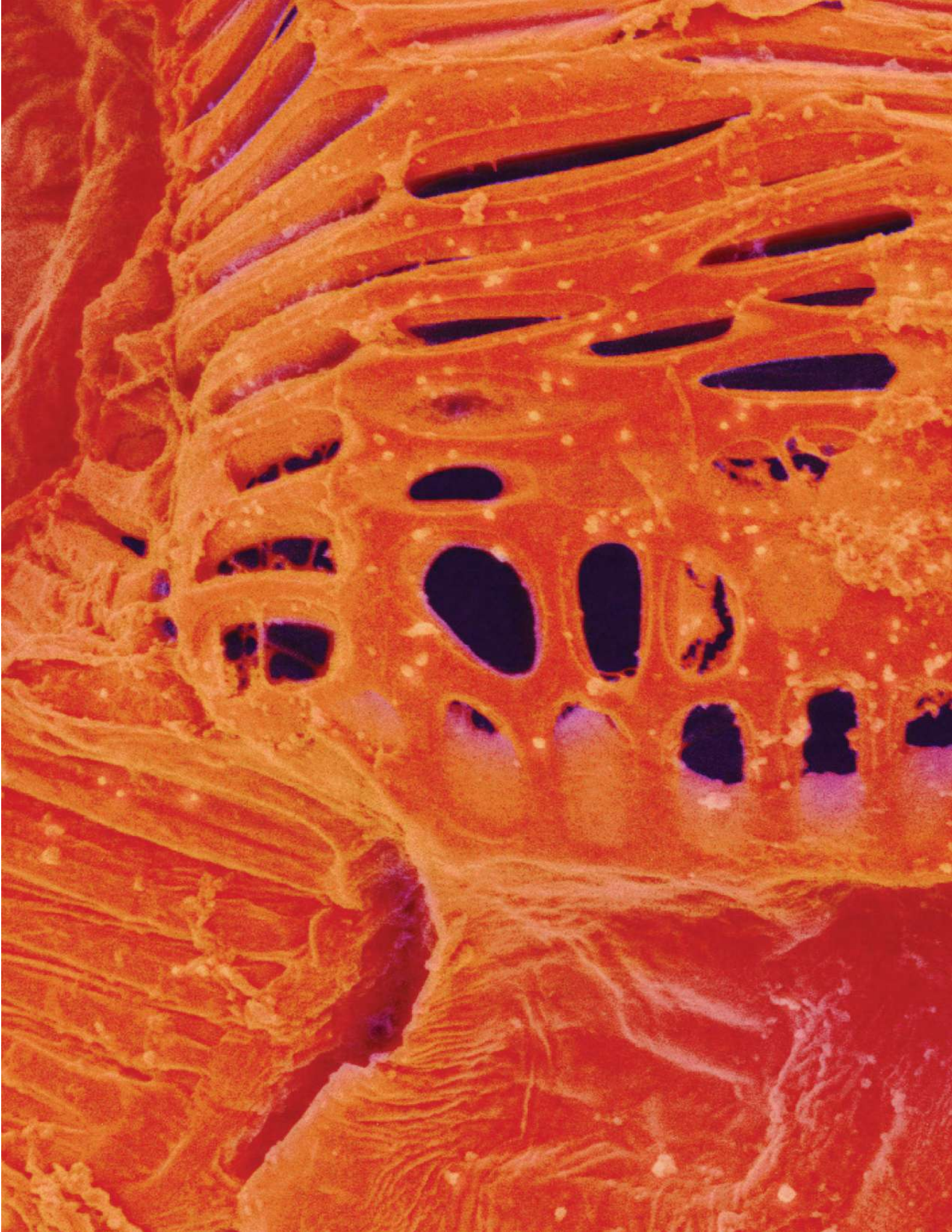
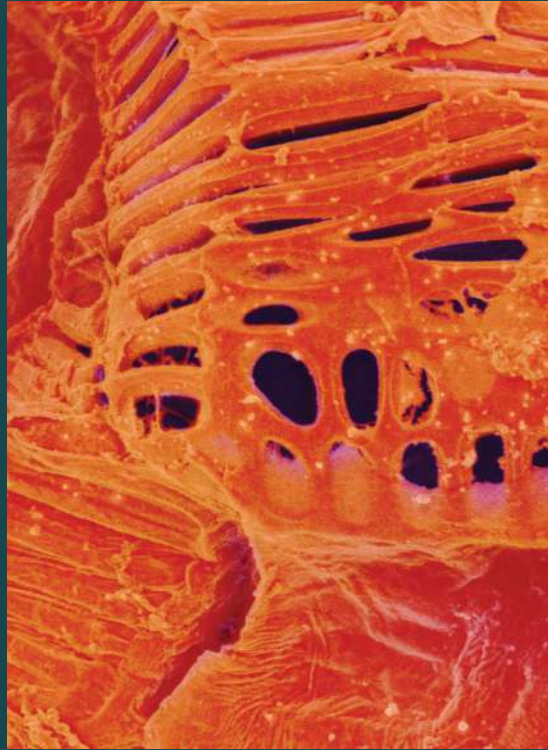






Título

Deshidratación

Técnica

Microscopía de barrido SEM (*scanning electron microscope*) con agrupación de imágenes del detector de electrones secundarios y del detector de electrones retrodispersados. Coloración digital.

Autoría

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

Descripción

Sección de raíz en donde se presenta el colapso de las estructuras de los haces vasculares por deshidratación.

Capítulo XII

Cosecha y poscosecha de la zanahoria

Germán Franco
Luz Mary Quintero Vásquez

Importancia de la poscosecha

La zanahoria es una fuente alimenticia rica en provitamina A y carotenoides, por lo cual hace parte de la dieta alimenticia de una gran cantidad de personas; es una de las hortalizas más consumidas y producidas, y actualmente es considerada una de las diez especies más importantes en términos económicos en el mundo (Rodrigues et al., 2022).

En el eslabón de la producción agrícola, la información mundial indica que las mayores pérdidas de vegetales frescos se producen en la etapa de poscosecha, donde las frutas y las verduras tienen la mayor participación, puesto que de cada tres toneladas se pierde o se desperdicia una. Ampliando la mirada a la cadena de todos los alimentos que se pierden y desperdician, el 64

% ocurre en las etapas de producción, poscosecha, almacenamiento y procesamiento industrial; el 14 % se pierde en la cosecha y distribución, correspondiente a 400.000 millones de USD aproximadamente, y el porcentaje restante está representado por los desperdicios generados en el comercio minorista y el consumo de los hogares (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2021).

Conceptualmente, la pérdida y el desperdicio de alimentos son diferentes. Básicamente, la **pérdida de alimentos**¹ ocurre a lo largo de la cadena de suministro alimentaria, desde la cosecha hasta el nivel minorista, pero no lo in-

¹ Este concepto incluye los subproductos de zanahoria identificados en dos localidades de Antioquia, Colombia.

cluye, y es el resultado de las acciones de los proveedores, lo que afecta el suministro de alimentos. Por su parte, el **desperdicio de alimentos** se produce a nivel de la venta al por menor y el consumo (FAO, 2019). La figura 12.1 muestra

las etapas del proceso en donde ocurre pérdida y desperdicio de alimentos (PDA) a lo largo de la cadena de suministro de zanahoria, desde la producción hasta su consumo final en los hogares y comercios, así como las principales causas.

Pérdida de alimentos



En los lotes

Se realiza la selección de zanahorias, de acuerdo con su calidad, en buena, regular y mala, empacadas en tres tipos de costales. Los menores ingresos ocurren cuando la zanahoria no es comercializada con el valor total, comparada con las zanahorias de mejor calidad, y también se representa por la presencia de semillas de zanahorias blancas del 2 % (mano de obra, insumos y semilla). Los productores indican que la falta de controles químicos preventivos puede producir pérdidas por ataque de plagas y enfermedades entre el 80 y el 100 % de la producción.



Lavado

En el proceso de lavado de la zanahoria, sea manual o mecánico, una vez es descargada de la máquina y pasa a la plataforma, se empaqueta por tipo embudo. Allí se realiza una selección rápida de las zanahorias que no cumplen con la calidad del mercado por daño sanitario o físico.



Desperdicio de alimentos

Transporte

Inadecuadas condiciones de transporte (falta de cobertura o refrigeración). Una buena infraestructura y una logística comercial eficaz podría evitar la pérdida de alimentos. La elaboración y el envasado son determinantes en la conservación de alimentos, y las pérdidas suelen deberse a instalaciones obsoletas.



Consumidores - Hogar

Se relaciona con rutinas de provisión inadecuadas, preocupaciones por la inocuidad, la planificación de las compras y las comidas, exceso de compra (influido por porciones y grandes tamaños de envases) confusión sobre las etiquetas y almacenamiento inadecuado en el hogar.

Selección final

Sucede luego del lavado manual en poceta o en quebrada. El productor extiende la zanahoria en patio o manga, y manualmente realiza otra selección rápida de las zanahorias, empacando las adecuadas y descartando las que no cumplen con la calidad del mercado por daño sanitario o daño físico.

Figura 12.1. Momentos de la cadena de suministro de la zanahoria en Marinilla y El Santuario, y características de las pérdidas y desperdicios.

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2019).

