

EVALUACION DEL SISTEMA RADICULAR EN TRES PERIODOS DE DESARROLLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Roberto Alfaro Portugal¹
Randall Ocampo Chinchilla²

Introducción

La raíz es una parte esencial de la caña de azúcar ya que permite la absorción de nutrientes y agua y además ofrece anclaje a la planta. Su desarrollo es óptimo si las condiciones intrínsecas al medio ambiente donde esta se desarrolla lo son también, presencia de obstáculos como capas de arcillas, rocas, o niveles freáticos altos limitan en alguna medida su capacidad de exploración del suelo.

La presencia de estratos compactos limitan la penetración radicular, así lo afirma Kong1968 citado por Avilan et al 1977 al estudiar este tejido y su desarrollo en suelos arcillosos de Taiwán, donde se observo que el peso de los brotes decrecía en la medida que la densidad aparente se incrementaba hasta valores de 1,57 g /cc. Encontrando una correlación negativa entre la densidad aparente del suelo y el peso seco de las plantas.

Avilan et al 1977,observo en un suelo Molisol , que la presencia de horizontes compactos caracterizados por una densidad aparente de 1.75g/cc y una macro porosidad de 1.8 % entre 65 y 95 cm de profundidad limita la penetración radicular de la variedad B4362.

Labores correctas de preparación del suelo así como proporcionar la fertilización adecuada apegada a un análisis de suelo son prácticas que permitirían un buen desarrollo radicular y una alta productividad del cultivo.

La caña dispone de dos tipos de raíces: las primordiales que se originan de los meristemos radiculares de la banda de las raíces en los entrenudos del trozo de semilla, son delgadas, no manifiestan polaridad ni dominancia y además su periodo termina con la brotación de los hijos de la caña.

1/Ingeniero Agrónomo. Funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA* Costa Rica. E-mail: ralfaro@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555 / Fax (506) 24-94-44-51.

2/Ingeniero Agrónomo. Funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA* Costa Rica. E-mail: rocampo@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555 / Fax (506) 24-94-44-51.

Las raíces permanentes son emitidas por el macollamiento y por el contrario son más gruesas, menos fibrosas, con rápido crecimiento y protegidas por la cofia que las faculta para penetrar entre las partículas de suelo (Sánchez 1972).

Al respecto Humbert 1982 afirma que las raíces primordiales producen raíces blancas y gruesas que se extienden en todas direcciones debajo de la semilla de caña. Las raíces delgadas que salen de los nudos altos del retoño generalmente se desarrollan libremente a la profundidad del barbecho, produciendo una prolífica ramificación de raíces secundarias si la aireación a mayores profundidades del suelo lo permite (Humbert 1982).

Las raíces emitidas por la caña de azúcar desde su germinación hasta su desarrollo pleno presentan especialización en sus funciones las cuales son vitales para la planta en cada etapa de crecimiento al respecto, Lee y Weller 1927 citados por Humbert 1982 aseguran que durante el primer mes después de la siembra la planta germinada funciona casi por completo de las raíces que brotaron del anillo de las raíces de los trozos de caña (primordiales). Posterior al primer mes y para fines del segundo hay un periodo de transición durante el cual el abastecimiento cambia de las raíces de la semilla a las raíces de los brotes. Después del tercer mes, el abastecimiento de nutrientes tiene lugar casi exclusivamente de las raíces de los brotes (permanentes).

El sistema radicular fibroso de la caña sostiene el tallo y asegura una toma adecuada de humedad y nutrientes del suelo, abasteciendo con ello las necesidades del cultivo. Los pelos absorbentes constituyen prolongaciones largas de células simples, inmediatamente después de la cofia que protege al meristema. Su actividad esta circunscrita al proceso de suberización y deterioro de la corteza; cuando estas cesan, esa región pierde sus funciones de absorción y almacenamiento, conservando únicamente las de conducción y soporte (Sánchez 1972).

La raíz es una de las partes de la caña de azúcar menos evaluada sin embargo se han realizado algunos trabajos por diversos investigadores con el fin de conocer más a fondo esta importante estructura de la planta y tener mayor criterio para ofrecerle a la misma las mejores condiciones que permitan su pleno desarrollo en los diferentes suelos.

