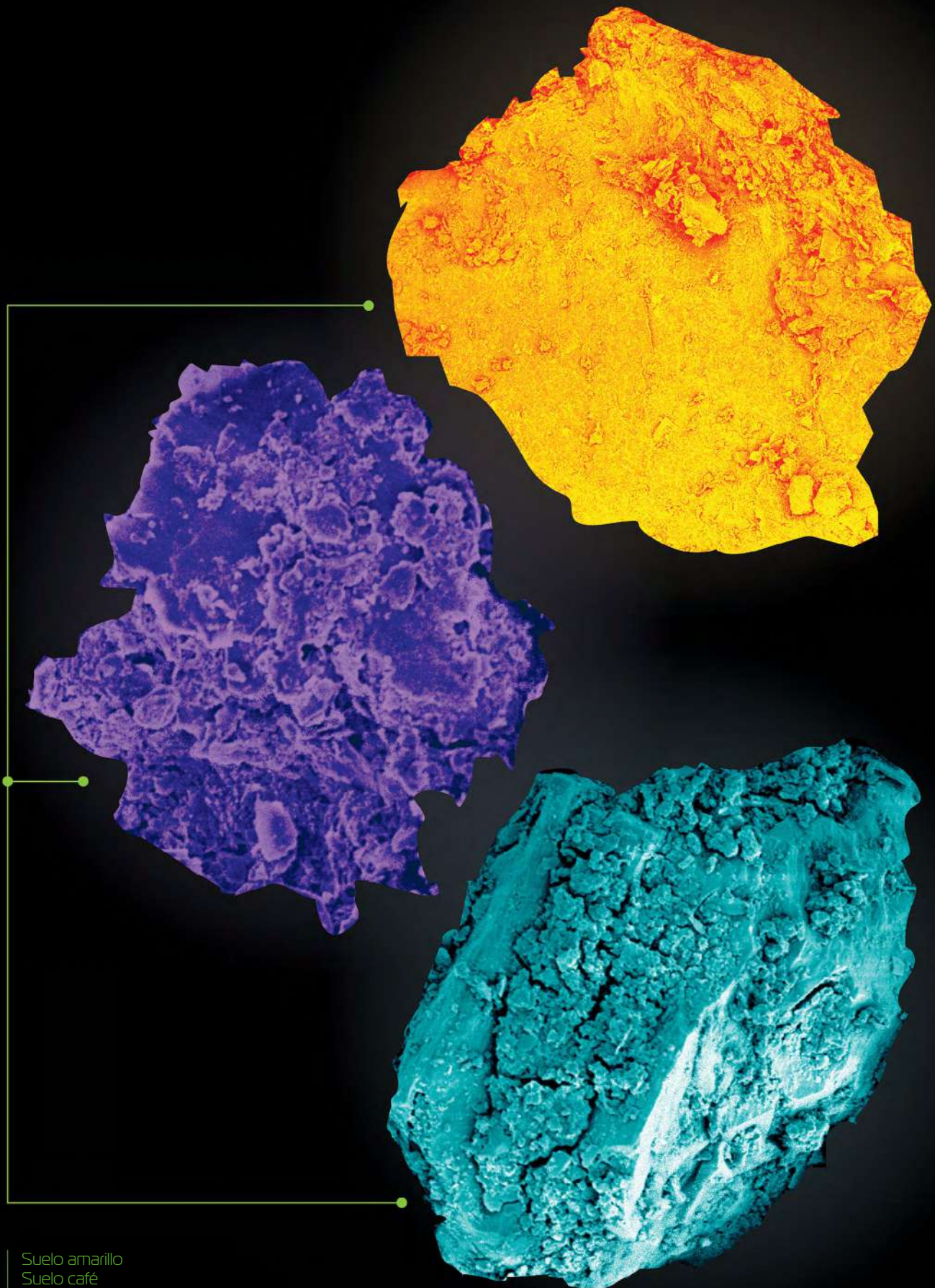
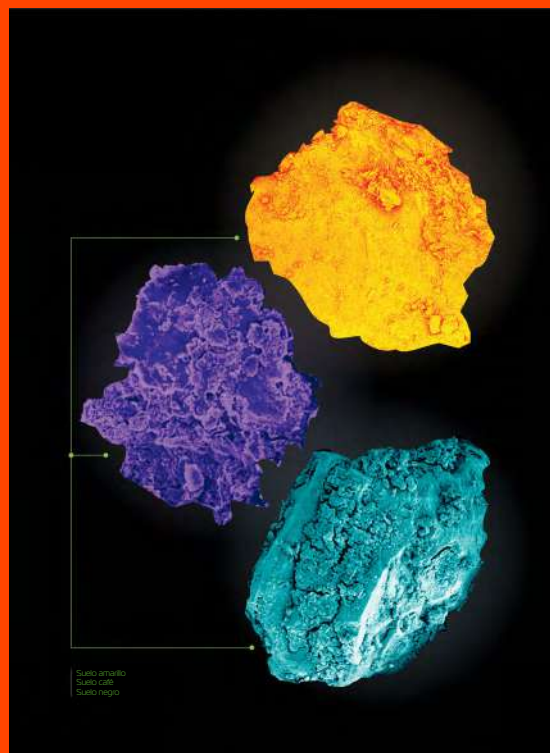




Suelo amarillo
Suelo café
Suelo negro



Título

Custos vitae,
agua y semilla

Técnica

Microscopía de barrido con agrupación de imágenes del detector de electrones secundarios y del detector de electrones retrodispersados. Colorización digital.

Autoría

Nydia Yadira Arias Morales
Juan Camilo Henao-Rojas
Paola Andrea Hormaza Martínez
Colorización: Jaime Wilches

Descripción

Estructura física de tres tipos de suelo, caracterizados visualmente como suelo amarillo, suelo café y suelo negro.