Fotos: Luz Mary Quintero Vásquez y Jaison Martínez Saldarriaga



CAROTA
360°

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

La Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015) señala que se requiere mitigar los índices de PDA, lo cual comprende uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente la meta 12.3: “De aquí a 2030, reducir a la mitad el desperdicio [...] y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha”, ya que sus incrementos impactan negativamente la seguridad alimentaria y la nutrición.

Además, esta problemática incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que representan el 7 % de las emisiones globales, y en consecuencia aumenta la contaminación del medio ambiente, la degra-

dación de los ecosistemas naturales y la pérdida de biodiversidad. Además, las PDA también afectan el uso del suelo, pues se ocupa el 30 % de tierras con vocación agrícola en la producción de alimentos que nunca serán consumidos (FAO, 2012).

Las PDA en el mundo presentan variaciones significativas según el tipo de producto agrícola. Los cultivos como raíces, tubérculos y oleaginosas reportan los niveles más altos de mermas, seguidos por las frutas y las hortalizas (figura 12.2). Este comportamiento es esperable, considerando que frutas y hortalizas son productos con alta perecibilidad, debido a sus características fisiológicas y bioquímicas (FAO, 2019).

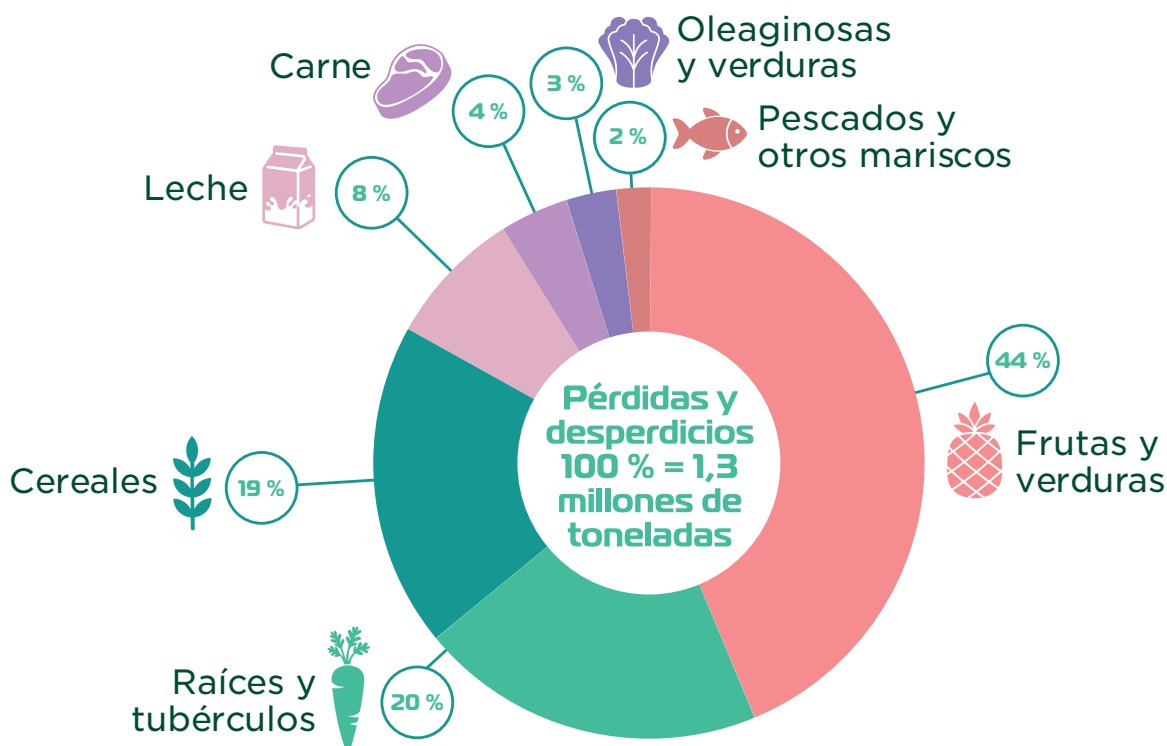


Figura 12.2. Pérdidas y desperdicios de alimentos de acuerdo con el grupo de productos.

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2019) e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2024)

En Colombia, el eslabón con mayor participación en las PDA del total de los alimentos es el agropecuario, con el 40,5 %, seguido por la distribución y el comercio minorista, con el 20,6 %, luego están la poscosecha (19,8 %) y el almacenamiento y consumo (15,6 %) (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2016). En cuanto a zanahoria, ubicada dentro del segmento de las raíces y tubérculos, las pérdidas y desperdicios alcanzan valores cercanos al 30 % (Kaur et al., 2020; Rodrigues et al., 2022), información que coincide con lo reportado por Ochoa (2015) y por el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano (Pectia, 2016), que identificaron que los subproductos² de hortalizas participaron con un 25-30 %, situación que a la fecha no ha cambiado. Por su parte, Quintero y Franco (2023) identificaron en fincas de productores de zanahoria en los municipios de Marinilla y El Santuario 27,5 % de subproductos categorizados como zanahoria de calidades de segunda y tercera.

En el sector de los hogares, el desperdicio equivale a 32 kg per cápita, siendo las raíces y tubérculos el rubro más desperdiciado, con 800.000 t/año. Finalmente, se observa que las pérdidas en Colombia en cuanto a raíces y tubérculos son siete puntos porcentuales superiores con respecto al resto del mundo, lo que la convierte en una situación preocupante que debe ser atendida de manera urgente (DNP, 2016). Reducir las pérdidas en poscosecha resulta más estratégico para el ambiente, la sostenibilidad y la economía territorial que ampliar las áreas de producción para compensarlas.

Planella (1987) indica que la poscosecha es el “lapso o periodo de tiempo que transcurre desde el momento mismo en que el producto es retirado de su fuente natural y acondicionado en la finca, hasta el momento en que es consumido bajo su forma original o sometido a la preparación culinaria o al procesamiento y transformación industrial”.

Atendiendo a lo anterior, cuando se ha realizado un manejo integral del cultivo incluyendo estrategias como las planteadas por Kader (2007a), mediante la aplicación de buenas prácticas de cultivo, el uso de genotipos adaptados a los ambientes de producción, cosecha en el momento óptimo y un manejo en poscosecha que asegure el mantenimiento de la calidad y la inocuidad del producto, es de esperar que en la recolección se logren los beneficios de este esfuerzo. Sin embargo, cuando el manejo ha sido deficiente, la zanahoria obtenida no será de buena calidad para satisfacer los requisitos del mercado y es seguro que los recursos que se invirtieron durante meses —como insumos, recursos naturales, recursos humanos y el crédito para la producción— se habrán perdido parcial o totalmente. Similar a lo expresado para la fase de producción, si durante la etapa de poscosecha la zanahoria no se maneja correctamente, se puede malograr la calidad obtenida; por lo tanto, existirá la posibilidad de que gran parte de la inversión realizada por el productor se pierda o su cosecha sea comprada a precios inferiores a los esperados.

Obtenido el producto con las mejores condiciones de calidad, hay que tener en cuenta que

² Un subproducto es todo aquel bien que se obtiene de manera secundaria dentro del proceso productivo, es decir, que se consigue al mismo tiempo que el producto principal, pero tiene un valor de venta mucho menor que este.



este concepto abarca diferentes características, pues en cuanto al cliente final, es importante satisfacer sus expectativas debido a que el consumidor espera un producto que reúna los requisitos según el uso final que le vaya a dar. En el caso de la zanahoria se tiene en cuenta la frescura, la firmeza, que no presente daños mecánicos, el color, la forma, el tamaño, el sabor y la crujencia, además del valor nutritivo y las propiedades benéficas para la salud, inocuidad y precio.

La tendencia mundial de los consumidores hacia el área de productos frescos con algún grado de adecuación o listos para consumir, dada su comodidad y rapidez de preparación, ha propiciado el crecimiento de este mercado con ofertas como zanahorias peladas, troceadas, en conserva y dosis unitarias, algunas de las cuales se presentan con salsas u otros acompañantes y que son preferidas por determinados segmentos de consumidores que aprovechan estos beneficios y contribuyen a un menor desperdicio. El productor y el comercializador juegan un rol importante en la producción y distribución, puesto que de ellos depende la obtención y preservación de la calidad; ellos deben comprender que la pérdida de calidad en los productos frescos es acumulativa, pues cada episodio de mal manejo reduce la calidad al consumidor final (Bruhn, 2007; Sargent et al., 2019). Barrett et al. (2010) consideran que la calidad de un vegetal está determinada por cuatro características: 1) color y apariencia, 2) sabor y aroma, 3) textura y 4) valor nutricional. Estos factores son intrínsecos a la zanahoria, pues a los ojos del consumidor su color y forma son llamativos, posee un agradable sabor y aroma en fresco, y en diversas preparaciones su crujencia la hace apetecible, además de con-

siderarse la reina de los carotenos (potentes antioxidantes).

Con el objetivo de mantener la calidad del producto en la poscosecha, se deben conocer los factores que influyen sobre la hortaliza y los cambios que sufre durante este periodo. Las actividades de la poscosecha se encargan de conectar la producción en campo, los parámetros de calidad exigidos por el cliente, los consumidores y la agroindustria, por lo que se debe garantizar que el producto seleccionado que llega a este eslabón de la cadena cumpla con los estándares requeridos. Esto se logra mediante todas las labores que en esta etapa mantengan su integridad, evitando diferentes fuentes de daño y, además, se pueda cumplir con mejores aspectos de calidad para lograr los mayores márgenes de utilidad.

