




# El sistema radical de frutales: desarrollo y manejo

Becerril-Román, A. Enrique<sup>1\*</sup> ; González-Pérez, Josué S.<sup>1</sup> ; Jaén Contreras, David<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Programa de Fruticultura, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, C. P. 56264, Estado de México. México.

\* Autor para correspondencia: becerril@colpos.mx

El conocimiento del sistema radical de frutales es a la fecha insuficiente. Lo anterior debido en parte a que es olvidado o relegado al no considerarlo en los planes de manejo, sean árboles, arbustos, bejucos o herbáceas, establecidos en suelo, conformando plantaciones de diferentes dimensiones, incluyendo ahora, aquellas más tecnificadas bajo macrotúneles, o bien, en densidades intensivas para cosecha mecánica, como el caso del olivo, nueces y cítricos. También se cuenta con poca divulgación acerca de cómo crecen las raíces, el ambiente en el que se desarrollan y prácticas de manejo. Lo anterior es trascendente para la productividad de especies frutales, ya que al ser plantas perennes con periodos de juvenilidad antes del florecimiento, periodo productivo que se extiende tanto como permite la longevidad de cada especie y desarrollo radical variable (frutal de semilla, enraizado, injerto, *in vitro*). Además las respuestas pueden variar por efecto del ambiente e impactar en el desarrollo del frutal a través de los años. Por tanto, difundir el conocimiento y tecnología sobre el sistema radical de especies frutales a través de la enseñanza de posgrado, así como, mediante la capacitación a productores y mayor investigación o estudio del sistema radical es un reto por cumplir.

Desde el siglo pasado el sistema radical ha sido motivo de estudio por investigadores pioneros dedicados a ello, fueron Rogers en Reino Unido y Kolesnikov en Rusia. Posteriormente se han realizado trabajos sobre las raíces por investigadores de Alemania, Estados Unidos de América, Suecia, España e Israel, y en la actualidad, se cuenta con estudios realizados en el Instituto de Investigación Jülich en Alemania y en el Centro Islandés de Investigación Forestal, pues las raíces ya son consideradas como vías de solución para el futuro de este mundo, no solo por su intervención en el crecimiento y desarrollo de la parte aérea de la planta, sino porque existe una estrecha complementariedad fisiológica y anatómica entre ambas, por ejemplo, en la captura de CO<sub>2</sub>, ganando tierras al mar, como fitomejorador de suelos, minería, limitando la erosión de suelos y siendo opción de resistencia a estrés hídrico.

Una de las estaciones experimentales pionera en materia de estudio de la raíz de especies frutales de Clima Templado, fue la Estación Experimental de East Malling en Inglaterra, que tenía un laboratorio de raíces, donde se investigaba sobre la absorción y transporte de nutrientes mediante el uso de los Isótopos Radioactivos P<sub>32</sub> y Ca<sub>45</sub>, además de estudiar

**Cómo citar:** Becerril-Román, A. E., González-Pérez, J. S., & Jaén Contreras, D. (2023). El sistema radical de frutales: desarrollo y manejo. *Agro-Divulgación*, 3(4). <https://doi.org/10.54767/ad.v3i4.231>

**Editores académicos:** Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre 2023.

*Agro-Divulgación*, 3(4), Julio-Agosto. 2023. pp: 81-87.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



el crecimiento y distribución de raíces a través de ventanas que se ubicaban debajo del nivel del suelo, todo ello asociado a la investigación sobre almacenamiento de carbohidratos complejos (almidón) en tejidos de reserva de tallos y raíces, reservas que son de trascendental importancia para la reiniciación del crecimiento al término del periodo de letargo al que se ven sometidos los frutales, en particular, los de clima templado, quienes pierden todas sus hojas (caducifolios), quedando dependientes de sus reservas para los procesos de brotación de yemas florales y vegetativas durante las primaveras de cada año.

En la Figura 1 se muestra la cubierta de un túnel que se ubica por debajo del nivel del suelo, en el cual, a través de ventanas de observación localizadas en las paredes del túnel, se determinaron épocas y duración de flujos de crecimiento y distribución radical de las plantas en estudio, en este caso, al frente, plantas de fresa, y, al fondo, manzanos de bajo porte.