Capítulo VIII

Riego y drenaje para el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.) en el departamento de Antioquia

Carolina Zuluaga Mejía
Cristian Domínguez Pulgarín
Jorge Jaramillo Noreña
Carolina Ortiz Muñoz

Introducción

El cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.) es un cultivo representativo en la agricultura colombiana debido a su valor cultural, nutricional y económico. Su rendimiento y calidad están estrechamente ligados a prácticas agrícolas eficientes, destacando el manejo adecuado del suelo, el uso de maquinaria agrícola especializada y el manejo eficiente del agua en condiciones de exceso o escasez. La preparación del terreno con implementos agrícolas como arados de disco, rotocultores y rastras de discos permite obtener suelos sueltos y bien drenados, condiciones esenciales para el desarrollo óptimo de las raíces de la zanahoria. Según el Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú

(Senasa, 2020), los suelos arcillosos y compactos pueden provocar deformaciones en las raíces, afectando su calidad comercial. El uso de maquinaria adecuada facilita la descompactación del suelo, mejora la aireación y optimiza la estructura del terreno, factores que contribuyen a una mayor productividad y calidad del cultivo. Además, la incorporación de diferentes técnicas de maquinaria agrícola en el sistema productivo, como sistemas de precisión y automatización, ha demostrado que pueden incrementar la eficiencia en las labores de preparación del suelo, siembra y manejo de cultivos, potenciando la sostenibilidad y rentabilidad de la producción de zanahoria.

Propiedades físicas del suelo y movimiento de agua en el suelo

Para conocer las necesidades hídricas del cultivo de zanahoria, es necesario entender cómo ocurre el movimiento del agua entre el suelo, la planta y la atmósfera. A continuación, se explican algunas propiedades del suelo que permiten conocer el movimiento del agua.

Densidad aparente

Es la relación entre la masa y el volumen del suelo, teniendo en cuenta su organización, es decir, el volumen de los poros (Jaramillo, 2011). La forma más común para determinar la densidad aparente es el método del cilindro biselado diseñado por Coile en 1936 (figura 8.1), que consiste en introducir un cilindro verticalmente en el suelo, de manera que se disturbe lo menos posible la muestra (figura 8.1a), y luego se retira el cilindro lleno con muestra de suelo (figura 8.1b). En laboratorio se determina el peso seco del suelo contenido en el cilindro y su volumen, y la densidad aparente se calcula mediante la ecuación 8.1.

$$Dap = \frac{Ps}{Vt}$$

Ecuación 8.1

Donde:

Dap: densidad aparente (g/cm³)

Ps: peso del suelo seco (g)

Vt: volumen total del suelo ocupado en el cilindro (cm³)*

*El volumen total tiene en cuenta el volumen de aire, agua y sólidos.

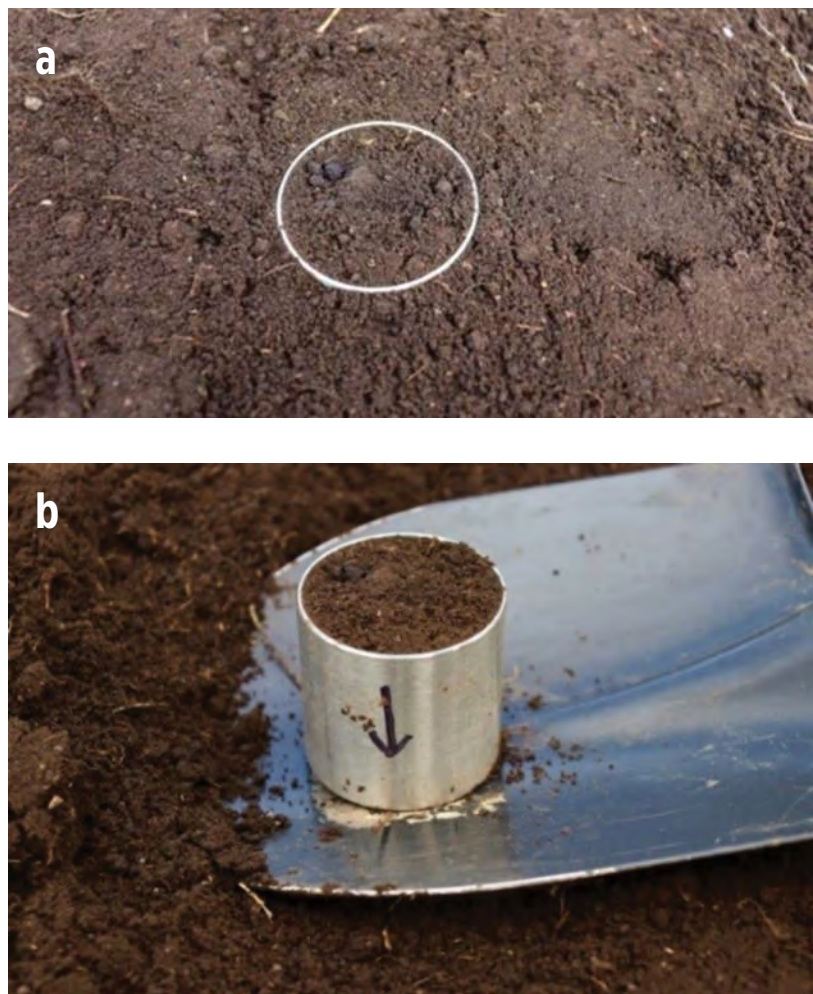


Figura 8.1. Técnica para la toma de muestra de densidad aparente del suelo. a. Inserción del cilindro en el suelo; b. Muestra de densidad aparente.

Fotos: Carolina Zuluaga

El Soil Survey Laboratory (SSL, 1995) considera que una densidad aparente mayor o igual a $1,8 \text{ mg/m}_3$ genera problemas para el crecimiento de las raíces, y valores entre $1,6$ y $1,8 \text{ mg/m}_3$ indican que la aireación y el movimiento del agua en el suelo son limitantes para el desarrollo de la planta.

Esta propiedad ayuda a identificar capas compactadas o con algún limitante físico en el suelo que pueda afectar el desarrollo del cultivo. Por ejemplo, valores mayores de densidad aparente indican compactación, mientras que valores menores indican alta presencia de materia orgánica. El SSL (1995) señala que, a mayor valor de densidad aparente, menor el espacio poroso para el movimiento del agua, crecimiento y penetración de raíces, y el desarrollo de las plántulas.

