

**ANALISIS DEL CRECIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA RADICAL DEL
CHONTADURO (*Bactris gasipaes* K). EN MONOCULTIVO PARA FRUTO,
PALMITO Y EN ASOCIO CON OTROS CULTIVOS**

**LUIS ANTONIO ORTEGA FUERTES
NEWMAN KENNY VALENCIA SUAREZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO- COLOMBIA
2003**

**ANALISIS DEL CRECIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA RADICAL DEL
CHONTADURO (*Bactris gasipaes* K). EN MONOCULTIVO PARA FRUTO,
PALMITO Y EN ASOCIO CON OTROS CULTIVOS**

**LUIS ANTONIO ORTEGA FUERTES
NEWMAN KENNY VALENCIA SUAREZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el titulo de
INGENIERO AGROFORESTAL**

**Presidente de Tesis
SILVIO BASTIDAS PEREZ I. A., MSc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
PASTO- COLOMBIA
2003**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1°. Del Acuerdo N° 324 del 11 de octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Julio del 2003

DEDICO A:

Dios fuente de inspiración

Mi madre fuente incansable de amor,
trabajo y luz de progreso para nuestras metas

Mi padre fuente incansable de lucha,
Consejo y ejemplo para nuestros triunfos.

Mis hermanos complemento de lo logrado

Mi hija Diana Sofía.

LUIS ANTONIO ORTEGA FUERTES

DEDICO A:

Mi madre que es fuente inagotable de amor

A la memoria de mi padre quien ha sido
fuente de inspiración

A mis hermanos

A mis amigos

NEWMAN KENNY VALENCIA SUAREZ

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

SILVIO BASTIDAS PÉREZ. Ingeniero Agrónomo. M. Sc, Investigador CORPOICA Centro de investigación El Mira, Tumaco.

HERNANDO CRIOLLO ESCOBAR. . Ingeniero Agrónomo. M. Sc, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

CARLOS BETANCOURT. Ingeniero Agrónomo. M. Sc, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

JAVIER GARCIA ALZATE. Ingeniero agrónomo. M. Sc, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

BELEN ARCILA GONZALES. Economista. M. Sc, Investigador CORPOICA Centro de investigación Obonuco, Pasto.

GERMAN ARTEAGA MENESES. Ingeniero Agrónomo. M. Sc, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

RAFAEL REYES CUESTA. Ingeniero Agrónomo. M. Sc, Investigador CORPOICA Centro de investigación El Mira, Tumaco.

EDUARDO PEÑA ROJAS. Ingeniero Agrónomo. M. Sc, Investigador CORPOICA Centro de investigación El Mira, Tumaco.

MIGEL ANGEL VIVEROS ZARAMA. Ingeniero Agrónomo. M. Sc, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

NORLANDER AERCIO ORTEGA FUERTES. Ingeniero Agrónomo.

JAIRO ROBERT ORTEGA FUERTES. Ingeniero agrónomo

LUZ AMALIA FORERO. Ingeniera Forestal. M. Sc, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

JAIME FILEMON QUIÑÓNEZ. Trabajador calificado Centro de investigación El Mira, Tumaco.

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

A CORPOICA, Centro de investigación El Mira, Tumaco.

Todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron con la realización del presente trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. MARCO TEÓRICO	24
1.1 CULTIVO DEL CHONTADURO (<i>Bactris gasipaes</i> K)	24
1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	24
1.3 MORFOLOGÍA DEL CHONTADURO	24
1.4 MORFOLOGIA DEL SISTEMA RADICAL DEL CHONTADURO	25
1.5 IMPORTANCIA DE LA RAÍZ	25
1.6. RELACION ENTRE RAÍCES, FACTORES CLIMÁTICOS Y SUELO	26
1.7 TIPOS DE RAÍCES	27
1.8 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DEL SISTEMA RADICAL	28
1.9 IMPORTANCIA DE LA AGROFORESTERÍA	30
1.10 SISTEMAS AGROFORESTALES CON CHONTADURO	31
2. DISEÑO METODOLÓGICO	32
2.1 LOCALIZACIÓN	32
2.2 MATERIALES	32
2.3 MÉTODOS	32
2.3.1 Muestreo del sistema radical.	32
2.3.2 Peso fresco y seco de las raíces de la muestra.	33
2.3.3 Peso de raíces según la profundidad del suelo.	33
2.3.4 Peso de las raíces según su crecimiento horizontal.	34

2.3.5 Número de raíces.	35
2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	37
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1 PESO DE LAS RAÍCES DEL CHONTADURO	38
3.1.1 Peso fresco y seco de las raíces por palma.	38
3.1.2 Peso fresco y seco de las raíces según la profundidad del perfil del suelo.	41
3.1.3 Peso fresco y seco de las raíces según su distribución horizontal	44
3.2 PESO DE RAÍCES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DEL CHONTADURO	45
3.2.1 Peso seco de raíces primarias y secundarias por palma.	46
3.2.2 Peso seco de raíces primarias y secundarias según la profundidad del perfil del suelo.	48
3.2.3 Peso seco de raíces primarias y secundarias según su distribución horizontal.	49
3.3 NÚMERO DE RAÍCES EN PALMA DE CHONTADURO	51
3.3.1 Número de raíces por palma.	52
3.3.2 Número de raíces según la profundidad del suelo.	59
3.4 ANÁLISIS DE DEPENDENCIA ENTRE VARIABLES MORFOLÓGICAS	60
4. CONCLUSIONES	62
5. RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFIA	64
ANEXOS	67

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Aporte estimado de biomasa radical por palma y por hectárea bajo diferentes formas de cultivo del chontaduro en Tumaco Nariño.	40
Tabla 2. Peso seco de raíces primarias y secundarias del sistema radical del chontaduro, según la profundidad y longitud horizontal en los diferentes sistemas de cultivo.	46
Tabla 3. Total de raíces nuevas por palma y su distribución en el perfil del suelo.	53
Tabla 4. Matriz de correlación lineal simple entre algunos indicadores visuales de crecimiento con respecto a las variables de estudio.	61

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Tratamientos evaluados.	37
Cuadro 2. Peso fresco y seco del sistema radical de chontaduro, según la profundidad y longitud horizontal en los diferentes sistemas de cultivo.	38

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Metodología para la toma de muestras.	33
Figura 2. Zona de muestreo de raíces.	34
Figura 3. Método para el conteo de número de raíces.	35
Figura 4. Conteo de raíces en palma de chontaduro.	36
Figura 5. Peso fresco y seco de la raíz de la palma de chontaduro.	40
Figura 6. Raíces superficiales destruidas por el pisoteo.	42
Figura 7. Peso fresco y seco del sistema radical del chontaduro, según la profundidad del suelo en los diferentes sistemas de cultivo.	43
Figura 8. Peso fresco y seco del sistema radical del chontaduro, según la distancia longitudinal a partir de la base del estípe en los diferentes sistemas de cultivo.	45
Figura 9. Peso seco de las raíces primarias y secundarias de la palma de chontaduro en los diferentes sistemas de cultivo.	47
Figura 10. Peso seco de raíces primarias y secundarias del chontaduro, según la profundidad del perfil del suelo en los diferentes sistemas de cultivo.	49
Figura 11. Sistema de chontaduro-cacao.	50
Figura 12. Peso seco de raíces primarias y secundarias del chontaduro, según la distribución longitudinal a partir de la base del estípe en los diferentes sistemas de cultivo.	51
Figura 13. Número de raíces por palma.	55
Figura 14. Número de raíces nuevas por palma.	55
Figura 15. Presencia del nivel freático alto.	56
Figura 16. Proliferación de raíces nuevas en una palma de chontaduro.	57

Figura 17. Cantidad de raíces adventicias en un tallo de chontaduro.

58

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de varianza para las variables peso fresco y seco del sistema radical del chontaduro, según la profundidad y longitud horizontal en los diferentes sistemas de cultivo.	68
Anexo B. Prueba de rangos múltiples de Duncan para las variables relacionadas con el peso del sistema radical del chontaduro, según la profundidad del perfil del suelo.	69
Anexo C. Prueba de Duncan para las variables relacionadas con el peso de raíces, según su distribución longitudinal a partir de la base del estípe en palmas de chontaduro bajo diferentes formas de cultivo.	70
Anexo D. Análisis de varianza para las variables: peso seco de raíces primarias y secundarias según la profundidad y longitud horizontal a partir de la base del estípe en diferentes sistemas de cultivo.	71
Anexo E. Prueba de Duncan para las variables: peso seco de las raíces primarias de chontaduro, bajo diferentes sistemas de cultivo.	72
Anexo F. Análisis de varianza para la cantidad de raíces por palma y su distribución vertical en perfil del suelo.	73
Anexo G. Prueba de Duncan para la cantidad de raíces por palma de chontaduro.	74

GLOSARIO

CORONA: porción de suelo comprendido entre dos circunferencias concéntricas.

ESTÍPE: tallo largo y no ramificado.

HORIZONTE: plano vertical a la superficie de la tierra.

NEUMATOFORO: Son raíces modificadas que funcionan como órgano de aireación.

PERFIL DEL SUELO: corte vertical de la superficie del suelo.

RAÍCES NUEVAS: son raíces que han emergido de la superficie del bulbo radical y que aun conservan la cofia.

RAÍCES PRIMARIAS: son las Raíces que nacen directamente del bulbo radical.

RAÍCES SECUNDARIAS: se denomina al conjunto de raíces secundarias, terciarias y cuaternarias.

RAÍCES VIEJAS: son aquellas raíces lignificadas que ya han cumplido con su función fisiológica.

RENUEVO: emisión de raíces a partir de una raíz primaria por daños mecánicos o de patógenos.

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el C.I. El Mira de CORPOICA en Tumaco y en tres fincas particulares localizadas en áreas de influencia de este centro, entre Enero a Julio de 2003, el trabajo consistió en estudiar el crecimiento y distribución de las raíces del chontaduro en monocultivo (fruto y palmito) y en asocio con otros cultivos. El material vegetal de estudio correspondió a plantas adultas de chontaduro, mayores de 6 años de edad, en las cuales se supone que ya ocurrió el máximo desarrollo del sistema radical.

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza con un diseño completamente aleatorizado con anidamiento y 3 repeticiones por tratamiento; cada unidad experimental estuvo constituida por una palma. La prueba de Duncan se realizó para diferenciar y jerarquizar los tratamientos. Los valores de peso y conteo se normalizaron mediante la transformación logarítmica y los relacionados con porcentaje con transformación arco seno $\sqrt{X}$, además se hizo un análisis de correlación lineal simple entre características morfológicas de la planta con las variables del sistema radical. Las raíces obtenidas en cada muestra fueron llevadas al laboratorio para secarlas a una temperatura de 105 °C hasta obtener un peso seco constante obteniendo los siguientes resultados: El sistema radical del chontaduro, bajo cualquier sistema de cultivo, es superficial puesto que el 68% (79,38 Kg. de raíces por palma) de las raíces se concentró en los primeros 30 centímetros del horizonte del suelo, formando una red de un metro de radio, independiente del sistema de cultivo. También se encontró que el 45 % de las raíces miden hasta un metro de largo, el 26 % hasta dos metros y el 29 % alcanzan longitudes de tres metros. Se comprobó que las raíces terciarias y cuaternarias (raíces absorbentes) se ubican en las coronas exteriores de la palma.

Los resultados demuestran que el sistema chontaduro-cacao produjo mayor cantidad de materia fresca radical y el promedio para todos los tratamientos fue 217,30 Kg. por palma equivalentes a 66,42 kg de materia seca; de donde se deduce que el cacao es el mejor cultivo para asociarse con chontaduro.

El sistema monocultivo palmito con distancias de 2,5 m x 0,60 m presentó buena renovación de su sistema radical, puesto que por cada siete raíces primarias se encontró una raíz nueva (proporción 7:1). La más baja renovación se presentó en el sistema de chontaduro-pastos, puesto que por cada 113 raíces primarias viejas una sola fue nueva (proporción de 113: 1). El 71,60 % de las raíces primarias nuevas se encuentra en la sección A.

Se puede afirmar con un 95 % de probabilidad las palmas de chontaduro con tallos gruesos y largos poseen un sistema radical extenso y pesado, compuesto por numerosas raíces primarias y secundarias.

ABSTRACT

This work was carried out in Tumaco city in the Research Center. "El Mira" in CORPOICA and in some private farms located in areas where this center has also influence, from January to July of 2003. The objective of this work was study of the growth and distribution of the roots of the peach palm, *Bactris gasipaes* in monoculture (fruit and heart palm) and other cultivations as well in together. The plant material of study corresponded to mature plants of peach palm of 6 years old and on, from which it is supposed that the development of the root system had already taken place.

To achieve of the objective, the data were evaluated by means of a variance analysis with a totally randomized design including a ranking test in every palm tree and 3 repetitions by treatments, the comparison of Duncan was carried out to differ and order the treatments, the values of weight and count were normalized through logarithmical transformations, and the related ones with percentage, through arch sine $\times$ transformation; an analysis of simple linear correlation was also made among morphological characteristics of the plant with the variables of root system. The roots obtained in each sample were taken to laboratory to dry them to a temperature of 105°C until obtaining a dry constant weight, getting the following results: The root system of the peach palm under any cultivation system is superficial, since 68% (79,38Kg. of roots per palm) of the roots were concentrated on the first 30 cm depth of the horizon of the soil, forming a net of a 1 meter long of radius, independently of the cultivation system. It was also found that 45% of the roots measure until one meters long, the 26% up to two meters and the 29% reached three meters long. It was proved that the tertiary and quaternary roots (absorbent roots), are located in the external crowns of the palm.

The results demonstrated that the system peach palm – cocoa, produced a bigger quantity of fresh roots radical material and the average for all treatments was about 217,30Kg, for palm equivalent to 66,42Kg of dry material that; so, it is deduced that the cocoa is the best cultivation to associate with peach palm.

The heart palm monoculture system, with distances of 2,5 m x 0,60 m presented good renovation of its roots system, since for each seven primary roots, it was found that a new root (in a proportion of 7 to 1). The lowest renovation was presented in the system of peach palm- grasses, since for each 113 old primary roots, just one was a new one (proportion of 113 to 1). The 71,60% of the new primary roots is located in "A" section.

It can be affirmed with a 95% of probability that the peach palms with thick and long stems have an extensive and heavy roots system, composed by numerous primary and secondary roots.