Paz Vergara et al 1980 citado por Amaya 1995 al evaluar el desarrollo radicular de dos variedades en sitios y en cortes diferentes, edades que variaron desde 4 hasta los 19 meses encontraron el 85 % de las raíces en los primeros 60 cm de profundidad independientemente de la edad, la variedad y el corte.

Domínguez 1990 evaluó el crecimiento radicular en las plantillas de las variedades MZC 74275, Mex 68200 y PR11 41 cultivadas en un suelo Molisol, un Inceptisol y en un Alfisol evaluadas a profundidades entre los 0 -100 cm y a edades entre 3 y 12 meses. El mayor desarrollo radicular se presentó entre los 3 y 6 meses especialmente en las variedades Mex 68200 y MZ74275. En el suelo Alfisol las variedades Mex 68200 y PR 1141 fueron similares

entre si y superiores a la variedad MZC 74275 mientras que en el suelo Inceptisol no hubo diferencias significativas entre el desarrollo radicular de la variedades. En general se observo una mayor cantidad de raíces entre 80 y 92 % en los primeros 40 cm de profundidad, la cual sugiere concentrar las practicas de preparación y cultivo hasta esta profundidad.

La variedad cultivada es un factor importante que determina la capacidad de exploración del sistema radicular en el suelo, al respecto Sánchez 1982, afirma que La tolerancia de algunas variedades a la sequia, puede estar relacionada con su habilidad para producir pelos absorbentes con una alta proporción, dentro de la masa de su sistema radicular.

La mayor proporción de raíces en la caña de azúcar en términos generales se encuentra entre los primeros centímetros en la profundidad del suelo, determinado por la función de cada grupo de raíces.

Estudios realizados por varios investigadores confirman que más del 85 % de las raíces se encuentran en los primeros 40 cm, así lo hace ver Lee et al (1927) citado por Humbert 1972.

Evans (1937) citado por Humbert 1972 realizo un estudio midiendo el largo y la superficie de las raíces individuales en cada pie del suelo para tres variedades .Dividió las raíces en tres clases según su diámetro, longitud y superficie: en raíces fibrosas las cuales son, raíces menores de 1 mm, raíces de 1 – 2.5 mm de diámetro y raíces mayores de 2.5 mm

Sus estudios mostraron que la gran mayoría de las raíces fibrosas, que son las más activas, para la absorción, se encuentran en los primeros 30 cm de profundidad del suelo. En conclusión Evans afirma que aproximadamente el 70 % de la superficie total de pelos radiculares está concentrado en los primeros 30 cm de profundidad y que casi el 90 % se encuentra distribuido a una distancia mayor de 30 cm del centro de la planta.

Objetivos

Los objetivos del siguiente trabajo fueron:

- Valorar un método de extracción, medición y clasificación de la raíz de la variedad Mex 79 431 ampliamente cultivada en Costa Rica.
- Ubicar y clasificar las raíces de acuerdo a su grosor y volumen a diferentes profundidades en el perfil del suelo.
- Determinar la posible relación existente entre el crecimiento radicular y el desarrollo foliar de la caña de azúcar en tres estados de crecimiento.
- Valorar los posibles cambios en la densidad aparente del suelo en los diferentes extractos y edades del cultivo.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental de DIECA (Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) ubicadas en la localidad de Santa Gertrudis Sur, distrito de San José, Cantón Grecia, provincia de Alajuela. Su altitud es 1000 msnm y se encuentra a 10° 05' y 18'' latitud norte y 84° 17' y 09'' longitud oeste, además presenta una precipitación anual de 2900 mm y una temperatura media de 23°C.

Se utilizaron recipientes plásticos de 56 cm de diámetro y 90 cm de alto los cuales se llenaron con un suelo Andisol, el cual se compactó cada 20 cm y cuyo análisis de suelo se presenta en el siguiente cuadro 1.

Cuadro 1
Análisis Físico - Químico del suelo utilizado en el ensayo

PH	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	% MO	% Arena	% Arcilla	% Limo
6,2	0,15	7,4	1,8	0,88	19	3,9	74	18	115	3,8	52	17	31

Se utilizaron tres recipientes por tratamiento el cual estuvo constituido por las edades de la caña de 3,6 y 9 meses, a cada tratamiento se le sembraron dos esquejes de la variedad Mex 79431 y la semilla se obtuvo de la parte central del tallo.