Para realizar la cosecha y la poscosecha de la mejor forma posible, es importante conocer algunos aspectos de la fisiología de la zanahoria (raíz), los cuales explican su respuesta bajo diferentes condiciones o estímulos ambientales; esta información le permitirá al agricultor mantener la calidad final de su producto.

Según Almeida y Zambrano (2007, p. 15), “la zanahoria fisiológicamente tiene relación entre la tasa de respiración y la composición química, la cual varía según el estado de desarrollo de la raíz, aumentando las cantidades emitidas de CO_2 a medida que crece, logrando un equilibrio cuando adquiere el volumen de cosecha”. Además, al ser un órgano de almacenamiento, la zanahoria conserva la mayoría de sus sistemas reguladores bioquímicos, y por ende sus propiedades, por cierto tiempo después de la recolección.

Aspectos fisiológicos de la poscosecha

Con el estudio y entendimiento de los procesos fisiológicos que ocurren en los productos hortifrutícolas después de cosechados, se puede programar la realización del mejor manejo del vegetal, de tal forma que llegue en las mejores condiciones al eslabón final de la cadena de producción.

Respiración en poscosecha

Para realizar el mejor manejo de la zanahoria durante la cosecha y en poscosecha, hay que tener en cuenta que este vegetal es una estructura viva, que respira, transpira, se envejece y muere como todo ser viviente; por lo tanto, existen factores que favorecen ciertas características del proceso natural de maduración. Esta hortaliza tiene un patrón de respiración no climatérico, es decir que madura mientras está adherida a la planta madre y este proceso se detiene después de ser cosechada; además, su calidad se ve seriamente afectada si se cosecha antes de alcanzar completamente su maduración. Esta hortaliza presenta una tasa respiratoria con una disminución lenta y progresiva hasta las últimas etapas del desarrollo y luego de la cosecha, hasta la muerte del vegetal (Wills et al., 1984; Simson & Straus, 2010).

La respiración es el proceso metabólico que realiza la planta mediante el cual los compuestos orgánicos almacenados como carbohidratos, proteínas y grasas son desdoblados a otros productos más sim-

ples. Para respirar, las plantas utilizan oxígeno (O_2) y producen dióxido de carbono (CO_2), con liberación de energía (figura 12.3). Los productos recién cosechados no pueden reemplazar los carbohidratos ni el agua perdidos después de la cosecha, puesto que se separaron de la planta madre; por lo tanto, la respiración proporciona estos compuestos y utiliza el almidón o el azúcar almacenados y otras moléculas para mantener vivo el vegetal en la etapa de poscosecha. Debido a que durante la respiración se van perdiendo paulatinamente las reservas alimenticias, acumuladas por la planta durante la etapa de cultivo, se produce la senescencia y el producto muere y se descompone; entonces, en la medida que se agotan las reservas, se disminuirá la vida útil, lo que trae como consecuencias para el consumidor la disminución del valor alimenticio, del sabor (dulzura), del peso y, en caso de haberse realizado una deficiente poscosecha en campo, pérdidas económicas para el productor (Kader & Saltveit, 2002; Simson & Straus, 2010).

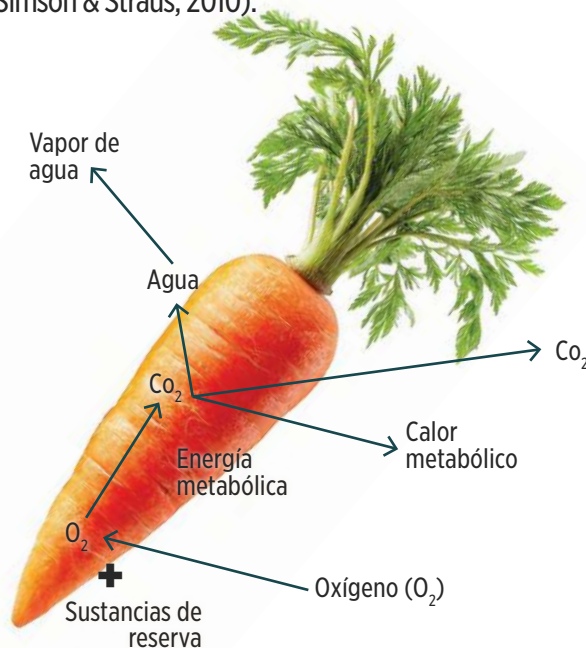


Figura 12.3. Esquema del proceso respiratorio en zanahoria.

Fuente: Elaboración propia

Es importante tener en cuenta la relación inversa entre la intensidad respiratoria (IR) y la vida útil de los vegetales frescos (Kader & Salveit, 2002); es decir, a una mayor IR se tendrá una menor duración del vegetal después de cosechado. La vida útil de la zanahoria con el follaje se clasifica como un vegetal con baja (5-10 mL CO₂/kg · h) a moderada respiración (11-20 mL CO₂/kg · h) en condiciones de almacenamiento de 5 °C, lo que indica un potencial de conservación medio (4 a 8 semanas) (Kader & Salveit, 2002; Kader, 2007a).

Transpiración y pérdida de agua

La transpiración es un proceso físico consistente en el intercambio de agua entre el agua libre del vegetal (zanahoria) y el ambiente donde este se encuentre, lo que se manifiesta a través de la evaporación del agua libre de los tejidos del producto (Kader, 2007b) y pérdida de peso, hecho que disminuye los ingresos durante la comercialización. El contenido de humedad en el aire es un factor que condiciona la pérdida de agua del producto. En el interior de la planta se encuentran los espacios de aire necesarios para que el agua y los gases puedan entrar y salir en todas sus partes; el aire en estos espacios tiene vapor de agua, el cual hace presión y escapa al ambiente a través de los poros de la superficie del vegetal, lo que produce su pérdida y deshidratación (Simson & Straus, 2010).

La pérdida de agua se acelera cuando el flujo del aire sobre el producto tiene alta velocidad (Simson & Straus, 2010). Por ello, cuando la za-

nahoria no se protege de las corrientes de aire durante el transporte, pierde gran cantidad de agua y, por tanto, de peso vendible. Los productos frescos recién cosechados siguen perdiendo agua, pero, a diferencia de cuando están adheridos a la planta en el campo, ya no pueden reemplazar el agua y, por consiguiente, consumen el agua que tiene el producto al momento de la cosecha (Simson & Straus, 2010). La zanahoria presenta en promedio un 86 % de humedad (Srivalli et al., 2022) y, después de la cosecha, la raíz (zanahoria) no puede reponer el agua que pierde. Esto, sumado a un mal manejo en poscosecha, ocasiona que el producto se torne marchito, pierda peso (Simson & Straus, 2010) y disminuya su brillo. Según Ben-Yehodua y Rodov (2003), en este vegetal es admisible una pérdida hasta del 8 % de su peso, desde la cosecha hasta el momento de ser adquirido por el consumidor final.

El área superficial del producto o la relación entre su superficie y el volumen es un factor que se relaciona con el tamaño de la zanahoria y su forma; así, zanahorias con un área superficial mayor tendrán más riesgo de deshidratación, de manera que las quebradas, troceadas y las más pequeñas y delgadas perderán peso a una mayor velocidad que cuando el vegetal está entero o es de mayor tamaño. Es el caso expuesto por Sastry et al. (1978), quienes señalan que la forma de las verduras también afecta la relación entre la superficie y el volumen. Las zanahorias largas, delgadas y con forma de cono pierden más peso que las gruesas y cilíndricas en un entorno determinado. Las zanahorias más largas y delgadas se arrugan más rápido en las puntas debido a la mayor superficie por unidad de volumen. Esta situación se puede remediar manteniendo el producto en condiciones de alta humedad relativa.

En poscosecha es común que la zanahoria se comercialice troceada en fresco, proceso que aumenta el área superficial del producto y estimula la producción de fenoles, los cuales producen la planta como un medio de defensa ante las posibles pudriciones que puedan ocasionar los cortes. Esto es importante porque dichos compuestos actúan como antioxidantes para los humanos, pero esta práctica tiene un efecto negativo sobre los carotenoides, porque los disminuye al igual que el color, y por lo tanto no se pueden aprovechar al máximo las propiedades de provitamina A de este compuesto (García, 2018).

Evolución de las características fisicoquímicas durante la poscosecha y el almacenamiento

El contenido de fitoquímicos importantes que contiene la zanahoria varía en función del material cultivado, las condiciones ambientales, el manejo agronómico, la poscosecha realizada y el almacenamiento, en caso de que se realice (Nicolle et al., 2003).

El primer cambio físico en las zanahorias después de la cosecha es la *pérdida de humedad*, cuyos síntomas visibles consisten en un arrugamiento que inicia en la piel y continúa progresivamente al tejido interior; pérdidas de peso del 0,5 % no presentan signos visibles de deshidratación (Larsen & Wold, 2016), en general, esta es baja, con valor alrededor de 1,5 % (Richmond et al., 2010). El recubrimiento de la zana-

horia con aloe reduce la pérdida fisiológica de peso, al controlar la permeabilidad del vapor de agua, la movilización del oxígeno y el dióxido de carbono de la raíz hacia el ambiente exterior, lo que contribuye además a alargar la vida útil del producto (Srivalli et al., 2022). Las pérdidas tolerables de peso deben ser menores al 8 %, pues de lo contrario se observa deshidratación y arrugamiento, perdiendo posibilidades de comercialización (Bevan et al., 1997).