INTRODUCCIÓN

En la costa pacífica Colombiana el chontaduro (*Bactris gasipaes* K.) es un componente infaltable en las fincas de los agricultores; en la actualidad está en proceso de domesticación como cultivo, de ahí que es común observarlo haciendo parte de múltiples arreglos agroforestales, creciendo junto al cacao (*Teobroma cacao*), plátano, (*Musa sp*), maderables, naidí (*Euterpe sp*), cocotero (*Cocos nucifera*), frutas tropicales, cítricos, pastos, caña de azúcar (*Sachacharum officinalis*) entre otros.

Por ser un cultivo en proceso de domesticación se desconoce casi todo de su comportamiento y morfología; tal es el caso del crecimiento y distribución de su sistema radical que ha traído como consecuencia: Distancias de siembra inadecuadas con respecto a los cultivos asociados de sistemas radicales semejantes, como naidí (*Euterpe sp*), chapil (*Onocarpus sp*), palma africana (*Elaeis guinensis*), cocotero (*Cocos nucifera*), compitiendo por los mismos nutrientes y agua, sometidos a las mismas plagas y enfermedades. Esta situación hace que el agricultor no pueda establecer técnicamente un determinado arreglo agroforestal, con distancias de siembra y número de plantas bien definidas y jerarquizadas de tal manera que obtenga una óptima combinación rentable.

Esta especie vegetal de amplia distribución geográfica y de importancia social y económica tanto por su valor alimenticio como por ser fuente adicional de ingresos se puede establecer con dos fines productivos, la obtención de fruto y de palmito. Sin embargo, a pesar de los estudios realizados en varios países sobre botánica aún se desconoce mucho sobre la distribución de su sistema radical. Mora et al¹.

Los objetivos de la presente investigación fueron determinar el crecimiento y distribución de las raíces del chontaduro en monocultivo (fruto y palmito) y en asocio con otros cultivos, mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos:

Cuantificar el número de raíces, su distribución y forma de crecimiento bajo diferentes formas de cultivo.

Estimar el volumen de materia seca radical. Establecer relaciones de dependencia con algunas variables vegetativas de la parte aérea de la planta.

¹ MORA, J. y GAINZA, J. Palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes* K) su cultivo e industrialización. Costa Rica : s.n., 1999. p. 35-38.

Aportar conocimientos en cuanto al sistema radical para establecer modelos agroforestales que vayan en beneficio de los sistemas de producción de la región.

1. MARCO TEORICO

1.1 CULTIVO DEL CHONTADURO (*Bactris gasipaes* k.).

1.2 Clasificación taxonómica

Orden	Principes
Familia	Palmáceae
Género	Bactris
Especie	<i>Bactris gasipaes</i>

1.3 MORFOLOGÍA DEL CHONTADURO

Tallo.

Es cilíndrico, alcanza diámetros desde 10 hasta 25 cm. y alturas superiores a 25 m., generalmente presenta espinas aunque en ocasiones no las tiene. Posee un rizoma del cual surgen los hijuelos, que junto con el tallo principal conforman la cepa. Está dividido en nudos y entre nudos. Cada tallo tiene un solo punto de crecimiento o meristemo apical, el cual es responsable de la producción de hojas y del crecimiento del tallo. Mora².

Hojas. Según Bastidas, “cada hoja posee pecíolo, raquis y foliolos. El pecíolo y el raquis generalmente están cubiertos de espinas, mientras que los foliolos las presentan únicamente en la haz, sobre las venas y márgenes. Es pinnada, con más de 200 pinnas o foliolos. Cada tallo está coronado hasta por 30 hojas”³.

Inflorescencia. “Panícula cubierta por dos bracteas y consta de: pedúnculo, raquis, raquídeos, flores masculinas y femeninas”. Mora⁴.

² MORA, J. Consideraciones sobre la morfología de chontaduro (*Bactris gasipaes* K.). En: Segundo Curso Internacional. (2º : 1997 : Costa Rica). p 16.

³ BASTIDAS, S. Botánica y morfología En : El cultivo de chontaduro para palmito. (*Bactris gasipaes* K.). Tumaco, Colombia : CORPOICA, 2000. p. 17.

⁴ Op.cit., p.20.

Fruto. “El fruto es una drupa, compuesta por epicarpio (cáscara), mesocarpio (pulpa) y endocarpio (semilla o nuez). Su tamaño, peso, forma y color son muy variables. A su vez la semilla posee un endocarpio de consistencia dura, un endospermo rico en aceite y un embrión”. Corpoica⁵.

1.4 MORFOLOGÍA DEL SISTEMA RADICAL DEL CHONTADURO

Según Rivera y Trujillo.

El sistema radical de la palma de chontaduro es fibroso y fasciculado, conformado por una masa compacta de raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias. Las cuales se originan de la base redondeada del estípe, en toda su superficie.

La raíz recién emergida es de color crema y de consistencia blanda. A medida que envejece, se torna de color marrón oscuro y se lignifica; son cilíndricas y comúnmente su diámetro permanece constante en toda su longitud⁶.

En palmas adultas forma una red de unos 10 metros de diámetro y desarrolla raíces adventicias aéreas en los entrenudos inferiores del tallo, especialmente como respuesta al exceso de agua en el suelo. Tanto las raíces aéreas como las subterráneas presentan neumatóforos, que son órganos que le permiten a la planta soportar cortos períodos de inundación. Bastidas⁷

Las raíces cuaternarias o absorbentes en su mayoría son superficiales y comúnmente se encuentran localizadas en los primeros 40 cm, las terciarias a 60 cm, las secundarias pueden encontrarse hasta un metro de profundidad y las primarias principalmente las descendentes o de anclaje hasta 1,20m.

1.5 IMPORTANCIA DE LA RAÍZ

Cada especie vegetal tiene un sistema radical característico que está determinado por la constitución genética de la planta. Así, la morfología general y el esquema de distribución de las raíces son características propias de cada especie vegetal. La raíz es una parte del eje principal de la planta generalmente subterránea y cumple varias funciones fisiológicas a tener en cuenta como:

⁵ CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. El cultivo del chontaduro para palmito (*Bactris gasipaes*) H.B.K, con manejo agroforestal. Florencia : IICA, 2002. p. 27.

⁶ RIVERA, I. y TRUJILLO, E. Anatomía y morfología de la raíz de la palma de Chontaduro (*Bactris gasipaes*, K.) Palmira, Colombia, 1981. 92p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 17.

⁷ BASTIDAS, Op.cit., p.17.

Nutrición vegetal. Su funcionamiento guarda una relación directa con las cantidades y calidad de biomasa útil cosechable (follaje, frutos, flores, granos, principios medicinales, taninos, entre otros.) que se van produciendo y acumulando durante las estaciones de crecimiento de las especies forestales. Órgano de reserva de nutrientes. Su objetivo es el almacenamiento de elementos necesarios en su funcionamiento fisiológico.

Como órgano de sostén. Se distribuye en ramificaciones sobre el suelo de manera que asegure mejor anclaje posible de la planta, que tiene una importancia externa en las condiciones fisiológicas accidentadas que suelen presentarse en ciertas regiones de América Latina.

También actúa como regulador fisiológico. Aportando una serie de sustancias nutritivas necesarias para los procesos metabólicos nutritivos, capaces de favorecer no solamente el crecimiento de órganos aéreos, sino también de promover cambios cualitativos en el desarrollo de la planta. Este balance fisiológico se puede destruir por falta de nutrientes en el suelo, presencia de enfermedades y plagas que atacan al sistema radical o al sistema aéreo de la planta.⁸

1.6 RELACIÓN ENTRE RAÍCES, FACTORES CLIMÁTICOS Y SUELO

La extensión de un sistema radical depende de la profundidad con que penetra en el suelo y el desarrollo lateral de diversos factores:

La escasez de agua en el suelo reduce el crecimiento de las plantas y del sistema radical, limitando el rendimiento de los cultivos y el exceso de humedad por encharcamiento, también perjudica la formación de las raíces, por la presencia de patógenos que incrementan su población o por la falta de oxígeno, afectando los procesos de respiración.

Toda especie vegetal, requiere de unas condiciones de temperatura máxima, mínima y óptima. Cuando se presentan óptimas condiciones de temperatura y humedad, el crecimiento de las raíces se favorece. Una excesiva humedad y una alta temperatura, favorecen la presencia de enfermedades radicales, de ahí que en suelos con una textura muy pesada, el crecimiento es deficiente en comparación con una textura franco arcillosa, franco arenosa por que el rozamiento con las partes duras puede destruir o dañar el punto vegetativo, limitando el crecimiento de la raíz.

⁸ MORALES, R. Arquitectura y distribución espacial de las raíces de *eucalyptos deglupta* dentro de un sistema agroforestal simultáneo. Costa Rica : 1997. p. 44.

También es importante tener en cuenta los efectos directos de las malezas que se originan por competencia de estas con las especies cultivadas, además las prácticas agrícolas como el plateo frecuente tienden a favorecer o a perjudicar el vigor y el desarrollo del tallo y su sistema radical. Rojas y Rovalo⁹.

En general todas las plantas poseen un sistema integral complementario en sus funciones; ya que han desarrollado numerosas estrategias de protección ante una crisis, por ejemplo: solar, nutricional e hídrica, las cuales se llevan a cabo en gran parte por la raíz. Vaadia, citado por Carlson, menciona “que al faltar algún complemento en el sistema funcional de la planta está empieza a buscar estrategias viables para sobrevivir, como por ejemplo, ante una crisis hídrica la planta reduce la producción de citoquinina en las raíces, lo que a su vez influenciará la síntesis de proteína en la hoja y la fotosíntesis”¹⁰. Sarkissian y Fowler, citados por Carlson, afirman que “existe una intensa interacción entre la función de las raíces y los renuevos; la toma de nutrientes se asocia con la respiración radical y con el movimiento de carbohidratos desde el renuevo”¹¹.

Morata, citado por Carlson, argumenta que :

La disminución de la luz reduce drásticamente la tasa de crecimiento radical y las raíces parecen estar en una competencia desventajosa frente a los renuevos en términos de transporte, además afirma que hay una relación directa entre la función radical y el metabolismo de la proteína. Un efecto de la crisis hídrica es la reducción de la producción de citoquinina en las raíces y esto se sabe que influencia a la síntesis de proteína en la hoja y la fotosíntesis¹².

1.7 TIPOS DE RAÍCES

“En las monocotiledóneas la raíz primaria tiene por lo general una vida corta y el sistema radical se desarrolla a partir de raíces adventicias que se originan del tallo. Estas raíces adventicias y sus raíces laterales dan lugar aun sistema de raíz fasciculada o fibrosa en la que ninguna raíz es de mayor importancia que las otras”¹³.

⁹ ROJAS, M. y ROVALO , M. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México : Mc Graw Hill, 1974. 266 p.

¹⁰ CARLSON, S. Biología de la productividad de los cultivos. México : AGT, 1990. p. 291.

¹¹ Ibid., p.291.

¹² Ibid., p. 297

¹³ ROJAS, Op.cit., p. 8-10.

El sistema típico tuberoso o columnar es característico de las dicotiledóneas y de las gimnospermas. En este sistema, la raíz principal proviene del embrión y se origina en la base del tallo como una continuación de su eje; penetra en el suelo, prevaleciendo su crecimiento sobre la formación de raíces secundarias. Las raíces también se clasifican de acuerdo con:

Su origen: Pueden ser seminales y adventicias. Las raíces seminales se originan en la radícula del embrión, son raíces temporales y cuando mueren dan paso a las raíces adventicias las cuales se forman en órganos distintos de la raíz, ya sea en los nódulos de los tallos o en las hojas.

Su forma:

Fibrosa. Es característica de monocotiledóneas herbáceas. En este caso la raíz primaria presenta numerosas ramificaciones alargadas y finas casi de igual longitud.

Pivotante o axonomorfa. Consta de una raíz principal que se desarrolla de tal forma que prevalece sobre las demás raíces laterales y secundarias.

Napiforme. Cumple funciones de almacenamiento de sustancias de reserva. en este caso, el eje radicular es grueso y de forma cónica.

Tuberosa. Esta formada por varias raíces gruesas, en que se almacenan sustancias de reserva¹⁴.

1.8 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DEL SISTEMA RADICAL

Destructivos

- Extracción de muestras de suelo y raíz en un volumen de suelo conocido y se extrapola al volumen de suelo de la planta.
- Excavación del sistema radical completo, utilizado para cultivos anuales sembrados con un patrón de siembra regular.
- Las raíces leñosas se estudian mediante métodos de cavado del suelo ya sea en trincheras, en calicatas o directamente a partir del tronco principal de la planta siguiendo la dirección de las raíces principales.

¹⁴ Ibid., p. 42-43.

Muestreo con barreno. Entre los métodos destructivos el barreno tiene el mínimo de destrucción y puede resultar ser el más económico, si se pretende evaluar una aérea relativamente grande ($> 1000 \text{ m}^2$). Este barreno tiene un cilindro interior para recibir la muestra que mide 8 cm. de diámetro y 25 cm. de largo, 2 cm. de largo de este cilindro corresponde aproximadamente a 100 ml. de volumen de suelo.

No destructivos

“Uno de los más comunes es la observación directa de raíces en paredes de vidrio instaladas en paredes de suelo”¹⁵.

Indirectos

- Capacitancia eléctrica, consta de dos conductores eléctricos, uno de los conductores eléctricos es la solución nutritiva del suelo y su conductividad varia de acuerdo al contenido de agua del mismo, el otro conductor se asume que son las soluciones iónicas contenidas en el floema y/o xilema de la planta. Dalton¹⁶.
- Medidor portátil de capacitancia, funciona con una batería de 9 voltios y posee dos electrodos (+ -); el electrodo negativo conectado al tallo a seis centímetros del suelo sujeto con una abrazadera y el positivo ana varilla de 55 cm de largo insertada en el suelo a una profundidad de 15 cm. Vam Beem et al¹⁷.
- Amperaje, este método utiliza un tester para el registro, su funcionamiento radica en la aplicación de corriente eléctrica a la planta por medio del tallo. También puede ser portátil al reemplazar la corriente por una batería. Schick¹⁸.
- Resistencia eléctrica, el cuál permite al usuario determinar la salinidad del suelo eléctricamente. También se puede utilizar para determinar relaciones entre la masa de raíces y la resistencia eléctrica del sistema planta suelo; su principio de utilidad radica en que a mayor masa radical mayor será la resistencia. Eijkelkamp¹⁹.

¹⁵ BOHM, W. Methods for studying root systems. Berlin : Springer-verlag, 1979. p. 12.

¹⁶ DALTON. Métodos indirectos para estimar la masa radical. Costa Rica : CATIE, 1995. p. 1-15.

