas del mismo peso y tamaño.

La cantidad total de raíces y el porcentaje de la suma de estas cantidades por pie de profundidad en matas que crecieron en los tres grupos A, B, y C, están dadas en el presenta cuadro (Nº 3).

CUADRO N^o 3

Porcentajes de cantidad de raíces por pie de profundidad, sobre la cantidad total hallada en tres suelos de diferentes estructura.

Suelos grupo	Total de raíces	Pies de profund.	Número de raíces	% sobre el total
A	1424	1	955	67.06
		2	338	23.73
		3	121	8.49
		4 y más	10	.70
B	1670	1	944	56.52
		2	418	25.02
		3	209	12.51
		4	99	5.92
C	700	1	505	72.14
		2	159	22.71
		3	36	5.14
		4	0	0.0

Nota.- Al grupo C le faltan cuatro matas en relación con los grupos A y B.

Se aprecia en este cuadro la mayor profundización en los suelos del grupo B los cuales habían sido removidos. En los suelos A que fueron semiremovidos los porcentajes mayores en los pies de profundidad 3 y 4 se deben posiblemente a que las raíces crecieron en más abundancia en el suelo suelto a los lados de las maderas.

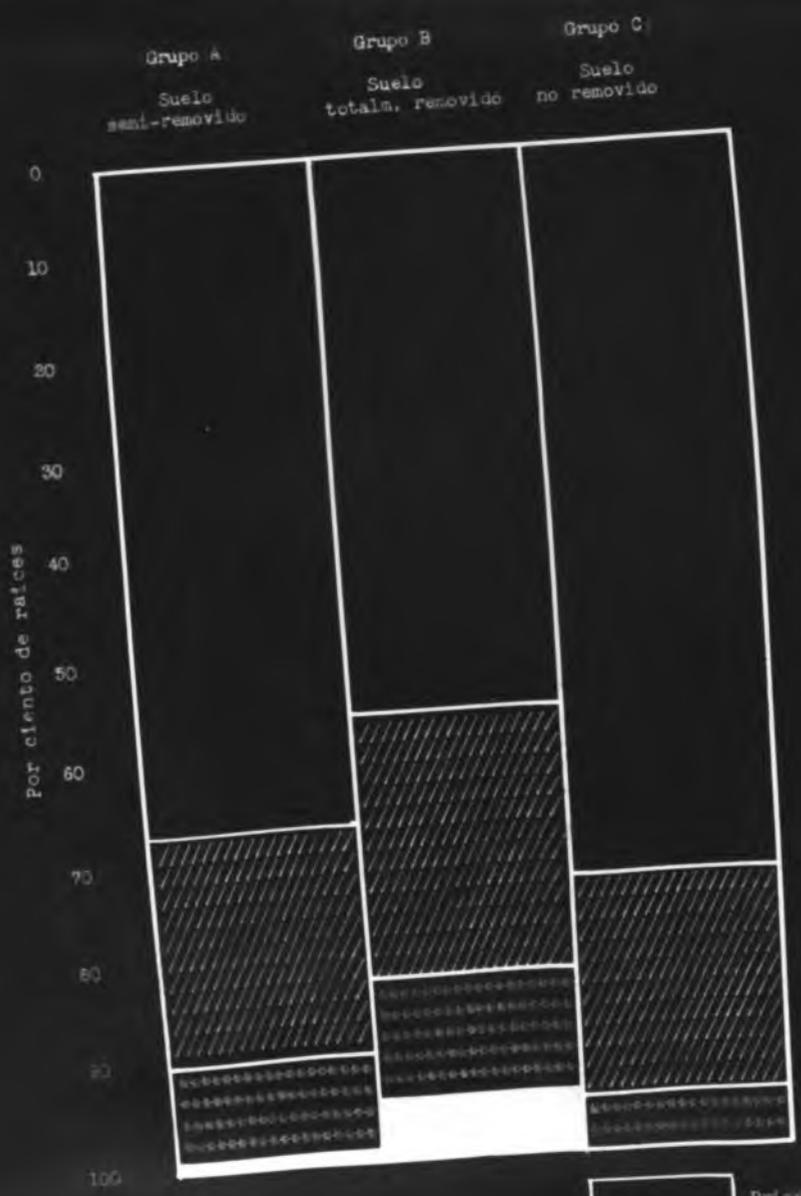
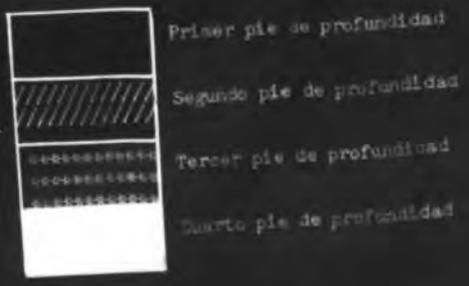


Grafico # 4 .-

Porcentajes de raices a diversas profundidades. Tomados sobre el total hallado en tres suelos de estructura diferente, en Turrialba, C.R.



Se nota una marcada preponderancia del crecimiento en el primer pie y que la diferencia entre los porcentajes de distribución es más acusada en los suelos de estructura más compacta.

Con respecto a los diferentes diámetros el siguiente cuadro dado en porcentajes acusa diferencias en los tres grupos A, B, y C.

CUADRO N^o 4

Porcentajes de cantidad de raíces de diferentes diámetros, en pulgadas, sobre la cantidad total hallada en tres suelos de diferente estructura.

Diam. pulgs.	Grupo A		Grupo B		Grupo C	
	Núm. de raíces	% sobre el tot.	Núm. de raíces	% sobre el tot.	Núm. de raíces	% sobre el tot.
1/16	146	10.26	126	7.28	33	4.70
1/8	480	33.70	414	23.90	290	41.31
1/4	573	40.23	702	40.53	292	41.59
3/8	224	15.73	490	28.29	87	12.39
1/2	1	.07	0			

En los tres grupos el mayor porcentaje de raíces ha sido el de 1/4 de pulg. de diámetro. El grupo B tiene un alto porcentaje de raíces de 3/8 de pulg. de diámetro en relación con los grupos A y C. En el grupo C la cantidad de raíces de 1/4 y 1/8 de pulgs. de diámetro son las mismas.