En la zanahoria, los azúcares y los ácidos orgánicos son los compuestos encargados de conferirle el sabor y la dulzura; además, los azúcares, los ácidos orgánicos y el pH son determinantes en la constitución del aroma (Simon, 1985; Yusuf et al., 2021), los mono- y sesquiterpenoides volátiles aportan crujencia y sabor, los compuestos fenólicos influyen en la aparición de sabores amargos, los aminoácidos libres contribuyen al sabor delicado, el ácido glutámico influye en el sabor, las iononas imparten un sabor floral desagradable y el 2-metoxi-3-butilpirazina contribuye con el aroma (Simon, 1985; Srivalli et al., 2022).

Los *sólidos solubles* no presentan cambios consistentes en el tiempo y, aunque son relativamente estables, durante el almacenamiento presentan una tendencia a la disminución (Richmond et al., 2010; Larsen & Wold, 2016; Ghorbani et al., 2021). La zanahoria es rica en sacarosa (azúcar principal), fructosa, sorbitol y glucosa (Yusuf et al., 2021). La conservación de los azúcares después de la cosecha se puede realizar con la inmersión en aloe, compuesto que al disminuir la intensidad respiratoria ayuda en la conservación de los sólidos solubles totales (Srivalli et al., 2022). Las zanahorias de color púrpura tienen mayor contenido que las demás en azúcares totales, ácidos orgánicos, polifenoles y actividad antioxidante (Yusuf et al., 2021).



En observaciones de campo en el Oriente antioqueño, entre los 77 y 140 días después de la siembra (DDS) en la zanahoria comúnmente utilizada en la zona, la mayor acumulación de sólidos solubles totales se presenta entre los 107 y 126 DDS, con valores entre 6,6 - 7,6; en general su tendencia es similar a lo informado por Richmond et al. (2010), Larsen y Wold (2016) y Ghorbani et al. (2021). En cuanto a la calidad de la zanahoria, son mejores las que poseen una mayor cantidad de floema (parte externa) respecto al xilema (corazón) (Alesandro, 2013; Saavedra et al., 2019), porque en el floema se acumulan mayor cantidad

de sólidos, carotenos y azúcares. La *relación floema-xilema* también es importante en la agroindustria (Richmond et al., 2010), aspecto en el que Bassett (1973) menciona una relación inversa entre el tamaño del xilema y los sólidos solubles totales (SST), pues entre mayor sea el floema, los SST serán mayores.

Así, la relación floema-xilema observada en el Oriente antioqueño para el material de siembra modal es similar (0,54), durante el periodo de observación comprendido entre los 77 y los 140 días después de la siembra (figura 12.4).



Figura 12.4. Corte transversal de zanahoria mostrando los haces vasculares. Xilema (parte interna-centro) y floema (parte externa).

Foto: Germán Franco

Los *ácidos orgánicos* presentes en zanahorias son el isocítrico (ácido principal), cítrico, maleico, málico, láctico, fumárico, oxálico y adípico, cuya presencia está influenciada por el clima, las condiciones de manejo del cultivo y la variedad (Yusuf et al., 2021). En el Oriente antioqueño, la acidez tiende a ser estable en el tiempo, con un promedio de 0,021 % de ácido málico.

En general, *el potencial de Hidrógeno (pH)* se mantiene constante los primeros días después de la cosecha y empieza a disminuir hacia el día 12 (Ghorbani et al., 2021), situación similar a lo observado en las condiciones ambientales del Oriente antioqueño, con valores que fluctúan entre 6,2 y 5,9. Si se tiene en cuenta un índice de madurez basado en los sólidos solubles/acidez titulable, los mayores valores se obtienen entre los 107 y 126 días, época que coincide con la recomendación realizada para la cosecha en el Oriente antioqueño.

Los vegetales que acumulan *carotenoides* pueden transformarlos biológicamente en vitamina A (provitaminas A). Se estima que aproximadamente el 60 % de la vitamina A dietaria proviene de las provitaminas A (Simpson, 1983). La síntesis y acumulación de carotenos en este vegetal está influenciada por el tipo de material sembrado y por la densidad de siembra (Schulzová et al., 2022). En zanahoria, la evolución de los carotenos es ascendente hasta los tres meses después de la siembra, que disminuyen progresivamente tras la cosecha (Phan & Hsu, 1973).

Según Lee (1986), el almacenamiento refrigerado influye positivamente en el mantenimiento de los carotenoides; en condiciones de temperatura de 2 °C y 90 % HR, el α -caroteno y el β -carote-

no aumentan levemente durante los primeros días de almacenamiento, para luego disminuir progresivamente. Resultados similares para el β -caroteno fueron encontrados por Berger et al. (2008), al almacenar a 4 °C. Este comportamiento también fue confirmado por Negi y Roy (2000), quienes observaron disminución del β -caroteno al almacenar por encima de los 7,5 °C y a temperatura ambiente. La concentración de carotenos en zanahorias anaranjadas y moradas es mayor en el floema (parte externa) que en el xilema (corazón o parte interna de la raíz), como se muestra en la figura 12.4 (Feng et al., 2019).

Por otra parte, el etileno está correlacionado con la interrupción de la dormancia en zanahoria. El almacenamiento a 0 °C favorece que no se rompa la dormancia y, por lo tanto, no ocurra la emisión de brotes y raíces en la zanahoria. Sin embargo, cuando el almacenamiento es prolongado, los niveles de etileno se incrementan y se puede observar la emisión de brotes y raíces (Halloran et al., 2005), situación indeseable para la comercialización.

En cuanto al *color y la firmeza* del producto, Richmond et al. (2010) detectaron cambios mínimos en el color de la zanahoria durante ocho semanas de almacenamiento, notando solamente una leve disminución de la luminosidad, que atribuyen al inicio de la senescencia. En el Oriente antioqueño para el material comúnmente sembrado, a partir de los 77 DDS se puede decir que la raíz está próxima a alcanzar la tonalidad y la saturación típica de color, y en la medida que transcurre el tiempo el color se va acentuando, debido a que en este periodo los valores de la coordenada de color a^* son superiores a 20, y para b^* superiores a 35, lo que junto con el valor del tono con promedio de 59° producen un color anaranjado.



Durante el periodo de tiempo recomendado para la cosecha (115-125 DDS), la evolución del color en la parte externa de la zanahoria es mínima, por lo cual se puede decir que ha alcanzado el color naranja típico (figura 12.5). Entre la zona externa de la raíz y la parte interna (floema, xilema), la evo-

lución del color indica que hay diferencias, siendo el color naranja más intenso en la parte interna. En esta zona, la variación del color en el floema es mínima, mientras que en el xilema se notan cambios visibles a los ojos del consumidor, pues la diferencia de color ΔE tiene un valor de 10.



Figura 12.5. Zanahoria madura que ha alcanzado el color normal del material genético.

Foto: Germán Franco

La *firmeza* no presenta cambios consistentes en el tiempo (Richmond et al., 2010) y se puede lograr su conservación con la inmersión de las raíces durante un minuto en jugo de penca sábila (*Aloe vera* Tourn. ex Linn; sin: *Aloe barbadensis* Miller) (Srivalli et al., 2022). En el Oriente antioqueño, la evolución de la textura a partir de los 77 y hasta los 140 DDS muestra una tendencia ascendente a través del tiempo para la dureza (fuerza necesaria para deformar la zanahoria) (Oficina Nacional de Normalización [ONC], 2002).

Se debe tener en cuenta que, para las etapas finales, este aumento coincide posiblemente con el incremento de la fibrosidad, debido a la mayor edad de la raíz. En general, la zanahoria se considera un vegetal duro, pues en etapas previas a la cosecha alcanza valores de unos 13 kilogramos-fuerza (kg-f) para ascender a unos 20 kg-f en el tiempo máximo de la cosecha. Los valores de la elasticidad, la rapidez con la cual se recupera la zanahoria de la deformación después de aplicar una fuerza; la cohesividad, relacionada con la crujencia de la raíz, y la masticabilidad, referida a la energía requerida para masticar la zanahoria hasta que esté lista para su deglución (ONC, 2002), presentan tendencia similar y ascendente. López (2019) reporta tendencias similares a las expuestas, manifestando que la zanahoria se caracteriza por tener valores altos de dureza, masticabilidad y fracturabilidad, esta última relacionada con la cohesividad y la fuerza necesaria para romper la zanahoria en trozos (ONC, 2002). La zanahoria cruda presenta también carácter crujiente y adhesividad baja.

En el Oriente antioqueño, *la ganancia de peso* de las raíces tiene una tendencia ascendente

hasta los 126 DDS, cuando alcanza unos 220 g. A partir de esta edad, aparentemente se estabiliza para empezar a disminuir hasta los 140 DDS, evolución similar a la encontrada en el diámetro ecuatorial, tendencias observadas en el material modal de siembra en esta zona. Lo anterior sugiere que, para las condiciones ambientales del Oriente antioqueño, la cosecha puede realizarse entre los 115 y los 125 DDS, cuando alcanza buen rendimiento, apropiada calidad organoléptica y comercial, la mayor longitud de la raíz y diámetro. Sin embargo, estas épocas pueden variar en función del material sembrado.

El momento de la cosecha puede afectar la calidad de la zanahoria: cuando es tardía, aunque puede incrementarse el tamaño, se afecta la calidad puesto que las raíces se tornan fibrosas, se afecta el sabor y disminuye la textura (Gabriel, 2013; Saavedra et al., 2019), efectos notados también en el Oriente antioqueño. Cuando la cosecha es temprana, las zanahorias pierden textura rápidamente, por lo cual disminuye más pronto la calidad y la vida útil.



