

# Tecnología para evaluar el impacto que producen algunas propiedades físicas y químicas del suelo en el crecimiento del sistema radical

**Rodolfo Delgado<sup>1\*</sup>**  
**Teresa V. Barrera<sup>1</sup>**  
**Florencio Gamez<sup>1</sup>**  
**Manuel De Jesús Mujica<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Investigadores y <sup>2</sup>Técnico Asociado a la Investigación.  
 INIA-CENIAP. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.  
 Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.  
 Área de Recursos Agroecológicos. Maracay, estado Aragua.  
 \*Correo electrónico: rdelgado@inia.gob.ve

## Introducción

*Parámetros de suelo y cultivo en el modelo de simulación de crecimiento del sistema radical.*

*Evaluación del impacto de propiedades del suelo en el desarrollo radical.*

*¿Cómo podría beneficiarse las comunidades y productores con esta tecnología?*

*¿Cómo acceder o incorporar esta tecnología los pequeños productores?*

*Consideraciones finales.*

*Bibliografía consultada.*

## Introducción

El sistema radical es el órgano de las plantas a través del cual ocurre la absorción de agua y nutrimentos que sustentan a los cultivos y sobre los que actúan directamente algunas propiedades estables del suelo, por ejemplo la textura, además de las propiedades del suelo afectadas por condiciones de manejo, tales como la densidad aparente ( $D_a$ ) y disponibilidad de nitrógeno (N), y por acción del clima como es el caso del contenido de humedad. Entre las características del sistema radical, que normalmente son afectadas se pueden mencionar la densidad de longitud radical y la profundidad de enraizamiento.

Normalmente dentro de las áreas o regiones geográficas, aún en las unidades de producción (fincas, conucos o parcelas), existen suelos con diferentes características, producto de distintos grados de intensidad de los factores y procesos que dieron origen al suelo, entre ellos, los procesos de erosión

o sedimentación y/o de las condiciones de manejo a los cuales han sido sometidos, como el tipo de labranza y cultivos previos. Para los efectos de recomendación en las estrategias de manejo sustentables, es necesario, diferenciar áreas espaciales homogéneas dentro de las unidades de producción, donde posteriormente se emplearan “Tecnologías Integrales” para la evaluación del impacto interactivo de propiedades del suelo en el desempeño de los cultivos, adecuadas a cada área homogénea.

Para lograr lo antes indicado, es necesario que las Tecnologías Integrales consideren, como lo han sugerido Delgado y Núñez (2004), las propiedades, procesos e interacciones más importantes del suelo sensibles al impacto de las condiciones de manejo, parámetros climáticos y factor biótico (sistema radical del cultivo), que a su vez relaciona los cambios de los factores abióticos con el desempeño de los cultivos.

En este trabajo se expone la utilidad del modelo de simulación de crecimiento radical, desarrollado por Delgado (2003), para evaluar con antelación el impacto de algunas propiedades físicas y químicas del suelo sobre el desarrollo del sistema radical, y su utilización en la evaluación de estrategias de manejo de suelo que permitan mejorar el desarrollo y crecimiento de las raíces y por consiguiente optimizar la productividad de los cultivos.

## Parámetros de suelo y cultivo en el modelo de simulación de crecimiento del sistema radical

En la Figura 1 se indican los principales parámetros considerados para la simulación del crecimiento

radical a través de diferentes profundidades o capas del perfil del suelo, así como la proliferación de los mismos en las capas previamente alcanzadas por el desarrollo vertical. Con la consideración conjunta de los parámetros de cada capa del perfil del suelo, se cuantifica la “benevolencia” o idoneidad de la misma para permitir, inicialmente, la proliferación vertical de raíces primarias, *a posteriori*, e inmediatamente después que una capa es alcanzada verticalmente, la proliferación de raíces secundarias dentro de cada capa de suelo. Como se puede observar en la Figura 1, en la determinación de la benevolencia para el desarrollo vertical se considera:

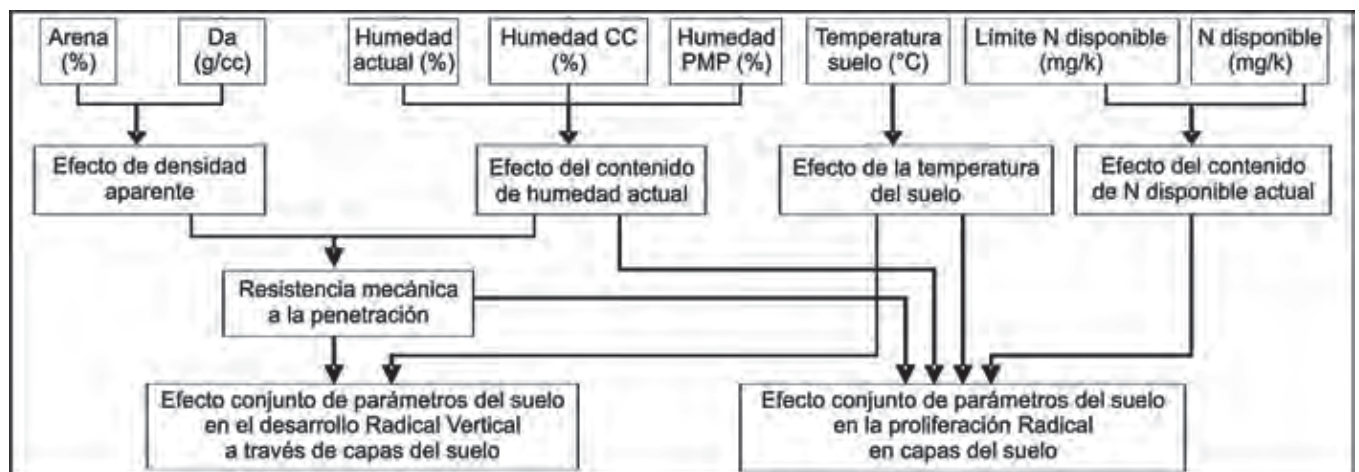
- La resistencia mecánica del suelo a la penetración de las raíces, estimada a partir de la densidad aparente ( $D_a$ ) del suelo, proporción de arena y efecto de la humedad del suelo; éste último estimado a partir del contenido actual de humedad y de los límites superior e inferior de disponibilidad de agua: capacidad de campo (CC) y punto de marchites permanente (PMP).
- El efecto de la temperatura del suelo.

Por otra parte, en la determinación de la “benevolencia” para la proliferación radical dentro de cada capa de suelo, se consideran: la resistencia mecánica del suelo a la penetración, efecto individual de la humedad del suelo, temperatura y disponibilidad de N, esta última estimada en función del contenido actual de N mineral disponible para el cultivo, la concentración de N máxima sobre la cual el creci-

miento radical no es afectada, y la concentración de N en la solución del suelo por debajo no es posible la absorción por las raíces. Al respecto, Delgado *et al.* (2011), presentan las diferentes funciones utilizadas para la estimación del efecto individual y en conjunto de las diferentes propiedades del suelo, al mismo tiempo de la benevolencia de cada capa para el desarrollo de las raíces.

El crecimiento vertical real diario en el perfil del suelo, finalmente se estima mediante la consideración del: (1) efecto benevolente de la capa para el desarrollo vertical; (2) el crecimiento radical potencial característico del cultivo, estimado de observaciones de la velocidad de exploración vertical de cultivos específicos desde el período de emergencia hasta el período de máxima profundización conocida; (3) la densidad de plantas y número de raíces primarias propias de cada cultivo; (4) los requerimientos potenciales de carbono y N para cubrir el crecimiento potencial diario; y (5) la disponibilidad real de carbono y N para el crecimiento diario vertical de raíces como lo indica Delgado (2003).

