

## **ASFIXIA RADICULAR. ESTRATEGIAS DE MANEJO EN COLOMBIA.**

David Lynce-Duque<sup>1</sup>

La mayoría de los huertos de aguacate tecnificados sembrados en Colombia presentan dificultades en su establecimiento a causa de la Asfixia radicular. Esto genera un alto número de pérdidas de árboles, necesidad de resiembras, demora en la entrada en producción, susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, y altos costos de establecimiento. Este problema durante muchos años había sido erróneamente diagnosticado y tratado como patológico (particularmente a hongos del suelo) con resultados inefectivos. En la realidad los hongos del suelo son una consecuencia de la asfixia radicular en vez de ser la causa directa de la muerte de árboles. Condiciones de densidad del suelo, su textura y drenaje, así como las técnicas de siembra y manejo del cultivo, intervienen en la expresión de la asfixia radicular. Un extenso trabajo de campo desarrollado a través de la implementación de técnicas de manejo específico, ha dado como resultado la disminución de pérdida de árboles y de los costos de establecimiento del cultivo. Tratamiento a árboles en edades avanzadas, también ha mostrado efecto favorable en la recuperación. Una elección cuidadosa del sitio de siembra, el conocimiento de la densidad del suelo y su capacidad de drenaje en el huerto y en el sitio específico, el uso de la técnica de siembra específica para las condiciones tropicales y los métodos para uniformizar la densidad con adición de suelo, son algunas de las medidas que se pueden tomar para evitar el problema de asfixia radicular.

## **RADICULAR ASPHYXIA. HANDLING STRATEGIES IN COLOMBIA.**

The majority of technified avocado crops in Colombia present difficulties from establishment due to radicular asphyxia. This generates a high number of plant losses, the need for replanting, a delay in production, susceptibility to pests and diseases, and high costs in crop establishment. For many years this problem had been erroneously diagnosed and treated as pathological (particularly soil fungus), resulting in ineffective treatment. In reality soil fungus is often a consequence of radicular asphyxia rather than being the direct cause of tree loss. Conditions of soil density, texture, and drainage, combined with certain planting methods and crop management systems underlie the problem of radicular asphyxia. Extensive fieldwork provided for the development of specific management techniques that have shown to reduce tree loss and the costs of crop establishment. The treatment of trees (including those in advanced stages of growth) using such techniques has also shown to have favourable effects in recuperation. A careful selection of planting location, knowledge of soil density and its drainage capacity in the orchard and the specific site, the use of specific planting techniques designed for tropical conditions, and the standardisation of density through the addition of soil, are some of the measures that can be taken in order to avoid the problem of radicular asphyxia.

Palabras Clave: Asfixia, *Phytophthora cinnamomi*, Colombia, Densidad Aparente, Siembra, Pisado.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo Universidad de Caldas, Colombia. Asistente Técnico, Asesor y Consultor Particular de Cultivos de Aguacate. Investigador del grupo de investigación de Frutales Tropicales de la Universidad de Caldas. Trabajo en técnicas y manejo de cultivo desde 2004, con énfasis en Podas, Fertilización, Viveros, Técnicas de establecimiento y Manejo Integrado. davidlynce@gmail.com, Cel. (57)311-340-4797

## Introducción

En Colombia el cultivo de aguacate (*Persea americana* M.) presenta importancia creciente por las áreas que ocupa y por el creamiento anual que estas tienen frente a otros productos agrícolas. Según Agronet (2011), Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, en el año 1992 las áreas establecidas eran de 7.332 has, con producción media de 8,5 ton/ha. Durante los últimos años se ha presentado un crecimiento de áreas llegando al año 2010, según cifras oficiales de la Secretaría Técnica de la Cadena del Aguacate de Colombia de 22.393 has, con una producción de 226.351 toneladas y rendimientos medios de 10.11 ton/ha. (Comunicación Personal).

Una alta proporción de áreas establecidas corresponden a cultivos tradicionales con variedades nativas de raza antillana principalmente, nacidas espontáneamente o sembradas sin ninguna técnica específica de manejo (Lynce, 2011). Según datos del ICA en el Plan Nacional de Transferencia de Tecnología, citado por Tafur R, Toro M, Gonzalez C, & al. (2006), “para el año 1984, indican que el 92.4% de las explotaciones frutícolas está en manos de fruticultores pequeños que usan poca tecnología; el 5.3% corresponde a aquellos que usan algo de tecnología y solamente el 2.3% son productores ó empresarios con cultivos tecnificados” (p.23). Actualmente la situación ha cambiado, por los programas de transferencia y el crecimiento de las áreas de cultivos empresariales.