Consideraciones a tener en cuenta en precosecha y poscosecha para conservar la calidad

Seljåsen et al. (2013) mencionan algunos aspectos que se pueden tener en cuenta para obtener una cosecha de buena calidad. En primer lugar está la selección del material de siembra, pues esto influye en los contenidos fenólicos, β -caroteno, terpenos, falcarinol, algunos minerales, presencia de sabor amargo y dulce, y rajamiento de la raíz. La zanahoria producida en suelos arenosos y francos presenta características sensoriales similares, mientras que suelos orgánicos producen raíces más dulces, jugosas, con menor desarrollo de sabor amargo y terroso. Según Simon (1985), suelos arenosos y arcillosos tienden a producir zanahorias con más sabor amargo que las cultivadas en suelos francos, y el sistema de cultivo orgánico y convencional no presenta diferencias en el contenido de los azúcares.

De otra parte, el alto o bajo contenido de agua en el suelo puede manifestarse en la reducción del crecimiento y la producción (Seljåsen et al., 2013). Una sequía intensa induce la producción de etileno, que tiene como consecuencia la aparición indeseable del sabor amargo; entretanto, épocas de clima cálido y húmedo inducen la aparición de sabor a trementina y menor dulzura. Una temperatura promedio de 9 °C influye en el aumento del sabor dulce, el contenido de sacarosa y glucosa, además de reducir el sabor amargo y aumentar el contenido de sacarosa y β -caroteno. Ciclos de cultivo con una alta intensidad de luz UV y densidad de siembra baja (400.000 plantas ha⁻¹ de zanahoria) aumentan el contenido de carotenos, en especial del α -caroteno en la zanahoria, debido

a la expresión fotoprotectora de estos compuestos para la planta. Después de la cosecha, la exposición de la zanahoria a altas temperaturas acorta su vida útil e influye negativamente sobre su contenido nutricional y sensorial.

La condición del suelo influencia la concentración de azúcares, los niveles de nitrógeno, potasio, fósforo y calcio y el grado de maduración. Igualmente, la época de cosecha afecta el nivel de azúcar, pectina y almidón en las zanahorias (Simon, 1985).

El sistema de cultivo ecológico muestra diferencias en cuanto a algunos factores de calidad, al compararlo con la agricultura convencional. La agricultura ecológica aumenta el contenido de magnesio y de hierro y disminuye el contenido de nitritos y el ácido ascórbico, en tanto que la fertilización baja en nitrógeno, característica en este sistema, aumenta el contenido de terpenos y materia seca y disminuye el contenido de β -caroteno (Seljåsen et al., 2013).

Un ataque de plagas puede reducir la calidad sensorial de la zanahoria porque aumenta el contenido de compuestos amargos como el falcarinol y el 6-metoximellina (fitoalexinas que hacen parte del sistema de defensa de la planta ante el ataque de un patógeno); también se incrementa el sabor amargo, se reduce el dulce y el contenido de azúcar. El ataque de plagas como los psílidos de la zanahoria induce un aumento del sabor amargo (Seljåsen et al., 2013).

Altas temperaturas en el almacenamiento y en los puntos de venta al consumidor reducen la vida útil y la calidad sensorial, porque se disminuye el contenido de β -caroteno, los azúcares totales y el ácido ascórbico, con lo cual hay aparición de sabor amargo (Seljåsen et al., 2013).

Operaciones de buenas prácticas de cosecha y poscosecha para conservar la calidad

Cosecha

La cosecha es la fase del cultivo en la que se recolectan las raíces del suelo. Una vez la zanahoria llega al punto óptimo de recolección, el productor programa y planifica la cosecha, determinada por las posibilidades tecnológicas, el costo de la mano de obra, las condiciones topográficas de la zona, la calidad suscitada por los requisitos del comprador, que unida a los periodos de escasez y abundancia determinan el precio del producto; aunque en épocas de escasa producción aumentan los precios de venta, la calidad pasa a un segundo lugar, las zanahorias se cosechan antes de alcanzar su estado óptimo de desarrollo y las segundas pasan a tener precios de primera calidad.

Como vegetal no climatérico, la zanahoria no presenta transformaciones anabólicas muy evidentes después de su cosecha, sobre todo en cuanto al color, textura y sabor.

López (2003) indica que el momento de cosecha (MC) está asociado tanto a su madurez fisiológica (cuando ha completado su desarrollo en campo) como a la comercial, que es la requerida por el mercado según la oferta y demanda; los productores tienen en cuenta este último criterio y, generalmente, realizan la cosecha los días de mercado de las diferentes plazas. Como se ha dicho, las zanahorias se cosechan comúnmente en estado “inmaduro”, cuando las raíces han alcanzado el tamaño y la forma típica de la variedad, pero antes de lograr su tamaño potencial, peso o rendimiento máximo comercial (López, 2003; Gabriel, 2013; Saavedra & Kehr, 2023). El MC también depende de las características del material sembrado, el uso final del producto (fresco o industria), la fecha de siembra, la disponibilidad de agua durante el cultivo, la fertilidad del suelo y la altitud donde se establece el cultivo (Reina & Bonilla, 1997; Izquierdo & Naranjo, 2006; Galindo & Saboyá, 2020; Quintero & Franco, 2023). La etapa de maduración se inicia a partir de los 100 a 120 días después de la siembra, se considera que la raíz (zanahoria) ha alcanzado su madurez cuando su piel está firme y no se deja pelar fácilmente con los dedos, las hojas de la planta se abren en abanico y comienzan a doblarse hacia el suelo e inicia su amarillamiento (Yugsi, 2011; García, 2002; Moncayo, 1999; Mejía & Lobo, 1977).

Teniendo en cuenta la zona de cultivo y los criterios enunciados, en el Oriente antioqueño el 87 % de los cultivadores realizan la cosecha entre los 120 y 135 DDS (Quintero & Franco, 2023). En la región cundiboyacense se cosecha entre los 120 y los 192 DDS, y según la experiencia de los productores, a los 160 DDS en la zona productora del Huila. En general, se



CAROTA
360°

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

puede decir que la recolección se realiza entre los 100 y los 120 DDS (Galindo & Saboyá, 2020; Reina & Bonilla, 1997).

En el Oriente antioqueño, los agricultores pueden retardar la cosecha hasta un mes, hecho que no responde a la fisiología de la planta sino a los acuerdos de venta que realizan los productores y compradores para realizar entregas parciales. Sin embargo, se sugiere no prolongarla por más tiempo, debido a que la presencia del follaje sigue aumentando la raíz en tamaño y peso (García, 2002), pero disminuye la calidad del producto final, pues las raíces que sobrepasan el periodo óptimo de recolección pueden tornarse de sabor amargo, fibrosas, lignificadas, ásperas, con tendencia al rajado (Morales-Payán, 2008; Mejía & Lobo, 1977), como también crearse condiciones favorables para el incremento en la aparición de insectos plaga, enfermedades e inducción de floración (Saavedra et al., 2019).

En la región del Oriente antioqueño se observó que, en cosechas tardías un mes posterior al momento óptimo de cosecha, los factores asociados a la calidad se afectan negativamente, pues las raíces tienden a perder peso (menor materia seca), disminuyen su diámetro y longitud, se pierde la intensidad del color, se afecta la dureza y se incrementa la masticabilidad debido al aumento de la fibrosidad y la menor dureza, porque el proceso de masticación antes de su deglución es más prolongado.

Según la cantidad de zanahoria a cosechar, el productor deberá planear la actividad, por lo que debe determinar el número de días a la semana que necesita recolectar, definir el personal requerido, lavar y desinfectar los recipientes

y herramientas, tener los empaques (costales) necesarios para la recolección, alistar el equipo de lavado para evitar fallas durante la cosecha, así como organizar el lugar de acopio en el lote y en la finca, con el fin de llevar el producto lo más rápido posible a estos sitios y evitar exponerlo al sol antes de entregarlo al comprador; el lugar de acopio debe estar ubicado lejos de posibles focos de contaminación, protegido de la entrada de animales, tener buena iluminación y ventilación, y limitarlo exclusivamente al acopio de vegetales. El productor también prever un acuerdo de venta y coordinar el transporte.

Los trabajadores deben tener la capacitación necesaria para llevar a cabo la cosecha y poscosecha en la finca, y se recomienda que durante todo el cultivo se implementen las buenas prácticas agrícolas, como la recolección en la época apropiada, cuando la raíz haya alcanzado la madurez fisiológica o madurez comercial, y cosechar toda la producción clasificando el producto en bueno, regular y rechazo. En el proceso de selección y clasificación en finca, en el sitio donde se realice se debe cubrir el piso con plástico o costales limpios para evitar la contaminación. El agua que se usa en el proceso de lavado debe estar libre de contaminantes, los costales para empaque deben ser nuevos y, en caso de ser reutilizados, estar limpios y desinfectados; además, respetar los periodos de carencia de los agroinsumos utilizados durante el ciclo de cultivo. Para conservar la calidad higiénica de la zanahoria, los trabajadores deben utilizar elementos de protección (gorra o sombrero, bloqueador, botas, camisa de manga larga), realizar el lavado y desinfección de las manos cuando cambien de labor, después de almorzar, de sonarse, de manipular insumos o elementos extraños o de hacer uso del sanitario y estar en buenas condiciones de salud.