Fuera del porcentaje .07 que corresponde a la única raíz hallada en todas las observaciones en Turrialba, el porcentaje más bajo corresponde al diámetro 1/16. Estas raíces generalmente se

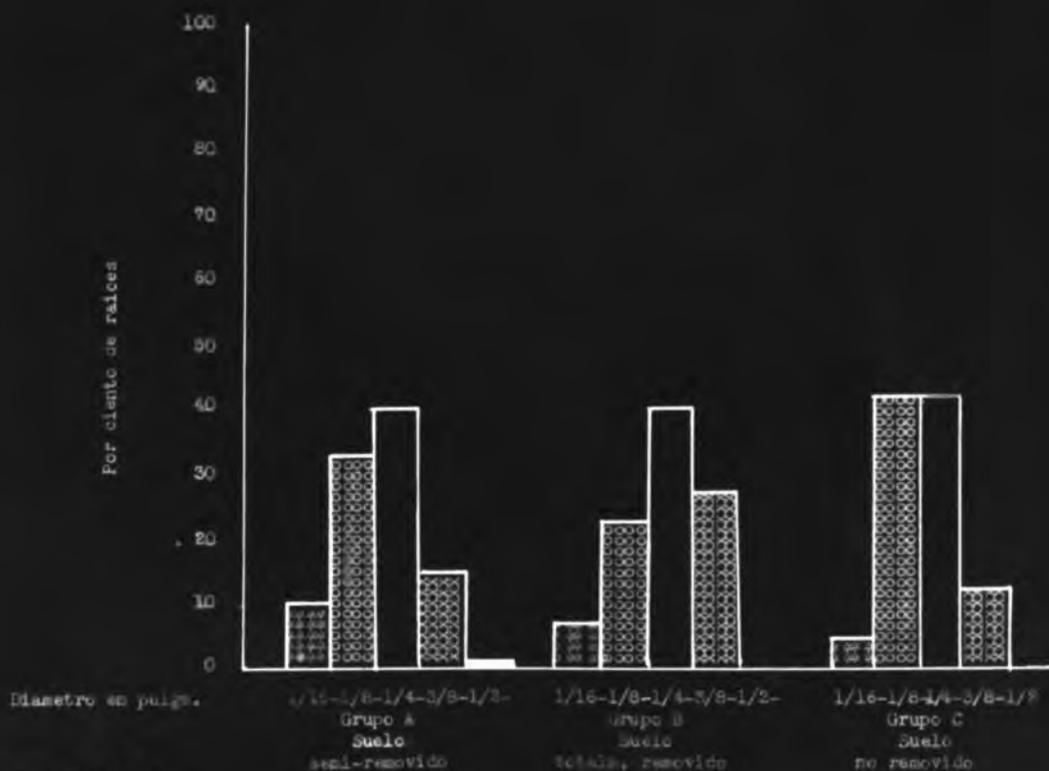


Gráfico # 5 .-

Porcentajes de cantidad de raíces de 1/16, 1/8, 1/4, 3/8, y 1/2 pulg. de diámetro, sobre la cantidad total hallada en tres condiciones diferentes de suelo.

hallaron sobre el rizoma que había servido de semilla y estaban cubiertas de otras pequeñas raicillas absorbentes.

Los diámetros fueron tomados en el lugar de origen en el rizoma.

En relación a la cantidad total de raíces halladas en cada una de las dos variedades, Maguindanao y Bungalanon, y al porcentaje sobre el total en cada variedad, encontrado a diferentes profundidades, el siguiente cuadro (N^o 5) da una apreciación.

CUADRO N^o 5

Cantidad total de raíces, cantidad y porcentajes sobre el total, encontrados a diferentes profundidades en las variedades de abacá Maguindanao y Bungalanon.

Variedad	Total de raíces	Pies de profund.	Número de raíces	% sobre el total
Maguindanao	2072	1	1328	64.09
		2	492	23.74
		3	202	9.74
		4	50	2.41
Bungalanon	1722	1	1076	62.48
		2	423	24.56
		3	164	9.52
		4	59	3.42

Se indica una pequeña diferencia en el número total de raíces a favor de la variedad Maguindanao. Se ve que a pesar de ser el desarrollo a distintas profundidades bastante parejo la variedad Bungalanon va un tanto más profundo que la Maguindanao.

En relación con los porcentajes del total de raíces de cada variedad con distintos diámetros, el cuadro siguiente (Nº 6) muestra la preponderancia en ambas variedades del diámetro 1/4 de pulg. Y también un mayor porcentaje de raíces 3/8 de pulg. de diámetro en la variedad Bungalanon.

CUADRO Nº 6

Cantidad de raíces y porcentajes sobre el total de raíces de diferentes diámetros (en pulgadas) en las variedades de abacá Maguindanao y Bungalanon.

Diam. pulg.	Maguindanao		Bungalanon	
	Núm. de raíces	% sobre el total	Núm. de raíces	% sobre el total
1/16	117	5.80	144	8.08
1/8	678	33.66	467	26.23
1/4	850	42.20	732	41.12
3/8	369	18.32	436	24.49
1/2	0		1	.05

La relación de crecimiento radicular de las matas del campo de Turrialba están dadas en el siguiente cuadro Nº 7.

CUADRO N^o 7

Relación de crecimiento mensual radicular dada en porcentaje, basada en aumento de número, peso y longitud de las raíces de abacá.

	Número		Peso		Longitud	
	Cantidad	% sobre el total	Gramos	% sobre el total	Pulgadas	% sobre el total
4 a 6 meses	40.00	38%	13.39	55%	344.25	35%
6 a 8 meses	58.50	60%	39.62	58%	698.56	51%
8 a 10 meses	197.00	14%	129.91	30%	2624.50	14%

El mayor aumento está dado entre los 6 y los 8 meses de sembrado, corresponden estos a los meses de enero y febrero de 1953.

El peso por pulgada lineal en ambas variedades es similar.

Peso seco por pulg. lineal	Variedad
1.615 grs.	Maguindanao
1.857 grs.	Bungalanon.

De las observaciones hechas al microscopio se puede decir que las raíces adventicias tienen su origen en los primordios dentro del periciclo del rizoma. Estas zonas de crecimiento dadas en partes jóvenes forman unas bandas longitudinales en el rizoma y guardan cierto paralelismo con las paredes de este. Una vez formados los puntos de crecimiento y organizada la raíz ésta atraviesa la corteza y aparece al exterior, en los nudos o entre los entrenudos indistintamente, sola o formando grupos de dos o tres, en los dos últimos casos la mayor longitud corresponde a la raíz de formación más antigua (8). De un mismo punto se puede originar más de una raíz. Las raíces para aparecer en el exterior tienen que quebrar la corteza y la epidermis.

