

# VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO EN UNA PARCELA EXPERIMENTAL Y SU INFLUENCIA EN LA LONGITUD DE RAICES DE MANGO (*Mangifera indica* L.)

*Spatial variability of soil effective depth in an experimental plot and its influence on the root length of mango trees (*Mangifera indica* L.)*

María C. Núñez<sup>1</sup> y Juan C. Rey<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Recursos Agro-ecológicos (RA). Maracay, estado Aragua, Venezuela.

E-mail: mnunez@inia.gov.ve y jcrey@inia.gov.ve

## RESUMEN

La respuesta de los cultivos perennes puede ser afectada por la profundidad efectiva del suelo. La distribución radical del mango está determinada por la copa y el patrón, y por la presencia de capas limitantes en el suelo. Los objetivos del presente estudio fueron: determinar la variabilidad espacial de la profundidad efectiva del suelo en una parcela del Campo Experimental del CENIAP de Maracay, estado Aragua, sembrada con mango (*Mangifera indica* L.) y comparar el crecimiento radical del mango con la profundidad efectiva del suelo. Las plantas de mango estaban sometidas a un manejo de alta densidad con los siguientes tratamientos: testigo (T), testigo más regulador de crecimiento (TRC), poda (P) y poda más regulador de crecimiento (PRC). El factor edáfico limitante fue la presencia de un horizonte gravoso (>35% de grava). Se realizó un muestreo sistemático utilizando una distancia de separación de 18m, obteniendo un total de 30 observaciones. Para determinar la profundidad al estrato gravoso, estos resultados se sometieron a: análisis estadístico descriptivo, análisis geoestadístico e interpolación, para representar gráficamente la variable en el espacio. La interpolación indicó un patrón espacial intrincado de la profundidad efectiva del suelo, con una alta proporción de suelos poco profundos (<50 cm). Los sistemas radicales más largos se ubicaron en el tratamiento P, con una profundidad efectiva máxima de 70 cm, pudiendo estar el crecimiento del sistema radical más influenciado por la limitante edáfica que por el manejo. Los demás tratamientos no presentaron diferencias en el crecimiento radical con una profundidad máxima de 55 cm y una correspondencia entre la distribución radical y la profundidad al estrato gravoso.

**Palabras claves:** crecimiento radical, estado Aragua, Geoestadística, *Mangifera indica* L., profundidad efectiva, variabilidad de suelos.

## ABSTRACT

The performance of perennial crops can be affected by soil depth. The roots system distribution is partly determined by the tree canopy, the rootstock and the presence of restrictive layers. The aims of this work were to determine the spatial variability of the soil depth in an experimental plot planted with mango trees (*Mangifera indica* L.) and to compare the radical growth of the mango trees. Plants were growing under high density management according to four treatments: Control (T), Control with growth regulator (TRC), Prune (P) and Prune with growth regulator (PRC). Since soil depth in the area is restricted by a sub-surface horizon with rock fragments (>35%), this soil property was recorded at 30 sample sites on a grid of 18 m width. The recorded values were analyzed by means of geostatistical methods in order to map the variability of soil depth in the plot. Interpolation revealed an intricate spatial pattern, with a high proportion of shallow soils (< 50 cm depth). Radical growth appears to be more affected by soil depth than by the management treatment. Thus, the longest radical system corresponded to trees from the P treatment, where the maximum soil depth is 70 cm, whereas the other treatments, located on soils with a maximum depth around 55 cm, did not show major differences on root length.

**Key words:** Root system distribution, Aragua State, Geo-statistics, *Mangifera indica* L., soil effective depth, soil variability.

## INTRODUCCIÓN

La distribución y concentración de las raíces del mango dependen de muchos factores, tanto inherentes al patrón y la copa, como también de las propiedades del suelo, entre las que se pueden mencionar: textura, aireación, presencia o ausencia de nivel freático, duripan, rocas o capas gravosas (Singh, 1968). El volumen de enraizamiento puede estar limitado mediante el control de la penetración y distribución del agua de riego, las competencias de plantas vecinas o las barreras naturales o artificiales en el suelo, como las citadas anteriormente (Boland et al., 2000).

Estudios recientes han mostrado que la restricción a nivel radical puede limitar el crecimiento vegetativo sin efectos adversos sobre la eficiencia de fructificación, lo que muestra potencial para controlar el crecimiento vigoroso mientras se incrementa la productividad, particularmente en huertos sembrados a alta densidad (Mandre et al., 1995).