Se reporta, según (Bernal & Diaz, 2005) que “en Colombia el hongo *Phytophthora cinnamomi* Rands, provoca pérdidas que oscilan entre 30 y un 50% de los árboles en la etapa de vivero y durante los dos primeros años de establecimiento del cultivo”, y que además la enfermedad se encuentra distribuida en diferentes zonas del país. Enfermedades como *Verticillium sp.* Nees, *Armillaria mellea* Kumm, *Rosellinia sp* De Not, entre otras, se reportan como presentes en los cultivos de aguacate en Colombia. Estas enfermedades siempre se encuentran ligadas a condiciones de alta humedad del suelo, y en todos los casos presentan síntomas similares de expresión, con un decaimiento generalizado, estancamiento de desarrollo, marchitez, pérdida de vigor, amarillamiento, pérdida de color y brillo de las hojas y finalmente en estados avanzados, muerte de los árboles (Bernal & Diaz, 2005).

Muchos expertos en las zonas productoras de aguacate en el mundo, señalaban que la muerte de los árboles se debía al exceso de agua en la zona de raíces. Allí *P. cinnamomi* causaba destrucción de las mismas, puesto que la humedad proveía el medio para que las esporas del hongo se diseminaran y causaran la infección. (Schaffer, 2006 p.1-2). En Colombia hasta hace unos años, la mortalidad de árboles solo se atribuía a esta enfermedad o a otras asociadas en el suelo. Los manejos estaban encaminados solo a el control de estas y no de su causa, dando controles erráticos, costosos y con resultados poco satisfactorios, resultando en decaimiento y muerte de los árboles en meses o años después. Estudios posteriores en California, Florida y Chile, indicaron que la hipoxia o anoxia en suelos inundados o pobremente drenados, dañaban las raíces y causaban mortalidad de árboles, incluso en ausencia *P. cinnamomi* (Schaffer, 2006 p.2).

## Asfixia Radicular

Los árboles de aguacate presentan sensibilidad a la inundación en comparación con otros frutales y en suelos orgánicos con capacidad de retención de agua alta, producen una reducción de la tasa fotosintética neta poco después de presentarse una inundación (Sheaffer & Whiley, 2002). Agrios (2005) señala que “un drenaje pobre o inundación de los suelos de huertos, resultan en daños más serios y rápidos, o la muerte de las plantas, que en suelos con falta de humedad” [...] “un pobre drenaje resulta en pérdida de vigor de las plantas, marchitamiento y un color de hojas verde pálido a amarillado”, [...] y agrega que “como resultado de una excesiva humedad del suelo, causada por inundación o por un pobre drenaje, las raíces fibrosas de las plantas decaen, probablemente porque se reduce el suministro de oxígeno a las raíces”.

En estos procesos de retención e inundación, la porosidad del suelo y la aireación, son los determinantes principales de sanidad y desarrollo de los árboles. Los poros del suelo están ocupados por agua y por aire, siendo los macroporos los que permiten el libre movimiento del aire y la filtración del agua. La porosidad y la aireación del subsuelo son importantes para el desarrollo de las raíces y la actividad microbiana (Salamanca S, 1984 p.88). En el suelo el agua influye directamente en el

movimiento del aire, ya que si los poros están llenos de agua el movimiento es menor, afectando la facultad de absorción de nutrientes por una baja concentración de oxígeno (López R. & López M., 1990 p.29). Suarez-Vasquez (2001), señala que “el exceso de agua excluye el aire, conlleva a condiciones anaerobias, restringe el crecimiento de las raíces e interfiere con la actividad de microorganismos”.

Salazar-Garcia, (2002) señala que “la raíz es un órgano de primordial importancia para la nutrición de la planta. Su función no solo es como anclaje de la planta, sino que es un órgano importante para la absorción y transporte de agua y nutrimentos. También, es donde se sintetizan y/o almacenan compuestos orgánicos (reguladores de crecimiento, carbohidratos, nutrimentos, etc)”. La asfixia radicular disminuye el volumen, peso y función de la raíz del aguacate.