Una vez alcanzado la edad de evaluación, se dividió a lo largo en porciones de suelo de 0 – 20 cm, 20 -40 cm, 40-60 cm y de 60 -80 cm y de cada una de estas porciones se lavó el suelo para extraer y clasificar las raíces de acuerdo a su grosor: < 1mm, 1 – 2mm, 2 – 3 mm y >3 mm. Una vez secas las raíces se pesaron en una balanza analítica y así poder determinar el porcentaje de raíces de cada tipo ubicadas a lo largo del perfil del suelo.



Figura 1. Desarrollo de la caña a los 3 meses en los recipientes utilizados

También se tomaron de cada tratamiento, muestras de suelo cada 20 cm con el fin de obtener la densidad aparente y se midieron todas las hojas para determinar el área foliar y analizar la relación entre el desarrollo radicular y foliar.



Figura 2. Separación de las diferentes porciones de 20 cm

Antes del llenado de los recipientes el suelo se le aplicó cal Dolomita a razón de 1.5 Tm / ha y la fertilización de las plantas a la siembra se aplicó la fórmula 10-30 -10 a razón de 350 kg /ha, posteriormente los tratamientos recibieron una aplicación de Nitrógeno utilizando la fuente nitrato de amonio 33.5 % N en la dosis de 200 kg /ha.

Resultados y Discusión

Raíces 3 meses

Las raíces a los tres meses de edad del cultivo son incipientes y no presentan una alta exploración del suelo, así se observa en el cuadro 2 donde se aprecia que en el perfil del suelo hasta los 40 cm se encuentra más del 50 % de las mismas y si es en el grosor por lo general son delgadas con menos de 2 mm. Las pocas raíces de diámetro superiores son posiblemente las primeras raíces verdaderas que brotan de los hijos de la caña. En los primeros 20 cm de profundidad una parte importante de las raíces en crecimiento son las raíces del esqueje al cual hace mención Humbert 1982. La presencia de raíces finas < 1mm

a profundidades del suelo obedece al rápido crecimiento de raíces cuya función principal es la búsqueda y extracción de agua, estas raíces al topar con el fondo del recipiente se ramificaron en raicillas más finas presentándose en este extracto del suelo.

Este obstáculo ofrecido por el fondo del recipiente podría simular en la realidad a capas de arcilla y roca que normalmente las raíces encuentran a su paso en el perfil del suelo en su normal expansión.

Cuadro 2

Peso seco (gr) de las raíces encontradas en cada uno de los extractos de suelo a la edad de 3 meses

Extracto	< 1mm	1 - 2 mm	2 - 3 mm	> 3 mm	total	%
0 - 20 cm	10,13	11,25	4,59	0,92	26,89	33,66
20 - 40 cm	4,99	8,91	3,81	0,00	17,71	22,17
40 - 60 cm	6,96	6,30	0,16	0,00	13,42	16,80
60 - 80 cm	16,54	5,07	0,26	0,00	21,87	27,37
total	38,62	31,53	8,81	0,92	79,89	100,00
%	48,35	39,47	11,03	1,15		100,00

Raíces 6 Meses

Con mayor desarrollo a los 6 meses las raíces se incrementan en volumen y grosor, así se observa en el cuadro 3 donde en proporción se mantiene igual a través del perfil del suelo, pero incrementando su grosor respecto a los 3 meses. En esta edad se nota también un incremento en la cantidad de raíces finas en el último extracto evaluado (60 – 80).

Se observa en este cuadro, como que se confirma lo indicado por varios autores (VERGARA 1980; DOMINGUEZ 1990) ,donde señalan que en diferentes estudios se encontró que la mayor proporción de raíces se presentaron en los primeros 40 cm de profundidad.