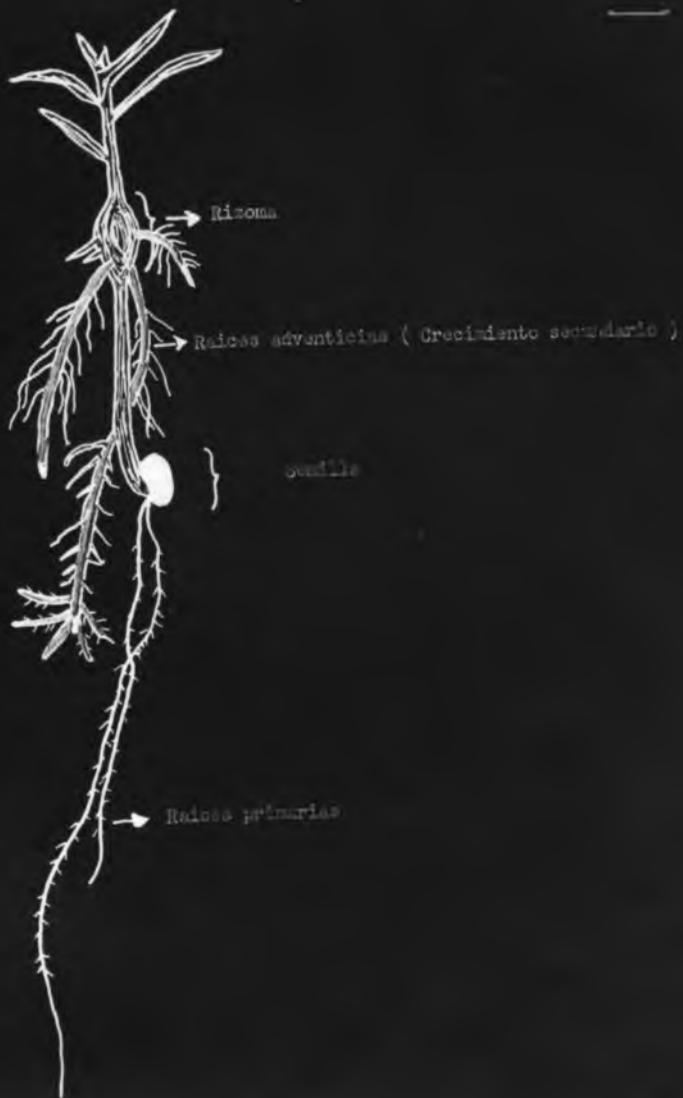


Grafico # 6 .-

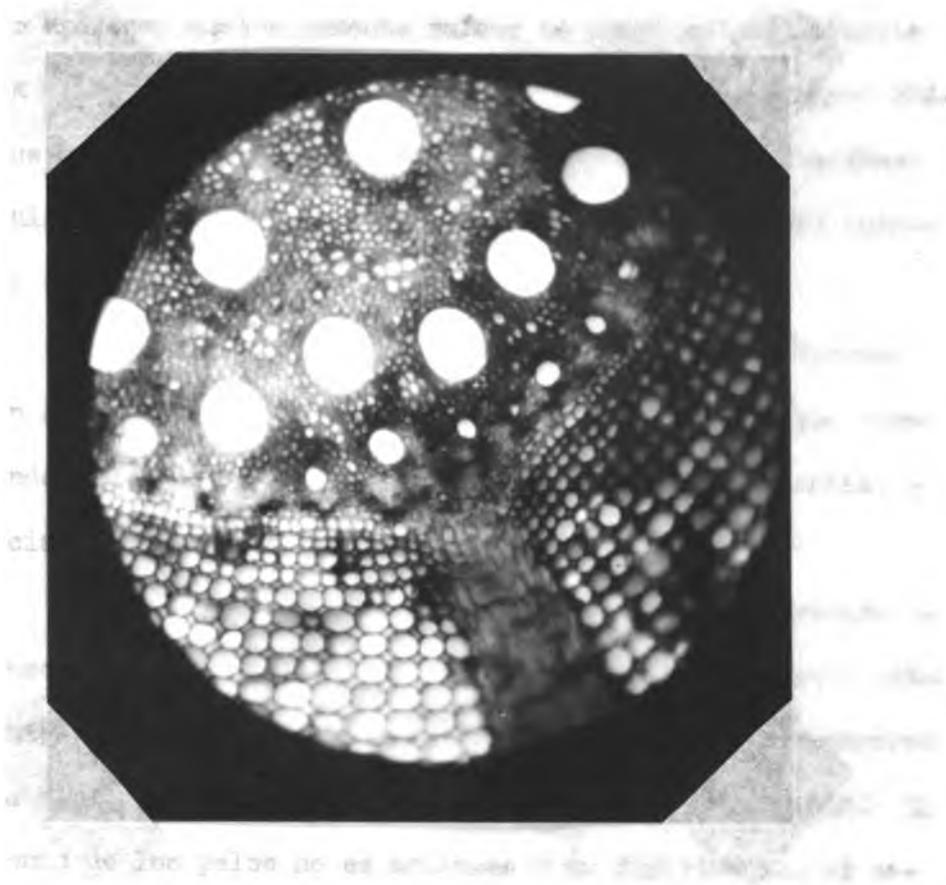
Plantita de abacá, proveniente de semilla sexual, mostrando el origen secundario de las raíces adventicias que acompañan a la planta durante su desarrollo.

Al observar el ápice de la raíz se ve en el caliptrogeno 3 zonas diferenciadas de células. La fila más apical tiene células cuyo alargamiento es hacia el extremo de la raíz, estas dan origen a los tejidos de la copia. La fila media tiene células de alargamiento lateral que dan origen a la corteza y las de la fila inmediata son de crecimiento hacia arriba dando origen al cilindro central.

Las raicillas absorventes se forman en el periciclo de las raíces adventicias y atraviesan la corteza y la epidermis una vez que su crecimiento esta bien organizado dentro del cilindro central. Su unión con el cilindro central es íntima pues constituyen un alargamiento de este, no sucede lo mismo con la corteza y por esto es que esta es fácilmente separable de la raíz que le dió origen quedando solo el cilindro central y su ramificación.

Los pelos absorventes se forman en las células de la epidermis y constituyen solamente una elongación de éstas. El lugar de formación es en la mayoría de los casos la zona adyacente a las paredes que la dividen.

Observando la germinación de una semilla de abacá (gráfico N^o 6) vemos que a partir de la séptima semana en el arilo las formaciones meristemáticas que son la raíz y el tallo. Su crecimiento es opuesto y mientras las raíces, cuyo número no pasa de tres, se dirigen hacia abajo presentando apariencia flexuosa y emitiendo pequeñísimas ramificaciones laterales del mismo color oscuro de la raíz que la produce, el tallo erecto de rígida apariencia y de color verde no emite ramificación alguna. Este tallo, epicotileo, después de tres semanas comienza a presentar un



Fot. # 7 .-

**Vista microscopica de un corte trans-
versal hecho en una raíz de abacá. Muestra el
origen de una raicilla absorbente en el periciclo.**

abultamiento a más o menos una pulg. de la semilla. De este abultamiento aparecen posteriormente raíces de apariencia totalmente distinta a las anteriores, son blancas, suculentas y de mayor diámetro que las anteriores. Estas raíces presentan ramificaciones a $3/4$ pulgada del ápice. Su crecimiento en las soluciones nutritivas es fuertemente geotrópico.