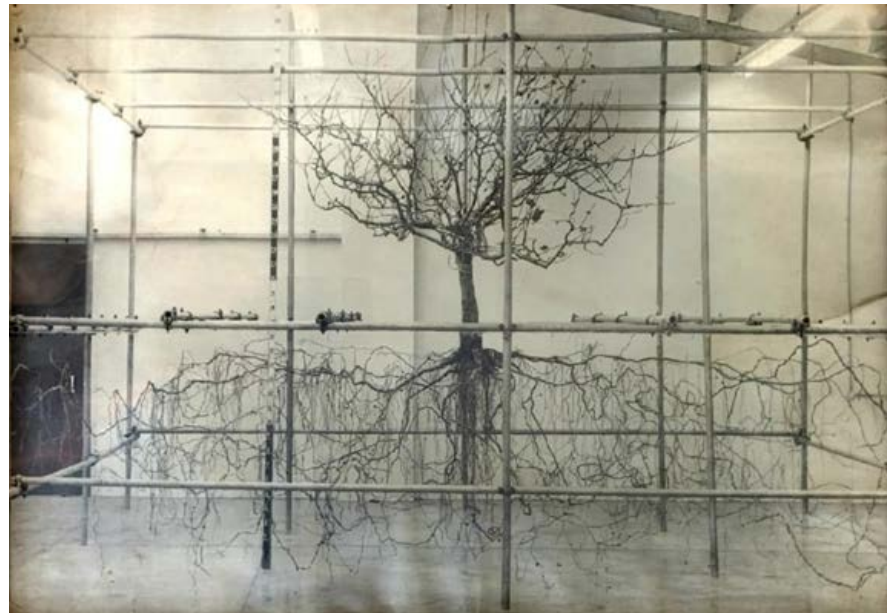
Al mismo tiempo, se estudiaba la distribución de raíces en campo, y entre muchos de sus resultados, uno que trascendió en el tiempo, fue el montaje de un manzano completo, parte aérea y sistema radical sobre una estructura metálica, tal cual se encontraba en el campo, que, por mucho tiempo, estuvo en exposición para propósitos de divulgación del conocimiento en cuanto a las dimensiones y proporciones de la relación raíz-parte aérea (Figura 2).

### Crecimiento radical

El crecimiento del sistema radical solamente está condicionado por tres elementos: **Temperatura, humedad aprovechable y concentración de oxígeno en el suelo**, según se indica en el Cuadro 1, siempre y cuando cuente con el suministro de carbohidratos elaborados en las hojas o disponga de carbohidratos de reserva, almacenados durante



**Figura 1.** Laboratorio de raíces en la Estación Experimental de East Malling, Inglaterra.



**Figura 2.** Árbol de manzano en etapa productiva de 2.2 m de altura y diámetro de copa de 2.3 m, y correspondiente sistema radical de un portainjerto de bajo vigor, de 1.6 m de profundidad por 6.0 m de diámetro, implicando raíces de 1er orden de más de 3.0 m de longitud horizontal, y raíces laterales de 2°, 3°, 4°, 5°, 6°, 7°, y hasta 8° orden, de hábito horizontal y vertical con diferentes ángulos geotrópicos, con longitudes de 1.5 m las más largas, hasta pocos centímetros las más cortas, disminuyendo la longitud conforme aumenta el orden de aparición de la raíz.

el letargo de las plantas frutales, así como, con los nutrientes esenciales que se absorben para el desarrollo de la planta en general, el crecimiento se puede registrar todo el año, teniendo máximos al momento de plena floración o antes del inicio de letargo en la parte aérea del frutal.

Con base en lo anterior, se puede establecer que bajo las condiciones promedio de suelo, en México hay condiciones para crecimiento radical continuo, solamente restringido por temperaturas extremas, estrés hídrico, anaerobiosis por inundación, o bien, por excesos de humedad en texturas arcillosas o presencia de mantos freáticos superficiales.

**Cuadro 1.** Temperaturas, humedad aprovechable, concentración de oxígeno y de bióxido de carbono requeridos para crecimiento de raíces de especies frutales.

Elemento	Especies		
	Frutales de clima templado	Frutales de clima subtropical	Frutales de clima tropical
Temperatura	7°, 23-25°, 32 °C <sup>1</sup>	13°, 27°, 33 °C	
Humedad aprovechable	<sup>2</sup> CC {-0.03 Mpa} - PMT (-0.7 MPa)		
Concentración de O <sub>2</sub> en el suelo	Concentración Oxígeno (>8%) y CO <sub>2</sub> (<5%)		

<sup>1</sup> La temperaturas mínima, óptima y máxima de crecimiento de raíces en grados centígrados.

