

Métodos indirectos para estimar masa radical en caña de azúcar, variedad CC 8592

J. A. Polanía,* L. A. Rodríguez,** M. S. Mejía de T.***

[Compendio](#) | [Abstract](#) | [Introducción](#) | [Materiales y Métodos](#) | [Resultados y Discusión](#) | [Bibliografía](#)

COMPENDIO

En casas de malla (31°C, 58% HR) se evaluaron tres metodologías no destructivas (capacitancia eléctrica, amperaje, resistencia eléctrica) para estimar la masa radical en caña de azúcar variedad CC 8592. El material vegetal se sometió a diferentes niveles de humedad en el sustrato. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 13 repeticiones; las plantas se sembraron en materos plásticos (3 kg) con cachaza - carbonilla (3:1); 24 horas antes de las mediciones se saturó el sustrato con agua. Mediante regresión lineal se obtuvieron las siguientes ecuaciones que relacionaron capacitancia (X) con masa radical fresca (Y): $Y = 6.841X - 49.623$ ($R^2 = 0.829$, $P < 0.001$), y con la masa radical seca: $Y = 0.9546X - 7.4649$ ($R^2 = 0.545$, $P < 0.001$). La relación del amperaje con la masa radical fresca fue: $Y = 0.4138X - 48.194$ ($R^2 = 0.850$, $P < 0.001$) y con la masa radical seca: $Y = 0.0577X - 7.2575$ ($R^2 = 0.559$, $P < 0.001$); este método presentó mayor confiabilidad que el del capacitómetro. El método de la resistencia eléctrica no presentó resultados confiables.

Palabras claves: Sacharum sp, estimación de masa radical, capacitancia, amperaje, resistencia eléctrica.

ABSTRACT

Indirect methods to estimate the root biomass in sugar cane, cultivar CC 8592. In greenhouses (31°C, 58% RH) three nondestructive methods were evaluated (electrical capacitance, amperage electrical resistance) to estimate the root biomass. There was used a completely randomized design, with 4 treatments and 13 replications, the plants were seeded in plastic pots (3 kg) using a mix of cachaza and fine coal (3:1); 24 hours before the measurements the substrate was saturated with water. By means of linear regression were obtained the following equations that relate fresh root (Y) and capacitance (X): $Y = 6.841X - 49.623$ ($R^2 = 0.829$, $P < 0.001$); and dry root biomass to capacitance: $Y = 0.9546X - 7.4649$ ($R^2 = 0.545$, $P < 0.001$). The relation of fresh root biomass and amperage was $Y = 0.4138X - 48.194$ ($R^2 = 0.850$, $P < 0.001$) and dry root biomass with amperage, $Y = 0.0577X - 7.2575$ ($R^2 = 0.559$, $P < 0,001$), this method presented greater reliable than the method that uses the capacitance meter. The method that uses electrical resistance did not present reliable results.

Key words: Sacharum sp estimation of radical biomass, capacitance meter, amperage, electrical resistance.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la masa radical es poco frecuente debido a múltiples causas, entre las cuales se encuentran el uso inapropiado de tecnologías de muestreo, suelos muy pesados que no permiten la extracción fácil, o porque no se valora la importancia de su estudio.

Las raíces son importantes por su papel en la nutrición vegetal, por lo cual es importante en la acumulación de biomasa en el follaje, las frutas, las flores, los granos, y en las raíces mismas, cuando estos son de reserva; son importantes también como sostén de la planta y están involucradas en la regulación fisiológica de las mismas (Morales, 1997).

Uno de los aspectos más importantes para el estudio de las raíces es la producción de biomasa, que se puede calcular directa o indirectamente. La medición directa lleva a la destrucción de la planta, situación que se evitaría con la determinación indirecta. Al revisar la información en este campo, es poco lo que se ha encontrado; en 1962 el grupo de trabajo de Campbell construyó un medidor eléctrico de capacitancia para estimar la producción de pasto in situ. En 1972 y 1977, Chiloupek encontró relaciones significativas entre capacitancia eléctrica y los parámetros de crecimiento de raíces de maíz, girasol, avena, cebolla y papa (González, 2001).