Las raíces aparecidas de la semilla, raíces primarias, detienen su crecimiento a más o menos 18 pulgs. y luego van desapareciendo. Las que aparecen del pequeño rizoma, secundarias, o adventicias, continúan su crecimiento.

Se apreciaron en las raíces adventicias la aparición de pelos absorbentes a partir de $1/4$ de pulg. del ápice. Estos pelos fueron más abundantes en la zona de las raíces que se encontraron entre la solución y el borde del recipiente que las contenía. El crecimiento de los pelos no es uniforme y su distribución es caprichosa pareciendo que no obedece a sistema alguno.

V. DISCUSSION

Es de vital importancia para el desarrollo de un buen programa agronómico en la condición de cualquier cultivo el conocimiento total de la planta con que se trabaja.

La porción aérea de la planta es generalmente la más conocida por ser fácilmente accesible a la directa observación. No por eso debe considerarse que la porción subterránea, aún cuando es más laborioso su estudio, tiene menor importancia como parte constitutiva del vegetal.

En el desarrollo de una planta cada órgano cumple con un rol establecido dentro de la fisiología del crecimiento y es indispensable para el normal desenvolvimiento de éste. Males ocasionados en una zona de la planta son claramente apreciados en otra zona de la misma a través de sus efectos. Todo aquello que contribuye al mayor conocimiento del vegetal con que se trabaja facilitará la solución de problemas que se presentan día a día en el desenvolvimiento de un cultivo demandando rápida y económica solución. El problema de determinar la posición, extensión, grado de ramificación y otros caracteres radiculares presenta peculiaridades difíciles. Es muy complejo el trabajo de poner al descubierto del suelo la extensión de la raíces y las delicadas raicillas, esto se consigue con gran dificultad. La forma más sencilla es lavarlas y es esto lo que han hecho los

En el rizoma se observa:
primeros investigadores (26).

1) La corona, que es la parte terminal y se encuentra generalmente sobre la superficie del suelo. En el lugar de inserción de las hojas exteriores.
diferentes:

2) Los nudos y entrenudos, forman el cuerpo del rizoma.
a) Raíces primarias, cuyo lugar de emisión es la semilla sexual.
Consisten en una serie de anillos superpuestos de abajo hacia arriba.

b) Raíces secundarias o adventicias, cuyo origen es la semilla asexual o rizoma.

Una breve descripción de los órganos que la producen conviene para aclarar conceptos.

A. Las semillas sexuales tienen el pericarpio liso y negro con el arilo claramente diferenciado por el color claro que presenta. Son semillas hipogeas, el peso 100 de ellas varía entre 0.044 y 0.060 y cuyo tamaño varía entre 4 y 6 mm. de diámetro.

Su fertilidad es muy baja y disminuyen si han sido tomadas de frutos no maduros ó si son semillas viejas, el tiempo para su germinación está entre las 7 y 10 semanas. Las plantas que producen se caracterizan por lo variado del fenotipo, aún entre plantas del mismo origen. Este medio de propagación no es usado sino con fines experimentales generalmente.

B. Las semillas asexuales o vegetativas son cormos, conjunto tallo y raíces con escamas que son el origen de las hojas. Tallos subterráneos modificados y de crecimiento simpodico llamados rizomas, (19). De peso y volumen variables tienen generalmente al momento de la madurez de 7 a 10 pulgadas de diámetro mayor, variando este con la variedad y el buen cultivo. El peso como de los microorganismos que les causan daños. Las raíces al estado de madurez varía entre 4 libras y 20 ó más.

desaparecidas de las cicatrices profundas fácilmente perceptibles. En el rizoma se observa:

Rizomas de plantas maduras no presentan raíces, sino muy en las
1) La corona, que es la parte terminal y se encuentra más superiores. La forma del rizoma es muy diversa pero generalmente sobre la superficie del suelo. Es el lugar de insertión de las hojas exteriores. tiene dominancia de crecimiento hacia la corona.

De las observaciones efectuadas a través del estudio
2) Los nudos y entrenudos, forman el cuerpo del rizoma. podemos decir que las raíces del estado son raíces adventicias Consisten en una serie de anillos superpuestos de abajo hacia arri-

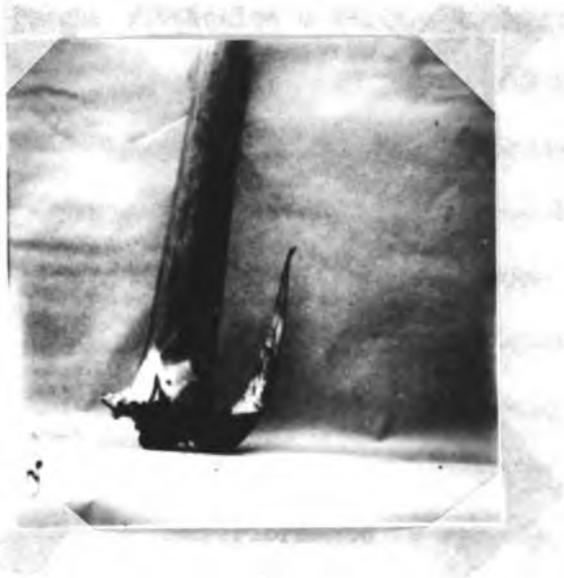
ba, originando así el crecimiento del rizoma. En los entrenudos aparecen las raíces.

3) El ombligo es la zona de unión con la planta madre.

La forma afectada por los rizomas en su crecimiento es variable. Hay predominancia de crecimiento de los segmentos superiores, cercanos al ombligo. El color es ópaco en la superficie pero ésta apariencia cambia a la menor humedad que deja al descubierto un color blanco, nacarado.