La cosecha en días lluviosos no es recomendable o si el suelo está demasiado húmedo, porque se hace difícil la labor, bien sea si es mecanizada o manual, ya que un suelo con alta humedad tiende a compactarse, lo que ocasiona que la tierra se adhiera a la raíz; la zanahoria es más succulenta y se torna más susceptible en poscosecha al ataque de patógenos que causan pudriciones (Moncayo, 1999; Maroto, 2002); además, en el proceso de extracción puede quebrarse y perder calidad comercial.

La cosecha puede ser manual o mecanizada (Simson & Straus, 2010), e incluye las operaciones de arrancado, limpieza, corte del follaje, lavado, empaclado y recogida. Para el proceso de cosecha, el suelo debe estar húmedo, pero no encharcado; si es necesario, se remueve un poco el terreno para aflojar las raíces para el arranque. En el Oriente antioqueño, por encontrarse los cultivos en zonas con

topografías de difícil acceso para la maquinaria, la mayoría de los productores realizan la recolección manual (figura 12.6), que consiste en aflojar el terreno con ayuda de herramientas como gancho, pala, barretones y azadones, entre otros, sin dañar las raíces, luego con la mano se toma una o varias plantas por la base de las hojas, halándolas con cuidado para no quebrarlas, y se extraen del suelo, se limpian con un suave golpe contra el suelo, y con un giro o torsión leve se les quita el follaje, se disponen en un empaque provisional, luego se acopian, se lavan y se colocan en el empaque de venta según la calidad, almacenándolas temporalmente en la finca para realizar la entrega al comprador (Quintero & Franco, 2023; Reina & Bonilla, 1997). En el Oriente antioqueño, por lo general, el productor cosecha tres días a la semana, que coinciden con la época de comercio del producto en las plazas de mercado (Quintero & Franco, 2023).



Figura 12.6. Cosecha manual de zanahoria en costales reutilizados.

Foto: Luz Mary Quintero Vásquez

En la zona de producción de El Santuario y Marinilla (Oriente antioqueño), la mayoría de los productores utilizan como criterios para la definición del momento de la cosecha el tamaño de la zanahoria y la edad después de sembrado el cultivo, siendo la más frecuente entre los 4 y 4,5 meses. Tras la recolección se puede realizar una preselección y se acopia el producto antes de lavarlo, para lo cual se utilizan costales de diferente color, este método es ágil y disminuye la mano de obra; posterior al lavado se puede realizar otra selección rápida.

Acopio

Después de la recolección, la zanahoria se acopia para el lavado, selección, clasificación, empaque y comercialización. Por lo general, el producto se puede acopiar y adecuar en dos lugares específicos: 1) en la finca o 2) se contrata con acopios tecnificados comúnmente denominados lavaderos.

Acopio en finca

Inmediatamente la zanahoria es cosechada y seleccionada en el cultivo, el productor la traslada en bultos de diferente capacidad (45 a 70 kg) hasta la zona definida como acopio, que puede ser de diferentes tipos: un lote cercano al cultivo (figura 12.7), una corriente de agua (figura 12.7b), el patio de la finca (figura 12.7c) y superficies de cemento semicubiertas (figura 12.7d). Allí, los bultos separados por calidad se cubren con malla polisombra o follaje (figura 12.7e) para evitar deshidratación del producto y prevenir la pérdida de peso (Quintero & Franco, 2023; Saavedra & Kehr, 2023; Galindo & Saboyá, 2020).



Foto: Luz Mary Quintero Vásquez



Figura 12.7. Sitios comunes de selección o acopio de la zanahoria. a. Selección de la zanahoria en lote cercano al cultivo; b. Lavado en zona con agua corriente; c. Acopio en patio de finca; d. Acopio en área semicubierta; e. Protección con cobertura de follaje de los bultos; f. Empaque sin protección.

Fotos: Luz Mary Quintero Vásquez

Como se aprecia en la figura 12.7f, los lugares de acopio no reúnen las condiciones adecuadas para conservar la calidad de la zanahoria (manejo de la temperatura y humedad relativa, protección a plagas, entre otros). En estos sitios, se realiza lavado, una selección rápida y empaque del producto. Muchos agricultores no cuentan

con acopios para el proceso de poscosecha, debido a que una vez lavada y empacada entregan el mismo día la zanahoria al comercializador. El diagrama de flujo de la figura 12.8 propone un acopio sencillo para finca de productor, con área de lavado y recirculación de agua, clasificación, selección, empaque y almacenamiento.

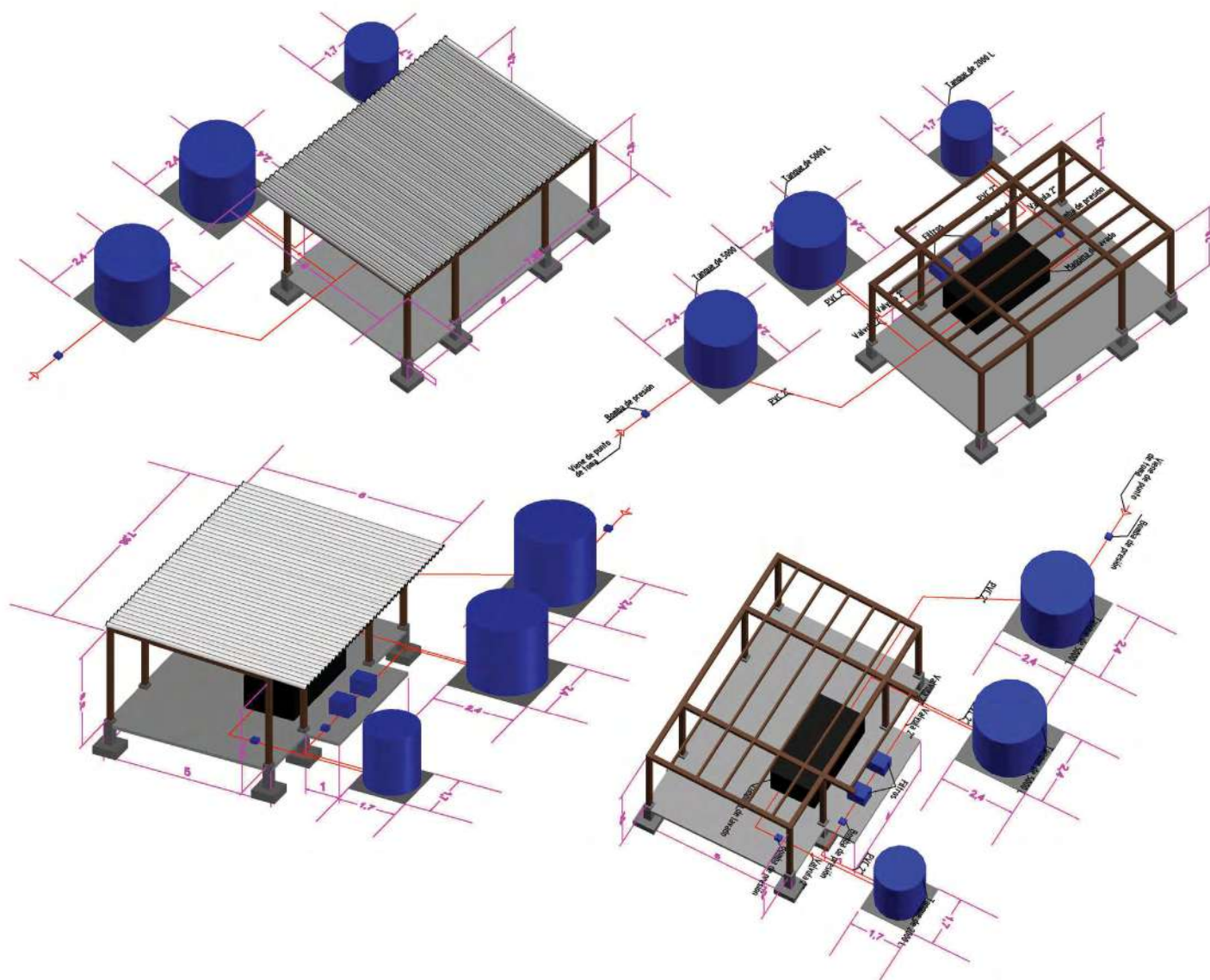


Figura 12.8. Sistema de acondicionamiento en acopio recomendado para finca de productor.

Fuente: Londoño et al. (2023)

Acopio en plantas de poscosecha denominadas lavaderos

Estos acopios prestan el servicio al productor de las operaciones de lavado y empaque de la zanahoria, con tarifas que dependen de la calidad y tipo de empaque en el cual se vende el producto, que puede ser comercializado por este tipo de empresa o por el productor. Son espacios cubiertos con piso de cemento y divididos en tres secciones: 1) recepción del producto sucio,

2) lavado con máquina especializada y 3) almacenamiento de la zanahoria limpia y empacada. Algunos cuentan con captación de agua lluvia y sistema de recolección y aprovechamiento del agua procedente del lavado. El diagrama de flujo de la figura 12.9 muestra el proceso de acopio en Puente Boyacá y Ventaquemada en Boyacá, y La Unión en Antioquia.