Porosidad

Corresponde al espacio ocupado por el agua y el aire en el suelo, y depende del tamaño y del arreglo de las partículas que lo conforman (Jaramillo, 2011). Se clasifica en microporosidad y macroporosidad. La microporosidad está conformada por los poros más pequeños del suelo y su función principal es retener el agua. Por su parte, la macroporosidad corresponde al volumen de poros grandes, cuya función es facilitar la aireación y el drenaje del suelo.

Textura del suelo

Es la cantidad de partículas finas del suelo con tamaño menor a 2 mm , que se agrupan en arenas, limos y arcillas. El tamaño de las partículas que predominan en el suelo determina

su textura; si las partículas que predominan son de tamaño grande, es un suelo de textura gruesa, pero si son de tamaño pequeño, es un suelo de textura fina (Jaramillo, 2011). Esto se determina en el laboratorio con el método del hidrómetro o de Bouyucos, que consiste en calcular los porcentajes de arena, arcilla y limo en el suelo.

Para estimar la textura se envían a laboratorio muestras disturbadas tomadas con barreno o palín (figura 8.2), cuyas cantidades dependen de la variabilidad y extensión del lote, aunque se recomienda que una muestra se componga de un mínimo de tres muestras o mediciones de cada una de las combinaciones de tipo de suelo y manejo en el lote.



Figura 8.2. Toma de muestra de suelo con barreno holandés.

Foto: Carolina Zuluaga

La textura o porcentaje de arena, limo y arcilla está relacionada con la velocidad de entrada del agua al suelo. Generalmente, los suelos arenosos o gruesos no compactados presentan una velocidad de entrada más rápida que los suelos arcillosos o finos (USDA, 1999). En trabajos de reconocimiento de suelos o cuando no se cuenta con el tiempo necesario para enviar muestras a laboratorio, es útil el método de la evaluación de la textura al tacto, para lo cual se toman aproximadamente 25 g de suelo seco sobre la palma de la mano y se observa el tamaño de sus agregados, se frota una pequeña cantidad entre el índice y el pulgar y se detalla cómo se siente al tacto (suave, áspera, sedosa). Luego, se frota cerca al oído y se determina si genera ruido (USDA, 1999). Posteriormente, se humedece la muestra lentamente, se amasa y se trata de formar una bola o cinta observando si se desmorona, se agrieta o es estable como plastilina (Jaramillo, 2011). Se aplasta la muestra entre el pulgar y el índice y se observa su pegajosidad entre los dedos. Finalmente, se hacen las anotaciones de todas las observaciones anteriores y, de acuerdo con estas características, se puede determinar la textura del suelo.

Características de la arena

- » Cuando está presente en el suelo en grandes cantidades, las partículas individuales se pueden observar y separar fácilmente.
- » Cuando se frota el suelo entre los dedos, se siente áspero y se escucha un ruido producido por la fricción de los granos de arena.
- » No se deja moldear fácilmente y no presenta pegajosidad.

Características de la arcilla

- » Cuando se le agrega agua en exceso, se siente jabonosa y resbaladiza.
- » Si se amasa, forma cintas, rollos o bolas firmes y sin grietas.

Características del limo

- » Tiene apariencia suave y sedosa en estado húmedo y apariencia polvosa en estado seco.
- » Forma grietas en el suelo cuando está seco.

Contenido de humedad del suelo

Curva de retención de humedad

Representa la relación entre el potencial total del agua del suelo y el contenido de humedad del suelo dentro de un amplio rango de tensiones. Esta curva se construye con datos tomados en laboratorio, donde se utilizan platos y ollas de presión para someter las muestras a diferentes presiones (0,1-0,3-1-5-10 y 15 atm).

Con este análisis se conocen las propiedades hidrofísicas del suelo como la capacidad de campo (CC), el punto de marchitez permanente (PMP) y otros puntos de retención intermedios, utilizados para hacer un manejo eficiente del agua al aplicar una lámina de riego más precisa. La CC es el contenido de humedad que retiene el suelo una vez ha drenado, luego de un riego abundante o inun-



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de
la cadena de valor de zanahoria en el
Oriente departamento de Antioquia

dación, y es considerado el contenido de humedad óptimo en el que la planta puede tomar el agua sin mayor esfuerzo. Por el contrario, la saturación es el contenido de humedad en el que tanto los macroporos como los microporos del suelo están completamente llenos de agua, y en este punto la planta no cuenta con la energía necesaria para extraer el agua del suelo, por lo que es una condición no ideal para el desarrollo de un cultivo.

El PMP es ese contenido de humedad en el que el suelo está tan seco que la planta no tiene el agua necesaria para sus funciones y causa un daño irreversible, por lo que es una condición que debe evitarse. La toma de muestra para este análisis es muy similar a la de densidad aparente, pero se debe tener especial cuidado con marcar una flecha en el sentido que entra el agua al suelo, como se puede observar en la figura 8.3.



Figura 8.3. Toma de muestra para retención de humedad.
Foto: Cristian Domínguez

A continuación, se presentan algunos resultados obtenidos en laboratorio para suelos ubicados en el Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia (tabla 8.1).

Tabla 8.1. Resultados curva de retención de humedad suelo 1

Punto	Valor %
0,1 bares	65,82
0,3 bares	65,56
1 bares	62,03
3 bares	60,37
15 bares	58,9

Fuente: Elaboración propia

El suelo 1 es de textura franco arcillosa y, según los resultados obtenidos (figura 8.4), se observa que el contenido de humedad ideal está entre el 63,56 y el 65,82 %, que es considerado un contenido de humedad alto. Los resultados para el suelo 2 se muestran en la tabla 8.2.