El suelo exhibe un cambio continuo en el espacio y el tiempo, variación que depende de la clase de proceso de formación que lo afecte y su balance en el tiempo y el espacio. Es necesario conocer y entender la variabilidad del suelo para aplicar un manejo adecuado y predecir propiedades relacionadas como el rendimiento de los cultivos, erosión, retención de plaguicidas y otros (Burrough, 1993; McBratney, 1992).

La variación de un grupo de datos de suelo puede representarse con la estadística descriptiva clásica, a través de una serie de herramientas y parámetros como son: la media, la mediana, la moda, la desviación estándar, la varianza y el coeficiente de variación (Webster y Oliver, 1990).

Sin embargo, la mayoría de las propiedades de suelo tienen dependencia espacial, es decir, los valores tienden a ser más parecidos mientras más cercanas se hacen las observaciones (Burrough, 1991; Upchurch y Edmonds, 1991; Webster y Oliver, 1990). La dependencia espacial de una propiedad de suelo puede ser evaluada a través del análisis geoestadístico, más específicamente por medio de la semivarianza, que es una medida del grado de similitud existente entre dos observaciones situadas a una determinada distancia; mientras más similares sean las observaciones menor será la semivarianza; siendo ésta la varianza de las diferencias entre pares de puntos separados por una distancia dada (Ovalles, 1991; 1992).

Por otra parte, las técnicas de interpolación permiten estimar el valor de una propiedad de suelo en un sitio no muestreado. Existen diferentes métodos de interpolación: inverso de la distancia, kriging, mínima curvatura, regresión polinomial, triangulación con interpolación lineal. Todos estos métodos estiman los valores de la propiedad de suelo en un punto determinado por medio del cálculo de una media ponderada, de manera que las observaciones más cercanas al punto de estimación presentan un mayor peso (Golden Software, 1994).

El presente estudio se realizó en una parcela sembrada con mango (*M. indica* L.) de aproximadamente cuatro años de establecida. Los mangos fueron sembrados a alta densidad (6m x 6m) bajo diferentes prácticas de manejo, en donde se caracterizó el patrón radical de varios individuos. A través de la descripción del sitio experimental, realizado por medio de una calicata y transectas con puntos de observación hasta 1 m de profundidad, se determinó la presencia de un estrato gravoso a profundidad variable que podía afectar el crecimiento de las plantas de mango.

El objetivo de este estudio fue determinar la variabilidad espacial de la profundidad efectiva del suelo en una parcela sembrada con mango (*M. indica* L.) y compararla con el crecimiento radical de plantas pertenecientes a los tratamientos aplicados en este huerto sembrado a alta densidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio está representada por una parcela experimental de 36 m x 114 m sembrada con mango a una densidad de 278 plantas/ha (6 m x 6 m), ubicada en el Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) en Maracay, municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua. El clima de la zona se caracteriza por una precipitación media anual de 942 mm, presentándose 6 meses húmedos (Mayo a Octubre). La temperatura media anual es de 25,1°C (estación climática CENIAP, registros 1960-2000). La parcela se encuentra en la región fisiográfica del Sistema de la Costa (Serranía del Litoral), paisaje de piedemonte; con una forma de terreno de glacis de explayamiento y tipo de relieve plano inclinado. El suelo se clasificó de acuerdo a la taxonomía de suelos como Fluventic Haplustolls, francosa fina, mixta, isohipertérmica, mostrando un drenaje moderadamente bien drenado y una permeabilidad moderada.

Con base en la descripción del perfil de suelo y la realización de transectas de muestreo con barreno, se determinó que la propiedad de suelo que más podía estar afectando el crecimiento radical de los árboles de mango del ensayo era la profundidad efectiva del suelo. El mismo estaba determinado por un horizonte gravoso (> 35% de grava) que ocurría a diferentes profundidades; por tal motivo, se realizó un muestreo sistemático en la parcela, utilizando una distancia de separación entre observaciones de 18 m (3 observaciones x 10 observaciones), con un chequeo adicional donde la profundidad efectiva fue muy baja (Figura 1). Cada observación se realizó mediante el barreno, identificando los horizontes presentes, en especial para establecer la profundidad efectiva del suelo. Este método considera como profundidad efectiva de suelo aquella hasta donde pudo penetrar el barreno. Los resultados del muestreo de suelo fueron sometidos a:

1. Análisis estadístico descriptivo (media, varianza, desviación estándar, gráfico de probabilidad) por medio del programa GEO-EAS (EPA, 1988)
2. Análisis geoestadístico a través del programa Variowin (Pannatier, 1994), con la finalidad de examinar la variabilidad espacial de la propiedad bajo estudio
3. Interpolación por la metodología del Inverso de la Distancia utilizando el programa Winsurf (Golden Software, 1994), con la finalidad de mapear el comportamiento de la variable en el espacio. Este método estima el valor de la propiedad a interpolar en un sitio de interés realizando un promedio ponderado de las observaciones vecinas. La ponderación es inversamente proporcional a la distancia que separa el punto a estimar de la observación vecina.

Partiendo del mapa de la distribución espacial de la profundidad al estrato gravoso dentro del perfil del suelo, elaborado en la fase inicial del estudio, se ubicaron árboles a los cuales se les tomaron muestras del sistema radical siguiendo un esquema de tipo espiral, cubriendo los cuatro puntos cardinales y el área bajo la copa de cada árbol, y es-tratificando las muestras en cuatro profundidades: 0-22,5 cm; 22,5-45 cm; 45-67,5 cm y 67,5-90 cm (Böhm, 1979); a las cuales se les determinó la longitud radical (m) por el método de Tennant (1975); luego, sumando las longitudes de cada capa muestreada, se obtuvo la longitud radical total (m). Posteriormente, se determinó la profundidad efectiva del suelo (profundidad sin limitaciones para el crecimiento radical), correspondiente al área de cada árbol muestreado (36 m<sup>2</sup>). Las plantas de mango sembradas en esta parcela están sometidas a un manejo de alta densidad de siembra; por tal motivo, se sometieron a los tratamientos:

1. Testigo (T): sin ninguna práctica o aplicación de producto
2. Testigo más regulador de crecimiento (TRC): es el tratamiento testigo con la aplicación de Paclobutrazol como regulador de crecimiento
3. Poda (P): se somete al árbol a poda de ramas hasta llevarlo a una altura determinada cada año
4. Poda más regulador de crecimiento (PRC): el tratamiento anterior más la aplicación de Paclobutrazol como regulador de crecimiento.

Debido a lo que significa la evaluación del sistema radical en árboles, por una parte, y al número de plantas del huerto, por otra, el muestreo radical se hizo a una planta por tratamiento y siguiendo el esquema descrito anteriormente, para no sacrificar al individuo sujeto a evaluación.