Cuadro 3

Peso seco (gr) de las raíces encontradas en cada uno de los extractos de suelo a la edad de 6 meses

Extracto	< 1mm	1 - 2 mm	2 - 3 mm	> 3 mm	total	%
0 - 20 cm	42,87	40,83	11,84	1,27	96,80	34,21
20 - 40 cm	20,99	14,54	15,65	9,82	61,00	21,56
40 - 60 cm	17,15	14,21	17,19	2,02	50,58	17,87
60 - 80 cm	27,86	38,79	3,37	4,55	74,57	26,36
total	108,87	108,37	48,05	17,66	282,95	100,00
%	38,48	38,30	16,98	6,24		100,00

Raíces 9 meses

Las raíces en esta etapa se encuentran en pleno desarrollo así lo determino Domínguez 1990 al evaluar dos variedades y entre ellas una variedad mexicana como la evaluada en este estudio.

Se aprecia en el cuadro 4 el resultado de la selección, distribución y medición de las raíces encontradas en los recipientes correspondientes a la edad de los 6 meses. La proporcionalidad de las raíces en el perfil del suelo sufre un pequeño cambio al disminuir la cantidad de raíces presentes en los primeros dos extractos del suelo de un 55.7% a un 50.3 % pero incrementando la cantidad de raíces y sobre todo las finas en el último extracto de suelo. Esta reducción en el extracto superior obedece posiblemente a la eliminación por parte de la planta de las raíces del esqueje al ser estas no funcionales. (Humbert 1982) La cantidad de raíces se incrementa con el desarrollo del cultivo pero resulta interesante conocer en la proporcionalidad como se distribuyen las diferentes raíces en cada extracto y edad del cultivo.

Cuadro 4
Peso seco (gr) de las raíces encontradas en cada uno de los extractos de suelo a la edad de 9 meses

Extracto	< 1mm	1 - 2 mm	2 - 3 mm	> 3 mm	total	%
0 - 20 cm	97,12	55,96	3,13	0,17	156,37	28,15
20 - 40 cm	92,82	24,63	4,64	0,99	123,08	22,15
40 - 60 cm	70,00	14,15	4,56	0,63	89,34	16,08
60 - 80 cm	140,83	34,27	9,96	1,80	186,86	33,64
total	400,76	129,01	22,29	3,59	555,66	100,02
%	72,12	23,22	4,01	0,65		100,00

Extracto de 0 – 20 cm

En este extracto es donde se encuentran la mayor cantidad de raíces, en la figura 3 se observa como a los 6 meses las raíces < 1mm se incrementan respecto a los 3 meses para luego descender a los 6 meses, por su parte las raíces con un grosor entre 1 – 2 mm se mantienen constantes en cantidad, contrario a las raíces con un diámetro entre 2 – 3 mm, las cuales descienden en proporción a través de los meses pasando de un 50 % a los 3 meses a un 15 % aproximadamente a los 9 meses, igual comportamiento se presentó entre las raíces de mayor diámetro > 3 mm.

Esta disminución de las raíces de mayor grosor se da porque este tipo de raíces son típicas de formar parte de las raíces primarias del hijo de la caña después de la brotación de los tallos.

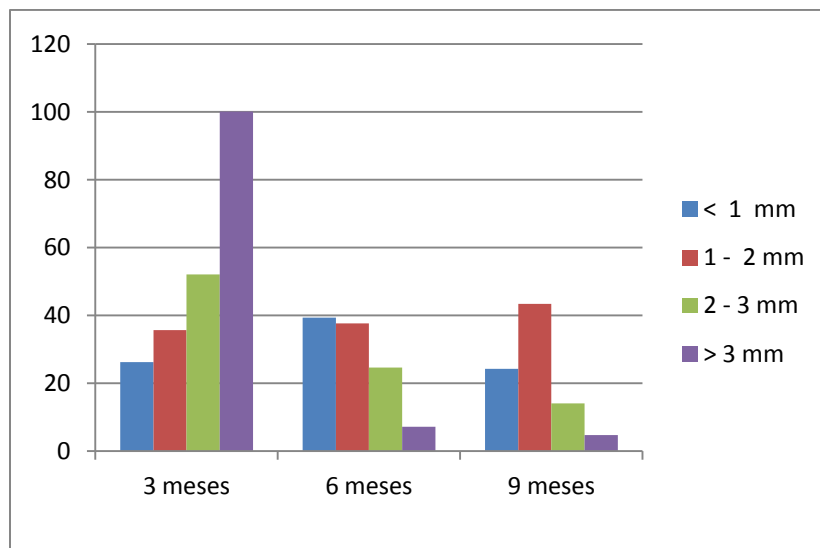


Figura 3. Porcentaje de raíces presentes en el extracto de 0 – 20 cm en el suelo clasificadas según su grosor.