Ferreira, et. al, (2006), indican que “la falta de oxígeno en el suelo induce a trastornos fisiológicos múltiples en las plantas. Se produce cierre de estomas, y un menor crecimiento de las raíces [...], y como consecuencia se inhibe la fotosíntesis y el transporte de hidratos de carbono. [...] Se ha encontrado una alteración del equilibrio hormonal en las plantas, normalmente aumentando la proporción de etileno [...] dañando directamente al sistema radical debido a la acumulación de éste y otros productos tóxicos originados por la respiración anaeróbica. También hay acumulación de ácido abscísico y auxinas y, reducción de los niveles de citoquininas y ácido giberélico”. El metabolismo y las rutas energéticas de las plantas se ven menguadas, al pasar de una respiración aeróbica a una anaeróbica o fermentación, que produce menor número de moléculas de ATP, 2 por esta ruta contra 36 con la ruta aeróbica; además, se producen sustancias de desecho como Acido Láctico y Alcoholes (etanol) (Schaffer, 2006), que dañan las células y los tejidos de la planta, y permiten la entrada factores externos que finamente causan su muerte.

Visualmente los árboles expresan los síntomas de asfixia radicular con una pérdida de vigor general, opacamiento de las hojas por pérdida de ceras protectoras, amarillamiento de hojas, bajo a nulo crecimiento del tallo, engrosamiento del tallo sobre el nivel del injerto, susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, muerte de raíces y muerte de tejidos o del árbol en estados avanzados.



Hojas de árboles sanos



Hojas árboles con asfixia radicular

### **Causas de la Asfixia Radicular en Colombia**

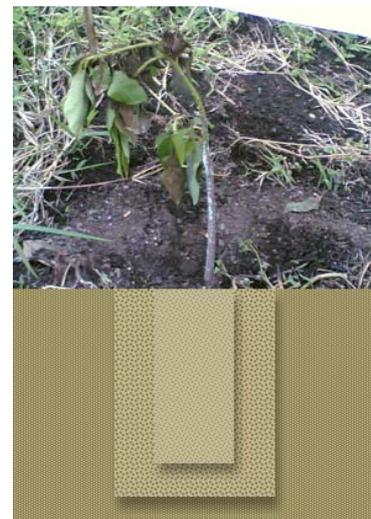
Por las condiciones tropicales colombianas, múltiples factores se involucran en la ocurrencia de asfixia radicular. “La posición estratégica del país en la zona tropical hace que su territorio sea partícipe de las mayores proporciones de energía que el Sol le transfiere a la Tierra. Justamente en los trópicos se absorbe la mayor parte de la energía solar que luego se transfiere a la atmósfera, configurándose de esa forma el motor que determina el desplazamiento del aire entre las latitudes ecuatoriales y polares, mediante una circulación meridional” (IDEAM, 2005). Colombia se encuentra ubicada en La Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) que se manifiesta por el desarrollo de cúmulos que señalan la convergencia entre el aire de los hemisferios norte y sur, y debido a la convergencia de flujos del Atlántico Norte y del Pacífico sur. Estos fenómenos resultan en una penetración del flujo al interior del país, dependiendo de la época del año, clasificando la ZCIT en la zona de máxima nubosidad y lluvia. (IDEAM, 2005). Colombia cuenta además con tres grandes sistemas montañosos (cordilleras) que cruzan el territorio de norte a sur divididas por los ríos Magdalena y Cauca. Las condiciones climáticas son variables influenciadas por la ZCIT, por las