Tabla 8.2. Resultados curva de retención de humedad suelo 2

Punto	Valor %
0,1 bares	38,57
0,3 bares	34,52
1 bares	32,42
3 bares	31,61
15 bares	30,37

Fuente: Elaboración propia

El suelo 2 presenta una textura franco arenosa y, según la curva, se encuentra a capacidad de campo en un contenido de humedad entre el 34,52 y el 38,57 % (figura 8.4). En este sentido,

el suelo 1 presenta mayor capacidad de retención de humedad, por lo que es un suelo que necesita menos frecuencia de riego.

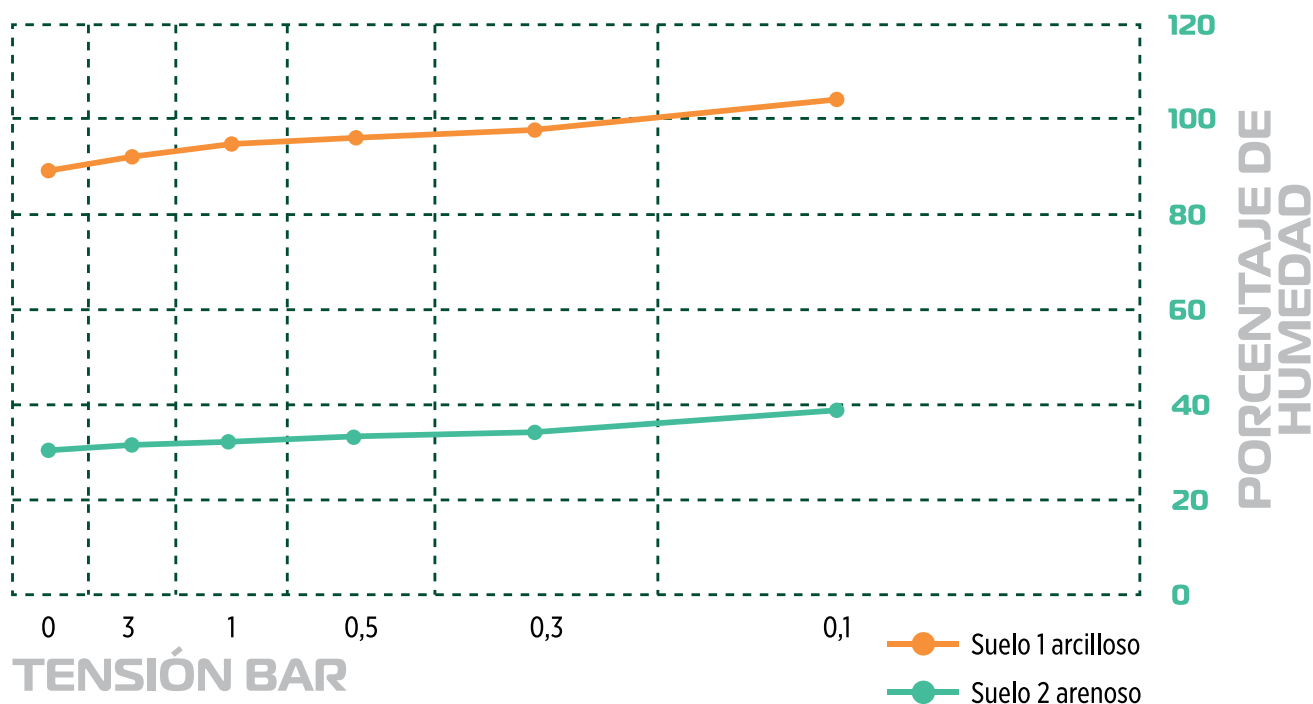


Figura 8.4. Curva de retención de humedad para dos tipos de suelo

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 8.4, el suelo arcilloso presenta una mayor capacidad de retención de agua en todo el rango de tensiones analizado, lo que indica que puede almacenar más agua útil para las plantas. En contraste, el suelo arenoso tiene un menor contenido de humedad a cada nivel de tensión, reflejando una baja capacidad de almacenamiento hídrico y una rápida pérdida de agua disponible. Esto implica que el suelo arcilloso permite intervalos de riego más largos, mientras que el arenoso requiere riegos más frecuentes para mantener la disponibilidad de agua para el cultivo.

Drenaje en el suelo

Las condiciones del clima en el Oriente antioqueño se caracterizan por presentar una temperatura entre 16 y 20 °C, régimen de lluvia bimodal con dos periodos de lluvia entre abril a mayo y entre octubre a noviembre, aunque esto puede variar significativamente, y las precipitaciones pueden oscilar entre 1.000 y 4.000 mm al año (Cornare, 2011).



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

Como ejemplo práctico, se utilizaron datos climáticos provenientes de las cartas meteorológicas de la estación del Aeropuerto José María Córdova del Ideam (figura 8.5), con el fin

de ilustrar el comportamiento promedio de la distribución de las lluvias a lo largo del año. A continuación, en la figura 8.5 se presenta dicha distribución mensual.