Extracto de 20 – 40 cm

En esta porción del suelo también se encuentran una gran cantidad de raíces y en la figura 4 se observa que las raíces menores a un 1 mm se desarrollan en forma creciente conforme pasan los meses. Las raíces cuyo diámetro se encuentra entre 1 – 2 mm en esta porción de suelo se reduce pero no tan significativamente como ocurrió con las raíces de diámetro entre 2 – 3 mm, las cuales disminuyeron en un 20 % entre los 3 y los 9 meses. Las raíces más gruesas no aparecieron en este extracto a la edad de los 3 meses, pero a los 6 meses estas superaron el 50 % del total de raíces presentes a esta profundidad del suelo.

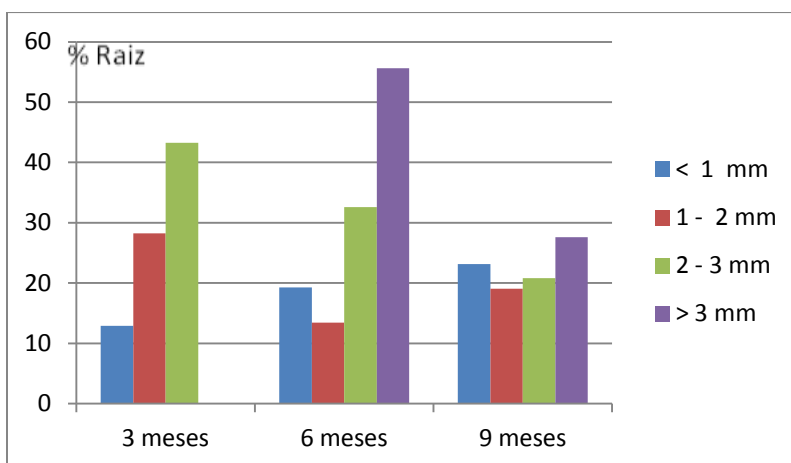


Figura 4. Porcentaje de raíces presentes en el extracto de 20 – 40 cm en el suelo clasificadas según su grosor.

Extracto de 40 – 60 cm

En este extracto (Fig. 5) las raíces finas < 1mm se encontraron en proporciones similares al incrementarse la edad el cultivo, sin embargo las raíces entre 1 -2 mm tienden a disminuir aproximadamente en un 10 % a los 9 meses. Raíces de mayor grosor 2 – 3 mm se incrementaron repentinamente a los 6 meses alcanzando más de un 35 % del total de raíces en esta porción de suelo. Por otra parte las raíces gruesas, a los 3 meses no se encontraron en este extracto pero aparecen después de los 6 meses entre un 10 y un 20 %.

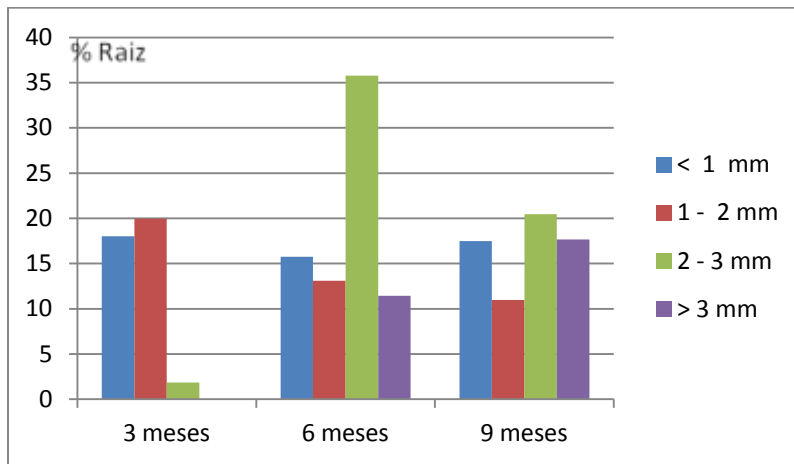


Figura 5. Porcentaje de raíces presentes en el extracto de 40 – 60 cm en el suelo clasificadas según su grosor.