Igualmente, la proliferación diaria radical en cada capa de suelo se estima en función de: (1) una máxima densidad radical conocida para cada cultivo de manera específica; (2) la densidad radical ya alcanzada en la capa; (3) efecto benevolente de la capa para la proliferación radical; (4) los requerimientos potenciales de carbono y N para cubrir la proliferación potencial; y (5) la disponibilidad real de carbono y N para la proliferación de raíces (Delgado, 2003).



Fuente: Delgado (2003).

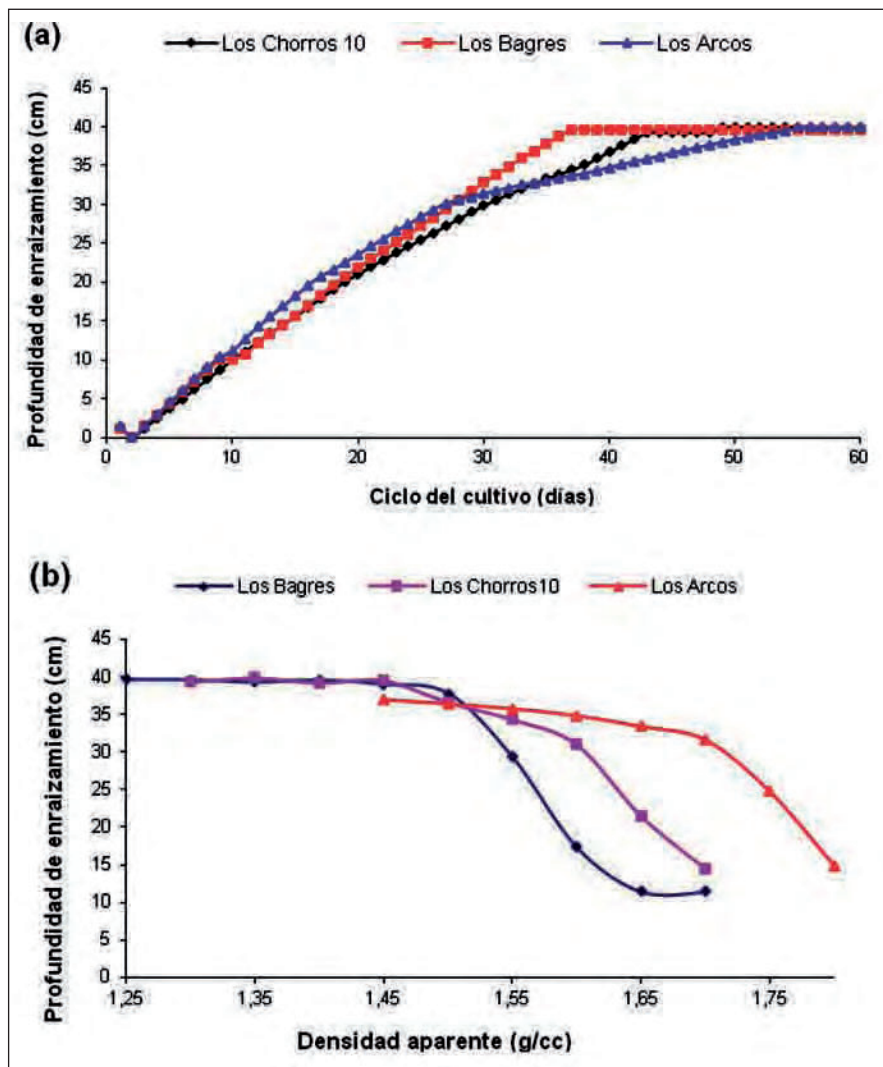
**Figura 1.** Propiedades del suelo e interacciones consideradas para la determinación de la benevolencia o idoneidad de cada capa para permitir el desarrollo vertical, y proliferación del sistema radical.  $D_a$ : densidad aparente.