¹⁷ VAM BEEM, SMITH Y ZOBEL. Métodos indirectos para estimar la masa radical en maíz. Costa Rica : CATIE, 1998. p. 1-15.

¹⁸ SCHICK. Métodos indirectos para estimar la masa radical. Costa Rica : CATIE, 1995. p. 1-15.

¹⁹ EIJKELKAMP. Métodos indirectos para estimar la masa radical. Costa Rica : CATIE, 1995. p. 1-15.

1.9 IMPORTANCIA DE LA AGROFORESTERÍA

La agroforestería en el país, está en proceso de consolidarse como una alternativa productiva, ambiental y económicamente sostenible para las diferentes regiones de Colombia las cuales presentan:

- vocación agrícola y forestal.
- Uso intensivo de la tierra.
- Presión colonizadora del suelo.
- Agricultura de minifundio.
- Tala de bosque primario.
- Escasos conocimientos sobre el bosque.
- Altos índices de erosión hídrica y eólica.
- Uso inadecuado de los suelos.
- Inestabilidad y éxodo campesino.
- Bajo nivel ingresos económicos.
- Ganadería extensiva.
- Cultivos limpios monocultivos.
- Transferencia de tecnología.

Baracaldo, citado por Montagnini, señala las siguientes ventajas de los sistemas agroforestales:

- Alternativa viable para el desarrollo social.
- Restitución del equilibrio natural.
- Permite diversificar la economía y la producción.

- Instrumento para la producción de madera.
- Mejora los problemas de uso y manejo de la tierra a través de sus funciones productivas y de servicios²⁰.

1.10 SISTEMAS AGROFORESTALES CON CHONTADURO

Existen variados ejemplos de sistemas agroforestales tradicionales asociados con la palma de chontaduro (*Bactris gasipaes* K.), en investigaciones realizadas en fincas de agricultores en Costa Rica lo encontró asociado con: mandarinas (*Citrus reticulata*), café (*Coffea arabica*) y posteriormente en sistemas agrosilvopastoriles²¹.

En Colombia existen ejemplos de sistemas agroforestales con chontaduro como en el caso del pie de monte Amazónico donde se establecieron varias unidades agrícolas familiares con los cultivos de camu-camu (*Mirciaria dubia*), bajo dos escenarios de producción en sistema agroforestal y en monocultivo, con un horizonte de producción de diez años para camu-camu y cinco en chontaduro para palmito y en sistemas silvopastoriles. Corpoica²².

Para la región de Tumaco (Nariño), en estudios de campo realizados por la CVC en cinco combinaciones agroforestales la palma de chontaduro estaban presentes los siguientes arreglos agroforestales con cultivos de Camu-Camu (*Myrciaria dubia*) con chontaduro (*Bactris gasipaes*), también se ha encontrado asociado con plátano (*Musa paradisiaca*), Copoazú (*Theobroma grandiflora*), Abarco (*Cariniana pyriformis*), Nogal (*Cordia alliodora*), Ahumado (*Minquiaria guianensis*). CORPOICA²³.

²⁰ MONTAGNINI, F. Sistemas agroforestales. Costa Rica : CATIE, 1992. p. 166.

²¹ FONSECA, C. caracterización de 17 familias de Pejibaye (*Bactris gasipaes* k) pertenecientes a la colección de Costa Rica CATIE. Costa Rica, 1989. p. 65.

²² CORPOICA 2000. p. 16.

²³ CORPOICA 1999. p.18.

2. DISEÑO METODOLOGICO

2.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó entre enero y julio del 2003 en el Centro de Investigaciones El Mira de CORPOICA ubicado en Tumaco y en tres fincas particulares localizadas en áreas de influencia de este centro. En el centro predominan condiciones ecológicas de bosque Húmedo Tropical (BhT), Altura de 16 m.s.n.m. Precipitación promedio anual, 3000 mm.; temperatura 26 °C., humedad relativa 88%, brillo solar 1000 horas /año, predominando suelos franco arenosos a franco arcillosos con un Ph de 4.5 a 5.5.

2.2 MATERIALES

El material vegetal de estudio correspondió a plantas adultas de chontaduro, mayores de seis años de edad, en las cuales ya ha ocurrido el máximo desarrollo del sistema radical. Se utilizaron materiales de campo con los cuales se identificaron la unidades experimentales a trabajar y de laboratorio para el pesaje y secado de las muestras.

2.3 MÉTODOS

2.3.1 Muestreo del sistema radical. Para el muestreo del sistema radical de las palmas de chontaduro, se utilizó la metodología empleada en palma africana, con ligeras modificaciones, así:

A partir de la base del tallo, se delimitó una franja de 3 m de largo x 0,30 m. de ancho (Figura1). El largo se mide desde la base del tallo de la palma, en dirección a la palma situada al frente en sentido diagonal y el ancho justo sobre el diámetro de la base del tallo. Dentro de esta franja se sacan seis muestras cada una de 0,30 m. de ancho por 1,0 m de largo y 0,30 m. de profundidad (Figura 2), distribuidas en dos secciones según la profundidad; una correspondiente a la sección A (0,0 a 0,30 m) y otra a la sección B (0,30 m a 0,60 m).²⁴

²⁴ REYES, R.; BASTIDAS, S. y PEÑA, E. Distribución del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*. Jacq) En: Revista Palmas, Vol. 18. No. 3(1997); p. 3.

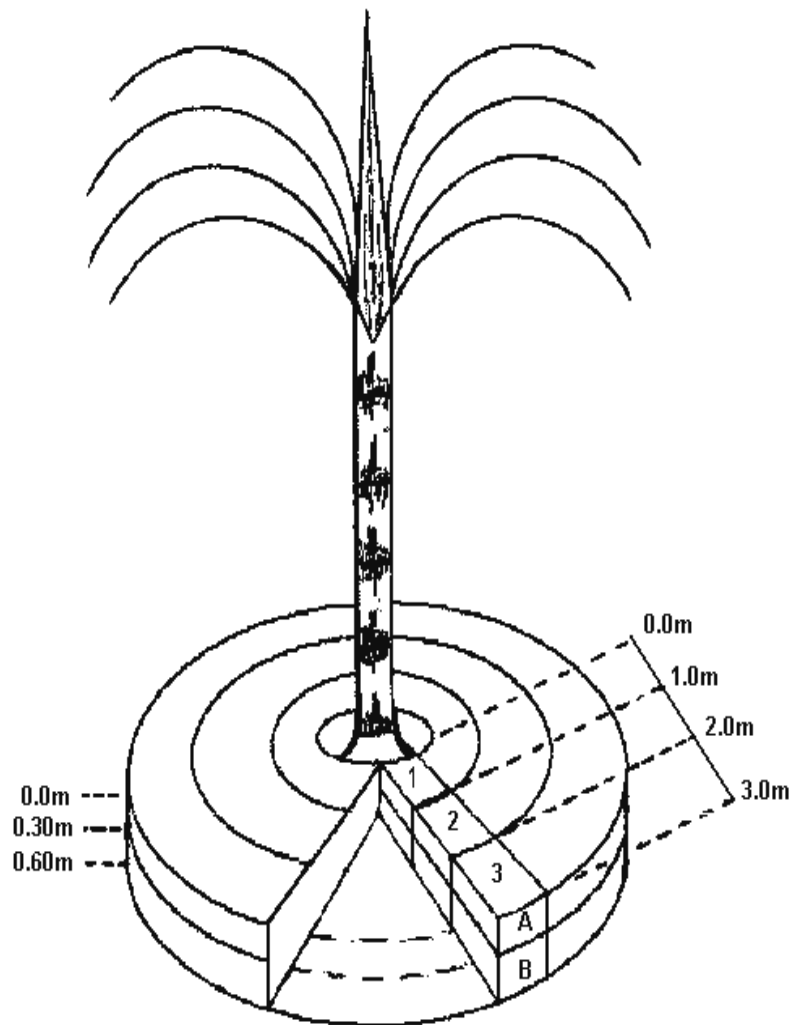
Figura 1. Método para la toma de muestras



2.3.2 Peso fresco y seco de las raíces de la muestra. Cada una de las seis muestras está constituida por las raíces presentes en un volumen de suelo de $0,09 \text{ m}^3$ ($0,30 \times 0,30 \times 1 \text{ m}$). Las raíces libres del suelo, se pesan tan pronto como sea posible para obtener su peso fresco; luego se llevan al laboratorio para secarlos a una temperatura de 105°C por espacio de 48 horas y así obtener su peso seco. Estos datos se utilizan para estimar el peso de las raíces según la profundidad del suelo, su crecimiento horizontal y por palma.

2.3.3 Peso de raíces según la profundidad del suelo. Como se dijo antes, las seis muestras están distribuidas en dos secciones según la profundidad: Tres en la sección superior que proporcionan los pesos frescos y secos correspondientes a la sección A ($0 - 30 \text{ cm}$) y tres en la sección inferior con los cuales se obtiene los pesos fresco y seco de la sección B. (Figura 2).

Figura 2. Zona de muestreo de raíces para la palma de chontaduro



2.3.4 Peso de las raíces según su crecimiento horizontal. En cada sección se obtienen tres muestras horizontales; la primera que va desde los 0 m. hasta 1 m. de distancia de la base del tallo, la segunda desde 1 m. hasta 2 m. y la tercera desde 2 m. hasta 3 m. La cantidad de raíces obtenidas en cada una de estas mediciones proporcionan los pesos fresco y seco, con los cuales se obtienen los valores correspondientes a la Corona 1 (0 m – 1m), Corona 2 (1m - 2 m) y Corona 3 (2 m – 3 m) respectivamente (Figura 2).

El volumen de cada corona circular se obtuvo mediante la siguiente fórmula matemática:

$$V = \delta (R^2 - r^2)h$$

Donde:

V = Volumen de la corona circular

δ = 3,1416

R = Radio mayor

r = Radio menor

H = Profundidad

2.3.5 Número de Raíces. Después de retirar las seis muestras de suelo, en cada palma quedó una superficie lateral del bulbo radical a la vista. Sobre esta superficie, con una pala plana se perfecciona el corte, de tal forma que forme una sección vertical de 0,30 m. de ancho y 0,60 m. de profundidad, quedando a la vista los cortes de las raíces primarias. La sección vertical se divide en dos partes, así: de 0,0 m. – 0,30 m. y 0,30 m. – 0,60 m., sobre las cuales se realiza el conteo de raíces (Figura 3 -4). Para evitar confusiones en el conteo se utilizó un marcador de tinta oscura para marcar la superficie de la raíz cortada. Estos valores se utilizaron para estimar el número total de raíces por palma.

Figura 3. Método para el conteo de número de raíces.

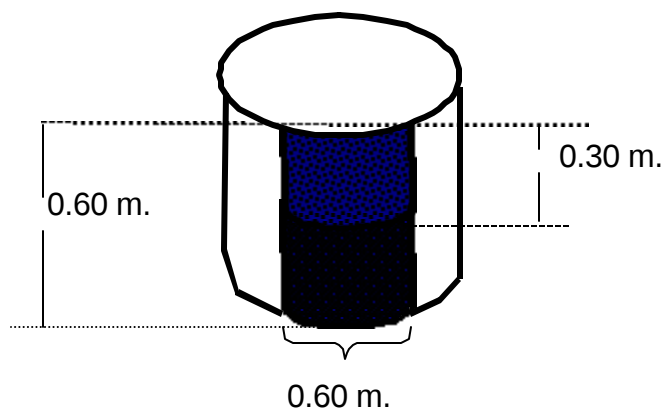
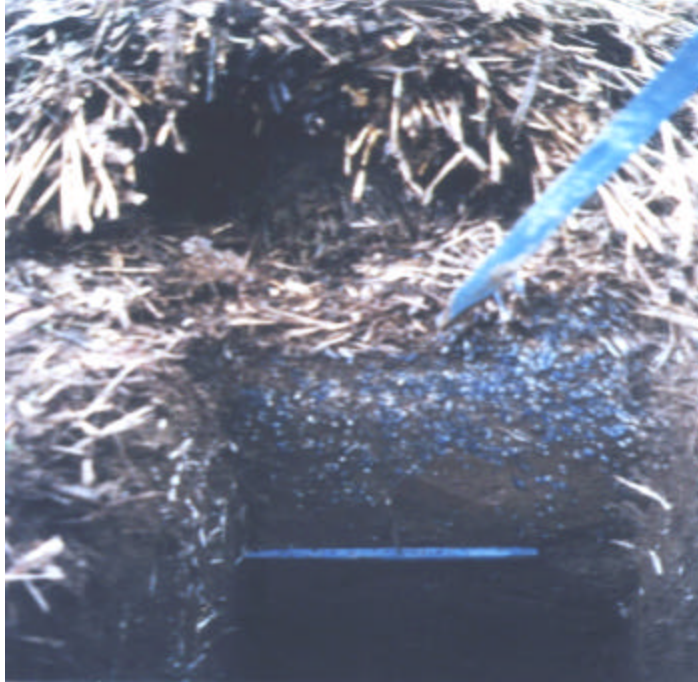


Figura 4. Conteo de raíces en palma de chontaduro.



Para determinar el número total de raíces primarias por palma se utilizó el valor encontrado por área de muestreo (0,30 m ancho por 0,60 m de profundidad) multiplicado por la superficie total del bulbo radical. La superficie lateral del bulbo radical de la palma se calculó con la siguiente fórmula:

$$SL = 2 \Pi rh$$

Donde:

SL = Superficie lateral del bulbo radical

D = 3,1416

r = Radio

2Dr = Longitud de la circunferencia

H = Profundidad de muestreo

El conteo del número de raíces nuevas se realizó en cada una de las seis muestras de suelo de 0,09 m³. En cada muestra se contó toda parte de raíz de color blanco crema que conserva la cofia o meristemo radical, este requisito garantiza el conteo exacto de las raíces nuevas.

2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado con tres repeticiones y ocho tratamiento; la unidad experimental estuvo constituida por una palma.

Variables a evaluar

Las variables peso fresco (PFRP) y seco (PSRP) de raíces por palma, peso de raíces primarias (PSRPP) y secundarias (PSRSP) por palma, número total de raíces por palma (NTRP) y número de raíces nuevas (NRN), con el análisis de varianza.

Para las variables peso fresco (PFRS) y seco (PSRS) de raíces según la profundidad del perfil del suelo, peso fresco (PFRC) y seco (PSRC) de raíces según su distribución horizontal, con un análisis de varianza Anidado o Jerárquico.

Los valores referentes a peso y conteo se normalizaron mediante la transformación logarítmica $\log_x + 1$ y los porcentajes con Arco seno $\sqrt{X}$.