El incremento en el número de nudos, es decir el crecimiento, se hace de abajo hacia arriba y son los inferiores nudos el lugar donde se forman las primeras raíces adventicias. Estas emergen en idénticos lugares en entrenudos superpuestos, formando grupos de dos o tres raíces. La capacidad de los entrenudos para producir raíces del tipo normal desaparece con la edad, pues se aprecia que conforme avanza el crecimiento las raíces viejas que desaparecen no tienen reemplazo por otras nuevas en el mismo entrenudo. Es así que las partes viejas o más antiguas del rizoma presentan superficie desprovista de raíces o con muy pocas. La desaparición de las raíces está en relación con la edad de las mismas y más aún con el medio ambiente donde se desarrolla así como de los microorganismos que les causan daños. Las raíces desaparecidas dejan cicatrices profundas fácilmente perceptibles. Rizomas de plantas maduras no presentan raíces, sino muy en los más superiores. La forma del rizoma es muy diversa pero generalmente tiene dominancia de crecimiento hacia la corona.

De las observaciones efectuadas a través del estudio podemos decir que las raíces del abacá son raíces adventicias



Fot. # 2.



Fot. # 3.

Fots. # 2 y 3.-

Maestran en crecimiento de nuevas plantas a partir del rizoma. Notese que en un rizoma joven (#2) los brotes aparecen en los nudos de la base del mismo. En un rizoma viejo (#3) los brotes aparecen en la corona.

provenientes del rizoma las que acompañan a la planta en todo su desarrollo. Son pues de crecimiento secundario (ver gráfico N^o 6). Son estas raíces suculentas y de cierta flexuosidad que le permite rodear obstáculos o variar de posición a través de su crecimiento en el suelo. Su crecimiento está localizado en la porción apical y si bien a lo largo de su recorrido se nota la producción de raíces laterales estas son raicillas absorbentes de diámetro pequeño, varía entre 1/16 y 1/8 de pulgada, y su longitud raras veces excede los dos pies. En ninguno de los casos estas raicillas toman el eje de crecimiento. El crecimiento de las raíces es poliaxial y el conjunto forma un sistema radicular fibroso.

Exteriormente se aprecia una zona inicial verde claro, translúcida, luego una porción que se aprecia muy suculente y que es sumamente frágil seguida de una parte menos frágil y de apariencia menos suculenta donde aparecen los pelos absorbentes y luego las raicillas absorbentes. Al microscopio se observa la cofia de .5 mm de extensión y luego el caliptrogeno o zona meristemática donde se observan tres capas de células; las más apicales tienen alargamiento hacia el ápice y dan origen a las células y tejidos que forman la cofia. Una sección intermedia, de alargamiento lateral, forma los tejidos de la corteza y una sección superior a ésta, de alargamiento en dirección opuesta al ápice, da origen a los tejidos de l cilindro central. La zona de crecimiento tiene alrededor de 1.5 mm de espesor y en ella no se aprecia la producción de pelos absorbentes. Estos pelos absorbentes son formados por el alargamiento de las células de la epidermis, generalmente en los bordes de las células, esto es junto a las paredes que las

limitan. Aparecen solo en condiciones especiales, cuando la raíz está creciendo en condiciones que no son las normales. En las plantas que crecieron en soluciones nutritivas se apreció que las raíces que crecieron en ellas presentaron mayor cantidad de pelos absorbentes en la zona sobre el nivel de la solución que en la porción de raíz que estaba dentro de ella. En el campo de Turrialba se notó gran cantidad de pelos absorbentes sobre las raíces que crecieron cerca de los bordes de madera que limitaban las "camas" lateralmente, en los lugares en que el suelo no bien apisonado dejaba espacios libres. En la plantación industrial fué dable observarlos en espacios de suelo o en las raíces aéreas. El desarrollo de los pelos es indiscriminado, no sigue ningún plan de arreglo y su disposición que por el crecimiento acropeta de la raíz debiera ser uniforme aumentando de tamaño del ápice hacia el rizoma no lo es así, notándose la superficie que forman los extremos de los pelos como una línea sinuosa. Aparecen también en la zona ocupada por las raicillas absorbentes y sobre ellas. Las condiciones ambientales no solo determinan la capacidad de las células epidérmicas para producir pelos absorbentes sino también la forma y longitud de los mismos (9).

Las raíces, que tienen su origen en los primordios del rizoma, solamente proceden de tejidos nuevos, es por eso que las partes viejas de los rizomas, o sean los nudos más antiguos, no producen raíces. Por esta razón es posible que sea el hecho de que las plantas maduras se aprecian en el campo completamente carentes de raíces o con muy pocas de ellas.

Las raicillas absorbentes que tienen su origen en el

periciclo no tienen un arreglo especial y su crecimiento es al azar, siendo fuertemente influenciada por el medio donde desarrollan, habiéndose notado mayor número en suelos sueltos. Muchas veces de ellas se ramifican en otras más pequeñas.

Las raíces jóvenes cambian rápidamente su color, de blanco a morado, en muchas ocasiones. Pueden tornarse azules o rojas. Este cambio de coloración es más apreciable en raíces maduras. La causa puede ser la producción de antocianina, la cual está supeditada a factores ambientales y a factores genéticos. La acumulación de azúcar en los tejidos de la planta aumenta la producción de antocianina (18).

Se ha hecho la misma observación que Daum (10) y que Taylor (25) acerca de la producción de raíces que toman el eje de crecimiento cuando el ápice de la raíz es dañado. Pero se ha visto que cuando el daño es producido por microorganismos la punta de la raíz queda necrosificada, de color negro y alargada. Cuando el daño se produce al no poder pasar la raíz por la presencia de un obstáculo el ápice va engrosándose y la punta queda achatada, viéndose posteriormente la aparición de las nuevas raíces.

En épocas de fuerte precipitación se ha notado gran número de raíces que desarrollan sobre la superficie del suelo. Estas raíces aéreas tienen gran cantidad de pelos absorbentes y si aparecen en grupos es generalmente la que está más lejos del suelo la que posee mayor cantidad. En caso de estar a una misma altura la que presenta el mayor número de pelos es aquella cuyo crecimiento se aparte más de lo normal. En épocas secas es raro encontrar estas raíces.

A través de las observaciones hechas en Turrialba y en Bataan se puede apreciar la gran influencia de la textura y estructura del suelo en el desarrollo del sistema radicular del abacá y también de la influencia de la napa fraética que impide el crecimiento en penetración. Estas marcadas influencias pueden tener su origen en la limitación del oxígeno necesario para la respiración celular. La respiración celular es muy importante, el contenido de O_2 y CO_2 en el suelo tiene un carácter decisivo para ella. La falta de aereación puede marchitar una planta aún habiendo agua abundante (1). La adecuada aereación del suelo depende grandemente de la textura y estructura del suelo, por que el cambio de gases ocurre a través de los grandes poros que están libres de agua, por eso la aereación no es nunca un factor limitante en suelos arenosos, pero si en suelos de textura fina, particularmente cuando son pobremente granulados (15). Esto se puede apreciar en las tres diferentes texturas de los suelos 547, 727 L y 222 y en las cantidades de raíces observadas en ellos. El suelo arenoso 727 L ha tenido la mayor concentración radicular y la mayor extensión lateral (14 pies).