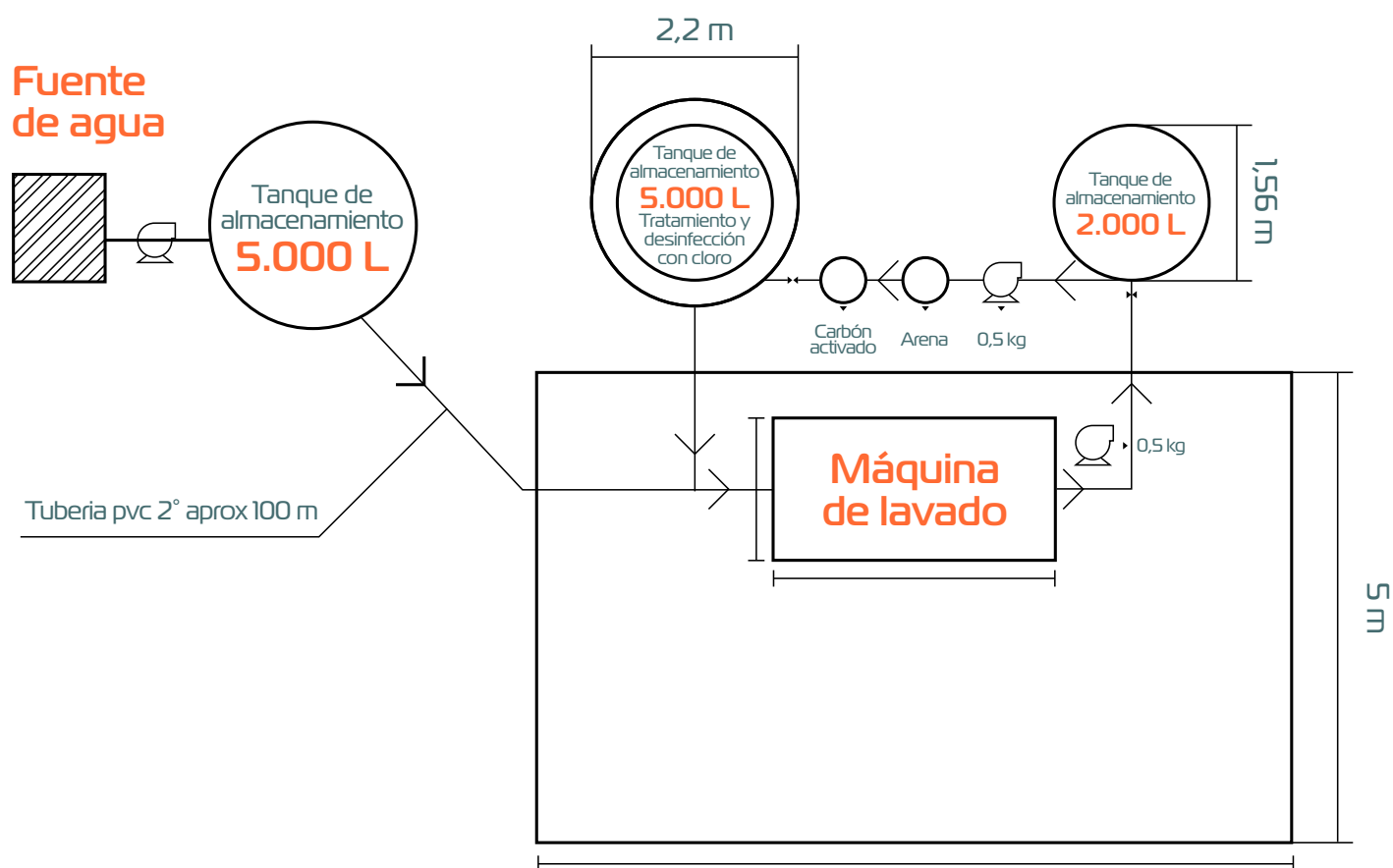


Figura 12.9. Proceso del acopio de zanahoria en planta de poscosecha denominada lavadero.

Fuente: Londoño (2023)



**CAROTA
360°**

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

La recomendación de un acopio adecuado para zanahoria, tal como lo propone Avendaño (2006), consiste en un espacio que permita la realización del acondicionamiento en poscosecha del producto en una línea de flujo unidireccional con las operaciones de lavado, clasificación, empaque y almacenamiento con facilidad para el acceso y retiro del producto. El lugar destinado debe garantizar las condiciones físicas y de inocuidad del producto y tener las siguientes características: techado, amplio, aireado, fresco, con sistema de ventilación e iluminación, redes eléctricas, áreas separadas demarcadas, instalaciones sanitarias, estaciones de limpieza y desinfección de manos y herramientas, pisos de material resistente y diseñados con pendiente suficiente que permitan el drenaje, área de lavado con suministro de agua limpia y mesas para la clasificación y empaque.

Los equipos, recipientes y utensilios empleados durante las labores deben ser de un material que facilite su limpieza. El personal debe encontrarse en buen estado de salud, estar capacitado y cumplir con las prácticas higiénicas de manipulación. Se debe contar con planes de saneamiento que incluyan limpieza, desinfección y manejo y disposición de residuos sólidos y líquidos, según la Norma Técnica Colombiana (NTC) 5400:2012 (Icontec, 2012). Este tipo de instalaciones deben ser de carácter comunitario, donde los productores puedan llevar la zanahoria, tener la ventaja de realizar una operación que acondi-

ciona bien el producto, evitar la contaminación de fuentes de agua, del ambiente y la erosión, además de proteger la salud de los operarios, que en las condiciones actuales de campo no cuentan con los elementos mínimos de protección personal.

Lavado

El proceso de acondicionamiento de la zanahoria incluye el lavado, el cual es indispensable para la comercialización limpia del vegetal. Este paso consiste en eliminar la tierra que la raíz trae adherida en el momento de la cosecha, para lo cual se pueden emplear tres metodologías: la manual y la semimecanizada, que se realizan en las fincas o predios, aunque son menos eficientes pues no garantizan la inocuidad del producto, y la tecnificada, que se lleva a cabo en la planta de poscosecha.

Lavado manual en finca

La zanahoria empacada en costales se deposita en un tanque o corriente de agua (figura 12.10a) para remojarla y desprenderle fácilmente la tierra; luego, se toma el bulto con las manos y se agita para que las raíces se froten, seguidamente se frota vigorosamente con los pies y, finalmente, se enjuagan con agua limpia (figura 12.10b).



Figura 12.10. Lavado manual de zanahoria en finca. a. Remojado y agitación del costal para desprender la tierra; b. Enjuague final.

Nota: Los operarios no cuentan con ningún equipo de protección personal (EPP).

Fotos: Luz Mary Quintero Vásquez

Lavado semimecanizado en finca

La zanahoria se lava con una máquina de tambor rotativo con suministro de agua manual por medio de baldes o manguera, donde se depositan las raíces sueltas o en costales. Una vez desprendida la

tierra y enjuagadas las raíces, se empaican en costales de fibra (figura 12.11a). Las máquinas comúnmente utilizadas (figuras 12.11b y 12.11c) tienen una capacidad de lavado de 30-40 kg por cada 8 min.



Figura 12.11. Lavado semitecnificado en finca de productor. a. Empaque de la zanahoria después del lavado; b. Máquina adaptada por los productores para el lavado (lado frontal); c. Lado posterior de la máquina.

Fotos: Luz Mary Quintero Vásquez

Lavado tecnificado

El productor envía la zanahoria en bultos de 60 a 65 kg hasta la planta de poscosecha comúnmente llamada lavadero, donde se realiza el proceso de lavado en máquinas con capacidad hasta de 60 kg/min; mediante una banda cepilladora es retirada la tierra y restos de hojas. Luego, pasan a un tanque o cilindro rotativo con agua para un último lavado. De esta manera, las zanahorias quedan con un aspecto y color agradable al consumidor.

Selección y clasificación

El proceso de selección y clasificación garantiza que el producto final que llega a los consumidores se encuentre en las mejores condiciones de apariencia y calidad, con el tamaño y calibre según los estándares del mercado. De acuerdo con el apartado de cosecha de esta obra, el proceso de selección se inicia al momento de la cosecha, cuando se deben retirar aquellas zanahorias que presentan algún defecto físico o sanitario. En el Oriente antioqueño, este proceso es poco tecnificado, dado que el productor extiende una malla o un plástico sobre la cual realiza la selección. En las plantas poscosecha, la zanahoria lavada es conducida por una banda de distribución donde los operarios retiran las zanahorias que no cumplen las condiciones, y son ubicadas en otra banda.

La Norma Técnica Colombiana NTC 1226 (Icontec, 1994) indica los requisitos que debe cumplir la zanahoria para su comercialización, especificados en disposiciones sobre la calidad, calibre, tolerancias, presentación y rotulado. En las condiciones de calidad, se relacionan los requisitos mínimos para la

presentación y en la clasificación, las cuales son categorizadas en extra, categoría I y categoría II. Otro parámetro de clasificación son las tolerancias, que se dividen en tolerancias por calidad y calibre. En la presentación se tiene en cuenta la homogeneidad, empaque y presentación. En cuanto al rotulado, se precisa la identificación, naturaleza y origen del producto, especificaciones comerciales y código de barras.

La clasificación manejada por los productores y comercializadores de la región no corresponde a lo especificado en la Norma Técnica Colombiana 1226 (Icontec, 1994), donde se establece para el requisito de la clasificación las categorías de extra, I y II, aunque de alguna manera podrían ser equivalentes a las primeras, segundas y rechazo.