<sup>2</sup> La humedad es aprovechable entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitamiento temporal (PMT) medidos en Mega Pascales (Mpa) que indican valores de retención del agua, implicando mayor facilidad de absorción hídrica por la planta a CC y menor en PMT.

<sup>3</sup> Concentración mínima de Oxígeno y máxima de Bióxido de carbono para el crecimiento de raíces.

### Distribución radical

Sabedores entonces de los requerimientos para que las raíces crezcan y conformen un sistema radical que normalmente guarda una relación normal raíz-parte aérea de 1:3 en términos de peso seco, lo que viene a continuación, es el desarrollo del sistema radical en el suelo, en contenedor, o bien, en sistema hidropónico, lo cual implica variabilidad en cuanto a patrón de distribución radical, ya que en principio se define por el origen del frutal; por ejemplo, si proviene de semilla, injertado en un portainjerto de determinadas características o micropropagado con certificación fitosanitaria, habiendo una marcada diferencia entre frutales monocotiledóneos y dicotiledóneos. A este respecto, los monocotiledóneos tienen sistemas fasciculados o fibrosos conformados por gran cantidad de raíces adventicias de primer orden con raíces laterales de 2° hasta 4° orden, de mayor a menor longitud y cantidad al aumentar el orden de aparición (piña, dátil, coco, plátano); en tanto que los dicotiledóneos, que conforman la gran mayoría de frutales, tienen sistemas pivotantes con una raíz dominante (de semilla) o fasciculares-fibrosos adventicios derivados de enraizamiento de tallos.

A partir de que el sistema radical crece en un suelo o sustrato, dependiendo de las características fisicoquímicas del mismo, la distribución de raíces es muy variada, lo que deriva en patrones de diversa conformación, y entre las más trascendentales por sus efectos y características que interactúan continuamente se enuncian a la **Fertilidad, pH, Textura y Compactación**, que en mucho determinan la calidad del suelo y sustrato para que la distribución del sistema radical se exprese al máximo posible en profundidad y diámetro que genera el desarrollo horizontal de raíces (cantidad de raíces laterales) propiciando en consecuencia un buen desarrollo de la parte aérea, como sucede, cuando hay concentración suficiente y disponible de nutrimentos esenciales (pH 5.5-6.5), común en suelos de textura franca que tienen espacio poroso libre de agua ( $\geq 15\%$ ), sin compactación (Figura 3).

Por el contrario, un suelo arcilloso fértil pero compacto (espacio poroso libre de agua  $< 6\%$ ), propicia un sistema radical con raíces superficiales horizontales cortas, escasas laterales y gruesas, en tanto que, en un suelo arenoso poco fértil, sin compactación, se desarrollan raíces profundas largas con pocas raíces laterales y delgadas.

Lo anterior, va en combinación con el **Manejo del suelo o sustrato**, por ejemplo, **libre de hierbas por medios mecánicos**, entre, y debajo de los frutales con azadón-desbrozadora; entre hileras de árboles con rastra o con cubiertas vivas chapeadas (cortadas) periódicamente, en cuyo caso, se tendrán sistemas radicales que inician su desarrollo entre 15 y 25 cm por debajo del nivel del suelo.

Otro factor importantes es **Inhibir la emergencia de hierbas mediante cubiertas plásticas**, si bien las de color oscuro son efectivas contra la emergencia de hierbas, así como también previenen la pérdida de humedad aprovechable, pueden generar condiciones de alta temperatura en los primeros 5.0 cm de profundidad, aunque, por debajo de esta profundidad mantienen una temperatura superior a la que se presenta en condiciones de intemperie. Cuando el plástico se foto-degrada quedan residuos plásticos que contaminan el suelo, lo cual representa una desventaja. También **mediante cubiertas orgánicas** (mínimo de 7.5 cm de espesor, compactada), mismas que, además de prevenir pérdida de

humedad aprovechable, mantienen la temperatura más alta y estable del suelo o sustrato. Debe resaltarse que la materia orgánica trae mejora a las condiciones de estructura del suelo, así como aumento de fertilidad, dada la descomposición de la cubierta, por lo mismo, la mejor de todas las opciones, es ecológica, regenerativa y circular, que genera un sistema con más raíces y muchas laterales, que traerá consigo una distribución que mejore la exploración y volumen de suelo correspondiente a cada planta (Figuras 3 y 4).