temperaturas altas de los valles y bajas de las altas cumbres, y por las corrientes de aire propias de cada sistema montañoso. Estos sistemas montañosos cuentan además con suelos variables, sobre los cuales se desarrolla el cultivo de aguacate en zonas desde los 0 a 2500 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Colombia se ve afectado permanentemente por los fenómenos de La Niña y El Niño, que tienen ocurrencias erráticas, presentándose desde 1935 al 2008 ocho eventos de La Niña y 16 eventos de El Niño. El fenómeno de La Niña se caracteriza por la disminución de las temperaturas de las aguas superficiales del Océano Pacífico en una área de la región Ecuatorial, que resulta en un enfriamiento del océano, afectando el clima en los continentes por la disminución o aumentando las lluvias en algunas regiones. Colombia en eventos de La Niña se afecta por un incremento de las lluvias, encontrando promedios de precipitaciones del 20 al 40% más del pronosticado, disminución del brillo solar y la temperatura, que en años normales. (Jaramillo-Robledo & Arcila-Pulgarin, Variabilidad Climática en la Zona Cafetera Colombiana Asociada al Evento de La Niña y su Efecto en la Caficultura, 2009). En estos años las pérdidas por asfixia radicular son mayores, por alto contenido de humedad y saturación de agua en el suelo. El fenómeno de El Niño se caracteriza por el incremento de las temperaturas de las aguas superficiales del Océano Pacífico en un área de la región ecuatorial, afectando el clima de la zona terrestre con la disminución de las lluvias en algunas zonas y el incremento en otras (p.1), se presenta en forma recurrente cada dos y siete años, y su efecto se da por una deficiencia de la precipitación entre el 20 y 40% en los volúmenes mensuales (Jaramillo-Robledo & Arcila-Pulgarin, 2009(2)). Este fenómeno podría clasificarse como contrario al fenómeno de la niña, en cuanto al volumen de las precipitaciones, un aumento de temperaturas y del brillo solar, que repercuten en estrés hídrico de las plantas por déficit. Los últimos años (2006-07-08-09-11) han sido fuertemente afectados principalmente por el fenómeno de La Niña, con un aumento de las precipitaciones en la mayoría de zonas productoras desde el 30-40% en el total del año y en más del 100% en meses lluviosos. Este fenómeno además produjo disminución de las temperaturas, aumento de la nubosidad y humedades del suelo más altas de lo normal, incrementando los problemas de asfixia radicular.

Los sistemas de siembra de aguacate utilizados en Colombia son adaptaciones técnicas usadas en zonas templadas, con condiciones de suelo y clima diferentes, o al extremo en ejecuciones tradicionales sin ningún manejo técnico. Las zonas productoras de aguacate en Colombia se encuentran en su mayoría en las mismas zonas donde se produce o produjo Café (*Coffea arabica* L.). Estas zonas presentan suelos con contenidos de materia orgánica que varían del 1 al 24%, densidades aparentes ( $D_a$ ) desde 0,4 a 1,4  $g/cm^3$ , porosidades de 42 al 80% (Suarez-Vasquez, 2001), suelos francos a franco arenosos, con porciones de arena por encima del 40% en la mayoría de las zonas; con buena retención de humedad, buena precolación y buena aireación. Las precipitaciones varían entre 1400 a 2800mm anuales, repartidos en todo el año, con dos épocas de precipitación fuerte y dos veranos con baja precipitación. La cantidad de agua no es controlable, con la mayor proporción de los cultivos sin sistema de riego alguno.

Así, los suelos presentan densidades aparentes medias de  $1g/cm^3$ , los sustratos de las plantas de vivero de 0,6 a 0,8 $g/cm^3$  y en las técnicas con baja compactación de la tierra con la que se completan los huecos al momento de la siembra (0,3-0,4 $g/cm^3$ ), hacen que cada sitio se comporte como una maceta o matera. En estas condiciones el agua no puede moverse fácilmente de los puntos de baja densidad a los de alta densidad. Esta situación hace que el agua tenga bajo movimiento, que se ocupen los espacios porosos con agua y que la retención de la misma cause un agotamiento del oxígeno disponible para los procesos de la planta, causando la asfixia radicular. Como consecuencia de este problema, se evidencia desuniformidad de los huertos, alto número de resiembras y altos costos de manejo, dirigido a atacar enfermedades que no son las causantes reales de la muerte de los árboles, sino una consecuencia de problemas de asfixia radicular o de falta de oxígeno en el suelo.



Esta situación puede ser corroborada usando un *medidor de compactación del suelo*, con el cual se puede observar la diferencia de compactación o dureza del suelo circundante y del suelo específico. Esta prueba pone en evidencia el efecto que la diferencia de densidades produce en el suelo y la facilidad de desarrollo de asfixia radicular bajo estas condiciones.

## Estrategias de Manejo de Asfixia Radicular en Colombia

La asfixia radicular en Colombia causa pérdidas económicas sustanciales en los cultivos de aguacate por diferentes factores. El costo de establecimiento por cada sitio para siembras en distancias estándar de 7x7m y en condiciones normales, fluctúa entre \$7 y \$10USD, hasta tener los árboles sembrados en campo. Este costo incluye el costo del material de siembra, el transporte del mismo, los insumos y la mano de obra. La mortalidad de árboles en condiciones inadecuadas de manejo fluctúa entre 40-50% de la población establecida, incrementando el valor de establecimiento por árbol en igual proporción sin tener en cuenta el tiempo que se pierde por la demora en la entrada de producción de los árboles que son resembrados.