El suelo arcillo-limoso 222 ha tenido muy poca concentración radicular comparado con el 727 L y su extensión lateral, desde el borde de la mata sobrepasó en muy poco los cuatro pies.

El suelo 547, de textura intermedia entre los anteriores, tuvo una densidad también intermedia y su extensión radicular sobrepasó los 8 pies laterales.



Fot. # 4 .-

Mata de abacá cuyo crecimiento radicular muestra la influencia de las condiciones físicas del suelo en el desarrollo de las raíces.



Fot. # 5 .-

Porción , de la mata que aparece en la fot. # 4, que creció en suelo de textura fina y muy compacto. Muestra un sistema radicular muy pobre.



Fot. # 6 .-

Porción, de la mata que aparece en la fot. # 4, que creció en suelo de textura gruesa y muy suelto. Muestra gran desarrollo radicular.

De la estructura afectando el crecimiento se aprecia un hecho palpable en los resultados de los pesajes y conteos hechos en Turrialba donde la textura del suelo fué la misma para los tres grupos pero en los cuales la textura había variado. La cantidad de raíces y el peso de las mismas en el grupo B, que había sido totalmente removido, fué mayor que en los dos grupos, el semi-removido y el no removido. El crecimiento en profundidad y el diámetro de las raíces también fué afectado. Las raíces alcanzaron mayor profundidad y el diámetro fué en porcentaje mayor al de los otros grupos. En el crecimiento en profundidad siempre se notó una preponderancia del primer pie, pero la repartición en las distintas profundidades fué más pareja, evitándose así aglomeraciones de raíces que determinan un menor grosor de las paredes celulares dando mayor oportunidad a la entrada de los patógenos. La gran cantidad de raíces en un lugar reducido determina una gran competencia por los nutrientes del suelo y no permite un racional aprovechamiento de las riquezas del suelo.

La altura de la napa freática detiene el crecimiento radicular por falta de aereación en los suelos saturados. La humedad en el suelo no afecta directamente por pudrición al sistema radicular sino indirectamente por que los poros capilares y no capilares al estar llenos de agua no permiten la entrada del aire quedando así la raíz desprovista de oxígeno no pudiendo por ello absorber las sales del suelo (18).

A través de la observaciones hechas mediante "trincheras", se ha podido observar que las raíces detienen su crecimiento al alcanzar la napa freática.

El suelo 547 con una napa freatica baja/ya permitido la penetración de las raíces a mayor profundidad que los cuatro pies. El suelo 727 L, en el que se tenía un magnífico crecimiento por su textura, presenta solo crecimiento hasta los tres pies de profundidad y luego este cesa violentamente por presencia del agua del subsuelo. En el suelo 222 se sumaron la textura y la napa de agua alta dando como resultado un sistema radicular pobrisimo.

Observaciones hechas en "trincheras" muestran que estando más baja que lo usual la tabla de agua en épocas de sequía las raíces penetran a mayor profundidad, pero que luego cuando comienzan las lluvias y sube el nivel del agua del subsuelo se pierden las raíces desarrolladas en la época anterior.

Es posible que las diferencias en penetración sean más grandes en los suelos tomados, pues los datos numéricos han sido hechos a base de matas observadas, por razón de la dotación de agua necesaria para el trabajo, cerca de canales. Como es lógico en estos lugares la facilidad del drenaje es mayor que si hubiesen sido tomados lejos de canales o "boquetes" de drenaje.

Por todas estas consideraciones podemos decir que las condiciones de textura y estructura del suelo, así como la altura de la napa freatica y las facilidades de drenaje y percolación del agua tienen una marcada importancia en el desarrollo del sistema radicular. La penetración amplia y profunda de las raíces ocurre solamente en suelos de relativamente gruesa textura, buen drenaje y buen aereamiento. Nunca en suelos altamente arcillosos, subsuelos pesados ó con una capa de "hard pan" ó donde existe una napa freatica muy alta. (20).

Las raíces de una planta tienen forma y estructura característica cuando desarrollan en su medio usual, pero son sujetas a variaciones al igual que las partes aéreas cuando no desarrollan en su medio corriente (24). Las raíces de abacá son raíces adventicias y por eso son debilmente geotrópicas y facilmente influenciadas por el medio donde prosperan (6) por ello las grandes diferencias encontradas en las mediciones, pesajes y conteos efectuados.

En el suelo las raíces explotan el medio ambiente y desarrollan enormes áreas de superficie radicular bajo favorables condiciones, por eso la planta forma innumerables puntos de contacto íntimo con las partículas coloidales del suelo (18). La efectividad de las raíces como órganos de absorción depende del área de absorción total del sistema radicular y de la eficiencia individual de la raíces. Esto último depende de su estructura anatomica la cual puede ser modificada durante su crecimiento (16).

Se deduce pues que se les debe dar a las raíces las mejores condiciones para su desarrollo en especial en suelos que tienen gran cantidad de materia orgánica pues en ellos la concentración de CO_2 puede ser muy elevada (1) disminuyendo así la respiración y por consiguiente el crecimiento radicular. Es el caso de la plantación de Bataan donde el problema se agrava, pues según Boynton (5) los factores que afectan el decrecimiento de O_2 en el suelo y el incremento de CO_2 son 1) la mayor profundidad, 2) el aumento de temperatura y 3) la cantidad de poros libres en el suelo. Estas conclusiones de Boynton (5) nos dan la respuesta a la pequeña penetración radicular del abacá en algunos suelos y a

ellas tenemos que agregar las condiciones genéticas de la planta.

Una de las funciones más importantes de la raíz es la absorción de agua, pues su deficiencia trae como consecuencia el desequilibrio hídrico que se acompaña del cierre de los estomas impidiendo la penetración de CO_2 y deteniéndose la fotosíntesis (17). Por ello el área ocupada por las raíces debe de ser mucho mayor que la ocupada por las hojas para poder así contrarrestar el efecto más amplio de la transpiración sobre la absorción (1) y fuera de la absorción del agua es también necesario un sistema radicular bien desarrollado para poder efectuar la absorción de minerales la cual según Jenny y Overstreet (15) se hace por contacto directo de las raíces con el suelo.