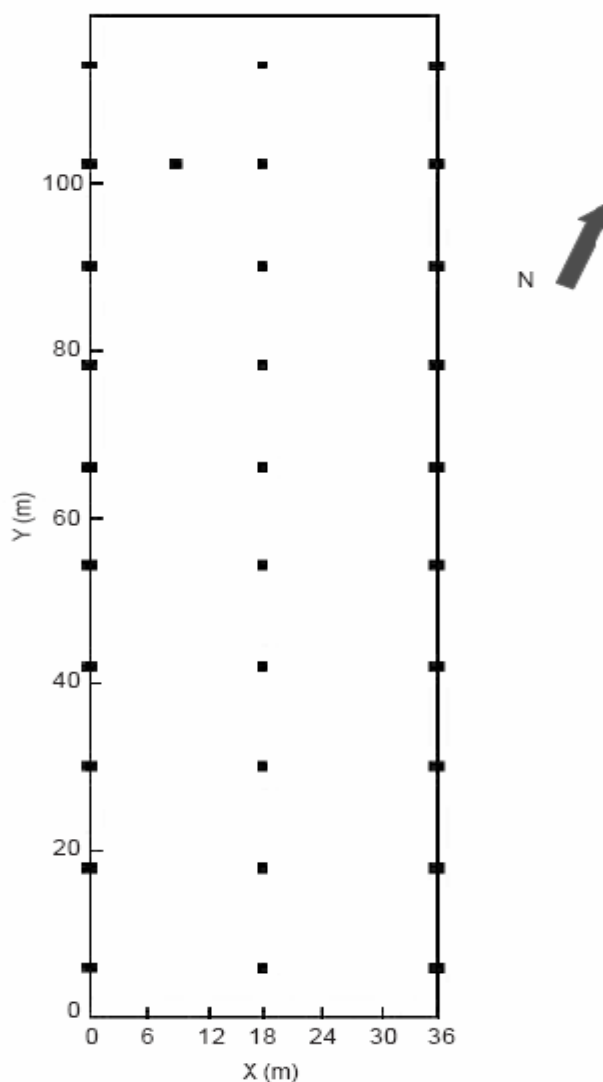
## RESULTADOS

### Variabilidad espacial de suelos

Los resultados del análisis estadístico descriptivo indicaron que la profundidad efectiva de la parcela en promedio fue de 56,49 cm, presentándose un coeficiente de variación de medio a alto (48,2%), reflejando la alta variabilidad de la propiedad en la parcela. En la Figura 2 se aprecia la distribución porcentual de la profundidad efectiva, la cual fue menor a 60 cm en más del 50% de las observaciones realizadas; mientras que menos del 10% de éstas, mostraron una profundidad mayor a 90 cm. Esto indica claramente que una alta proporción del suelo de la parcela presenta una baja profundidad efectiva para el desarrollo del cultivo del mango u otro frutal.

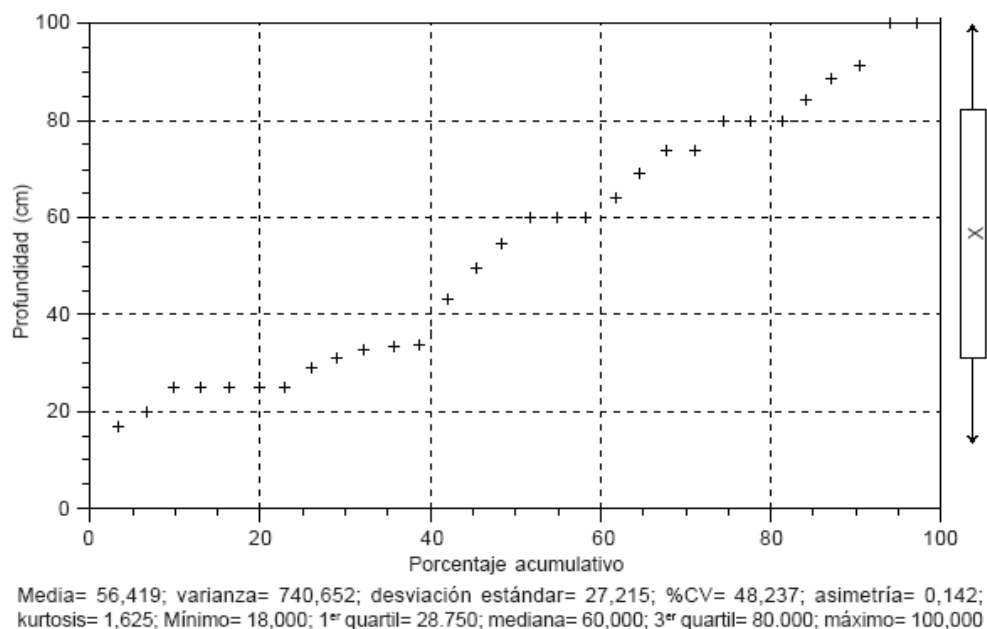
Los resultados obtenidos a partir del análisis geoestadístico, específicamente del semivariograma, indicaron que la profundidad efectiva presentó una alta variabilidad a cortas distancias (menos de 20 m) y que la misma aumenta aún más después de los 80 m de distancia (Figura 3); reflejando además, que la propiedad bajo estudio presenta una alta variabilidad, y que los cambios en el espacio se presentan de manera abrupta en cortas distancias y no de forma gradual.

La interpolación permite estimar los valores de una propiedad estudiada en sitios no muestreados, utilizando la información levantada en el campo. Inicialmente se planteó realizar la interpolación de la profundidad efectiva en la parcela por medio