Lotes afectados por asfixia radicular

En ciertas zonas del país con características de suelos con buen drenaje, los árboles soportan los primeros meses de establecimiento y algunos más de desarrollo en campo, pese a tener siembras inadecuadas y no tener densidades de suelo similares en el hueco y el suelo circundante. Al iniciar una demanda más fuerte de energía, tales como floraciones y llenado de frutos, o al presentarse épocas de acumulación de agua, se presenta una alta mortalidad de árboles. En este punto la inversión por cada árbol se encuentra entre US\$20 a US\$30 extras a el costo de establecimiento. Estas pérdidas pueden estar cerca del 20% de la población de árboles.



Árboles desarrollados afectados por asfixia radicular

En los últimos años buscando mitigar el exceso de humedad, algunos agricultores optaron por realizar labores con efectos bajos o nulos, pues no se hacía un cambio de la densidad del suelo.



Practicas Inadecuadas

Conociendo la problemática de asfixia radicular, sus causas y consecuencias, se debieron desarrollar estrategias de manejo. Estas inician desde la planeación del cultivo, pasando por el manejo de los sustratos en los viveros, los métodos de siembra y otras estrategias posteriores a la siembra y en árboles establecidos. En todo caso estas labores son específicas para las condiciones tropicales, y buscan considerar los factores que podrían inducir la acumulación de agua en el suelo, reducir la cantidad de oxígeno, causar entrada de agentes externos y causar la muerte de los árboles.

### **Sustratos y Viveros**

Los sustratos para el manejo de plántulas de aguacate en Colombia no ha sido estudiados profundamente. Sin embargo como condicionamiento general, los sustratos deberían ser similares, en cuanto a la estructura y densidad, a la del suelo del sitio definitivo de siembra. Si los suelos donde se establecen los cultivos de aguacate, presentan densidades promedio de  $1\text{g/cm}^3$ , la densidad del sustrato debería acercarse a este valor, para que el efecto de acumulación de agua se vea disminuido. Al tratarse de bolsas de 6 a 7 litros, el peso lleno de la bolsa debe ser de 6 a 7 kg con suelo seco.



Sustrato baja densidad



Sustrato densidad normal

Actualmente viveros tecnificados y certificados usan proporciones de mezclas de sustratos que varían entre el 70-80% de suelo Franco o Franco Arenoso, 20-25% de Arena y 10-15% de una fuente

orgánica. Estas características permiten tener sustratos estables durante todo el proceso de vivero y al momento del transplante en campo. El solo cambio de sustrato del vivero ayuda a mejorar las condiciones de aireación del suelo por encontrarse en condiciones similares de densidad.

### **Prácticas Previas al Establecimiento**

Antes del establecimiento de los cultivos de aguacate se realizan análisis de suelo y específicamente pruebas de granulometría (Boyucos), para determinar las proporciones de Arenas, Limos y Arcillas, presentes en el suelo. Como medida general se establece que suelos con porciones de arena superiores al 40%, son aptos para el cultivo de aguacate, ya que se deduce que el suelo cuenta con buen drenaje. Sin embargo esta sola medida no es suficiente y en algunos casos existen limitantes en suelos específicos, que a pesar de cumplir con estas características generan retención de agua, por compactación, capas endurecidas o cambios bruscos de textura de perfil, entre otros.



Prueba infiltración

Por tal motivo como medida previa, se deben realizar además pruebas de infiltración para medir la capacidad del suelo para movilizar el agua, que podría presentarse en un evento lluvioso. Una prueba básica de infiltración simple, consiste en hacer agujeros en el suelo, de 20x20cm de ancho a diferentes profundidades (20, 40, 60cm,...), a los cuales se debe aplicar agua, normalmente 2 litros estando el suelo húmedo, equivalentes a un evento lluvioso de 50mm (25 agujeros por metro cuadrado), que para la zona tropical es un evento fuerte normal. El tiempo que demora el agua en infiltrar es medido y si es alto, mas de 2 horas o no se infiltra, el suelo no sería apto para el cultivo de aguacate, o se necesitarían hacer otras labores o adecuaciones para poder establecerlo. Si esta retención de agua se presenta, predispone a tener problemas de asfixia radicular. Esto ha sido comprobado en diferentes suelos y huertos establecidos donde se ha presentado muerte de árboles.