En 1982, Kendall et al. estimaron la masa radical seca del trébol rojo y alfalfa por medio de capacitancia eléctrica. Aunque el método fue efectivo, solo fue significativo en el período de crecimiento y no presentó correlación en el período productivo; los autores concluyeron que los factores edáficos, la humedad del suelo y el puente entre capacitancia y suelo interfirieron en la exactitud de la medición (Van Benn, Smith y Zobel, 1998).

Dalton (1995) construyó un modelo para estimar la masa radical fresca a partir de medidas de capacitancia eléctrica. Trabajando en cultivos de tomate hidropónicos, encontró correlación alta entre capacitancia eléctrica y masa radical fresca, y concluyó que el nivel de humedad influye altamente en la medición de capacitancia, con mejores resultados cuando se presenta saturación.

En 1998 Van Benn, Smith y Zobel presentaron el método para estimar la masa radical en maíz usando un medidor portátil de capacitancia. En esta investigación se utilizó un equipo BK Precision Capacitance Meter Model 810B. La relación entre la capacitancia y la masa fresca de la raíz en experimentos en invernadero fue significativa en la fase de crecimiento en todos los genotipos ($r^2 = 0.73$, $P < 0.001$), y altamente significativa después de la estación de la fase crecimiento solo para las líneas endocriadas ($r^2 = 0.56$, $P < 0.001$). Los estudios en campo mostraron que la capacitancia y la masa fresca de la raíz tuvieron correlación para todos los genotipos en floración ($r^2 = 0.69$, $P < 0.001$).

Por las consideraciones anteriores, el presente trabajo tuvo como objetivo adaptar un método no destructivo para estimar la masa radical en caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro niveles de humedad (capacidad de campo, un medio de capacidad de campo, un cuarto y tres medios de capacidad de campo) y trece repeticiones. Se empleó como sustrato cachaza - carbonilla en una proporción 3:1. Se realizaron evaluaciones de capacitancia, amperaje y resistencia, saturando el sustrato 24 horas antes.

Las medidas de capacitancia se realizaron con un Capacitómetro BK Precision® Modelo 810. El terminal negativo se conectó al tallo de la planta a 6 cm por encima del nivel del suelo. El terminal positivo se conectó a una varilla de cobre de 55 cm de longitud insertada en el suelo a aproximadamente 15 cm y a 5 cm de distancia del tallo de la planta. El capacitómetro se operó en la escala de 200 nF. Una vez tomada la lectura de capacitancia se extrajo la masa de raíces, se lavó y se tomó el peso fresco de la raíz limpia y se secó durante 24 horas a 70°C para obtener su peso seco.

Para medir el amperaje se empleó un multímetro digital y una fuente regulada. El polo negativo de la fuente se conectó al tallo de la planta 5 cm arriba del nivel del suelo, el polo positivo a un terminal del amperímetro, y para cerrar el sistema, el terminal restante del amperímetro se conectó a una varilla de cobre enterrada en el suelo cerca de 15 cm y a 5 cm del tallo de la planta. El voltaje en el circuito se mantuvo constante en 12 v, y el multímetro se utilizó en la escala de 2000 μ A.

En el método de la resistencia eléctrica se utilizó una sonda para medir conductividad eléctrica (Eijkelkamp Agrisearch). A diferencia de los métodos anteriores, este relaciona al suelo ya que el equipo cuenta con una barra de acero inoxidable introducida en el terreno a una profundidad tal que cubra los sensores; en el fondo de la barra hay cuatro electrodos, separados por un anillo de lacre y un anillo del aislamiento que constituyen el sensor real. El equipo mide la resistencia eléctrica del suelo en W y determina el factor de corrección por temperatura, que luego se utiliza para determinar la conductividad eléctrica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacitancia. La capacitancia presentó un coeficiente de determinación de 0.82 para la masa fresca y 0.54 para la masa seca, valor altamente significativo ([Figura 1](#)). El análisis estadístico indicó que la correlación fue altamente significativa, con $P < 0.001$ (Tabla 1). La regresión lineal indicó que a mayor masa radical, mayor energía almacenada en el sistema y por ende mayor capacitancia.