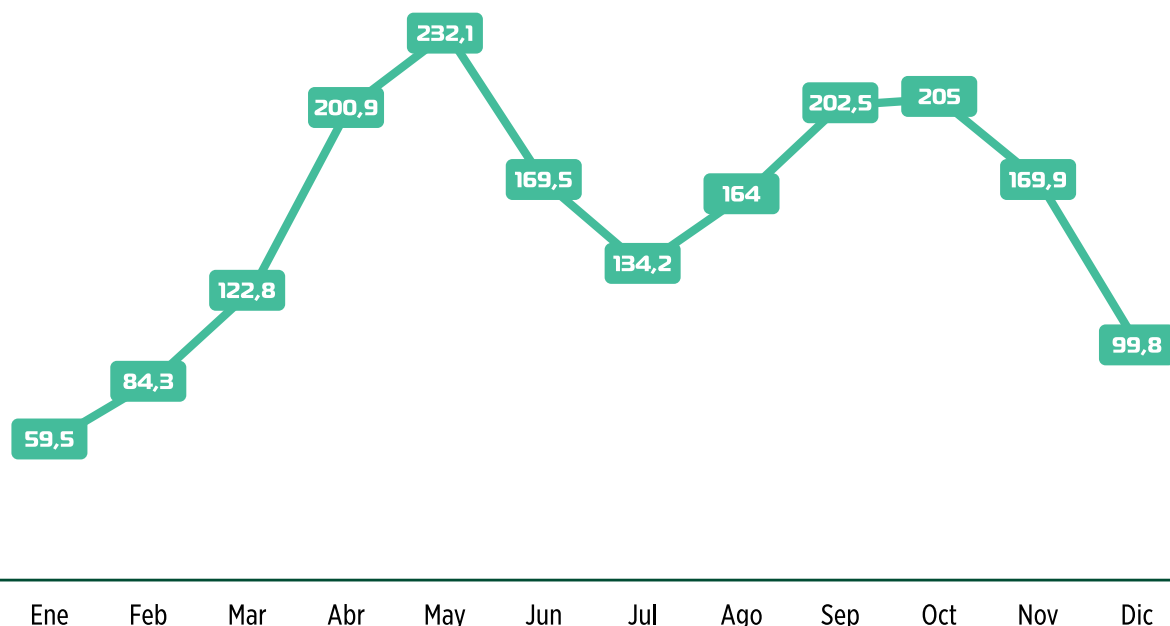


Figura 8.5. Precipitación promedio mensual.

Fuente: Ideam (2025)

La distribución mensual de la precipitación en el Oriente antioqueño evidencia una alta variabilidad a lo largo del año, con dos periodos marcadamente lluviosos entre abril y mayo, y nuevamente entre septiembre y octubre. En contraste, los meses de enero y febrero presentan las menores precipitaciones, configurando un periodo de déficit hídrico que puede afectar el establecimiento y desarrollo inicial de los cultivos si no se cuenta con riego complementario. Entre junio y agosto se observa una reducción intermedia de las lluvias, aunque sin llegar a condiciones de sequía severa. Este patrón confirma la necesidad de planificar el manejo del agua de acuerdo con la distribución bimodal de

las lluvias, aprovechando los meses húmedos para la recarga del suelo y programando el riego en los periodos secos.

Un alto régimen de lluvias durante ciertos periodos del año combinado con una topografía plana o casi plana causa niveles freáticos elevados (Salazar, 2010). Para el caso del cultivo de zanahoria es importante evitar encharcamientos en la parte superficial del suelo por largos periodos de tiempo, ya que un alto nivel freático es un obstáculo para el desarrollo de raíces y puede causar daño en el sistema radicular por el ataque de enfermedades (figura 8.6).



Figura 8.6. Lote de zanahoria con encharcamientos en la parte superficial del suelo. a. Encharcamiento en lote de zanahoria; b. Cunetas para drenaje de agua.

Fotos: Cristian Domínguez

Una forma sencilla de monitorear el nivel freático es hacer un hoyo en el suelo con un barreno holandés a una profundidad de 1 metro y evaluar a qué distancia se encuentra el agua de la superficie del suelo (figura 8.7).

No existen reportes de recomendaciones para mantener el nivel freático hasta cierta altura en zanahoria, pero Salazar (2010) recomienda mantener el nivel freático un 20 % por debajo de la profundidad promedio de raíces para cualquier cultivo, que para este caso llega hasta una profundidad de 70 cm, lo que equivale a un nivel de 84 cm.



**CAROTA
360°**

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia



Figura 8.7. Observación del nivel freático del suelo con la metodología del barreno holandés. a. Barreno holandés para muestreo en suelo; b. Pozo de observación abierto.

Fotos: Cristian Domínguez

Suelos del Oriente antioqueño

El Altiplano Norte del Oriente antioqueño, llamado también Valles de San Nicolás, está conformado por nueve municipios: El Carmen de Viboral, El Retiro, El Santuario, San Vicente de Ferrer, Rionegro, La Ceja, Marinilla, Guarne y La

Unión. Sobre esta zona se ubica gran parte de la producción de zanahoria en Antioquia, son suelos derivados de rocas ígneas con mantos de cenizas volcánicas (Fernández & Santa, 1964). Estos materiales parentales dan como resultado la meteorización de los suelos profundos, con texturas medias a livianas y alta capacidad de infiltración; el color varía de acuerdo con la precipitación, pero en general son suelos desde rojizos a pardo amarillentos.

Según la descripción hecha por Wright (1963) para los suelos de Suramérica, los derivados de cenizas volcánicas presentan horizontes altamente diferenciados: el primer horizonte generalmente es color negro o pardo oscuro, con textura franco o franco arenosa y alto contenido de materia orgánica. El subsuelo (horizonte B) es de color pardo amarillento a pardo oscuro, con textura franco o franco arcillosa. Los horizontes más profundos presentan cambios bruscos de textura y compactación. En general, son suelos bastante porosos, con una alta capacidad de retención de humedad. En cuanto a sus propiedades físicas, tienen pH altos con una cantidad de bases baja, alta capacidad de intercambio catiónico, alta fijación de fósforo, altos contenidos de aluminio libre y porcentajes elevados de nitrógeno (Wright, 1963).

Estas características físicas y químicas de los suelos condicionan la producción agrícola como rendimientos bajos en producciones con ausencia de fertilizantes, síntomas de toxicidad en los cultivos sensibles al aluminio, que son reducidos por la aplicación de fertilizantes fosfóricos, poca respuesta al enclavamiento y buena respuesta a la aplicación de nitrógeno (Fernández & Santa, 1964).

Necesidades hídricas del cultivo de zanahoria

El cultivo pierde agua mediante un proceso que se conoce como evapotranspiración: por un lado, la evaporación que ocurre en la superficie del suelo y, por otro, la transpiración que ocurre a través de los estomas, donde la planta pierde agua para regular la temperatura y, a la vez, permitir la absorción del dióxido de carbono (CO_2), necesario para la foto-

síntesis. El coeficiente de cultivo (K_c) indica cuánta agua pierde una planta por evapotranspiración, es decir, por la suma del agua que se evapora del suelo y la que la planta transpira. Cuando se riega lo que se busca es reponer esa cantidad de agua que pierde la planta en dicho proceso, lo cual depende en gran medida de factores como las condiciones climáticas del lugar, el tipo de suelo, el estado de desarrollo del cultivo y la pendiente del terreno.