Las características del área foliar de la palma como: diámetro del tallo a 1,50 m. del nivel del suelo, altura del tallo del suelo hasta la intercepción de los pecíolos de las hojas 14 y 17; número de hojas por palma, ancho de la copa hasta la gotera de la lluvia, con un análisis de correlación lineal simple con las variables del sistema radical.

A continuación se relacionan los sistemas de cultivo estudiados (tratamientos), con sus respectivas distancias de siembra:

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

T1	Chontaduro fruto	5 m entre hilera x 5 m entre planta
T2	Chontaduro palmito I	2,5 m entre hilera x 1 m entre planta
T3	Chontaduro palmito II	2,5 m entre hilera x 0,80 m entre planta
T4	Chontaduro palmito III	2,5 m entre hilera x 0,60 m entre planta
T5	Chontaduro cacao	4 m del cacao más cercano
T6	Chontaduro frutales	3 m del frutal más cercano
T7	Chontaduro plátano	2 m del plátano
T8	Chontaduro pastos	Disperso en potreros

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PESO DE LAS RAÍCES DEL CHONTADURO

En el cuadro 2 se anotan los pesos promedios de las siguientes variables: Peso fresco (PFRP) y seco (PSRP) de raíces por palma; peso fresco (PFRS) y seco (PSRS) de raíces según la profundidad del perfil del suelo; peso fresco (PFRC) y seco (PSRC) de raíces según su distribución horizontal.

Cuadro 2. Peso fresco y seco del sistema radical de chontaduro, según la profundidad y longitud horizontal en los diferentes sistemas de cultivo*.

SISTEMA DE CULTIVO	Clase De peso	Peso Total de raíces por palma (Kg)	Peso de raíces Por Sección		Peso de raíces por corona		
			Sección A (Kg)	Sección B (Kg)	Corona 1 (Kg)	Corona 2 (Kg)	Corona 3 (Kg)
Chontaduro fruto	Fresco	229,24	181,10	48,14	92,90	72,55	63,80
	Seco	58,87	47,88	10,99	27,52	19,58	11,76
Chontaduro Palmito I	Fresco	111,61	91,95	19,66	25,53	24,50	61,58
	Seco	29,61	28,87	5,43	7,53	5,58	16,51
Chontaduro Palmito II	Fresco	106,73	89,78	16,95	26,66	22,14	61,93
	Seco	29,34	31,89	2,60	6,84	5,43	17,08
Chontaduro Palmito III	Fresco	89,80	74,69	15,11	17,61	20,01	52,18
	Seco	23,92	23,96	3,66	5,91	4,68	13,33
Chontaduro Cacao	Fresco	500,04	397,03	103,01	260,61	120,29	119,14
	Seco	173,06	135,02	38,04	87,29	41,01	44,75
Chontaduro Frutales	Fresco	152,17	135,19	16,98	76,22	47,43	28,52
	Seco	43,29	38,07	5,22	22,56	12,51	8,21
Chontaduro Plátano	Fresco	294,65	257,58	37,08	151,35	85,05	58,26
	Seco	96,03	81,22	14,81	45,27	24,95	25,81
Chontaduro pastos	Fresco	254,14	207,68	46,46	101,20	103,08	49,86
	Seco	77,26	63,55	13,71	35,19	26,02	16,05
Promedio	Fresco	217,30	179,38	37,92	94,01	61,88	61,91
	Seco	66,42	56,31	11,80	29,77	17,47	19,19

* Datos transformados según $y = (\log_{10} X) + 1$

3.1.1 Peso fresco y seco de las raíces por palma. El PFRP osciló entre 89,80 Kg. para el sistema chontaduro palmito III y 500 Kg. en el sistema chontaduro-cacao. Después de secar las raíces en un horno eléctrico a 105 °C por espacio de 48 horas, proporcionaron valores de PSRP equivalentes a 23,92 Kg. y 173,06 Kg. respectivamente. El promedio para todos los tratamientos fue 217,30 Kg. de masa radical fresca que aportarán al suelo 66,42 Kg. de masa radical seca por palma (Cuadro 2).

El ANÁLISIS DE VARIANZA (Anexo A) no mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para las variables PFRP y PSRP, indicando que la producción de biomasa radical es independiente del tipo de sistema agroforestal con chontaduro y que su diferencia se debe más bien a otros factores del suelo como: facilidad de penetración de las raíces, aireación, humedad, profundidad, temperatura y fertilidad. Domínguez²⁵.

En el cuadro 2 se puede observar que los tratamientos que presentaron los mayores promedios de materia seca radical son: chontaduro-Cacao, chontaduro-plátano, chontaduro-pastos, chontaduro-fruto, chontaduro-frutales, siendo menores en: chontaduro-palmito I, chontaduro-palmito II y chontaduro-palmito III; únicamente el sistema chontaduro-cacao es superior de los demás tratamientos.

El mejor comportamiento de los sistemas chontaduro en asocio con otro cultivo, se atribuye a que las palmas disponen de mayor espacio para el crecimiento y distribución de la raíz en procura de los nutrimentos del suelo, presentando como respuesta un incremento notable de materia seca radical, que al final se convierte en restitución de elementos al suelo, además del aporte de materia orgánica. Estando de acuerdo con Domínguez²⁶, quien afirma que las plantas entre más aisladas estén las raíces alcanzan mayor distribución y longitud.

Los sistemas monocultivo palmito son los que menor cantidad de materia seca radical producen, pero esta baja cantidad se puede compensar por la alta densidad de plantas por ha (4000, 5000 y 6600 para los tres sistemas del estudio), en comparación con los otros sistemas, en los cuales, como es obvio, la densidad es baja o muy baja (Tabla 1).

²⁵ DOMÍNGUEZ, A. Tratado de fertilización. 3 ed. México : Mundi-Prensa, 1997. p. 105.

²⁶ Ibid., p. 105.

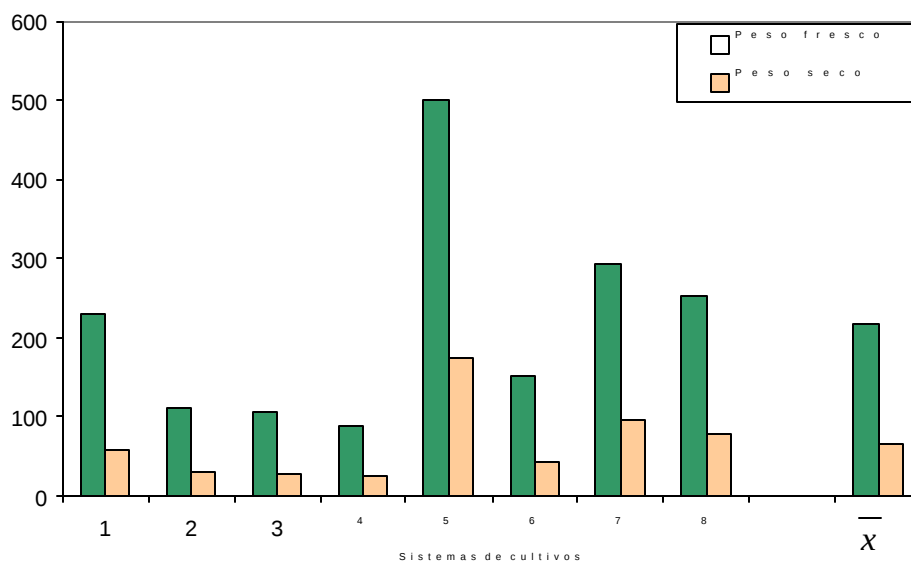
Tabla 1. Aporte estimado de biomasa radical por palma y por hectárea bajo diferentes formas de cultivo del chontaduro en Tumaco Nariño.

Sistema de cultivo	Distancia entre plantas (m)	Densidad de plantas por Ha	Producción de materia seca por palma (kg)	Producción biomasa por Ton/Ha
Chontaduro fruto	5 X 5	400	58,87	23,55
Chontaduro palmito I	2,5 X 1	4000	29,61	118,4
Chontaduro palmito II	2,5 X 0,8	5000	29,34	146,7
Chontaduro palmito III	2,5 X 0,6	6600	23,92	157,8
Chontaduro cacao	8 X 8 *	150	173,06	25,9
Chontaduro frutales	8 X 8 *	150	43,29	6,4
Chontaduro plátano	5 X 5 *	400	96,03	38,41
Chontaduro pastos	20 X 20 *	25	77,29	2,0

* Distancias estimadas

En la figura 5 se ilustra la cantidad de materia seca radical que cada palma está en capacidad de aportar al suelo, dependiendo del sistema de cultivo.

Figura 5. Peso fresco y seco de la raíz de la palma de chontaduro.



El comportamiento mostrado por el tratamiento chontaduro-cacao, se debe a que el cacao es de raíz pivotante, profundo y poco agresivo, que le permite explorar a mayores profundidades, extrayendo los nutrientes hacia la superficie del suelo a través del ciclaje de nutrientes donde los pone al alcance de las raíces

superficiales del chontaduro. Precisamente, Glover y Beer, citados por Montagnini, hablando del ciclaje de nutrientes en un sistema agroforestal café (*coffea arabica*), nogal cafetero (*cordia allidora*), demostraron que “la cantidad de nutrimentos reciclados en los residuos de biomasa (hojas, tallos, flores y frutos), alcanzan niveles similares o mayores a las pérdidas lixiviación y escorrentía”²⁷.

Según Belalcazar:

Las raíces del plátano en suelos franco arcillosos son poco extensas, solo alcanzan dos metros de longitud, razón por el cual el plátano no interfiere en el crecimiento del sistema radical del chontaduro; en cambio los frutales caimito (*Pouteria caimito*) y zapote (*Calocarpum* sp) compiten con mayor agresividad con el chontaduro; porque sus raíces son más ramificadas, extensas, profundas y robustas, que les da ventaja en la competencia por espacio, agua y nutrientes.²⁸

En el sistema silvopastoril (chontaduro-pastos), el chontaduro generalmente se encuentra a una densidad muy baja de plantas por ha, de tal forma que la red y gran masa de raíces de los pastos no limitan el crecimiento radical del chontaduro; sin embargo, esta libertad de crecimiento hace que la renovación de raíces (emisión de nuevas raíces) sea muy baja; se puede afirmar que el sistema radical de las palmas en el sistema chontaduro-pastos, aunque abundante, es bastante viejo, compuesto por raíces lignificadas que solo sirven de anclaje y raíces en proceso de lignificación, poco funcionales, que la colocan en desventaja frente a los pastos en la competencia por agua y nutrientes de ahí que la producción de fruto es baja o nula*.

Los sistemas monocultivo para fruto y monocultivo para palmito se comportaron en forma diferente. Mientras en el primero, la distancia de siembra (5 m x 5 m) fue suficiente para un buen crecimiento y desarrollo radical, con 58,87 Kg. de materia seca, y el segundo (2,5 x 1,0 m; 2,5 x 0,8 m y 2,5 x 0,6 m) hubo competencia entre plantas o cepas con efectos negativos para el crecimiento y desarrollo radical, con (29,61, 29,34 y 23,92) respectivamente.

3.1.2 Peso fresco y seco de las raíces según la profundidad del perfil del suelo. Se encontró para todos los tratamientos que la cantidad de raíces fue mayor en la sección A (0-30 cm. de profundidad) que en la sección B (30-60 cm.

²⁷ MONTAGNINI, Op.cit., p.42.

²⁸ BELALCAZAR, S. Cultivo del plátano en el trópico. Quindío : IICA, 1991- 1992. p. 92.

* ENTREVISTA Con Silvio Bastidas, Investigador CORPOICA . Tumaco, mayo 2003.

de profundidad). El promedio general para la variable PFRS en la sección A fue 179,38 Kg., equivalentes a 56,31 Kg. para la variable PSRS. En la sección B se encontraron 37,92 Kg. y 11.80 Kg. para PFRHS y PSRS respectivamente. (Cuadro 2).

En la sección A (Cuadro 2) el sistema chontaduro-cacao produjo mayor cantidad de raíces con 397,03 Kg. de PFRS y 135,02 Kg. de PSRS, mientras que el sistema palmito III produjo menor cantidad con 74,69 Kg. de PFRS y 23,96 Kg. de PSRS. En la sección B el sistema chontaduro-cacao también fue mejor al producir 103,01 Kg. de PFRS y 38,04 Kg. de PSRS (Cuadro 2).

El ANALISIS DE VARIANZA (Anexo A) para las variables PFRS y PSRS presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos y profundidades de muestreo; que hay diferencia en la concentración de raíces a diferentes profundidades del perfil de suelo, independiente del tipo de tratamiento. Estos resultados concuerdan con lo observado por Rivera y Trujillo, quienes afirman que “la mayor cantidad de raíces de chontaduro se concentran en los primeros 20 cm. del perfil del suelo”²⁹.

La prueba de comparación de Duncan (Anexo B), comprueba los resultados anteriores, puesto que identifica a la sección A como superior en comportamiento al concentrar mayor número y peso de raíces. Lo anterior es una prueba contundente de que el sistema radical del chontaduro es muy superficial, que en determinado momento puede ser perjudicial en explotaciones silvopastoriles, ya que las raíces del chontaduro no soportan el pisoteo (Figura 6).