El desarrollo de todos los órganos de una planta en crecimiento es influenciado en algún grado por los procesos fisiológicos o condiciones fisicoquímicas que prevalecen en otros órganos, pues existe una correlación de crecimiento de célula, (18) así, el crecimiento de las raíces, la absorción de sales minerales del medio externo y el buen desarrollo de ramificaciones laterales requiere una buena fuente metabólica (14). Las dificultades de absorción pueden afectar el metabolismo del sistema radicular, consistente en activo transporte mecánico por el que los solutos son absorbidos y llevados al sistema conductor. Estas dificultades de absorción se dan en suelos donde hay gran porcentaje de material coloidal las cuales retienen el agua del suelo y la hacen inútil a los pelos absorbentes que circundan (17).

En general un sistema radicular grande puede ser producido en un suelo abundante en humedad si la aereación es buena, pero se obtiene un gran número de nuevas raíces cuando se limita el agua (16), esto puede ser la explicación del aumento de 60% de raíces por mes durante el crecimiento en los meses de febrero y marzo en que la precipitación pluvial en Turrialba fué 4.46 pulgs. y 1.29 pulgs. respectivamente.

Parece existir correlación entre la aereación del suelo y el grosor de las raíces. En las observaciones hechas en Bataan se apreció la mayor cantidad de raíces de grosor de más de $\frac{1}{4}$ de pulg. de diámetro en los suelos 727 L y la mayor cantidad de raíces de diámetro menor de $\frac{1}{4}$ de pulg. en los suelos 222. Además estas últimas fueron más frágiles. En los tres grupos de diferentes estructuras en Turrialba se notó que las raíces del grupo B, suelo totalmente removido, tenían mayor porcentaje de raíces sobre $\frac{1}{4}$ de pulg. de diámetro que las de los grupos A y C, y que las raíces del grupo C, sin remoción ninguna tenían igual porcentaje de raíces de $\frac{1}{4}$ de pulg. y $1/8$ de pulg. de diámetro. Es posible que sea debido a esta relación, de aereamiento y grosor, el cambio diámetro que sufren las raíces en su crecimiento, aunque esto puede estar también influenciado por la época de desarrollo y condicionado con las horas de iluminación, con la temperatura y otros factores que afectan la fotosíntesis.

De las observaciones hechas sabemos que los tres primeros pies laterales de la mata son los que tienen mayor densidad radicular. Esta densidad está supeditada al primer pie de profundidad donde como se ha visto el porcentaje de raíces es sensible-

mente mayor que en los otros pies de profundidad. La mayoría de las raicillas absorbentes de apreciable longitud tienen su crecimiento a partir de raíces de más de un pie de largo. Se ha observado que la mayoría de las lesiones en el ápice, que hacen que la raíz se ramifique en forma múltiple, se aprecian en mayor proporción a partir del primer pie lateral del borde de la mata. Luego podemos decir que es posible que la zona de mayor absorción sea la que se encuentra entre el espacio comprendido por los dos o tres pies laterales y un pie de profundidad, pues siendo la densidad en cuanto a raíces adventicias provenientes del rizoma, alta en esta zona comienza a declinar después de los tres pies, los puntos de contacto se multiplican pues hay mayor cantidad de raicillas absorbentes y mayor cantidad de raíces producidas por daños. Es posible entonces que esta zona sea la más indicada para la aplicación de abonos o fertilizantes.

Por las mismas consideraciones y además por el hecho de que el 80% de las raíces se encuentran en los dos primeros pies de profundidad es posible que la mejor zona de aplicación de insecticidas y fungicidas sea dentro de los tres primeros pies laterales y que la penetración de los productos empleados alcance hasta los tres pies de profundidad.

VI. CONCLUSIONES.

- 1.- Las raíces de la planta de abacá son adventicias, por lo tanto de origen secundario. Son de crecimiento simpódico, no existen ramificaciones que puedan tomar el eje de crecimiento sino cuando son lesionadas en su ápice.
- 2.- Tienen su origen en los primordios dentro del periciclo del rizoma. El crecimiento del sistema radicular es poliaxial y su conjunto es fibroso.
- 3.- El crecimiento de las raíces es fuertemente influenciado por el suelo donde desarrollan. Parece ser que los mejores suelos son aquellos bien aireados, de textura gruesa y de napa freática bajo los cuatro pies de profundidad.
- 4.- Condiciones de suelo y posiblemente factores genéticos determinan que el desarrollo radicular sea superficial. La mayor concentración de raíces ocurre dentro del primer pie de profundidad.
- 5.- No se pueden dar diferencias muy definidas entre el desarrollo radicular de la variedad Maguindanao y la variedad Bungalanon.
- 6.- Posiblemente la mejor zona para la aplicación de abonos ó fertilizantes sea el espacio comprendido entre los dos y los tres pies laterales del borde de la mata. Por que en esta zona parece encontrarse la mayor superficie de absorción radicular.
- 7.- Es posible que el lugar más indicado para la aplicación de insecticidas y fungicidas sea el comprendido entre los tres primeros pies laterales del borde de la mata y que sea nece-

sario que la penetración de los productos empleados no abarque sino los dos primeros pies de profundidad. Por que dentro de esta zona se encuentra el ~~8%~~ de las raíces.

VII. SUMARIO

La presente investigación ha sido hecha para estudiar la morfología, histología y hábito de crecimiento del sistema radicular del abacá. Los métodos usados fueron una variación de los descritos por Weaver (26).

Las plantas de abacá observadas estuvieron localizadas en Turrialba y Bataan, C. R. donde el clima es tropical húmedo, habiendo mas alta temperatura promedio y también mayor precipitación pluvial. Bataan está a 15 mts. sobre el nivel del mar y Turrialba a 600 mts.

En Turrialba las plantas crecieron entre barreras laterales de tablas colocadas a 4 pies de profundidad y a $1\frac{1}{2}$ pie entre ellas. En Bataan se tomaron plantas de la plantación comercial establecida, y se hicieron estudios de acuerdo al suelo donde crecieron.

Las raíces fueron lavadas del suelo que las rodeaba usando volumen y presión de agua para observar su distribución en relación con la napa freatica. Su penetración en profundidad y su desarrollo lateral. También se hicieron "trincheras" junto a las matas para observar la relación entre la napa freatica y la penetración radicular. Plantitas provenientes de semillas sexuales fueron tenidas en soluciones nutritivas para observar el primer desarrollo de las raíces.

Después de la germinación de la semilla sexual se produce un sistema radicular primario. Mas tarde aparece un sistema radicular secundario, fibroso. Este es adventicio de crecimiento poliaxial y acompaña a la planta en todo su desarrollo. Tiene su origen en los primordios dentro del periciclo del rizoma. Su extensión lateral es de 4 a 13 ó más pies del borde de la mata. La

mayor concentración radicular se encuentra en el primer pie de profundidad pero pueden llegar a más de 4. Ambos desarrollos dependen de las condiciones físicas del suelo y posiblemente también de las químicas y de factores genéticos. El diámetro más usual es el de $\frac{1}{4}$ de pulgada pero varía de $\frac{1}{16}$ a $\frac{1}{2}$ pulgada.