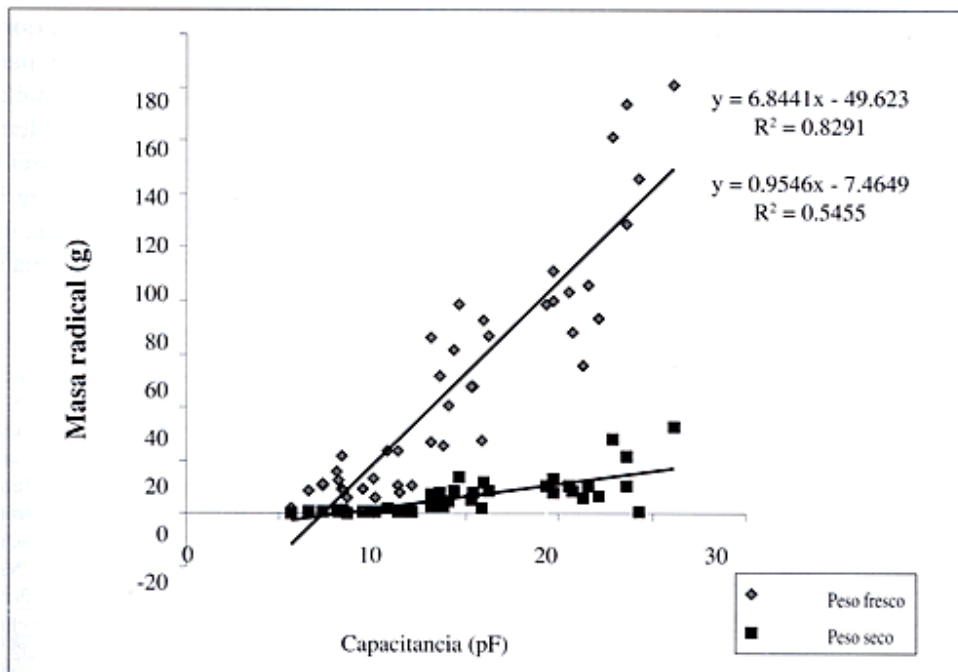


Figura 1. Relación entre capacitancia eléctrica y masa radical.

Tabla 1. Coeficientes de determinación y significancia para la relación entre capacitancia y masa radical.

Capacitancia	Peso fresco	Peso seco
R ²	0.82	0.54
P	2.5 x 10 ⁻¹⁷	1.56 x 10 ⁻⁸

El anterior resultado indica que el método fue efectivo para la estimación indirecta de la masa radical en caña de azúcar, variedad CC 85-92; sin embargo, es importante realizar trabajos de campo para validar el método.

Amperaje: El coeficiente de determinación R²= 0.85 para la relación entre el amperaje y la masa radical fresca y seca (Figura 2) fue altamente significativo, donde el factor de probabilidad fue < 0.001; para la variable peso seco con un R²=0.56, también fue altamente significativa la correlación.