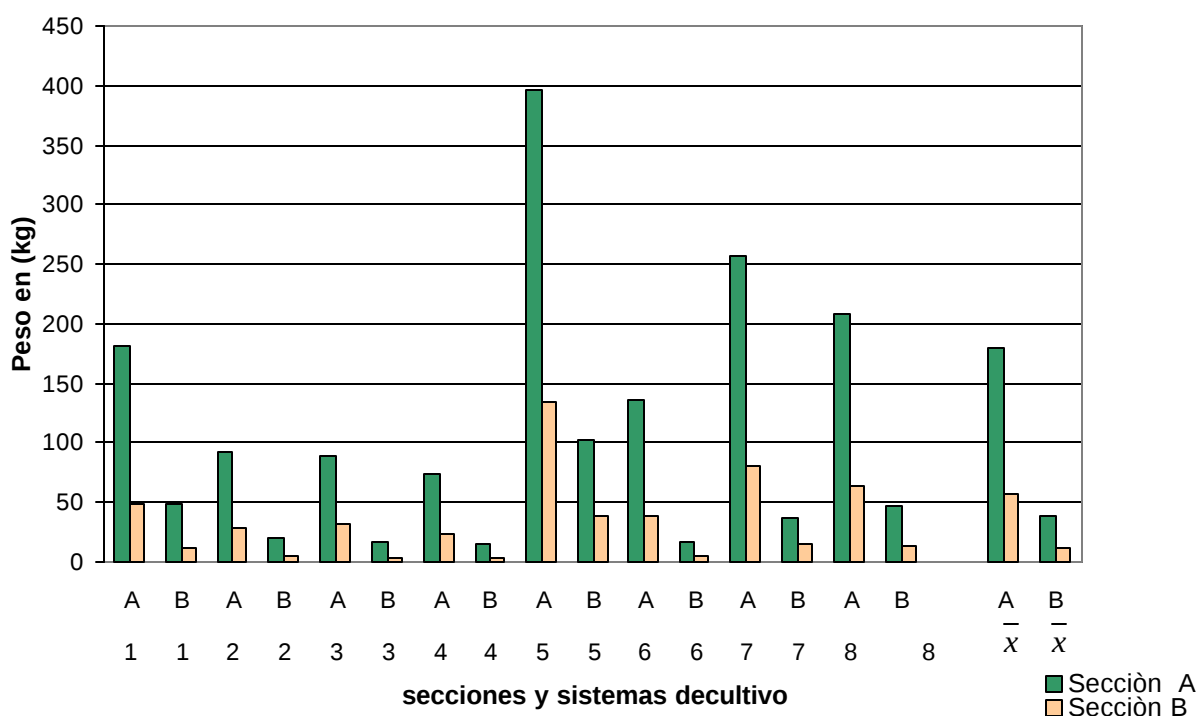
Figura 6. Raíces superficiales destruidas por el pisoteo.



²⁹ RIVERA, Op.cit., p. 68.

La Figura 7 se realizó con los valores correspondientes a PFRS y PSRS, para todos los sistemas de cultivo (tratamientos), donde se aprecia gráficamente lo expresado en el párrafo anterior.

Figura 7. Peso fresco y seco del sistema radical del chontaduro, según la profundidad del suelo en los diferentes sistemas de cultivo.



Es conocido que la capa superficial del suelo es de mayor importancia para los cultivos, tanto por sus condiciones físicas como químicas, haciéndose más notoria esta dependencia para el chontaduro, pues como se ha comprobado en el trabajo, que el 78,9% del sistema radical se concentra en la sección A; este alto porcentaje obliga a elegir técnicamente el tipo de cultivo asociado y las distancias de siembra entre componentes del sistema para evitar una competencia severa.

El cultivo asociado debe reunir características totalmente diferentes a las del chontaduro, para minimizar la competencia ínter específica por espacio, agua y nutrientes. Las características de un buen cultivo asociado para chontaduro deben ser: dicotiledónea, con raíces pivotantes, profundas y poco extensas, estando de acuerdo con Montagnini³⁰, quien recomienda diseñar la asociación de tal manera que las plantas se complementen en sus requerimientos, en lugar de competir.

³⁰ MONTAGNINI, Op.cit., p.165.

3.1.3 Peso fresco y seco de las raíces según su distribución horizontal.

Independiente del sistema de cultivo (tratamiento), en la Tabla 1 se observa que la mayor cantidad en cuanto a PFRC y PSRC se concentra en la corona 1 (0 a 1 m a partir de la base del estípe) y en la medida que la distancia se hace mayor el peso disminuye, así: En la corona 1 se encontró un promedio de 94,01 Kg. de PFRC que equivalen a 29,77 Kg. de PSRC, mientras en la corona 3 (2 a 3 m a partir de la base del estípe) únicamente se encontraron 61,91 Kg. de PFRC y 19,19 Kg. de PSRC, confirmando la afirmación anterior.

En la corona 1 el mejor tratamiento fue chontaduro-cacao, con 87,29 Kg. de peso seco de masa radical mientras que el sistema chontaduro frutales con 22,56 Kg. fue el de más bajo comportamiento. En los sistemas monocultivo palmito la situación es inversa, puesto que los mayores valores se encontraron en la corona 3, indican que la longitud de las raíces puede ser mayor de 3 metros.

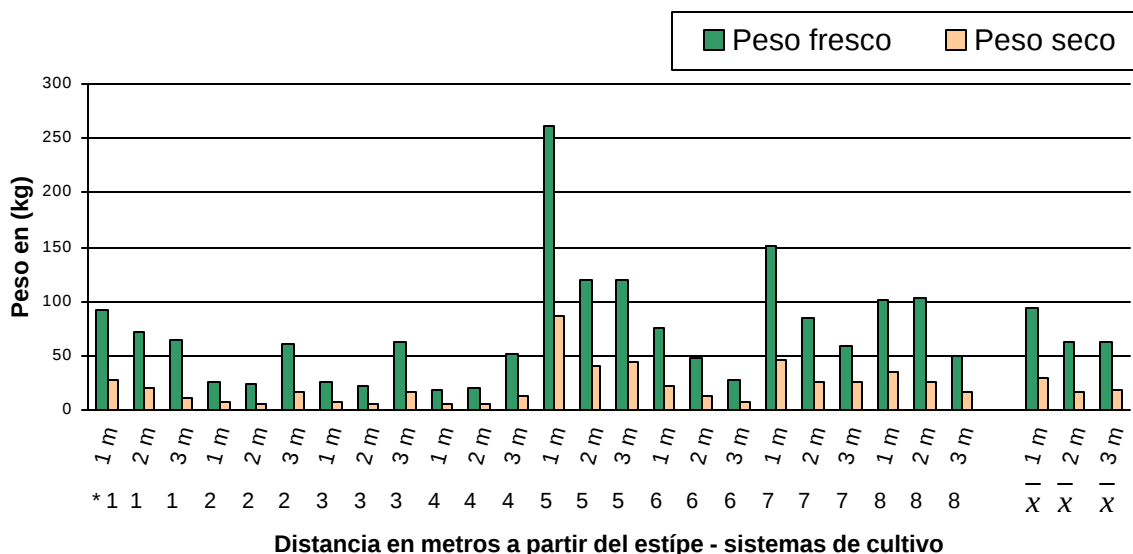
El ANALISIS DE VARIANZA (Anexo A) para las características PFRC y PSRC mostró diferencias estadísticas a nivel del 1% entre coronas (distancias horizontales a partir de la base del estípe) independiente del tipo de tratamiento. Esto significa que la concentración de masa radical es diferente a diferentes distancias horizontales de observación o muestreo. La prueba de Duncan (Anexo C) reveló que a un (1) metro de distancia a partir del estípe se encuentran mayores cantidades de PFRC y PSRC y en menor proporción a los 2 m y 3 m de distancia. Este patrón de distribución es válido para la sección A y B estando de acuerdo con las observaciones de Rivera y Trujillo³¹, en su trabajo sobre la anatomía y morfología de la raíz del chontaduro quienes afirman que la mayor cantidad de raíces se encuentran a 1,5 m. de distancia a partir de la base del estípe.

En la Figura 8 se ilustra el peso fresco y seco de raíces por corona del chontaduro en los diferentes sistemas de cultivo, dependiendo de la distancia de la base del tallo. El comportamiento de los sistemas monocultivo-palmito I, II y III no es lógico, pero explicable por la siguiente razón: En estos sistemas, la distancia entre hileras y plantas es tan corta que ocurre aglomeración de raíces de más de una planta (mínimo de seis) por lo cual ocurrió un error de muestreo, siendo más notorio este error en la corona 3; al respecto Mora³², ya había anotado esta cualidad, de que la extensión de las raíces está limitada por la menor distancia entre plantas. El muestreo fue más exacto en la corona 1, con 7,53, 6,84 y 5,91 Kg. de materia seca radical respectivamente; debido a la facilidad de identificar las raíces de la planta muestreada; además estas plantas generalmente tienen más de un hijuelo que naturalmente también emiten raíces.

³¹ RIVERA, Op.cit., p. 68.

³² MORA, Op.cit., p. 7.

Figura 8. Peso fresco y seco del sistema radical del chontaduro, según la distancia longitudinal a partir de la base del estípe en los diferentes sistemas de cultivo.



Los datos promedios del Cuadro 2 permiten deducir que el 45 % de las raíces primarias miden hasta un metro, por encontrarse en la Corona 1, el 26 % de las raíces miden entre uno y dos metros de largo por pertenecer a la corona 2 y el 29 % miden entre dos y tres metros por encontrarse en la Corona 3. Las raíces del chontaduro pueden medir más de tres metros en cada uno de estos sistemas, lo cual confirma las afirmaciones de López y Sancho, y Mora citados por Bastidas, cuando dicen que “las palmas adultas de chontaduro forman una red de unos 10 metros de diámetro”³³.

3.2 PESO DE RAÍCES PRIMARIAS Y SECUNDARIAS DEL CHONTADURO

En la Tabla 2 se anotan los valores promedios de peso seco de masa radical correspondiente a las variables: peso de raíces primarias (PSRPP) y secundarias (PSRSP) por palma; peso de raíces primarias (PSRPS) y secundarias (PSRSS) por sección; peso de raíces primarias (PSRPC) y secundarias (PSRSC) por corona.

³³ BASTIDAS, Op.cit., p. 17.

* 1 Chontaduro fruto, 2 Chontaduro palmito I, 3 Chontaduro palmito II, 4 Chontaduro palmito III, 5 Chontaduro cacao, 6 Chontaduro frutales, 7 Chontaduro plátano, 8 Chontaduro pastos.

Tabla 2. Peso seco de raíces primarias y secundarias del sistema radical del chontaduro, según la profundidad y longitud horizontal en los diferentes sistemas de cultivo

Sistema de cultivo	tipo de raíz	Peso de raíces primarias y secundarias por palma (kg)	Peso de raíces primarias y secundarias por sección		Peso de raíces primarias y secundarias por corona		
			Sección A (kg)	Sección B (kg)	Corona 1 (kg)	Corona 2 (kg)	Corona 3 (kg)
Chontaduro fruto	Primaria	30,86	25,84	5,02	16,97	9,07	4,82
	Secundaria	28,00	22,04	5,97	10,55	10,51	6,94
Chontaduro Palmito I	Primaria	13,13	12,30	2,90	3,87	1,45	7,81
	Secundaria	16,48	16,57	2,53	3,66	4,12	8,69
Chontaduro Palmito II	Primaria	12,18	12,86	1,45	3,30	1,32	7,57
	Secundaria	17,16	19,03	1,15	3,54	4,11	9,51
Chontaduro Palmito III	Primaria	12,46	12,56	1,88	2,87	1,43	8,16
	Secundaria	11,46	11,41	1,78	3,04	3,25	5,17
Chontaduro Cacao	Primaria	107,48	81,68	26,20	56,49	27,10	24,29
	Secundaria	65,18	53,44	11,83	30,81	13,92	20,45
Chontaduro Frutales	Primaria	24,34	21,89	2,45	14,39	6,75	3,20
	Secundaria	18,94	16,18	2,76	8,17	5,76	5,01
Chontaduro Plátano	Primaria	63,48	54,88	8,60	33,57	15,85	14,05
	Secundaria	32,54	26,34	6,20	11,69	9,09	11,76
Chontaduro pastos	Primaria	41,14	33,85	7,29	19,61	14,58	6,94
	Secundaria	36,12	29,70	6,42	15,58	11,43	9,11
Promedio	Primaria	38,19	31,98	6,27	18,89	9,69	9,61
	Secundaria	28,24	24,33	4,83	10,88	7,77	9,58

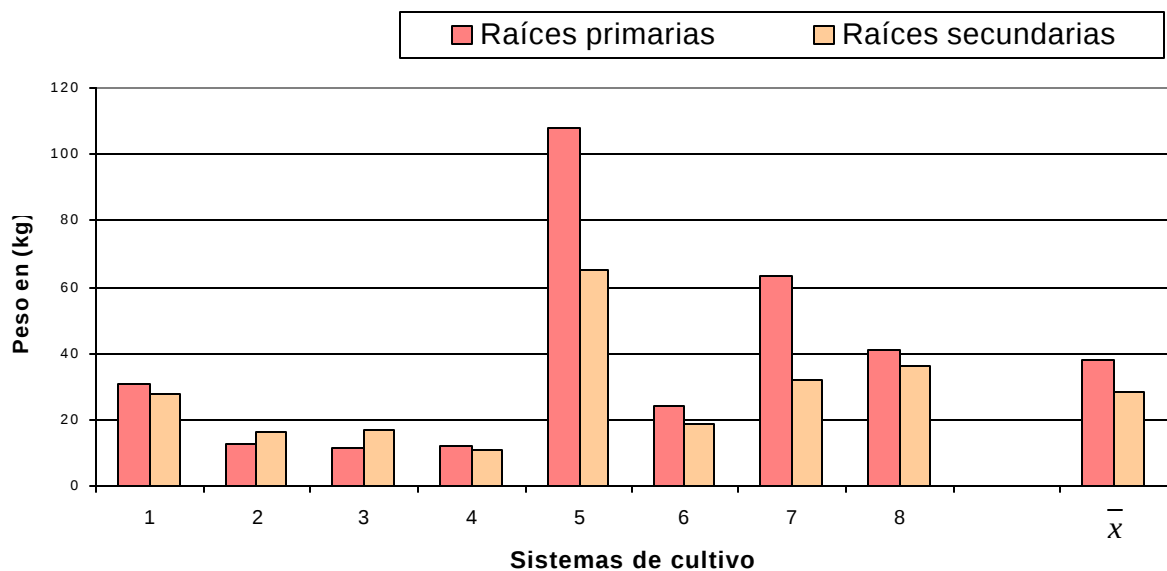
3.2.1 Peso seco de raíces primarias y secundarias por palma. En este trabajo se llama raíces primarias a aquellas que nacen directamente del bulbo radical y raíces secundarias al resto de raíces (secundarias, terciarias y cuaternarias) que nacen de las primarias.

En la Tabla 2 se observa que PSRPP varía entre 107,48 Kg. para el sistema chontaduro-cacao y 12,18 Kg. en el sistema palmito II, con un promedio para los 8 tratamientos cifrado en 38.19 Kg. de raíces primarias; Las raíces secundarias de estos sistemas (chontaduro-cacao y palmito II) emitieron un total de 65,18 Kg. y 17,16 Kg. de raíces secundarias respectivamente, para un promedio de 28,24 Kg. de PSRSP.

El ANALISIS DE VARIANZA (Anexo D) indicó diferencias estadísticas entre tratamientos, en la capacidad para producir masa radical de raíces primarias, pero no detectó diferencias en cuanto a PSRSP. La prueba de comparación de Duncan (Anexo E) indicó que el sistema chontaduro-cacao produce mayor cantidad de biomasa radical, tanto de raíces primarias como secundarias; siendo diferente del

resto de tratamientos con una probabilidad del 95%. En la Figura 9 se aprecia con mayor facilidad la variación entre tratamientos para las variables PSRPP y PSRSP.