Forero-Ulloa et al. (2015) identificaron tres estados de desarrollo para la zanahoria: la fase I, que es crecimiento y dura de los 0 a los 31 días, para la cual calcularon un K_c de 0,14; la fase II, que es elongación y dura de los 31 a los 89 días, para la cual calcularon un K_c de 0,29, y, por último, la fase III, que es madurez, con una duración de los 89 a los 125 días y un K_c de 0,55. Tomando los coeficientes del cultivo calculados por estos autores y las condiciones climáticas y del suelo del C. I. La Selva, se calcularon unas láminas de riego por cada etapa del cultivo, así: fase I, 52 milímetros por mes; fase II, 74 milímetros por mes, y fase III, 106 milímetros por mes, siendo este último el periodo de mayor necesidad de riego para el cultivo de zanahoria.

Criterios de riego en el Oriente antioqueño

Contar con información climática es fundamental para planificar el riego, gestionar eficientemente el recurso hídrico y tomar decisiones agronómicas adecuadas para el cultivo de zanahoria. El balance hídrico representa la relación entre la cantidad de agua que ingresa al sistema, a través de la precipitación, y la que se pierde por evaporación y transpiración de la planta. Este cálculo permite identificar los periodos del año en los que se presentan déficits o excesos de agua en el suelo.



En el Oriente antioqueño predominan condiciones climáticas húmedas, con una distribución irregular de las lluvias a lo largo del año. A partir de la información registrada por la estación meteorológica del Aeropuerto José María Córdova (Ideam, 2005), se estimó el balance hídrico mensual para

la zona de estudio, presentado en la tabla 8.3. No obstante, debido a la variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones, lo ideal sería realizar un seguimiento diario de la distribución de lluvias para optimizar la programación del riego y asegurar un uso eficiente del agua.

Tabla 8.3. Balance hídrico para la zona de estudio

Mes	Eto mm/mes	Precipitación mm	Balance hídrico
Ene.	94,4	59,5	-34,9
Feb.	93,9	84,3	-9,6
Mar.	95,2	122,8	27,6
Abr.	94,5	200,9	106,4
May.	94,1	232,1	138,0
Jun.	93,2	169,5	76,3
Jul.	94,4	134,2	39,8
Ago.	92,2	164	71,8
Sep.	91,8	202,5	110,7
Oct.	95,2	205	109,8
Nov.	94,4	169,9	75,5
Dic.	92,8	99,8	7,0

Fuente: Ideam (2025)

En el Oriente antioqueño, el balance hídrico mensual estimado con base en la evapotranspiración potencial, que es la máxima cantidad de agua que podría perderse por evapotranspiración, y la precipitación muestra déficit en los meses de enero y febrero, lo cual justifica la aplicación de riego complementario en este periodo. Durante el resto del año, la precipitación supera la evapotranspiración potencial, garantizando humedad suficiente para el desarrollo de los cultivos y reduciendo la necesidad de riego.

Esta información debe complementarse con las necesidades hídricas del cultivo de zanahoria presentadas anteriormente, a partir de las cuales se determinó la demanda de agua por etapa de desarrollo. Con base en estos datos, es posible estimar el agua disponible en el suelo y el agua requerida por el cultivo, lo que permite definir la frecuencia y cantidad de riego diario de manera más precisa, como se presenta en la tabla 8.4.

Tabla 8.4. Necesidad de riego del cultivo de zanahoria para la zona de estudio

Mes	Precipitación mm	Necesidad del cultivo de zanahoria				Balance hídrico		
		Fase I mm		Fase II mm	Fase III mm	Fase I mm	Fase II mm	Fase III mm
Ene.	59,5	52	74	106	7,5	-14,5	-46,5	
Feb.	84,3	52	74	106	32,3	10,3	-21,7	
Mar.	122,8	52	74	106	70,8	48,8	16,8	
Abr.	200,9	52	74	106	148,9	126,9	94,9	
May.	232,1	52	74	106	180,1	158,1	126,1	
Jun.	169,5	52	74	106	117,5	95,5	63,5	
Jul.	134,2	52	74	106	82,2	60,2	28,2	
Ago.	164	52	74	106	112,0	90,0	58,0	
Sep.	202,5	52	74	106	150,5	128,5	96,5	
Oct.	205	52	74	106	153,0	131,0	99,0	
Nov.	169,9	52	74	106	117,9	95,9	63,9	
Dic.	99,8	52	74	106	47,8	25,8	-6,2	

Fuente: Elaboración propia

Es importante aclarar que no existe una fórmula universal para establecer el criterio de riego, ya que cada zona y cultivo presentan condiciones particulares. Por ello, es fundamental que el productor desarrolle capacidades para interpretar la humedad del suelo, considerando su textura, capacidad de retención de agua y condiciones climáticas locales, factores que influyen directamente en la toma de decisiones adecuadas sobre el manejo hídrico.

Asimismo, el manejo eficiente del agua no se limita únicamente al uso racional del riego, sino también a la gestión del exceso de agua durante las épocas lluviosas, dado que, como se mencionó anteriormente, la saturación del suelo también puede reducir la productividad y calidad de la zanahoria.



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de
la cadena de valor de zanahoria en el
Oriente departamento de Antioquia



Foto: Carolina Ortiz

Sistema de riego para zanahoria

Para el cultivo de zanahoria no es común utilizar sistema de riego en el Oriente antioqueño, ya que se goza de una buena distribución de lluvias durante todo el año. Sin embargo, los sistemas de riego son recomendados para mantener y aumentar la productividad en todas las épocas del año. Lo más indicado en términos técnicos para zanahoria es el sistema de riego por aspersión o microaspersión, el cual consta de un mecanismo de impulsión que puede ser una bomba, un tanque o reservorio para almacenamiento de agua, una tubería o manguera de conducción desde el tanque hasta el cultivo, y unas mangueras o tuberías de distribución con los aspersores. La tabla 8.5 presenta una cotización de un diseño estándar para zanahoria con un área de 1.400 metros cuadrados, que consta de una línea principal de 30 metros y cuatro derivaciones de 49 metros de largo y una bomba de 1 HP. Este sistema se diseña con manguera y acoples rápidos, de manera que se pueda montar y desmontar fácilmente según la necesidad del productor. Se utiliza un aspersor con radio de cobertura de 14 metros, ubicado cada 7 metros para obtener una buena área de mojado.