### **Sistema de Siembra**

Los sistemas de siembra de aguacate en Colombia corresponden a adaptaciones de técnicas usadas en otros frutales en otros países, o al simple conocimiento popular de manejo siembras en general. En estos no se da un énfasis en las densidades del suelo o de los sitios, sino solamente un transplante o establecimiento de las plántulas en los huertos definitivos.

Bernal & Diaz (2005), recomiendan huecos de 90cm de diámetro y 90cm de profundidad, picando o rompiendo el fondo del hueco; incorporar 2 a 5 kg de materia orgánica descompuesta, cal y una fuente de fósforo; y depositar la planta sin la bolsa y pisar el suelo para extraer el exceso de aire, buscando que quede un montículo sobresalido de 30cm por encima del nivel del suelo (p.63-64). Este tipo de procedimiento al tener un hueco grande, proporciona un desarrollo inicial de los árboles aceptable, pero al iniciar la acumulación fuerte de agua, inician los síntomas de asfixia radicular. Rios et.al (2005), indican que se debe hacer un ahoyado de 40x40x40cm, por ser el más indicado y menos costoso, 30 días antes de la fecha de siembra; que de demorarse más podría inducirse a que las paredes formen capas duras, que lo convierten en un “vaso” que impiden la infiltración del agua y pueden causar asfixia; que debe sembrarse el árbol en la mitad del hueco, retirando la bolsa y dejando 40% del céspedon por fuera del nivel del suelo. Diaz & Arango (2010), sugieren que deben hacerse huecos de 70cm de ancho por 60cm de profundidad en forma cónica; que debe buscarse que el sistema radicular en su totalidad quede en contacto con el suelo por encima de su nivel y que

para ello debería compactarse un poco el suelo que se incorpora al hueco, para que no queden espacios de aire y para que el árbol no se hunda (p.15).



Árbol de 12 meses de sembrado con síntomas de asfixia radicular. Hueco 60x60cm.

Un sistema de siembra adecuado para las zonas tropicales debe buscar principalmente, ubicar el cultivo en el tipo de suelo adecuado, intervenir en la menor expresión la estructura del suelo y acomodar la densidad del suelo, acorde con la densidad del suelo circundante, para evitar la retención de agua.

El tamaño del hueco para la siembra debe ser pequeño. en ancho máximo el doble de diámetro de la bolsa de vivero (15cm x 2) y en profundidad el tamaño de la bolsa en altura (35-40cm), para hacer un bajo movimiento de tierra. Un hueco pequeño busca que el árbol se establezca como si la semilla se hubiera sembrado directamente en campo, sin intervenir el suelo.



Pisado con herramienta en la siembra

La compactación en la siembra debe buscar que el suelo adicionado quede en igual o similar dureza que el suelo circundante en el hueco. Para ello se debe usar una herramienta de pisado que permita apretar el suelo sin compactarlo, aplicar capas delgadas de suelo que deben ser pisadas con la herramienta, sin compactar el suelo o impermeabilizarlo, sino que lo lleve a una condición normal del

suelo específico. Este pisado busca uniformizar la densidad del suelo del llenado con el circundante, para que el agua no tenga posibilidad de acumulación y retome su movimiento natural en el perfil del suelo.

Como medida general, por el régimen de lluvia que se presenta en Colombia no es recomendable sembrar mientras se presenten lluvias fuertes, porque no permite ajustar la densidad bien. Tampoco se deben hacer terrazas en los sitios de siembra, en los lotes con pendientes medias o pronunciadas, puesto que inducen a la acumulación de humedad y bajo movimiento del agua en la zona cercana al corte de la misma. Por tanto es indispensable que la siembra se realice buscando que el cuello del tallo o el nivel de la primera raíz quede sobre el nivel de la pendiente, como si la siembra se realizara en plano.



Medición de la pendiente

### **Pisado de Platos y Mejora de Densidad del Suelo**

Para los árboles establecidos y que presentan problemas por asfixia radicular ligados a sistemas de siembra inadecuada, se puede realizar una labor correctiva que mejore la densidad del suelo. Esta labor consiste en hacer una adición de suelo a cada hueco original de siembra, sin afectar las raíces presentes, usando un cabo o trozo de madera redondo, rebajado en diámetro hacia la punta para permitir que este pueda penetrar relativamente fácil en el suelo. Se pueden hacer revisiones de compactación usando el *medidor de compactación de suelo*, si se cuenta con él, para corroborar la necesidad las diferencias de densidades de suelo.