Figura 9. Peso seco de raíces primarias y secundarias de la palma de chontaduro en los diferentes sistemas de cultivo.



Como no existen diferencias estadísticas entre tratamientos en cuanto a raíces secundarias, las plantas de chontaduro de cualquier sistema están en igualdad de condiciones para competir por espacio, agua y nutrientes, sin embargo, el aporte de materia orgánica al suelo es más alto por las raíces primarias 38,19 Kg. en promedio.

Es de mayor importancia analizar el comportamiento de las raíces secundarias, porque en este grupo se encuentran las de tercer y cuarto orden, que son las que sirven de órganos de absorción de agua y nutrientes, según lo anotan Mora, López y Sancho citado por Bastidas³⁴; mientras que las primarias únicamente sirven de anclaje a la planta

En promedio cada kilo de raíces primarias portan 0,74 Kg. de raíces secundarias. Rivera y Trujillo, también hacen una relación entre raíces de distinto rango y concluyen lo siguiente: “Por cada metro de raíz primaria emergen 35 raíces

³⁴ BASTIDAS, Op.cit., p.17.

secundarias; cada centímetro de raíz secundaria porta a una raíz terciaria y una raíz cuaternaria emerge de cada milímetro de raíz terciaria”³⁵.

3.2.2 Peso seco de raíces primarias y secundarias según la profundidad del perfil del suelo. Para todos los tratamientos, la distribución de las raíces primarias y secundarias a través de los perfiles del suelo es mayor en la sección A (0 - 30 cm. de profundidad). En promedio se encontró que 31,98 Kg. de PSRPS y 24,33 Kg. de PSRSS se concentran en la sección A, mientras que en B (30 a 60 cm. de profundidad) el promedio fue de 6,97 Kg. de PSRPS y 4,82 Kg. de PSRSS (Tabla 2).

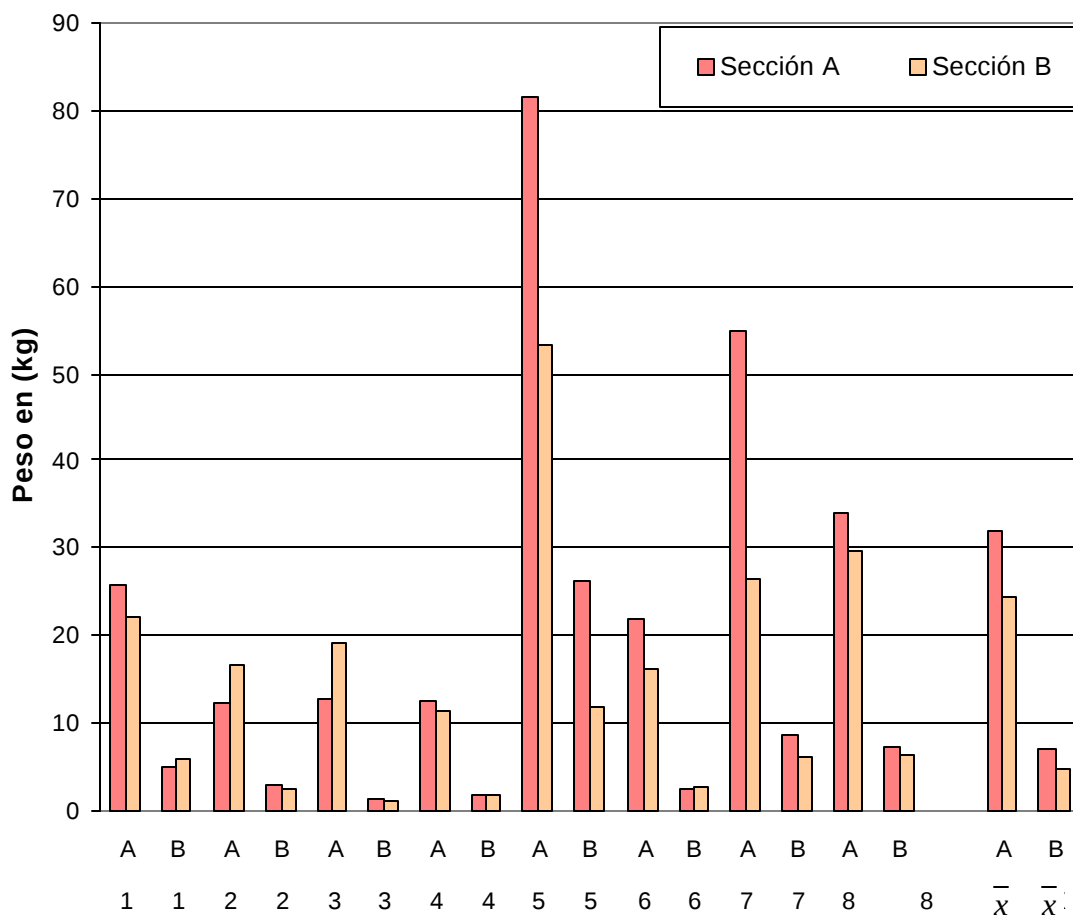
El ANALISIS DE VARIANZA (Anexo D) indicó diferencias estadísticas a nivel del 1% con respecto a la distribución vertical de raíces primarias y secundarias en el perfil del suelo, esto significa que hay diferente cantidad de biomasa radical de raíces primarias y secundarias según la profundidad de muestreo, estando de acuerdo con Rivera y Trujillo en su trabajo de anatomía y morfología de la raíz del chontaduro quien afirma que “las raíces primarias se encuentran a una profundidad hasta 1,20 m, secundarias a 1,0 m, terciarias a 60 cm. y cuaternarias a 40cm”³⁶. La prueba de Duncan (Anexo B) mostró una marcada disminución de la biomasa radical hacia el interior del perfil del suelo.

La Figura 10 se realizó con los valores correspondientes a PSRPS y PSRSS para todos los sistemas estudiados y confirma las afirmaciones anteriores.

³⁵ RIVERA, Op.cit., p.51.

³⁶ Ibid., p. 59.

Figura10. Peso seco de raíces primarias y secundarias del chontaduro, según la profundidad del perfil del suelo en los diferentes sistemas de cultivo.



Secciones y Sistemas de Cultivo

3.2.3 Peso seco de raíces primarias y secundarias según su distribución horizontal. Independiente del sistema de cultivo, en el Tabla 2 se observa que la mayor cantidad de PSRPC y PSRSC se presentó a un metro (1) según su distribución longitudinal, con un promedio de 18,89 Kg. de raíces primarias y 10,88 Kg. de raíces secundarias. El mejor tratamiento en cuanto a estas características fue el sistema chontaduro-cacao con 56,49 Kg. de primarias y 30,81 Kg. de secundarias a un metro (1) de la distribución longitudinal, tomando la muestra entre 0 y 1 m a partir de la base del estípe (Figura 11).

Figura 11. Sistema de chontaduro – cacao



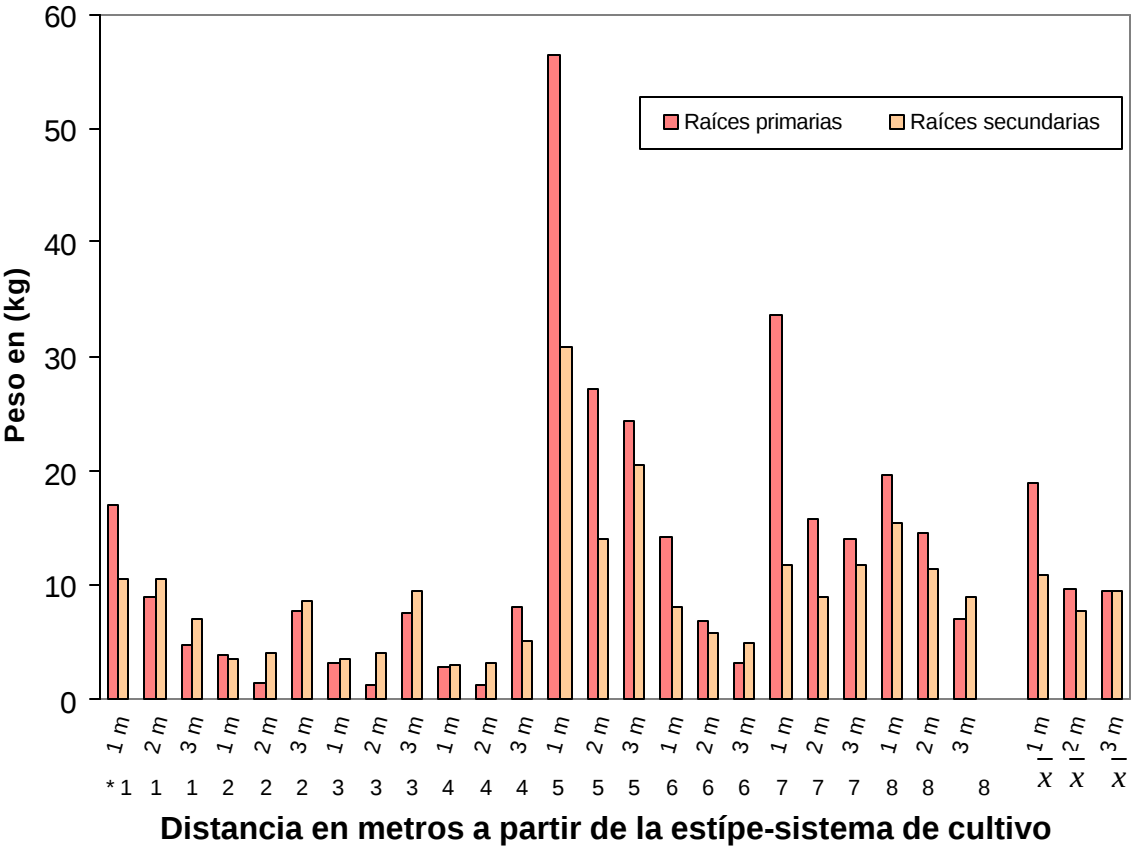
Se encontraron diferencias con 99% de probabilidad entre tratamientos en cuanto a la cantidad de PSRPC y PSRSC que produce cada palma, independiente del sistema de cultivo. La prueba de Duncan (Anexo C) mostró superioridad absoluta de la corona 1, porque en ella se encuentra mayor cantidad de raíces primarias y secundarias. El mismo comportamiento se presenta en las coronas de la sección B.

Lo anterior permite afirmar que cuanto más cerca del tallo mayor es la cantidad de PSRPC y PSRSC, disminuyendo progresivamente en la medida en que se aleja de la base del tallo. Al respecto Rivera y Trujillo³⁷ encontraron que la mayor cantidad de raíces se localizan hasta 1,50 m a partir del estípe, zona que corresponde, según los mismos autores a la proyección de la corona, además dicen que las terciarias y cuaternarias se incrementan a mayores distancias del tallo, debido a la continua renovación del sistema radical.

En la Figura 12 se puede apreciar las afirmaciones de los párrafos anteriores.

³⁷ Ibid., p. 68.

Figura 12. Peso seco de raíces primarias y secundarias del chontaduro, según la distribución longitudinal a partir de la base del estípe en los diferentes sistemas de cultivo.



3.3 NÚMERO DE RAÍCES EN PALMAS DE CHONTADURO

En la Tabla 3 se anotan los valores promedios de las características número total de raíces por palma (NTRP), número total de raíces por sección (NTRS), Número de raíces nuevas por palma (NRN), Número de raíces nuevas por sección (NRNS) y Porcentaje de raíces nuevas con respecto al total (RN/TR).

* 1 Chontaduro fruto, 2 Chontaduro palmito I, 3 Chontaduro palmito II, 4 Chontaduro palmito III, 5 Chontaduro cacao, 6 Chontaduro frutales, 7 Chontaduro plátano, 8 Chontaduro pastos.

3.3.1 Número de raíces por palma. En los sistemas radicales de las palmáceas se encuentran tres estados de desarrollo de las raíces de acuerdo con la edad, así: Viejas y lignificadas, únicamente sirven de anclaje; viejas en proceso de lignificación, aún son funcionales y almacenan agua, también sirven de anclaje y raíces nuevas. En este trabajo, número total de raíces es la sumatoria de los tres tipos y raíces nuevas corresponde a las raíces primarias recién emergidas, de color blanco crema.

Tabla 3. Total de raíces nuevas por palma y su distribución en el perfil del suelo.

Sistema de cultivo	Número de raíces por palma	Número total de raíces por sección		Raíces nuevas por palma	Número de raíces nuevas por sección		Porcentaje de raíces nuevas	Relación de raíces
		Sección A	Sección B		Sección A	Sección B		
Chontaduro fruto	4373,63	5565,43	287,60	163,68	155,84	54,41	11,93	26: 1
Chontaduro palmito I	696,18	553,13	143,05	94,28	67,72	26,56	21,18	7: 1
Chontaduro palmito II	682,46	603,92	78,54	50,41	33,13	17,28	16	13: 1
Chontaduro palmito III	525,59	463,70	61,89	22,69	16,86	5,83	11,61	23: 1
Chontaduro cacao	3318,37	2831,33	713,41	36,97	32,22	7,11	5,97	89: 1
Chontaduro frutales	2200,27	1923,47	266,28	120,60	88,87	32,26	13,49	18: 1
Chontaduro plátano	5090,65	5347,01	487,31	81,61	56,48	33,06	7,30	62: 1
Chontaduro pastos	2071,57	1824,84	308,36	18,29	12,85	5,16	5,43	113: 1
Promedio	2369,84	2351,60	293,36	73,57	57,99	28,78	3,10	44: 1

Se encontró el mayor número de raíces totales en el sistema chontaduro-plátano con 5090 raíces por palma, de las cuales únicamente 81 fueron nuevas. Sigue el sistema chontaduro-fruto con 4373 raíces totales y 163 nuevas, mientras que Palmito III fue el de más bajo comportamiento con 525 raíces por palma de las cuales 22 fueron nuevas. Se puede afirmar que a mayor número de raíces totales corresponde un mayor número de raíces nuevas, pero los resultados no indican está correlación directa, puesto que el sistema chontaduro-fruto, con 163 raíces nuevas ocupa el primer lugar en cuanto a renovación de raíces, mientras que el sistema silvopastoril (chontaduro-pastos) ocupa el ultimo con solo 18 raíces nuevas por palma. En la Tabla 3 y Anexo G se puede apreciar la independencia de estas variables (no correlacionadas).