Tabla 8.5. Cotización de materiales para la instalación de un sistema de riego para zanahoria (precios de 2024)

Accesorio	Dimensión	Cantidad	unidad	Precio unitario	Precio total
Manguera de polietileno calibre 40	1 1/2 pulgada	200	metros	\$5.700	\$1.140.000
Manguera de polietileno calibre 40	1 pulgada	200	metros	\$2.841	\$568.200
Collarín de derivación	de 1 1/2 pulgada a 1 pulgada	4	unidad	\$10.900	\$43.600
Macho de PVC	1 pulgada	6	unidad	\$1.800	\$10.800
Válvula de bola en PVC lisa	1 pulgada	4	unidad	\$10.000	\$40.000
Adaptador hembra de PVC	1 pulgada	4	unidad	\$2.000	\$8.000
Tubo de PVC de presión RDE 21	1 pulgada	1	unidad	\$30.000	\$30.000
Tubo de PVC de presión RDE 13.5	1/2 pulgada	5	unidad	\$13.700	\$68.500
Tapón roscado de PVC	1 1/2 pulgada	2	unidad	\$12.000	\$24.000
Unión rápida	1 1/2 pulgada	2	unidad	\$40.000	\$80.000
Collarín de derivación	1 pulgada a 1/2 pulgada	28	unidad	\$13.000	\$364.000
Adaptador macho de PVC	1/2 pulgada	28	unidad	\$300	\$8.400
Macho rápido	1 1/2 pulgada	4	unidad	\$35.600	\$142.400
Macho rápido	1 pulgada	12	unidad	\$11.500	\$138.000
Tapón roscado	1 pulgada	4	unidad	\$2.300	\$9.200
Adaptador hembra de PVC	1/2 pulgada	28	unidad	\$600	\$16.800
Cinta teflón		10	unidad	\$750	\$7.500
Soldadura PVC		1	Unidad 1/4 galón	\$83.000	\$83.000
Limpiador de PVC		1	Unidad 1/4 galón	\$40.000	\$40.000
Aspersor con radio de cobertura de 14 m		28	unidad	\$18.000	\$504.000
1 bomba de 1 HP		1	unidad	\$1.500.000	\$1.500.000
Tanque de 2.000 litros		1	unidad	\$1.000.000	\$1.000.000
Filtro de anillos	1 1/2 pulgada	1	unidad	\$200.000	\$200.000
Total			\$6.026.400		

Fuente: Elaboración propia



CAROTA
360°
200

Modelo integral para el desarrollo de
la cadena de valor de zanahoria en el
Oriente departamento de Antioquia

Los costos presentados en la tabla 8.5 corresponden a un área de 1.400 metros cuadrados y, al escalarlo a una hectárea, se obtiene un costo total para el sistema de riego de \$25.000.000 por ha. A continuación, en las figuras 8.8 a 8.15, se presentan los implementos e instalación de los acoples rápidos mencionados.

Para el acople entre tubo y manguera (figura 8.8), se requiere un macho rápido (1) y un adaptador hembra de PVC (2).



Figura 8.8. Acople entre manguera y tubo. 1. Macho rápido y 2. Adaptador hembra de PVC.

Foto: Carolina Zuluaga

Para las derivaciones de manguera de una pulgada y media a manguera de una pulgada, se usan collarines de derivación (figura 8.9), y se puede ver que estos collarines tienen rosca (3a) que acopla con machos de PVC. Estos se instalan en la manguera (figura 8.10), la salida se acopla con un adaptador macho (5) y, posteriormente, se inserta un pequeño tramo de tubo (6) que se pega a la válvula (7), como se puede observar en la figura 8.10.



Figura 8.9. Collarín de derivación.

Foto: Carolina Zuluaga

Luego, se inserta otro tramo de tubería (8) y un adaptador hembra de PVC (9) que se acopla a un macho rápido (10) para nuevamente pasar a manguera (11) (figura 8.10).



Figura 8.10. Derivación a línea de aspersores.

Foto: Cristian Domínguez

En la manguera de una pulgada (11) se instala un collarín de derivación de una pulgada a media pulgada (12) y se acopla con el adaptador un macho de PVC de media pulgada (13); posteriormente, se añade un tramo de tubería de media pulgada (14) con la longitud recomendada por el fabricante del aspersor (entre 50-100 cm), como se puede ver en la figura 8.11.



Figura 8.11. Instalación del aspersor.

Foto: Cristian Domínguez

Otra opción que reemplaza al collarín de derivación se puede ver en la figura 8.12. Consiste en usar un acople rápido en Tee (15), donde el acople al aspersor es el mismo que con el collarín.



Figura 8.12. Otra opción para el acople del aspersor.

Foto: Cristian Domínguez

Para conectar el aspersor, se acopla un adaptador hembra (17) en el tubo de media pulgada (16) y se enrosca con el aspersor (18). La figura 8.13 muestra un microaspersor que se puede usar en el cultivo de zanahoria y otras hortalizas, pero también se presenta otra opción de mayor caudal, como el aspersor de la figura 8.14.



Figura 8.13. Microaspersor para zanahoria.

Foto: Carolina Zuluaga

Nota. Resolución mejorada con ayuda de Codex en ChatGPT.



Figura 8.14. Aspersor de mayor caudal para zanahoria.

Foto: Cristian Domínguez

Es importante tener en cuenta que, con la presión, el aspersor se puede mover del sitio, por lo que es importante añadirle una estaca que lo sujete al suelo.



Figura 8.15. Final de manguera para lavado.