Herramientas de Pisado

Inicialmente con la herramienta se revisa la dureza del suelo circundante para tener una idea de la densidad o dureza del mismo, haciendo presión hacia abajo en el suelo. Ya en cada árbol y cerca al tallo, aproximadamente a 10-15 cm hacia fuera, se debe hacer una presión suave hacia abajo y en posición vertical, buscando que la herramienta penetre en el suelo suavemente. La presión ejercida debe ser suave en un solo movimiento, buscando evitar que por error, se puedan dañar raíces superficiales presentes o la raíz pivotante, induciendo heridas que podrían afectar la integridad del árbol. Por ello si al hacer la presión se encuentran raíces, se debe parar en ese punto, tapan el

agujero hecho y moverse hacia un lado para intentar introducir de nuevo. A medida que se profundiza en el hueco, se debe hacer movimientos suaves pero con presión hacia los todos los lados con la herramienta, buscando que con la presión ejercida se aumente la densidad del suelo alrededor del área de pisado. Este movimiento normalmente no daña raíces pues al estar suelto el suelo, las raíces se desplazan fácilmente sin dañarse. La profundización de la herramienta debe hacerse hasta el punto donde la penetración se dificulta o no es posible seguir, punto que normalmente corresponde al fondo del hueco. Una vez llegado al fondo del hueco, se hace una ampliación final del agujero presionando de nuevo hacia los lados, con especial énfasis hacia el tallo del árbol, pero suavemente, teniendo cuidado de hacerlo en un movimiento lento que imprima solo fuerza y presión a la tierra sin dañar raíces.



Metodología de Pisado de Platos y Mejora de la Densidad

Luego de esto se debe adicionar al agujero suelo seco desmenuzado, tomado de los lados del sitio mas no del plato, para no dañar raíces. Aplicar el suelo hasta cubrir el agujero, el cual debe ser pisado paulatinamente con la misma herramienta, haciendo los mismos movimientos que se realizaron para penetrar al fondo, con movimiento hacia los laterales para apretar los lados, apretando el suelo, sin llegar a un punto de compactación. Se continua adicionando suelo cuantas veces sea necesario. El agujero se va llenando y disminuye su diámetro por la adición de suelo, aunque la herramienta podría penetrar aun hasta el fondo del hueco. Cada agujero debe llenarse hasta el nivel del suelo con las mismas indicaciones, mejorando así la densidad del espacio en el cual se piso.



Llenado de los agujeros en el pisado

El procedimiento se debe realizar alrededor del árbol, requiriéndose 3 a 5 agujeros por cada sitio, dependiendo de que tanto se amplíe cada uno a medida que se pisa. En todo caso se busca que el suelo adicionado ocupe los espacios de baja densidad o sueltos. Los agujeros se hacen uno a la vez,

para que las paredes sostengan el árbol evitando que se salga del hueco. Terminado el llenado de cada uno de los agujeros, se debe cubrir la base del tallo de los árboles o sitio de formación de las primeras raíces, muy bien pisado sin compactar.

La labor de mejora de la densidad del suelo es una labor efectiva, que requiere de mucho cuidado. La recuperación de huertos con problemas de asfixia es tan efectiva que compensa su costo, que podría ser alto US\$2 – US\$3 por sitio. Lotes establecidos que presentaban problemas de asfixia radicular, han sido recuperados exitosamente dando sanidad , productividad y bajo costo de manejo de problemas sanitarios.



Respuesta de árboles al pisado de platos y mejora de densidad (en 6 meses)

La labor también puede realizarse en árboles de edades mas avanzadas. Para estos casos la metodología es igual, pero se debe tener cuidado con las raíces mas gruesas presentes en el suelo, por lo cual se debe introducir el cabo un poco mas alejado del tallo, hacer un mayor numero agujeros

para cubrirlo alrededor y usar cabos de tamaño menor en largo, para poder ingresar bajo la copa del árbol, sin dañar o tener interferencia de tallos o ramas de la parte baja.