Las variables NTRP y NRNP presentan diferencias altamente significativas entre sistemas de cultivo (Anexo F) indicando que estas características del chontaduro se manifiestan de manera diferencial dependiendo del sistema de asocio o cultivo con que se encuentre.

La comparación de medidas de Duncan (Anexo G) para la variable NTRP, indicó superioridad del sistema chontaduro-plátano con respecto a los sistemas chontaduro-frutales, chontaduro-pastos y monocultivo palmito, con 95% de probabilidades. La misma prueba no detecta diferencias estadísticas entre el sistema chontaduro-plátano con los sistemas chontaduro fruto y chontaduro-cacao en cuanto a la manifestación de esta característica. Como se mencionó en el párrafo anterior, el comportamiento de la variable NRNP es diferente de NTRP; ya que en este caso, los sistemas chontaduro fruto y chontaduro-frutales producen mayor número de raíces nuevas y son diferentes del resto de los tratamientos.

Los valores encontrados en cuanto NTRP en chontaduro son proporcionales a los valores observados por Reyes, *et al*³⁸, en un estudio del sistema radical en palma africana.

Con los datos de NTRP y NRNP se hicieron las Figuras 13 y 14, donde se puede apreciar gráficamente la variación en cuanto al comportamiento de estas variables en función del sistema de cultivo.

³⁸ REYES, R.; BASTIDAS, S. y PEÑA, E. Distribución del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* jacq). *En*: Revista Palmas, Vol. 18, No. 3 (1997); p. 49-57.

Figura 13. Número total de raíces por palma.

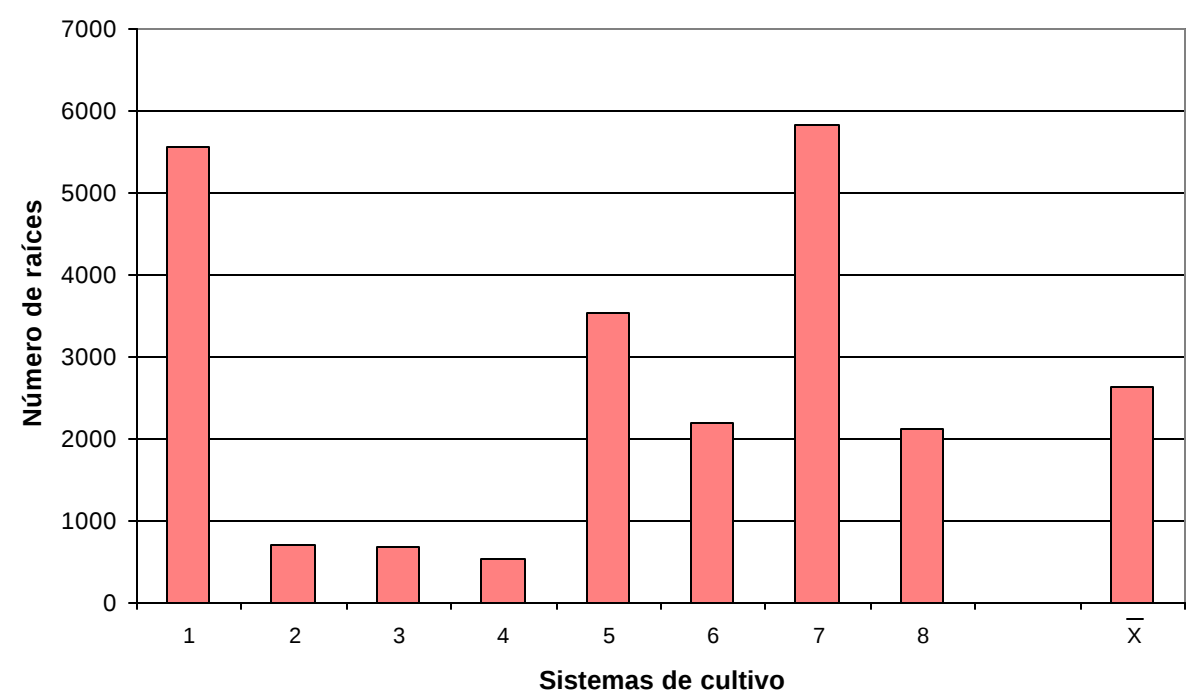
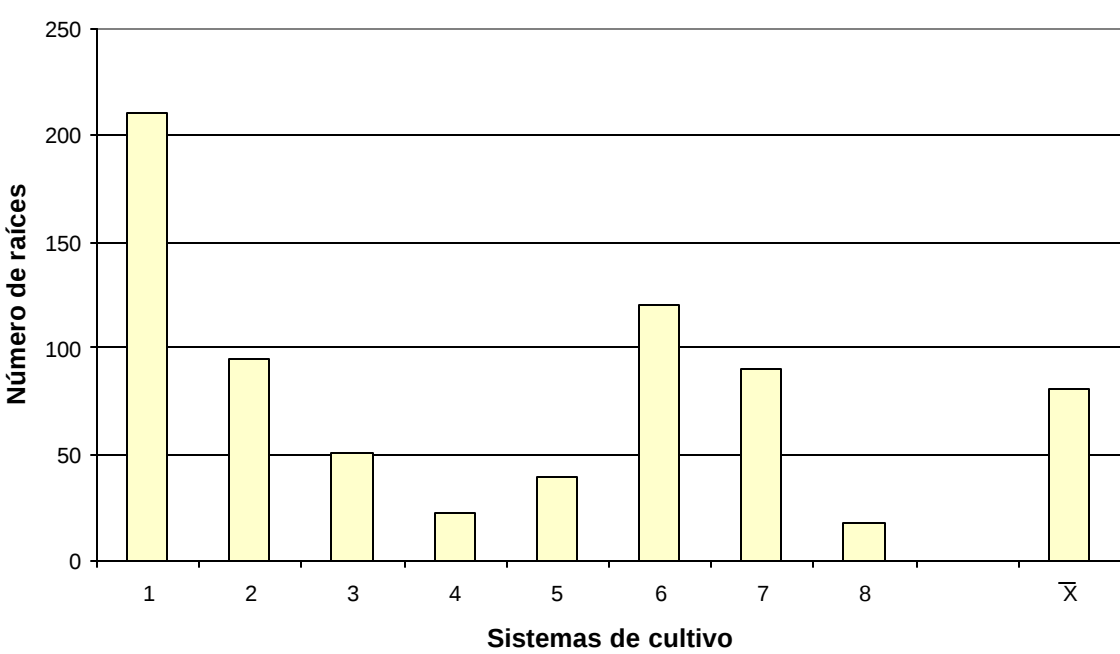


Figura 14. Número de raíces nuevas por palma



La emisión de raíces nuevas en el chontaduro ocurre por diferentes causas, entre los que se pueden mencionar: renovación natural (en las monocotiledóneas, como el chontaduro, las raíces nacen, crecen y mueren, mientras que en las dicotiledóneas crece una sola raíz pivotante que vive hasta cuando la planta cumple su ciclo de vida), condiciones edáficas, nivel freático, competencia entre plantas por espacio, agua y nutrientes, entre otras (Figura 14)

Figura 15. Presencia del nivel freático alto.



La diferencia entre sistemas de cultivo en cuanto a la emisión de raíces nuevas se debe a la competencia intra específica e inter específica, es así como las distancias de siembra y sistema radical de los frutales, (raíces gruesas, ramificadas y muy agresivas), limitan el espacio disponible obligando al chontaduro a emitir nuevas raíces. De otra parte, los frutales y el cacao aportan al suelo gran cantidad de materia orgánica que induce a la proliferación de raíces (Figura 16).

Figura 16. Proliferación de raíces nuevas en una palma de chontaduro.



La presencia de nivel freático alto y horizontes compactados a manera de “hard pan” inducen al chontaduro a emitir raíces adventicias a partir del tallo de la planta, tanto que alcanzan alturas de 0.8 m fuera del suelo y radios superiores a un metro, coincidiendo con Rivera y Trujillo, quienes afirman que “la presencia de una capa compacta “hard pan” y nivel freático alto estimula la producción de raíces adventicias”³⁹ (ver figura 17).

³⁹ RIVERA, Op.cit., p. 56.

Figura 17. Cantidad de raíces adventicias en un tallo de chontaduro.



Para el ANAVA el porcentaje de raíces se transformó mediante $\text{Arcsen}\sqrt{x}$, encontrando diferencias significativas a nivel del 1% entre los sistemas de cultivo con respecto a esta variable.

El tratamiento Palmito I presentó mayor valor en cuanto a la renovación del sistema radical puesto que por cada cien (100) raíces primarias encontradas 21 eran nuevas, siendo superior estadísticamente al resto de tratamientos. Los sistemas que presentaron bajos valores de regeneración de raíces fueron chontaduro-plátano, chontaduro-cacao y chontaduro-pastos, en su orden con 7, 6 y 5 raíces nuevas por cada 100 encontradas (Anexo G).

Un análisis detallado de la Tabla 3 permite determinar que se necesitan en promedio 44 raíces viejas para que la planta emita una raíz nueva. La mejor relación de raíces se encontró en Palmito I puesto que solo se requiere de 7 raíces viejas para que la planta emita una nueva (proporción 7:1) y la más baja relación se presentó en el sistema de chontaduro-pastos con una proporción de 113: 1 (113 raíces viejas por una nueva), lo anterior significa que entre más pequeña sea la relación más rápido ocurre la renovación del sistema radical; por lo tanto la planta tiene mayor cantidad de raíces funcionales en todo momento.

La buena renovación de raíces en los sistemas Monocultivo palmito, se puede explicar por varias razones: Por lo general cada cepa de palmito está compuesta por 3 a 6 hijuelos (óptimo 4) cada uno de los cuales también emite raíces, Pérez *et*

al⁴⁰, Pérez et al⁴¹. En el sistema Palmito, la cosecha de tallos se realiza cada 4 meses, labor que induce a la emisión de un nuevo hijuelo con raíces. Según Reyes et al, “el 90% de la biomasa del chontaduro retorna al suelo después de la cosecha, lo que equivale a 12,46 ton/ha/año de materia seca, que antes de su incorporación forma un colchón o “mulch”, induciendo a la proliferación de raíces”⁴².

En el sistema chontaduro-pastos se observa una baja renovación del sistema radical, lo cual podría ser la causa de bajas producciones de fruto, debido a que su sistema radical está compuesto por raíces muy viejas que solo cumplen con la función de anclaje o sostén de la planta.

En el sistema silvopastoril la emisión de raíces por parte del chontaduro es baja debido a que las raíces primarias tienen “libertad” para extenderse a mayores longitudes horizontales del suelo (>3 m), inhibiendo la emisión de nuevas raíces; lo anterior está corroborado por Domínguez⁴³, quien afirma que las plantas cuando están aisladas el sistema radical se extiende a grandes longitudes.

En este sistema el sobre pastoreo causa lesiones a las raíces primarias activando la emisión de nuevas; cuando se rompe la dominancia se induce a la formación de un reemplazo, semejante a la pérdida de la dominancia apical de la parte aérea de la planta.

3.3.2 Número de raíces según la profundidad del suelo. En la sección A se concentra mayor número de raíces totales y nuevas que en la sección B, de 2,644 raíces contabilizadas en todo el sistema radical, 2,351 se encontraron distribuidas en la sección A; esto equivale al 88.92% del total de raíces. De igual forma, de un total de 81 raíces nuevas, 58 que es el 71,60%, corresponden a la sección A (Tabla 3).

La proporción de raíces totales entre sección es de 8:1, o sea que por cada 8 raíces encontradas en la sección A hay una (1) en B; mientras que la proporción de raíces nuevas fue de 3:1 respectivamente. El sistema Monocultivo-fruto con 5,565 en la sección A fue el mejor en cuanto a emisión de raíces, seguido por el

⁴⁰ PEREZ, I.; REYES, R. y PEÑA, E. Efecto del deshije en el desarrollo de la palma de Chontaduro (*Bactris gasipaes* k) cultivado para palmito. En: Revista de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño, Vol. 12, No. 18 (2000); p. 63-64.

⁴¹ PEREZ, I.; REYES, R. y BASTIDAS, S. Efecto del deshije sobre la producción y calidad del palmito de Chontaduro (*Bactris gasipaes* K). cultivado para palmito. En: Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Vol. 12, No. 18 (2000); p. 23.

⁴² REYES, R.; PEÑA, E. y ORTIZ, G. Aporte de biomasa y sus elementos constituyentes a suelos cultivados con Chontaduro (*Bactris gasipaes* K) para palmito. En: Memorias VI Congreso Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de cultivos. Villavicencio Meta : ASCOLFI, 1999. 115p.

⁴³ DOMINGUEZ, Op.cit., p. 105.

sistema chontaduro-plátano con 5,347 raíces. En su orden estos dos sistemas producen 287 y 487 raíces en la sección B.

El ANALISIS DE VARIANZA para las variables número total de raíces por palma (NTRP) , número total de raíces por sección (NTRS), número de raíces nuevas por palma (NRNP) y número de raíces nuevas por sección (NRNS) Anexo F indicó diferencias a nivel del 99% de significancia en el número de raíces que se desarrollan y distribuyen en cada sección. El chontaduro en la sección A emite mayor número de raíces que en la sección B, independiente del sistema de cultivo.

3.4 ANÁLISIS DE DEPENDENCIA ENTRE VARIABLES MORFOLÓGICAS

Se realizó un análisis de correlación simple entre algunas características morfológicas de la parte aérea del chontaduro con características propias del sistema radical. El objetivo de este análisis fue determinar posibles relaciones de dependencia entre patrones morfológicos aéreos (visibles y fáciles de medir), con respecto al sistema radical del chontaduro con el propósito de: Estimar el estado de desarrollo y distribución radical con base en patrones morfológicos aéreos de la planta. Establecer o dejar planteada la hipótesis que mejorando las condiciones para el desarrollo del sistema radical se está mejorando el comportamiento de algunas características aéreas de tipo económico (como es el desarrollo de tallos para palmito).

En la matriz de correlaciones (Tabla 4) se puede ver que existe relaciones de dependencia a nivel del 1 y 5% entre las siguientes características con respecto a las del sistema radical:

El diámetro del tallo está directamente relacionado con el NTRP (0,75 **), NRNP (0,54*) y PFRP (0,40 *), esto equivale a decir por una parte, que palmas de chontaduro con tallos gruesos son portadoras de un sistema radical bastante denso pesado y extenso compuesto por alto número de raíces; por otra, que mejorando las condiciones edáficas y utilizando distancias óptimas de espaciamiento entre plantas para inducir la emisión de raíces, se están propiciando las condiciones para el engrosamiento rápido de los tallos de chontaduro (palmito) coincidiendo con Reyes *et al*⁴⁴, en su artículo titulado Distribución del sistema radical de la palma de aceite.