**Evaluación del impacto de propiedades del suelo en el desarrollo radical**

A manera de ejemplo, en la Figura 2a se muestra la diferencia en la profundización radical en el perfil del suelo y en la Figura 2b el impacto del incremento de la Da del suelo en la profundización radical dependiente del contenido de arena simulado para el cultivo de maíz, en tres condiciones de suelo contrastantes: en Los Bagres y Los Chorros 10, ubicados en el Valle de Tucutunemo (Warner *et al.*, 1985), y en un suelo de la serie Los Arcos ubicada en el campo experimental de INIA-CENIAP en Maracay (Sucre *et al.*, 1978). Como aspecto importante a destacar de cada suelo, se tiene que los contenidos de arena entre 0 y 40 centímetros de profundidad, oscilan entre 15,6 y 19,6% en Los Bagres, entre 34,3 y 29,3% en Los Chorros 10 (Warner *et al.*, 1985) y entre 60 y 64% en Los Arcos (Sucre *et al.*, 1978).

Mediante el uso del modelo integral de crecimiento de raíces se aprecia (Figura 2a), que existen diferencias en la velocidad de profundización radical: la máxima profundización radical en el suelo Los Bagres (40 centímetros) se alcanzó a los 36 días, mientras que la misma se logró a los 12 y 18 días después en los suelos Los Chorros 10 y Los Arcos, respectivamente. La profundización del sistema radical entre los 30 y 40 centímetros fue más lenta en el suelo Los Arcos posiblemente causada a su elevada Da en dicha profundidad (1,72 g/cc).