**Figura 3.** Crecimiento de sistemas radicales del portainjerto M106 de manzano, a la izquierda, desarrollo radical bajo condiciones de temporal, en medio, desarrollo radical bajo condiciones de temporal bajo cubierta plástica, a la derecha desarrollo radical con fertirrigación y bajo cubierta.



**Figura 4.** Plantación intensiva de higueras con cubierta orgánica de hierba triturada de la región (también puede ser pasto proveniente del chapeo (corte de hierbas) de cubiertas vivas entre hileras de la plantación), que resuelve en parte el problema que representa la adquisición de grandes cantidades de composta u otro material orgánico para este propósito.

En cuanto a sustratos, estos son preparados según se requiere, en particular con miras a propagación en bolsas o a producción en macetas, formulados de tal forma que nutricional, física e hídricamente el sistema radical tenga el mejor de los desarrollos (Figura 5), sin perder de vista que, cuando las raíces llegan a las paredes del contenedor, las raíces crecerán paralelamente a las mencionadas paredes, y de igual forma que, cuando se cultivan en canaletas en sistema hidropónicos de flujo continuo (Nutriente Film Technique). En ambos casos llegarán a una dimensión hasta donde les permita el contenedor o la estructura hidropónica (Figura 6), sin detrimento del desarrollo y la alta productividad de la planta, tal



**Figura 5.** Planta de cafeto desarrollada en vivero con sustrato formulado para su desarrollo completo (seis meses), momento idóneo para trasplante en razón de tener raíces jóvenes que formarán laterales tan pronto se establezcan en el suelo.



**Figura 6.** Planta de fresa cultivada en canaleta de fondo plano donde se posiciona el sistema radical notándose como se ensancha la corona de la planta con la formación de raíces adventicias de 1° y 2° orden, para posterior formación de raíces laterales horizontales de subsiguientes órdenes.

cual se presenta bajo condiciones de suministro hídrico y nutricional continuo suficiente para la demanda que se requiera en estas condiciones de producción intensiva.

Es importante que las plantas producidas en vivero sean trasplantadas cuando han cumplido con su desarrollo inicial, este periodo es de alrededor de seis meses, tiempo en el cual la planta tiene un sistema radical vigoroso, con gran capacidad de crecimiento, tanto en cada ápice de raíz, como en la formación de raíces laterales, asegurándose con ello el establecimiento y desarrollo subsecuente de la planta en campo.

De mantener la planta más tiempo en vivero se ha observado crecimiento desordenado de las raíces dentro del contenedor, circunstancia que en caso de especies que se plantan con cepellón, puede traer consigo poco o nulo desarrollo radical, por lo que la planta no crece (Figura 7 A). En casos drásticos, la planta puede morir, siendo el caso del cultivo de fresa, uno de los más extremos, ya que, si se trasplanta dejando doblado el sistema radical del estolón, la planta se muere; por lo mismo, en frutales caducifolios que se establecen a raíz desnuda, debe de cuidarse que al trasplante todas las raíces queden en posición vertical (Figura 7 B).

***En conclusión, el buen desarrollo del sistema radical asegura el crecimiento y producción de la parte aérea del frutal en cualquiera de las densidades de plantación que se utilizan en la actualidad; y en particular, en aquellas plantaciones intensivas, que implican un proceso de absorción hídrica y nutricional que debe ser meticulosamente monitoreado para alcanzar la mayor expresión del potencial productivo de la planta en un marco de sustentabilidad obligada.***



**Figura 7.** A: sistema radical que solamente engrosó, no hay crecimiento de la raíz en longitud y tampoco forman raíces laterales, tiempo después de que el frutal fue plantado con cepellón y que estuvo más de seis meses en el vivero, la resultante fue una planta que no tuvo crecimiento, ni de raíz, ni de parte aérea. B: sistema radical de un frutal caducifolio que puede plantarse a raíz desnuda podada en lo necesario, para colocación vertical de la raíz en la cepa.