Extracto de 60 – 80 cm

En este extracto por estar más profundo la presencia de raíces es inferior y como las mismas toparon con un obstáculo como lo es el fondo del recipiente, las raíces tendieron a ramificarse y proliferaron de raíces gruesas a raíces más finas. En la figura 6 se observa la disposición de las raíces finas < 1 mm. A los 3 meses se presentó una cantidad importante de este tipo de raíces, lo que indica que algunas raíces se profundizan rápidamente para abastecer al cultivo de anclaje y suministro de agua. Las raíces con un grosor de 1 -2 mm se incrementaron a los 6 meses alcanzando un 35 % y disminuyendo levemente en la evaluación a los 6 meses. Las raíces de mayor grosor > 2 mm tendieron a crecer con el tiempo entre un 25 – 30 %.

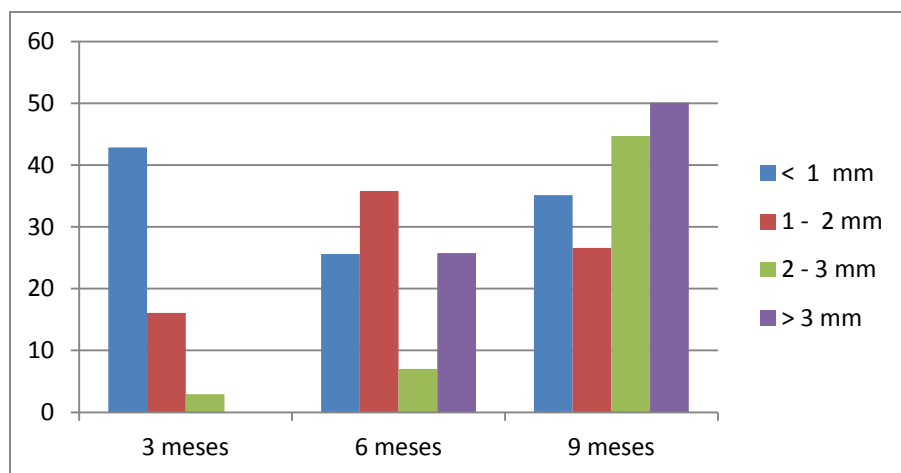


Figura 6. Porcentaje de raíces presentes en el extracto de 60 – 80 cm en el suelo clasificadas según su grosor.

En la figura 7 se presenta la proporción de raíces en cada uno de los extractos del suelo y a diferentes edades observándose que la proporción de raíces en términos generales después de los 3 meses se mantuvo en los diferentes extractos del suelo, con excepción del último extracto de 60 a 80 cm.

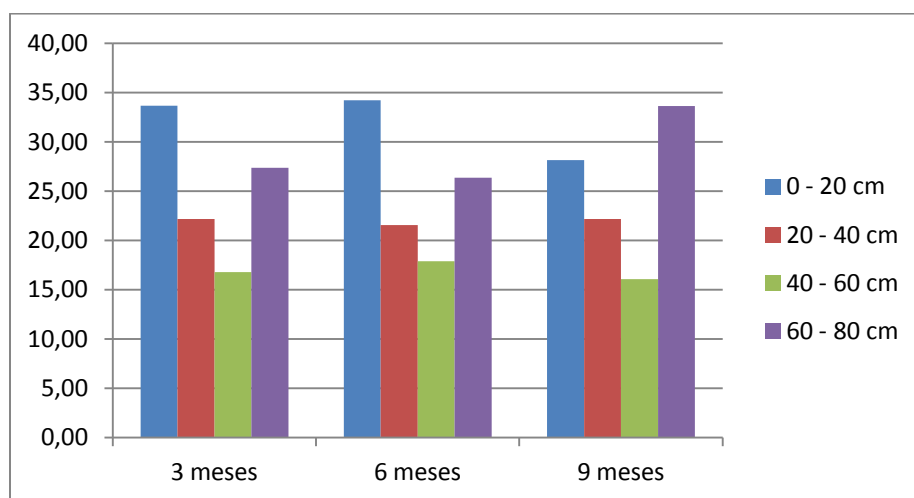


Figura 7. Porcentaje de raíces presentes en los diferentes extractos del suelo y en diferentes edades del cultivo.