En relación al impacto del incremento de la Da en la profundidad

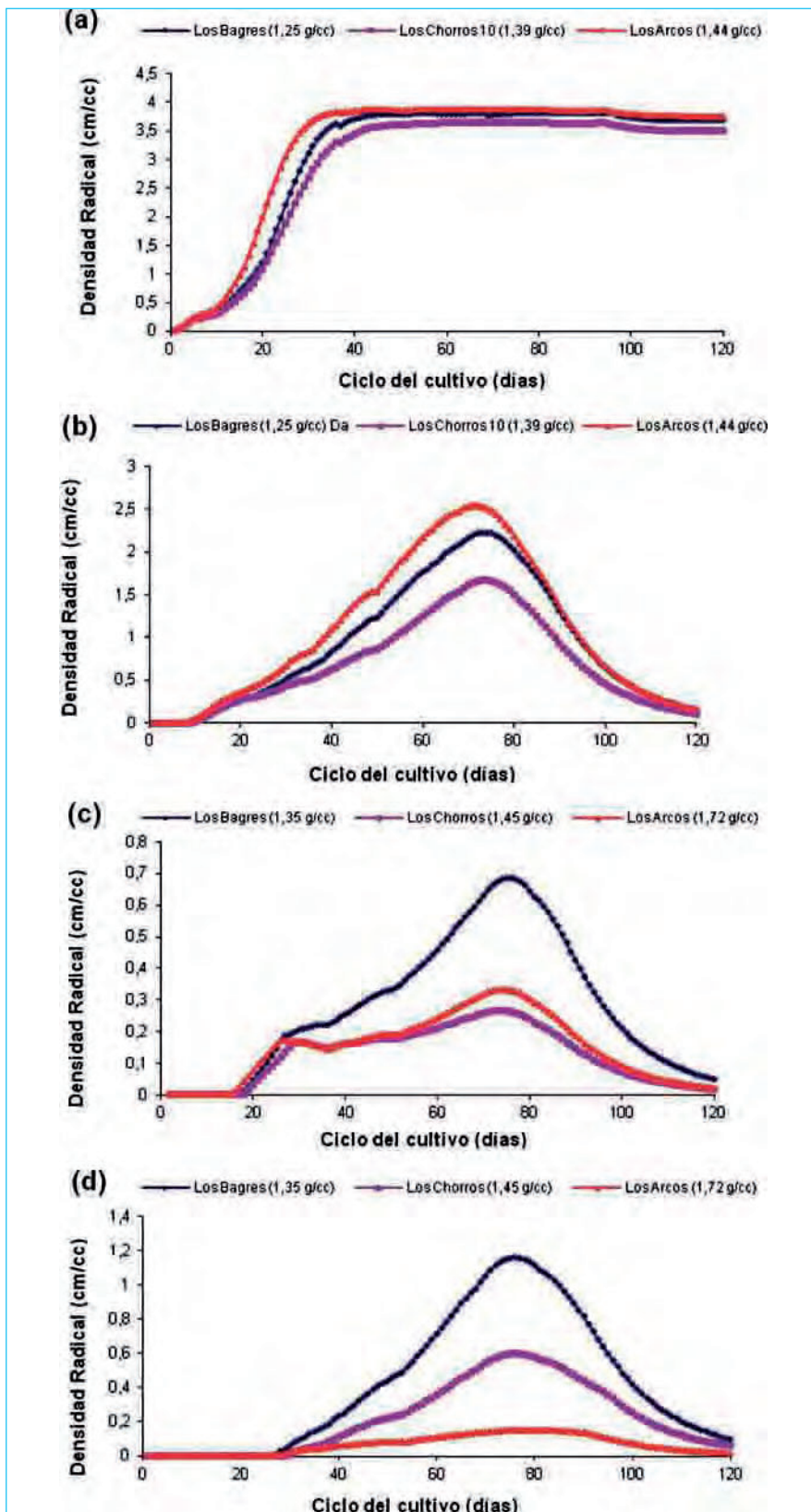


**Figura 2.** Profundidad de enraizamiento: (a) en condiciones normales del ciclo de cultivo y (b) afectada por un incremento de la Da en la capa 10-20 a los 45 días, en tres sitios de Aragua.

de enraizamiento (Figura 2b) se aprecia que a los 45 días de la siembra en el suelo Los Arcos, donde los contenidos de arena son de 60%, se requieren valores de Da más elevados (superiores a 1,70 g/cc), para que la profundización radical sea notoriamente afectada, contrario a los suelos Los Bagres y Los Chorros 10 que registraron una Da a partir de 1,55 y 1,60 g/cc respectivamente, la profundización radical se afecta

notoriamente. Lo antes indicado está en concordancia con los resultados obtenidos en otras investigaciones, las limitaciones al cultivo por Da son menores a mayor proporción de arena del suelo.

En relación a la evolución de la densidad radical durante el ciclo del cultivo y en diferentes capas del suelo, en las figuras enumeradas de la 3a a la 3d se muestra la densidad radical en



**Figura 3.** Densidad radical en: (a) capa 0-5 cm, (b) capa 10-20 cm, (c) capa 20-30, y (d) capa 30-40 cm, en los tres sitios del estudio. Valores entre paréntesis indican densidad aparente del suelo.

algunas profundidades de los suelos Los Bagres, Los Chorros 10, y Los Arcos. En las mismas se observa que en la capa 0-5 centímetros (Figura 3a) la densidad radical es similar en los tres suelos, mientras que en la capa 10-20 centímetros (Figura 3b) la densidad radical es más elevada en Los Arcos, seguida por Los Bagres, y luego por Los Chorros 10. Sin embargo, en las capa 20-30 y 30-40 centímetros (figuras 3c y 3d), la densidad radical es notoriamente inferior en el suelo Los Arcos, lo que podría estar asociado a que en este suelo la Da presentó valores de 1,72 g/cc en la capa 20-40 centímetros y podría limitar la proliferación de raíces, mientras que en el suelo Los Bagres la Da registró valores de 1,25 y 1,35 g/cc, y Los Chorros 10 presentaron cifras de 1,39 y 1,45 g/cc, respectivamente, en las profundidades señaladas.

### ¿Cómo podrían beneficiarse las comunidades y productores con esta tecnología?

La determinación del impacto negativo de alguna característica o propiedad del suelo en el desarrollo radical y en la producción de un cultivo, con antelación a la siembra del mismo, permitirá diseñar estrategias de manejo que permitan contrarrestar los efectos perniciosos y mejorar la producción: con la tecnología previamente indicada se puede pronosticar tempranamente el impacto de algunas características del suelo y evaluar algunas alternativas de manejo para mitigarlas, por ejemplo la aplicación de riego, fecha de siembra, fertilización nitrogenada y labranza.