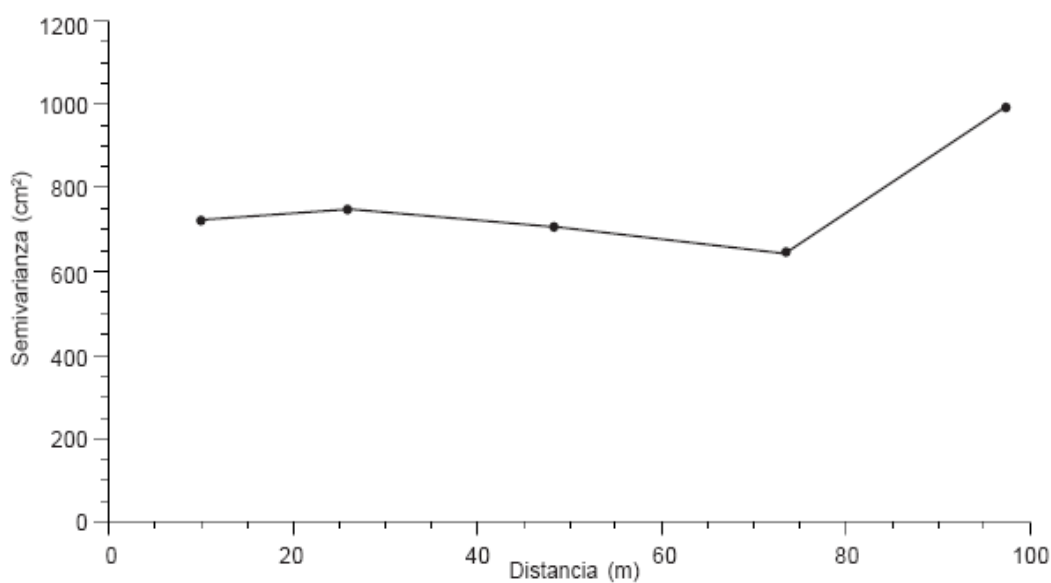


**Figura 1.** Esquema de muestreo de suelos en la parcela de mango

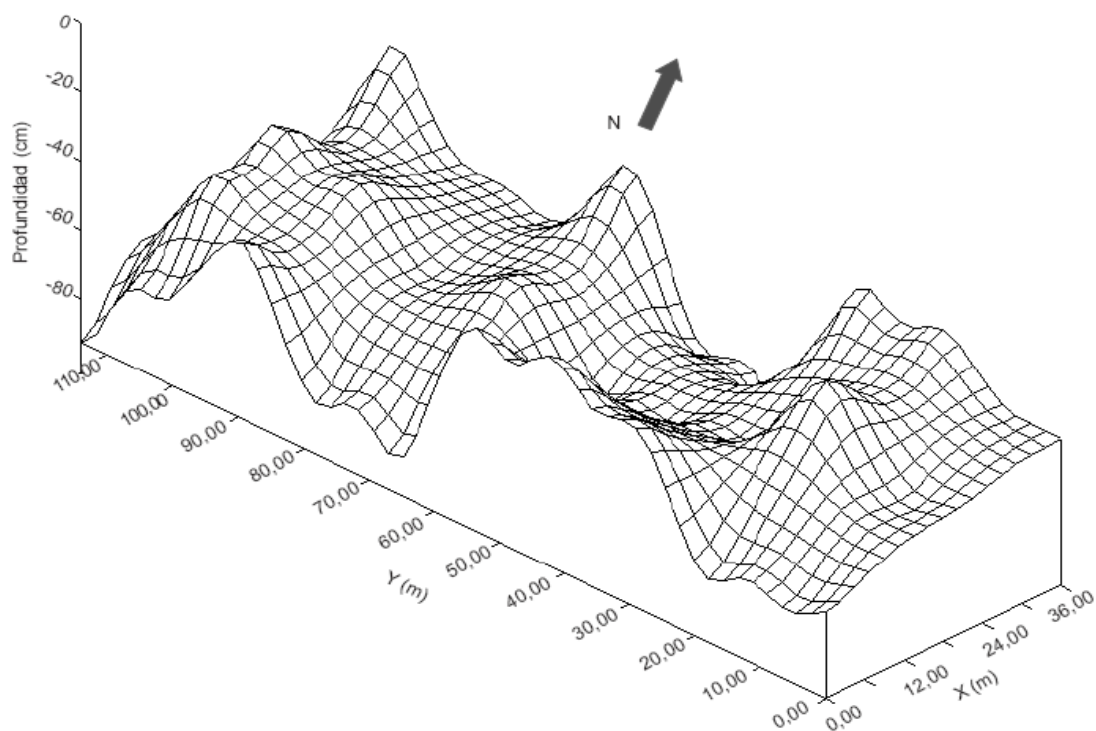
de la metodología de Kriging (Webster y Oliver, 1990), usando la información del semivariograma y de las observaciones realizadas en el campo; sin embargo, debido a la imposibilidad de ajustar de manera efectiva el semivariograma experimental obtenido a un modelo teórico, se decidió realizar una interpolación por la metodología del Inverso de la Distancia (Golden Software, 1994); cuyos resultados indicaron un patrón espacial intrincado de la profundidad efectiva del suelo en la parcela; observándose una alta proporción del área con suelos poco profundos (< 50 cm) abarcando grandes áreas de la parcela; los suelos profundos se ubicaron más sectorizados hacia el centro y en algunos bordes de la parcela (Figura 4). Por medio de estos mapas de profundidad efectiva se puede conocer el valor de la propiedad en cualquier punto del área deseado y estudiar su comportamiento espacial.