Foto: Cristian Domínguez

Para los tapones de lavado al final de las mangueras (19), se utiliza un adaptador macho rápido (20) y se le adapta un tapón roscado al final (21), como se puede observar en la figura 8.15. Estos tapones de lavado son indispensables para el buen mantenimiento del sistema de riego.

El manejo eficiente del riego y el drenaje no es solo una herramienta técnica, sino un camino hacia una agricultura sostenible. A lo largo de este capítulo, hemos explorado cómo estas prácticas permiten maximizar la productividad agrícola, optimizar el uso del recurso hídrico y mitigar los impactos de fenómenos como la sequía o el exceso de agua.

En contextos como las zonas de alta montaña, donde los recursos son limitados y las condiciones climáticas representan un desafío constante, implementar tecnologías adaptadas y estrategias de manejo del agua es clave para garantizar no solo la producción de alimentos, sino también la conservación de los ecosistemas y el bienestar de las comunidades rurales.

Hacia el futuro, la integración de tecnologías como los sensores de humedad del suelo y los sistemas de información geográfica abre nuevas posibilidades para transformar el riego y el drenaje en herramientas aún más precisas y sostenibles. Sin embargo, el éxito de estas estrategias dependerá de un esfuerzo conjunto: investigación aplicada, políticas públicas inclusivas y el compromiso activo de los agricultores.



Para no olvidar...

- » La densidad aparente (D_a) es la propiedad que ayuda a identificar capas compactadas o con algún limitante físico en el suelo que pueda afectar el desarrollo del cultivo; a mayores valores, mayor compactación.
- » Una densidad aparente mayor o igual a $1,8 \text{ mg/m}^3$ genera problemas para el crecimiento de las raíces, y valores entre $1,6$ y $1,8 \text{ mg/m}^3$ indican que la aireación y el movimiento del agua en el suelo son limitantes para el desarrollo de la planta.
- » El suelo arcilloso presenta una mayor capacidad de retención de agua, es decir que puede almacenar más agua útil para las plantas permitiendo intervalos de riego más largos.
- » El suelo arenoso tiene una menor capacidad de retención de agua, reflejando una baja capacidad de almacenamiento hídrico y una rápida pérdida de agua disponible; esto implica que requiere riegos más frecuentes para mantener la disponibilidad de agua para el cultivo.
- » El manejo eficiente del agua es uno de los pilares fundamentales para garantizar el éxito agronómico del cultivo de zanahoria, por su impacto directo en el rendimiento, la calidad de la raíz y su relación con la sostenibilidad de los sistemas agrícolas.

Conclusiones y perspectivas de los autores

- » A lo largo del capítulo se ha demostrado que variables como la densidad aparente, la textura del suelo, la porosidad y la retención de humedad son determinantes para diseñar esquemas de riego acordes con las condiciones del terreno y las necesidades fisiológicas de la planta.
- » La aplicación de conceptos técnicos como la curva de retención de humedad, la determinación del nivel freático y la estimación de las láminas de riego por etapas fenológicas permite al agricultor tomar decisiones más precisas, evitando tanto el estrés hídrico como los excesos de agua que pueden generar enfermedades y pérdida de calidad comercial. Igualmente, se resalta el valor del drenaje superficial y profundo, especialmente en zonas como el Oriente antioqueño, donde las altas precipitaciones y suelos con horizontes compactos pueden dificultar el desarrollo radicular y aumentar el riesgo fitosanitario.
- » El diseño y la descripción detallada de un sistema de riego por aspersión para pequeñas áreas constituye un aporte práctico valioso, que ilustra cómo es posible adaptar soluciones tecnológicas accesibles a las realidades del productor local. Si bien en muchas zonas de montaña no se utiliza riego debido a la distribución de lluvias, contar con estos sistemas puede ser determinante para estabilizar la producción durante épocas secas, reducir riesgos climáticos y aumentar la competitividad.
- » Desde la perspectiva del autor, el futuro del riego en cultivos como la zanahoria pasa por la integración progresiva de tecnologías de bajo costo, como sensores de humedad, monitoreo climático y control automatizado. Sin embargo, para que esto sea viable, se requiere avanzar en la capacitación de los productores, la disponibilidad de servicios técnicos de calidad y la formulación de políticas públicas que fomenten la modernización del riego sin excluir a pequeños agricultores.
- » En síntesis, el agua no debe ser vista solo como un recurso, sino como un factor de diseño agronómico estratégico. Un buen manejo del riego y el drenaje no solo mejora la productividad y la calidad del cultivo de zanahoria, sino que representa un camino hacia una agricultura más eficiente, resiliente y sostenible.

Referencias

- Cornare. (2011). *Zonificación de riesgo por movimientos en masa, inundación y avenidas torrenciales. Atención de áreas afectadas por eventos desastrosos en el municipio de Rionegro*. <https://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/RIONEGRO/Informe-Rionegro.pdf>
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos [USDA]. (1999). *Guía para la evaluación de salud y calidad del suelo*. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/gu%C3%ada%20para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20calidad%20y%20salud%20del%20suelo.pdf>
- Fernández, F., & Santa, N. (1964). *Estudio general de suelos del Oriente antioqueño*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <https://biblioteca.igac.gov.co/janium/Documentos/1157e2.pdf>
- Forero-Ulloa, F. E., Cely-Reyes, G. E., & Neira-Rodríguez, D. E. (2015). Requerimientos hídricos de la zanahoria (*D. carota* L.) durante tres etapas de su desarrollo. *Ciencia y Agricultura*, 12(2), 43-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5399612>
- Jaramillo, J. D. (2011). *El suelo: origen, propiedades, espacialidad*. Universidad Nacional de Colombia.
- Salazar, C. (2010). *El drenaje agrícola en el cultivo del banano: aplicado a las zonas bananeras de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [Senasa]. (2020). *Guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) para el cultivo de zanahoria*. <https://www.gob.pe/es/i/939540>
- Soil Survey Laboratory [SSL]. (1995). *Soil Survey Laboratory Information Manual* (Vol. 1).
- Wright, S. (1963). *Los suelos humo-alófanos de Sur América* [manuscrito no publicado].