Por otra parte, esta tecnología puede emplearse para reforzar la enseñanza a nivel de productores, técnicos e investigadores de la acción conjunta e interactiva de las diferentes características y procesos a nivel de suelo, cultivo, clima y manejo en la producción de los cultivos.

## ¿Cómo acceder o incorporar esta tecnología los pequeños productores?

La utilización de esta tecnología a nivel de comunidades agrícolas y/o productores agrícolas, individualmente, requiere de entrenamiento en: 1) Técnicas sencillas de evaluación de características y propiedades del suelo requeridas para emplear la tecnología y 2) Uso del programa en computadora. La tecnología estará disponible, próximamente, de manera Libre o gratuita a nivel de Internet en la página web del INIA (<http://www.inia.gob.ve>), o mediante contacto directo con los Investigadores en Recursos Agro- ecológicos del INIA-CENIAP.

## Consideraciones finales

El modelo de simulación es capaz de prever el efecto sobre el desarrollo vertical y la proliferación radical, producido por variaciones en las propiedades de los suelos tales como la proporción de arena y Da, lo que permite su empleo en diferentes áreas geográficas y diversas unidades de producción.

Con esta Tecnología Integral, se podrán evaluar o predecir de forma rápida y económica el desarrollo radical en diversos escenarios de suelo, donde las propiedades de los mismos pueden ser alteradas debido a condiciones de manejo, ejemplo de ello son los sistemas de labranza, además de evaluar estrategias de manejo para mejorar el crecimiento radical de los cultivos, con una alta probabilidad de incidir en la mejora de los rendimientos.

Es por ello, que para la efectiva utilización de esta tecnología se sugiere:

- Difundir y promover el empleo de técnicas sencillas para la evaluación de las características más importantes de clima y suelo, requeridas por esta Tecnología Integral a nivel de unidades de producción, así como también para detectar áreas relativamente homogéneas para su aplicación.
- Difundir y promover el empleo de esta Tecnología Integral para la determinación de limitantes para la producción agrícola a nivel de unidades de producción y además de la evaluación de estrategias de manejo de suelo y cultivo.

## Bibliografía consultada

- Delgado R. 2003. Soil-plant dynamics related to N uptake and soil N availability. Ph.D. Dissertation. Fort Collins, Colorado. Colorado State University. 140 p.
- Delgado R. y M. C. Núñez U. 2004. La modelización interactiva en la evaluación de sustentabilidad de sistemas de producción y prácticas de manejo, y en la transferencia de tecnología. Revista Digital CENIAP HOY # 6, septiembre-diciembre 2004. Maracay, Aragua, Venezuela. URL: [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/art/delgado\\_r/arti/delgado\\_r.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n6/art/delgado_r/arti/delgado_r.htm)
- Delgado R., L. Castro, T. Barrera, F. Gámez y L. Navarro. 2011. Uso de modelos de simulación del crecimiento del sistema radical para la evaluación del impacto de propiedades importantes del suelo. *In*: XIX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Calabozo del 21 al 25 de Noviembre 2011. Calabozo, estado Guárico. 7 p.
- Sucre R., L. Meneses, N. Planchart y J. A. Vásquez. 1978. Caracterización física de los suelos del campo Experimental del CENIAP. CENIAP-FONAIAP. Boletín Técnico 10. 18 p.
- Wagner M., I. Ávila, H. Pacheco, G. Medina y O. Haddad. 1985. Evaluación del método de riego por aspersión en los valles de Taiguaguay y Tucutunemo y su comparación con un modelo de riego. Agron. Trop. Vol. 35:51-62.

Visita el sitio web  
del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

[http:// www.inia.gob.ve](http://www.inia.gob.ve)