## Conclusiones

La asfixia radicular del aguacate en Colombia es una problemática que no había sido identificada ni manejada adecuadamente. Los manejos de problemas radiculares solo se encaminaban al control de hongos del suelo, desconociendo la causa real de la muerte de los árboles. La densidad del suelo, su textura y su capacidad de infiltración eran factores no analizados al momento de establecer cultivos de aguacate. Las condiciones ambientales tropicales de Colombia, con altas precipitaciones, ubicación en la ZCIT, los fenómenos de El Niño y La Niña, las características de los huertos ubicados en las laderas y valles de los tres grandes sistemas montañosos y la adopción de técnicas siembra y de manejo no aptas para esas condiciones, provocan pérdidas sustanciales en los cultivos de aguacate, a causa de la asfixia radicular. Las diferentes técnicas descritas en este artículo, que inician desde la etapa de vivero con sustratos densos, sistemas de siembras para las condiciones tropicales, y manejos posteriores en cultivos establecidos con la adición de suelo a los huecos de siembra, se presentan como alternativas que reducen pérdidas económicas para los productores de aguacate.

## Bibliografía

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* 5th Ed. (D. Dreibelbis, Ed.) Oxford, UK: Elsevier Academic Press.
- Agronet. (2011). *Análisis - Estadísticas*. Retrieved 2011 julio from Agronet Colombia: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas/tabid/73/Default.aspx>
- Bernal E, J. A., & Díaz D, C. A. (2005). *Tecnología para el Cultivo de Aguacate. Manual Técnico 5*. Rionegro, Antioquia, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Centro de Investigación la Selva.
- Díaz S., D. A., & Arango C., B. (2010). *Manual Técnico del Cultivo del Aguacate*. Bogota, Colombia: Aproare SAT - Instituto Colombiano Agropecuario ICA.
- Ferreira E, R., Selles V., G., Maldonado, P., Celedon, J., Barreras, C., & Gil, P. (2006). *La Asfixia Radicular y el Manejo del Riego en Palto*. Seminario Internacional Manejo del Riego y Suelo en el Cultivo del Palto (p. 21). La Cruz, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- IDEAM. Instituto de Hidrológica, Meteorología y Estudios Ambientales. (2005). *Atlas Climatológico de Colombia*. Bogota, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.
- Jaramillo-Robledo, A., & Arcila-Pulgarín, J. (2009 Diciembre). *Variabilidad Climática en la Zona Cafetera Colombiana Asociada al Evento de El Niño y su Efecto en la Caficultura*. Avances Técnicos Cenicafe No.390 , p. 8.

- Jaramillo-Robledo, A., & Arcila-Pulgarín, J. (2009 Noviembre). Variabilidad Climática en la Zona Cafetera Colombiana Asociada al Evento de La Niña y su Efecto en la Caficultura. Avances Técnicos Cenicafe No. 389 , p. 8.
- Lemus S, G., Ferraya E, R., Gil M, P., Maldonado B, P., & Toledo G, C. B. (2005). EL Cultivo del Palto. Boletín INIA No. 129. La Cruz, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- López R., J., & López M., J. (1990). El Diagnostico de Suelos y Plantas. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Lynce, D. S. (2011). Poda del Aguacate en Colombia. VII Congreso Mundial del Aguacate 2011, (p. 10). Cairns.
- Ríos C, D., Corrales M, D. M., Gerardo J, D. G., & Aristizabal G, A. (2005). Aguacate. Variedades y patrones importantes para Colombia. Palmira, Colombia: Profrutales.
- Salamanca S, R. (1984). Suelos y Fertilizantes. Bogota, Colombia: Universidad Santo Tomas USTA.
- Salazar-García, S. (2002). Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. Queretaro, México: INPOFOS. Instituto de la Potasa y el Fósforo A.C.
- Schaffer, B. (2006). Effects of soil oxigen deficiency on avocado (persea americana Mill.) Trees. Seminario Internacional: Manejo del Riego y Suelo en el Cultivo del Palto (p. 12). La Cruz, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Sheaffer, B., & Whiley, A. (2002). Environmental Physiology. In A. W. Whiley, B. Schaffer, & B. N. Wolstenholme, Avocado: Botany, Production and Uses (p. 432). CABI Publishing.
- Suárez-Vásquez, S. (2001 Noviembre). La atmosfera del suelo y la productividad del café. Avances Técnicos Cenicafe No.293, p. 4.