Densidad aparente de los extractos

En el cuadro 5 se presenta el resultado de la medición de la densidad aparente en los diferentes extractos de suelo y edades del cultivo en que se evaluó el sistema radicular.

Debido a la aplicación de riego o las constantes lluvias caídas sobre el suelo de cultivo las partículas más finas del suelo tienden a acumularse o precipitarse en los extractos inferiores provocando un aumento en la densidad del suelo y la compactación del mismo. En el cuadro 5 se aprecian los valores de densidad aparente del suelo al aumentar la edad del cultivo, donde se comprobó el aumento en la densidad del suelo pasando de 1.01 gr/cm con la edad de 3 meses a un 1,11 gr/cm 6 meses después.

Cuadro 5

Resultado de la evaluación de la densidad aparente en los diferentes extractos de suelo

Profundidad cm	3 Meses	6 Meses	9 Meses	Promedio
0-20	0.91	1.11	1.10	1.04
20-40	1.02	1.17	1.03	1.07
40-60	1.08	1.02	1.14	1.08
60-80	1.02	1.02	1.16	1.07
Promedio	1.01	1.08	1.11	

Con respecto a la profundidad en el perfil del suelo la densidad aparente se incremento a partir de los 20 cm de profundidad, manteniéndose en forma general en valores constantes a mayores profundidades.

Por tal motivo y como se observa en el cuadro anterior es a los 9 meses y en los extractos entre 40 y 80 cm fue donde se encuentra la mayor densidad del suelo, sin embargo estos valores de densidad indican que son bajos y por lo tanto no interfirieron con el desarrollo radicular.

Desarrollo foliar

Se evaluó el área foliar de la caña en las diferentes edades del cultivo, en el cuadro 6 se observa como el peso de las hojas se incrementa con la edad pasando de un peso fresco promedio por hoja a los 3 meses de 5.09 gramos a 12,25 gramos a los 6 meses. Esto repercute de igual forma con el área foliar la cual también se incrementa con la edad pasando de 7570 cm² a los 3 meses a 31389 cm² a los 6 meses .Es importante señalar que aunque la hoja de la caña crece en número y tamaño, el peso estructural de la hoja se mantiene, por lo que es factible ubicar el área foliar aproximada utilizando el parámetro peso de la hoja sin necesidad de medir cada hoja del cultivo.

Cuadro 6
Valores obtenidos para determinar el área foliar del cultivo en tres periodos de desarrollo

Variable	Edad Planta		
	3 Meses	6 Meses	9 Meses
Peso gr hoja	5,09	9,43	12,25
Area Foliar / hoja cm ²	154,03	320,58	354,61
Area foliar Total cm ²	7570,38	26524,00	31389,70
Gr /cm2	0,03	0,03	0,04
Numero hijos	8,25	13,00	10,50
Peso total foliar gr	251,13	850,20	1166,40

Cuadro 7
Relación entre el área foliar y el volumen de raíces del cultivo en tres periodos de desarrollo

	Edad Planta		
	3 Meses	6 Meses	9 Meses
Area Foliar / hoja cm ²	154.03	320.58	354.61
Cantidad de Raices grs	79.89	282.95	555.66

En el cuadro 7 y la figura 7 se presentan los resultados del desarrollo radicular y foliar del cultivo en las diferentes edades evaluadas, y como es de esperar deben crecer en forma lineal, entre los 3 y 6 meses el área foliar sobrepasa al volumen de las raíces y después de los 6 meses se da un merma en el desarrollo foliar, el cual tiende a estabilizarse en su crecimiento, posiblemente debido a que a partir de esta edad la caña tiende a disminuir el desarrollo de las hojas para dar un acelerado crecimiento a los tallos molederos.