Las raíces no producen ramificaciones capaces de tomar el eje de crecimiento sino en caso de daños en el ápice, producidos por patógenos ó por obstáculos insalvables. Las raicillas absorventes laterales tienen un diámetro que varía entre $\frac{1}{16}$ y $\frac{1}{8}$ de pulg. su longitud puede llegar a $2\frac{1}{2}$ pies. Son producidas dentro del periciclo de la raíz principal y son susceptibles de producir a su vez ramificaciones de menor diámetro.

Condiciones químicas del suelo y posiblemente factores genéticos dan a las raíces capacidad para la formación de autocianina que imparte a las raíces coloraciones que varían del rojo al azul, siendo la mayoría moradas.

La relación de crecimiento es pequeña hasta los 4 meses pero luego aciende violentamente.

Se ha hallado diferencia entre las variedades Maguindanao y Bungalanon. Se aprecia mayor número de raíces en la primera y mayor profundización en la segunda.

La textura y estructura del suelo afectan el crecimiento radicular. La presencia de napa freática alta no permite la profundización. Suelos de partículas gruesas, sueltos y con napa freática bajo los 4 pies parecen ser los mejores.

Pelos absorventes han sido observados solo en condiciones especiales. \

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

1971

The first two volumes of the series of books in Science
and Technology published under the auspices of the
National Science Foundation, Department of Education,
Washington, D.C. 20540, are published by Interscience,
London, U.K.

First volume in the series
on the subject of "Carbon-dioxide"
New York (Dowdell)
London 1971. 150p.

Second volume in the series

LITERATURA CITADA.

... ..
... ..

... ..

... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

LITERATURA CITADA

1. Alvin, Paulo de T. Apuntes de fisiología vegetal. Sin publicar. Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1952. 117 p. (mimeografiado)
2. Bafuelos, T. & Sherman, P. L. Fermentattion as affecting the quality of Philippine abaca. Philippine Journal of Science 37(1):41-67. 1923.
3. Bartolomé, Rafael. Abaca production in Central America. Philippine Journal of Agriculture 15(2):189-200. 1950.
4. Batchelder, C. H. Tip-over and arrested growth of abaca in Panama and Costa Rica, February 1951. Unpublished Abaca Research Report no. 4. Turrialba, C. R., U. S. Department of Agriculture and Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1951. 14 p. (mimeographed)
5. Boynton, Damon. Soils in relation to fruit growing in New York. XV. Seasonal and soil influences on oxygen and carbon-dioxide levels of New York orchard soils. New York (Cornell) Agricultural Experiment Station Bulletin 763. 1941.
6. Cannon, William A. A tentative classification of root systems. Ecology 30(4):542-548. 1949.
7. Carlson, Margery C. Nodal adventitious roots in willow stems of different ages. American Journal of Botany 37(7):555-561. 1950.
8. Copeland, Edwin B. Spanish agricultural work in the Philippines. Philippine Agricultural Review 1:307-318. 1908.
9. Cormack, R. G. H. The development of root hairs in agiosperms. Botanical Review 15(9):583-612. 1949.
10. Daum, Paul L. The abaca plant root system. Unpublished Abaca Research Report no. 25. Turrialba, C. R., U. S. Department of Agriculture and Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1952. 5 p. (mimeographed)
11. Espino, R. B. & Novero, T. Comparison of forty-seven varieties of abaca grown under Los Baños conditions. Philippine Agriculturist 12(3-4):165-170. 1923.
12. Fawcett, William. The banana, its cultivation, distribution and commercial uses. 2d ed. London, Duckworth & Co., 1921. pp. 148, 189-191, 267.

13. Franco, C. M. & Inforzato, R. O sistema radicular do cafeeiro nos principais tipos de solo do Estado de Sao Paulo. *Bragantia* 6(9):443-478. 1946.
14. Hoagland, D. R. Lectures on the inorganic nutrition of plants. Waltham, Mass., Chronica Botanica Co., 1944. pp. 54-56, 83-101.
15. Jenney, H. & Overstreet, R. Cation interchange between plant roots and soil colloids. *Soil Science* 47:257-272. 1939. (Original no disponible para consultar; cita tomada de Kramer, Paul J. Plant and soil water relationships. New York, McGraw-Hill Book Co., 1949. p. 125.)
16. Kramer, Paul J. Plant and soil water relationships. New York, McGraw-Hill Book Co., 1949. pp. 103-130.
17. Maksimov, Nikolai A. Fisiología vegetal. Versión española de Armando Teodoro Hunziker de la 2a ed. en inglés. Buenos Aires, Acme Agency, 1946. pp. 341-342.
18. Meyer, Bernard S. & Anderson, Donald B. Plant physiology. 2d ed. New York, D. Van Nostrand Co., 1952. pp. 227-237, 388-389.
19. Nelson, Alexander. Botánica agrícola. Barcelona, Salvat Editores, 1952. p. 79.
20. Reeve, Donald C. Drainage conditions at Good Hope and Monte Verde abaca plantations. Unpublished Abaca Research Report no. 15. Turrialba, C. R., U. S. Department of Agriculture and Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1951. 33 p. (mimeographed)
21. Robinson, Glenn H. & Striker, M. M. Soils of the Good Hope area - Costa Rica. Unpublished Abaca Research Report no. 9. Turrialba, C. R., U. S. Department of Agriculture and Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1951. 22 p. (mimeographed)
22. Sass, John E. Botanical microtechnique. 2d ed. Ames, Iowa State College Press, 1951. pp. 6-66, 90-109, 138-143.
23. Sherman, P. L. Abaca-soil conditions in two districts of the Philippine Islands and their relation to fiber production. *Philippine Journal of Science* 37(1):1-19. 1928.
24. Suárez de Castro, Fernando. Distribución de las raíces del Coffea arabica L. en un suelo franco-limoso. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Chinchiná, Colombia. Boletín Técnico 1(12):1-28. 1953.

25. Taylor, A. L. Nematodes of abaca and related plants in Costa Rica. Unpublished Abaca Research Report no. 20. Turrialba, C. R., U. S. Department of Agriculture and Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1952. 10 p. (mimeographed)
26. Weaver, John E. Root development of field crops. New York, McGraw-Hill Book Co., 1926. pp. 253-261.
27. Williams, R. F. The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. *Annals of Botany* (n. s.) 10(37):41-72. 1946.