**Figura 2.** Probabilidad normal para la profundidad efectiva en la parcela de mango



**Figura 3.** Semivarianza para la profundidad efectiva en la parcela de mango



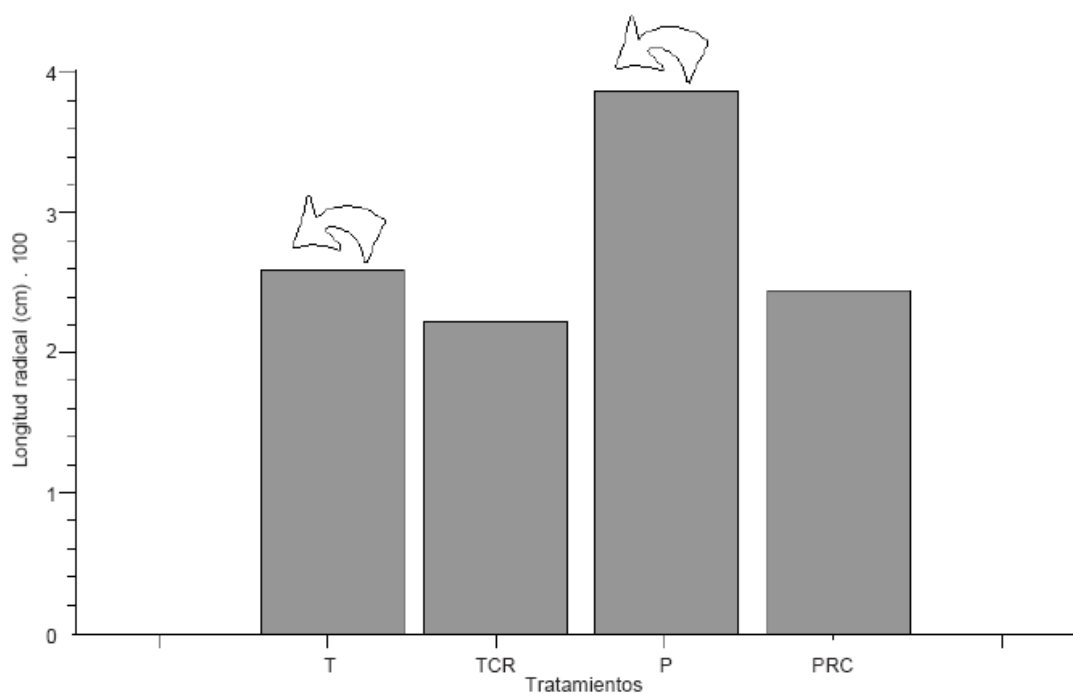
**Figura 4.** Mapa de estimados de la profundidad efectiva en la parcela de mango

### Crecimiento radical

En vista de que la profundidad efectiva del suelo se comporta de una manera muy variable en la parcela de estudio, se muestran en el Cuadro 1 las profundidades efectivas de suelo máximas y mínimas circundantes a cada uno de los individuos muestreados, referidos por los tratamientos a los cuales pertenecían. Así, se observa que los tratamientos T y P son los que presentan, dentro del espacio de crecimiento radical, una profundidad efectiva mayor (entre 25 y 70 cm), mientras que los tratamientos TRC y PRC se ven un poco más limitados, pues se reduce su espacio entre 22 y 60 cm dentro del perfil del suelo. En tal sentido, la Figura 5 muestra el comportamiento de la Longitud Radical Total (cm) donde se destaca que los tratamientos con mayor longitud radical fueron aquellos correspondientes a profundidades efectivas mayores y, por ende, de un mayor volumen de suelo sin limitaciones físicas para el desarrollo radical. A su vez, los tratamientos TRC y PRC son los de menor longitud radical y los de menor profundidad efectiva de suelo. Estos resultados demuestran que las condiciones edáficas, en este caso particular, la profundidad a una capa limitante, parecen ejercer un efecto directo sobre el crecimiento radical, siendo quizás el factor principal que determina su desarrollo sobre algún otro factor de manejo.