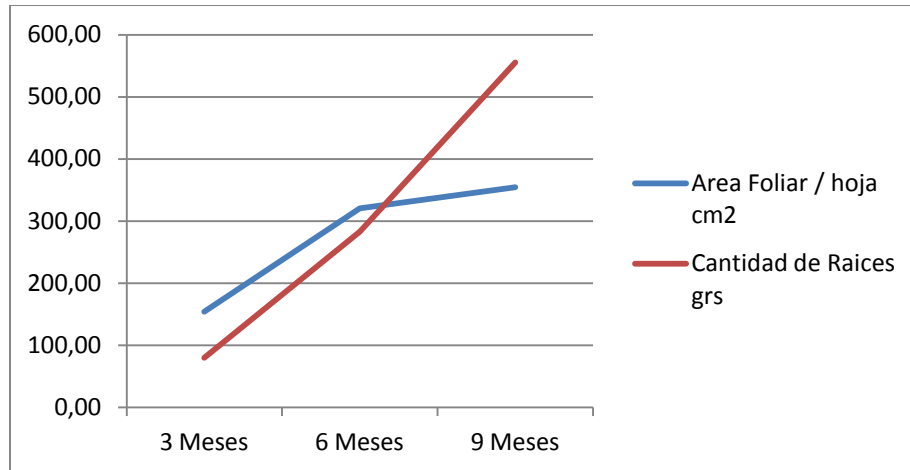


Figura 7. Comportamiento del desarrollo foliar y el desarrollo radicular en diferentes edades del cultivo.

Conclusiones

- El sistema radicular de la caña de azúcar se concentra en los primeros 40 cm de profundidad por lo que resulta importante realizar labores de laboreo a esa profundidad.
- Los obstáculos que encuentran las raíces en su crecimiento activo generan una mayor producción de raíces secundarias más finas propensas a generar una mayor absorción de agua y nutrientes en los diferentes extractos del suelo
- Una cantidad importante de raíces del esqueje permanecen activas posterior a los 3 meses de edad de la planta.
- Desde la brotación de los primeros tallos el crecimiento radicular es acelerado y su crecimiento es principalmente en elongación, y entre los 3 y 9 meses de edad del cultivo la proporción de raíces tiende a incrementar en volumen de raíces sobre todo en el último extracto del suelo.
- La densidad aparente del suelo se incremento en el tiempo y con la profundidad en el perfil del suelo.
- El desarrollo foliar de la caña crece linealmente antes de los 3 meses, pero a partir de los 6 meses dicho crecimiento disminuye posiblemente para dar un mayor crecimiento a los tallos.

Literatura consultada

AMAYA, E, A; COCK, J. H; HERNANDEZ .A; IRVINE, J 1995 .El Cultivo de la Caña de Azúcar en la zona Azucarera de Colombia. Cenicaña. Cali. Colombia p 31 62.

AVILAN, L; GRANADOS, F; ORTEGA. 1977. Estudio del Sistema Radicular de tres variedades de Caña de azúcar *Saccharum spp* en un Mollisol de los Valles de Aragua. Rev. Agronomía Tropical 27 (1) Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay Venezuela. 12 pag.

AVILAN, L. R; GRANADOS, F.M ; YEPEZ, W.T; RAMIREZ, C.F.1978.Estudio del Sistema Radicular de la Caña de Azúcar variedad V584.En un Molisol del estado Portuguesa CENIAP FONAIAP Agronomía Tropical 28 (2) pag 163 174.

DOMINGUEZ, PS 1990. Comportamiento del sistema Radical de tres Variedades de Caña de Azúcar *Saccharum spp* en tres suelos representativos del Valle del Cauca. Tesis de Magister. Facultad de Ciencias Agrícolas .Universidad Nacional de Colombia.

HUMBERT, R. P. 1982.El cultivo de la caña de azúcar .5 edición México Editorial Continental 719 p.

RODRIGUEZ ,G.R et al 2010 .Estudio del sistema radicular en 11 genotipos de caña de azúcar en diferentes tipos de suelo. Estación territorial de Investigaciones de la caña de azúcar Oriente sur Cuba. Sistema de Información Científica Redalyc. Ciencia en su PC número 4 Octubre Diciembre pp 58 70 .Consultado 16 Julio 2013.-Disponible <http://www.redalyc.org/articulo>.

SANCHEZ, N.F 1972 Materia Prima: Caña de Azúcar México DF Librería de Porrúa, Hnos. y Cia, S.A 583 p

VILLEGAS, T. F.2010 Sistema radical de las plantas y la absorción de nutrimentos Boletín #25 TECNICAÑA. Bogotá .Colombia. Consultado 16 Julio 2013 .Disponible en [http //www.Tecnicaña.org/pdf](http://www.Tecnicaña.org/pdf).