⁴⁴ REYES, *et al*. Distribución del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* jacq). Op.cit., p. 49-57.

Tabla 4 Matriz de correlación lineal simple entre algunos indicadores visuales de crecimiento con respecto a las variables en estudio.

Variables	Diámetro de tallo	Altura del tallo	Radio de la copa	Número de hojas
Peso fresco total de raíces	0,40 *	0,52 **	0,28 NS	0,22 NS
Peso seco total de raíces	0,38 NS	0,53 **	0,26 NS	0,22 NS
Peso seco de raíces primarias	0,36 NS	0,54 **	0,35 NS	0,25 NS
Peso seco de raíces secundarias	0,37 NS	0,48 *	0,09 NS	0,15 NS
Número de raíces por palma	0,75 **	0,56 **	0,34 NS	0,50 *
Número de raíces nuevas	0,54 **	-0,04 NS	0,28 NS	0,02 NS

* Variables relacionadas al 5% de significancia

** Variables relacionadas al 1 % de significancia

NS = No significativo

La altura del tallo, está asociada positivamente con NTRP (0,56 *), PFRP (0,52 *), PSRP (0,54 *), PSRPP (0,54 *) y PSRSP (0,48 *) significando que las palmas de mayor altura están soportadas por un sistema radical extenso y pesado compuesto por numerosas raíces primarias y secundarias. Al favorecer el enraizamiento de la planta se logra un rápido crecimiento del tallo (palmito).

Un buen número de hojas en la planta es indicativo de un alto número de raíces en su sistema radical (0,50 *), o sea que entre mayor sea el número de raíces y más rápido su renovación más alta es la tasa de emisión de hojas.

Se puede afirmar que la altura y el diámetro del tallo son una consecuencia directa de la masa radical (en peso y número) y que la tasa de emisión foliar depende del número de raíces de la planta. Se espera que una palma de chontaduro de estípe alto y grueso (robusto) sea portadora de mayor masa radical en número y peso que una palma de tallo corto y delgado.

4. CONCLUSIONES

El sistema radical del chontaduro, bajo cualquier sistema de cultivo, es muy superficial en cuanto a su distribución vertical y compacto en su distribución horizontal. Se encontró en los primeros 30 centímetros del horizonte del suelo formando una densa red en una corona circular de un metro de radio (hasta un metro de la base del estípe).

Los resultados del trabajo indican que la mayor cantidad de raíces terciarias y cuaternarias (raíces absorbentes) se ubican en las coronas exteriores de la palma, más allá del metro de distancia a partir de la base del estípe.

El cacao es un buen cultivo para asociar con chontaduro, puesto que su sistema radical es pivotante, profundo y poco agresivo, que llega a mayores profundidades del suelo, extrayendo los nutrientes hacia la superficie por medio del ciclaje de nutrientes, quedando al alcance de las raíces superficiales del chontaduro.

Las palmas de chontaduro con tallos gruesos y largos poseen un sistema radical extenso y pesado, compuesto por numerosas raíces primarias y secundarias.

Según el crecimiento y distribución del sistema radical del chontaduro la fertilización se debe realizar en corona dependiendo de la edad del cultivo.

5. RECOMENDACIONES

Realizar trabajos de investigación con el fin de evaluar el crecimiento y distribución del sistema radical de las palmas de chontaduro en arreglos agroforestales a diferentes distancias de siembra en una misma parcela.

Evaluar otras metodologías de muestreo radical para el caso de los sistemas Monocultivo palmito puesto que el utilizado en este trabajo fue difícil de aplicar.

Realizar estudios mediante la aplicación de fertilizantes dependiendo de la edad y distancia longitudinal cada vez más alejados de la base del tallo de la planta, puesto que es allí donde se encuentran el mayor número de raíces terciarias y cuaternarias que cumplen con la función de absorción de agua y nutrientes.

BIBLIOGRAFIA

BASTIDAS, S. Botánica y morfología En : El cultivo de chontaduro para palmito. (*Bactris gasipaes* K.). Tumaco, Colombia : CORPOICA, 2000. 139 p.

BELALCAZAR, S. Cultivo del plátano en el trópico. Quindío : IICA, 1991. 270 p.

BOHM, W. Methods for studying root systems. Berlin : Springer-verlag, 1979. 94 p.

CARLSON, S. Biología de la productividad de los cultivos. México : AGT, 1990. 413 p.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. El cultivo del chontaduro para palmito (*Bactris gasipaes*) H.B.K, con manejo agroforestal. Florencia : IICA, 2002. 228 p.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. El cultivo del chontaduro para palmito (*Bactris gasipaes*) H.B.K. Tumaco : IICA, 2000. 140 p.

CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. Generación de tecnología para el cultivo de la palma de chontaduro en la zona pacífica. En : Informe técnico, Regional 5 C.I. El Mira Tumaco. 11 p.

CONCEJO COMUNITARIO RIO CHAGUI. Municipio de Tumaco (Nariño). 2000. 35 p.

DALTON. Métodos indirectos para estimar la masa radical. Costa Rica : CATIE, 1995. 15 p.

DOMÍNGUEZ, A. Tratado de fertilización. 3 ed. México : Mundi-Prensa, 1997. 611 p.

EIJKELKAMP. Métodos indirectos para estimar la masa radical. Costa Rica : CATIE, 1995. 15p.

FONSECA, C. Caracterización de 17 familias de Pejibaye (*Bactris gasipaes* k) pertenecientes a la colección de Costa Rica. Costa Rica, 1989. p. 63-65. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía.

MONTAGNINI, F. Sistemas agroforestales. Costa Rica : CATIE, 1992. 270 p.

MORA, J. Consideraciones sobre la morfología de chontaduro (Bactris gasipaes K.). En: Segundo Curso Internacional. (2º : 1997 : Costa Rica). 91 p.

MORA, J. y GAINZA, J. Palmito de pejibaye (Bactris gasipaes K) su cultivo e industrialización. Costa Rica : s.n., 1999. 260 p.

MORALES, R. Arquitectura y distribución espacial de las Raíces de eucaliptos deglupta dentro de un sistema agroforestal simultáneo con coffea arabiga. Costa Rica, 1997. p. 123. Trabajo de grado (Magíster Scuetiae). Turrialba, Costa Rica.

PAEZ, C. Biología vegetal aplicada a la educación. 11 ed. Bogotá : Retina, 1973. 340 p.

PEREZ, I.; REYES, R. y BASTIDAS, S. Efecto del deshije sobre la producción y calidad del palmito de chontaduro (Bactris gasipaes K). cultivado para palmito. En : Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Vol. 12, No. 18 (2000); p.7-27.

PEREZ, I.; REYES, R. y PEÑA, E. Efecto del deshije en el desarrollo de la palma de chontaduro (Bactris gasipaes k) cultivado para palmito. En : Revista de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño, Vol. 12, No. 18 (2000); p.28-44.

REYES, R.; PEÑA, E. y ORTIZ, G. Aporte de biomasa y sus elementos constituyentes a suelos cultivados con chontaduro (Bactris gasipaes K) para palmito. En : Memorias VI Congreso Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de cultivos. Villavicencio Meta : ASCOLFI, 1999. 115p.

REYES, R.; BASTIDAS, S. y PEÑA, E. Distribución del sistema radical de la palma de aceite (Elaeis guineensis jacq). En: Revista Palmas, Vol. 18, No. 3 (1997); p. 49-57.

RIVAS, C. El papel de la agroforestería en el desarrollo sostenible de laderas. San José de Costa Rica : CATIE, 1993. p. 93-102.

RIVERA, I. y TRUJILLO, E. Anatomía y morfología de la raíz de la palma de chontaduro (Bactris gasipaes K.) Palmira, Colombia, 1981. 92p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Agrícolas.

ROJAS, M. y ROVALO , M. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México : Mc Graw Hill, 1974. 266 p.

SCHICK. Métodos indirectos para estimar la masa radical. Costa Rica : CATIE, 1995. 15 p.

VAM BEEM, SMITH Y ZOBEL. Métodos indirectos para estimar la masa radical en maíz. Costa Rica : CATIE, 1998. 15p.

ANEXOS

ANEXO A. Análisis de varianza para las variables: peso fresco y seco del sistema radical del chontaduro, según la profundidad y longitud horizontal en los diferentes sistemas de cultivo.

Fuente	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Peso fresco de raíces por palma	Peso seco de raíces por palma
Tratamiento	7	0,70 ^{NS}	1,01 ^{NS}
Error	14	0,44	0,44
CV		13,01	17,05
		Peso fresco de raíces por sección	Peso seco de raíces por sección
Tratamiento	7	1,41 *	1,90 **
Secctrat)	14	0,06 **	0,06 **
Error	32	0,59	0,55
CV		18,66	25,46
		Peso fresco de raíces por corona	Peso seco de raíces por corona
Tratamiento	7	3,72 **	4,47 **
Corona(trat)	35	0,97 *	0,62 **
Error	96	0,76	0,59
CV		30,25	42,01

* 5% de significancia

** 1% de significancia

60cm

Ns No significativo

Corona 1 = 0 – 1 metro Sección A = 0 – 30cm

Corona 2 = 1 – 2 metros Sección B = 30 –

Corona 3 = 2 – 3 metros

ANEXO B. Prueba de rangos múltiples de Duncan para las variables relacionadas con el peso del sistema radical del chontaduro, según la profundidad del perfil del suelo

Horizonte	Peso fresco de raíces por sección		Peso seco de raíces por sección		Peso seco de raíces primarias por sección		Peso seco de raíces secundarias por sección		Número total raíces por sección		Número de raíces nuevas por sección	
	Media	Grupo Duncan	Media	Grupo Duncan	Media	Grupo Duncan	Media	Grupo Duncan	Media	Grupo Duncan	Grupo Duncan	Media
A	179,38	a	56,30	a	31,98	A	24,32	a	2102	b	53	a
B	37,92	b	11,80	b	6,97	B	4,82	b	267	a	21	b

A = 0cm – 30cm

B = 30cm – 60cm

- Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes entre si,
- Nivel de significancia 0,05%

ANEXO C. Prueba de Duncan para las variables relacionadas con el peso de raíces, según su distribución longitudinal a partir de la base del estípe en palmas de chontaduro bajo diferentes formas de cultivo

Horizontes	Peso fresco de raíces por corona		Peso seco de raíces por corona		Peso seco de raíces Primarias por corona		Peso seco de raíces secundarias por corona	
	Media	Grupo Duncan	Media	Grupo Duncan	Media	Grupo Duncan	Media	Grupo Duncan
A1	74,17	a	22,92	a	14,26	a	8,65	a
A2	52,50	a	16,86	a b	8,54	b	6,48	a
A3	52,71	a	15,03	b	8,50	b	8,35	a
B1	19,34	b	6,84	c	4,62	b c	2,22	b
B2	9,39	b	2,43	c	1,14	c	1,28	b
B3	9,20	b	2,32	c	1,09	c	1,22	b

A = Sección superior (0 - 30cm)

B = Sección inferior (30cm - 60cm)

1 = Distancia con respecto al la base del estípe (0 - 1m)

2 = Distancia con respecto al la base del estípe (1 - 2m)

3 = Distancia con respecto al la base del estípe (2 - 3m)

* Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes entre si,

* Nivel de significancia 0,05%

ANEXO D. análisis de varianza para las variables: peso seco de raíces primarias y secundarias según la profundidad y longitud horizontal a partir de la base del estípe en diferentes sistemas de cultivo

Fuente	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Peso seco raíces Primarias por palma	Peso seco de raíces Secundarias por palma
Tratamiento	7	1,47 *	0,57 ^{NS}
Error	14	0,47	0,44
CV		20,98	21,30
		Peso seco de raíces primarias por sección	Peso seco de raíces secundarias por sección
Tratamiento	7	2,43 **	0,98 ^{NS}
Secc(trat)	14	0,07 **	0,11**
Error	32	0,52	0,49
CV		30,60	31,51
		Peso seco de raíces primarias por corona	Peso seco de raíces Secundarias por corona
Tratamiento	7	5,12 **	2,02 **
Coron(trat)	35	0,69 **	0,29 **
Error	96	0,47	0,45
CV		50,86	52,18

* 5% de significancia

** 1% de significancia

Ns No significativo

ANEXO E. Prueba de Duncan para las variables: peso seco de las raíces primarias de chontaduro, bajo diferentes sistemas de cultivo

Tratamientos	Peso seco de raíces primarias por palma	
	Media	Grupo Duncan
Chontaduro Cacao	107,88	a
Chontaduro plátano	63,48	a b
Chontaduro Pastos	41,14	b
Chontaduro Fruto	30,86	b
Chontaduro Frutales	24,34	b
Chontaduro Palmito I	13,13	b
Chontaduro Palmito III	12,46	b
Chontaduro Palmito II	12,18	b

ANEXO F. Análisis de varianza para la cantidad de raíces por palma y su distribución vertical en perfil del suelo.

Fuente	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Número total de raíces por palma	Número de raíces nuevas por palma
Tratamiento	7	2,30 **	1,90 **
Error	14	0,13	0,21
CV		4,94	11,48
		Número total de raíces por sección	Número de raíces Nuevas por sección
Tratamiento	7	3,88 **	3,88 **
Secc(trat)	7	0,34 ^{NS}	0,20 **
Error	32	0,19	0,34
CV		7,05	18,43

* 5% de significancia

** 1% de significancia

Ns No significativo

ANEXO G. Prueba de Duncan para la cantidad de raíces por palma de chontaduro

Tratamientos	Número total de raíces por palma		Número de raíces nuevas por palma		Número de raíces nuevas sobre Número total de raíces por palma	
	Media	Grupo Duncan	Media	Grupo Duncan	Media	Grupo Duncan
Chontaduro plátano	5091	a	22,69	E	7	c
Chontaduro Fruto	4374	a b	163,68	A	12	b
Chontaduro Cacao	3318	a b	50,40	c d e	6	c
Chontaduro frutales	2000	b c	36,97	d e	13	b
Chontaduro pastos	2072	b c	18,29	E	5	c
Chontaduro Palmito I	696	c	120,60	a b	21	a
Chontaduro Palmito II	682	c	94,28	b c	16	b
Chontaduro Palmito III	526	c	81,61	b c d	12	b

- Los tratamientos con letras iguales no son significativamente diferentes entre sí,
- Nivel de significancia 0,05%