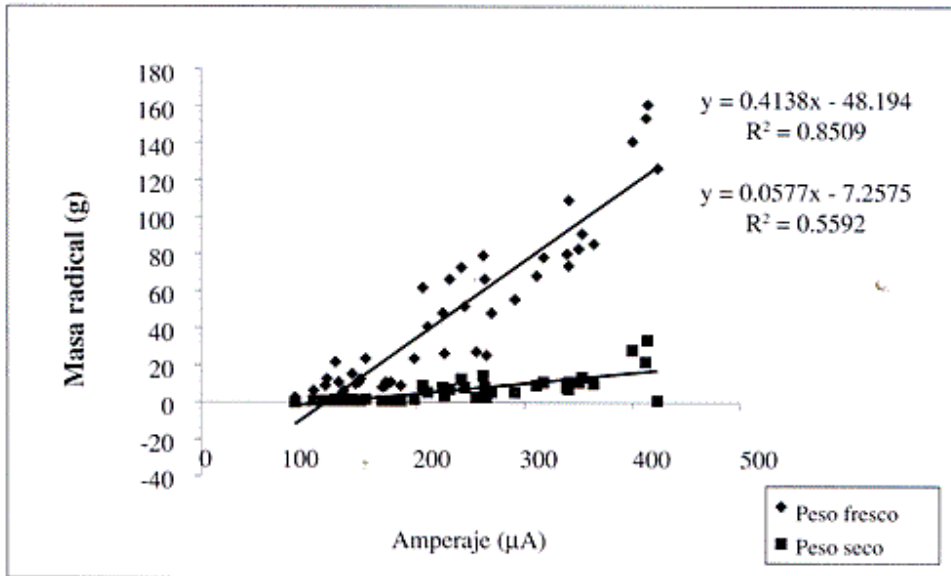


Figura 2. Relación entre amperaje y masa radical.

Al igual que en el método anterior, la humedad en el suelo influyó altamente para obtener mejores resultados; como son métodos que funcionan con energía eléctrica, la solución del sistema juega un papel conductor importante, cerrando adecuadamente el sistema conductor planta - varilla de cobre.

Tabla 2. Coeficientes de determinación y significancia para la relación entre amperaje y masa radical.

Amperaje	Peso fresco	Peso seco
R ²	0.85	0.56
P	1.51 x 10 ⁻¹⁸	8.2 x 10 ⁻⁹

Es de anotar que aunque de este método no se conoce información, los resultados fueron altamente significativos, e incluso presentó mejores correlaciones que las registradas con el capacitómetro. Una ventaja adicional del método es que además de resultados más consistentes, el multímetro es un instrumento de menor costo, de más fácil acceso y común en trabajos de electrotecnia.

Para estimar masa radical en caña de azúcar utilizando la capacitancia y el amperaje, es conveniente que el suelo presente alto grado de saturación y que ésta se mantenga como mínimo las 24 horas previas a la lectura.

Resistencia: En el experimento no se presentó correlación significativa, ya que los coeficientes de determinación presentaron valores de 0.386 con un F = 0.010. Al igual que el método

anterior, no se conocen antecedentes sobre su utilización para estimar indirectamente masa radical, y es otro método evaluado en la investigación. Esto se debe posiblemente a que el método no relaciona a la planta, a diferencia de los anteriores, que forman un continuo entre la planta - el sistema radical - el suelo - y la varilla de cobre, y es más íntimamente relacionado el sistema radical.

BIBLIOGRAFÍA

Dalton, F. N. 1995. In situ root extent measurements by electrical capacitance methods. *Plant soil*. 173: 157-165.

Gonzales, J. 2001. Determinación de una ecuación para estimar la masa radical en yuca (*Manihot esculenta Crantz*) mediante la utilización de un medidor portátil de Capacitancia. Trabajo de grado Ing. Agr. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

Morales, E. A. 1997. Apuntes Metodológicos para el Estudio de Raíces en Plantaciones Forestales y Bosques Naturales; Simposio Internacional «Posibilidades de Manejo Forestal Sostenible en América Tropical»; Bolivia. [<http://bolfor.chemonics.net/Publicaciones/Simposio/morales.pdf>. Junio 2002.]

Van Benn, J.; Smith, M.; Zobel R. 1998. Estimating root mass in maize using a portable capacitance meter. *Agron J*. 90: 566-570.

* Candidato a Ingeniero Agrónomo.

** Profesores de la Universidad Nacional de Colombia.

*** Autor para correspondencia smejia@palmira.unal.edu.co