**Cuadro 1.** Profundidad mínima y máxima (cm) del suelo sin limitaciones para cada uno de los tratamientos estudiados

Tratamientos	Profundidad del suelo sin limitaciones (cm)	
	Mínima	Máxima
T	25	70
TRC	22	60
P	25	70
PRC	22	60



**Figura 5.** Longitud radical para cada uno de los tratamientos evaluados en la parcela de mango

### CONCLUSIONES

La selección de sitios experimentales es fundamental para establecer la validez de los ensayos de campo. El suelo es un cuerpo continuo que exhibe cambios en el espacio y el tiempo, de esta forma, la caracterización de sitios experimentales no debe contemplar sólo la descripción puntual del suelo, también es necesario determinar la variación espacial de las propiedades que pudiesen afectar el crecimiento del cultivo. En este estudio, se analizó el crecimiento de las raíces de plantas de mango en un huerto sembrado a alta densidad, sometidas a diferentes formas de manejo, y se comparó con la profundidad efectiva del suelo. Los resultados tienden a revelar una relación entre la longitud radical y la profundidad efectiva del suelo, lo cual pudiera influir en la evaluación de los efectos de los distintos tratamientos de poda y aplicación de regulador de crecimiento sobre las plantas de mango. Se evidencia la necesidad de conocer las condiciones ambientales (clima y suelo) en que las plantas van a desarrollarse al momento de establecer un ensayo o actividad experimental, ya que los resultados de la misma podrían verse afectados o enmascarados por altas variaciones en algunos factores del entorno y crear alguna distorsión en la interpretación de los resultados a los cuales pueda llegarse; por ejemplo, sería difícil puntualizar si el alcanzar mayor longitud radical de la planta sometida a poda (tratamiento P), se debe al manejo o a una condición edáfica del entorno más favorable que la de los otros tratamientos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Boland, A. M.; P. H. Jerie; P. D. Mitchell; I. Goodwin y D. J. Connor.** 2000. Long-term effects of restricted root volume and regulated deficit irrigation peach: I. Growth and mineral nutrition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125 (1):135-142.
- Böhm, W.** 1979. Methods of studying root systems. *Ecological Studies* 33. Springer, Verlag. 188 p.
- Burrough, P.** 1991. Sampling design for quantifying map unit composition. *In: Spatial Variabilities of Soil and Landforms.* M. J. Mausbach y L. P. Wildind, Eds. 270p.
- Burrough, P.** 1993. Soil variability: A late 20<sup>th</sup> century view. *Soil and Fert.* 56:529-562.
- Environmental Protection Agency (EPA).** 1988. GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assesment Software). User's Guide. Las Vegas, Nevada. 182 p.
- Golden Software.** 1994. Surfer 5.00. Surface mapping system. Golden, Colorado. USA.
- Mandre, O.; M. Rieger; S.C. Myers; R. Seversen y J.L. Regnard.** 1995. Interaction of root confinement and fruiting in peach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:228-234.

- McBratney, A.; A. Hart y D. McGarry. 1991.** The use of region partitioning to improve the representation of geostatistically mapped soil attributes. *Journal of Soil Sci.* 42:513-532.
- Ovalles, F. A. 1991.** Evaluación de la variabilidad de suelos a nivel de parcela para el establecimiento de lotes experimentales en el Estado Cojedes. *Agronomía Tropical* 41(1-2):5-21.
- Ovalles, F. A. 1992.** Metodología para determinar la superficie representada por muestras tomadas con fines de fertilidad. Maracay, Venezuela. FONAIAP. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Instituto de Investigaciones Agrícolas Generales. SERIE B. 44 p.
- Pannatier, Y. 1994.** Variowin 2.1. Institute of Mineralogy. University of Lausanne. Switzerland.
- Singh, Lal B. 1968.** The Mango. Botany, cultivation and utilization. World Crop Books. Leonard Hill: London. 438 p.
- Tennant, D. 1975.** A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecol.* 63:995-1001.
- Upchurch, D. y W. Edmonds. 1991.** Statistical procedures for specific objectives. *In: Spatial Variabilities of Soils and Landforms.* M. J. Mausbach y L. P. Wildind, Editores. 270 p.
- Webster, R. y M. A. Oliver. 1990.** Statistical methods in soil and land resource survey. Oxford University Press. New York. 307 p.