Empaque

Se refiere al recipiente destinado a contener temporalmente la zanahoria para facilitar la protección del producto ante daño mecánico, manipulación y transporte. En algunos casos, es una forma atractiva de exhibición.

La comercialización de la zanahoria se realiza en costales de fibra de colores o de fique con capacidad de 45 a 60 kg, según la calidad, utilizando el blanco o naranja (figura 12.12a) para las zanahorias de mejor calidad (primeras), y el rojo para las segundas y rechazo; en lo posible, se deben utilizar empaques nuevos, pues los reutilizados (figura 12.12b) pueden afectar la inocuidad del producto. Algunos agricultores utilizan la canastilla plástica en los casos en que la venta se realice a las grandes superficies (Quintero & Franco, 2023).



CAROTA
360°

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



Figura 12.12. Empaques utilizados en la comercialización de la zanahoria. a. Zanahoria de primera calidad empacada en costales de fibra blancos; b. Zanahoria de segunda calidad empacada en costales reutilizados.

Foto: Luz Mary Quintero Vásquez

La recomendación para empacar la zanahoria se encuentra en la Norma Técnica Colombiana NTC 1226-2 (Icontec, 1996a), que menciona que los empaques deben ser nuevos, estar limpios, secos y sin olores extraños. Se pueden utilizar sacos de fique o polipropileno con capacidad máxima de 50 kg, cajas de cartón o canastillas plásticas que contengan hasta 25 kg.

El empaque de la zanahoria para el mercado minorista puede realizarse en bolsas plásticas de 33 x 23 cm con 13 microperforaciones de 0,1 mm de diámetro o de 11 microperforaciones de 0,5 mm de diámetro, que permite conservarla con pérdidas de humedad menores al 1 %, si se almacenan entre 4 y 6 °C durante 6 o 9 días (Larsen & Wold, 2016).

Calidad

Entre las características de calidad que debe reunir un producto hortícola se pueden mencionar los aspectos que el consumidor relaciona con el producto: en el caso de la zanahoria, su frescura y crujencia, la ausencia de defectos físicos como malformaciones, daños ocasionados por mal manejo durante la cosecha, acondicionamiento, manipulación y transporte, lesiones causadas por plagas y enfermedades, deshidratación, entre otros (Sargent et al., 2019). Aunque la zanahoria presenta buena resistencia mecánica, es susceptible a diferentes tipos de daños y pérdida de calidad, que se traduce en rechazo del producto. La FAO (2018) señala que el camino que recorre una zanahoria antes de llegar al consumidor final es exigente y que ligeros defectos pueden retirarla como producto comercializable; en este periodo se ha calculado que entre el 25 y 30 % de las zanahorias cosechadas no llegan a las tiendas de mercadeo minoristas por causa de defectos estéticos.

Partiendo de las calidades consideradas por los comercializadores, la producción de zanahoria en el Oriente antioqueño, según la información de los agricultores, se distribuye de la siguiente manera: en la categoría primera se obtiene entre un 65-85 % de lo cosechado, en la segunda o regular entre un 10-30 % y menor al 10 % la de rechazo o mala, rangos que se ajustan a lo encontrado en observaciones experimentales de campo que se encuentran más adelante en la tabla 12.1. En las fincas se

reconocen defectos o tipologías de zanahoria que influyen en la calidad del producto y que, en algunos casos, afectan la comercialización; en el Oriente antioqueño se han establecido siete tipologías de subproductos (Quintero & Franco, 2023), que se denominan de la siguiente forma y concuerdan con lo expresado por Alessandro (2013).

Tamaño

Dentro de esta categoría se observan las siguientes: “pequeñas”, que son aquellas que no cumplen con el tamaño mínimo para su comercialización y cuyo peso oscila entre 50 y 100 g (figura 12.13a); “largas delgadas”, que exceden el largo comercializable, tienen bajo peso y no cumplen con el diámetro mínimo de grosor (figura 12.13b), y “largas gruesas” o muy grandes (figura 12.13c), con peso entre 980 y 1.100 g, por lo que exceden el tamaño y peso promedio. Algunos productores denominan estas últimas como zanahoria “tronco” y en ocasiones son utilizadas por la industria para la producción de cubos. El tamaño de la zanahoria es un factor importante para la comercialización, por lo que se debe cumplir con lo exigido por el mercado, aunque en época de escasez este material es comercializado sin importar el criterio de calidad por tamaño.





Figura 12.13. Tipologías de zanahoria según tamaño. a. Pequeñas; b. Largas delgadas; c. Largas gruesas.

Fotos: Luz Mary Quintero Vásquez

Daño sanitario

Se refiere a las zanahorias afectadas por enfermedades o insectos plaga, cuya raíz presenta daños (figura 12.14).

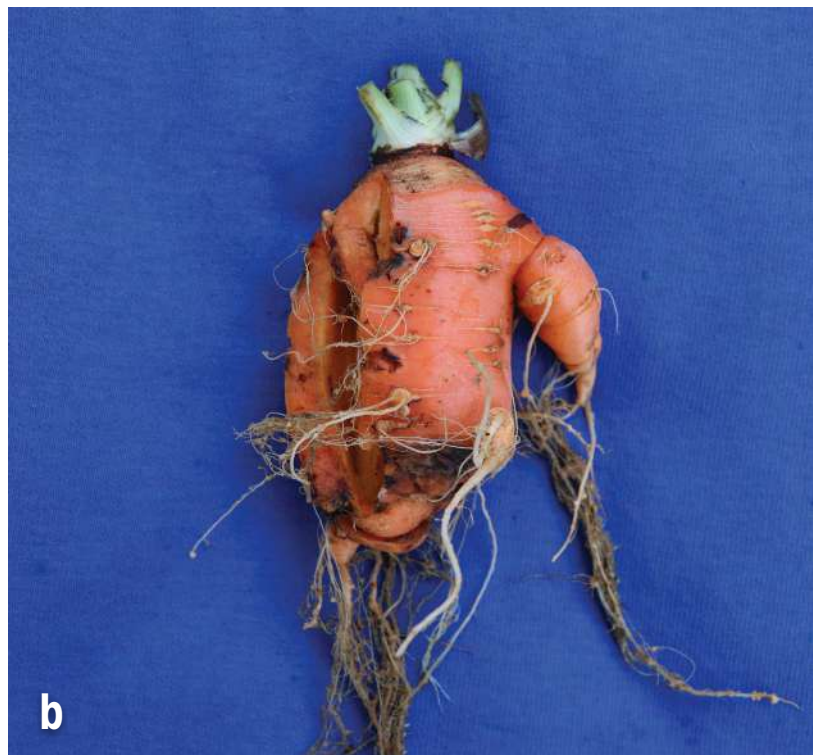


Figura 12.14. Pérdida de calidad de la zanahoria por tipología por daño sanitario. a. Zanahorias con daño por rajamiento; b. Daños por ataque de nematodos *Meloidogyne*.

Fotos: Luz Mary Quintero Vásquez y Mario Alonso Mesa Gómez

Bifurcadas

Zanahorias que presentan más de una raíz pivotante (figura 12.15a), que se producen por la presencia de suelos húmedos y compactos, y que no permiten el buen desarrollo, lo cual afecta su forma, hecho que concuerda con lo expresado por

Alessandro (2013), quien añade a esta condición los suelos pesados. Las raíces bifurcadas también son ocasionadas por ataques de nematodos (Del Toro & Martinotti, 2013; Alessandro, 2013) o el hongo *Pythium* (Lardizábal, 2013) (figura 12.15b).



**CAROTA
360°**

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



Figura 12.15. Tipología por bifurcación de la raíz. a. Zanahorias que presentan más de una raíz debido a suelos húmedos y compactos; b. Zanahorias con más de una raíz por la presencia del hongo *Pythium*.

Fotos: Luz Mary Quintero Vásquez y Mario Alonso Mesa Gómez

Deformes

Raíces que presentan formas anormales (figura 12.16) a las características del material plantado. Galindo y Saboyá (2020) mencionan que estos problemas fisiogénicos pueden ocurrir por la siembra en suelos pesados o arcillosos

que, dada la resistencia al desarrollo de la raíz, esta detiene el crecimiento y se deforma. Mejía y Lobo (1977) también manifiestan que el uso de estiércol fresco produce deformaciones y superficies ásperas en la raíz.



Figura 12.16. Tipología por deformación de la raíz.

Foto: Luz Mary Quintero Vásquez

Rajadas

Raíces en las cuales se observan agrietamientos (figura 12.17) en varias direcciones. Galindo & Saboyá (2020) indican que es frecuente encontrar zanahoria rajada y podrida y que el riego en época seca antes de la cosecha puede ocasionar este problema. Esta fisiopatía también se asocia al tipo de suelo, su humedad, la tasa de crecimiento y el estado de desarrollo del culti-

vo. Raíces grandes y cultivos con abundantes aplicaciones de nitrógeno son más susceptibles a manifestar este defecto. Este problema se ha logrado controlar genéticamente con diferencias en la presencia del rajado según la variedad, y en el mercado se dispone de un híbrido tolerante al rajado y la bifurcación (Alessandro, 2013; Semillas Arroyave, 2020).



Figura 12.17. Tipología por rajado de la raíz.

Foto: Germán Franco

Quebradas

Zanahorias que se quiebran durante el proceso de cosecha, lavado, acondicionamiento y transporte del producto (Quintero & Franco, 2023) (figura 12.18).



Figura 12.18. Tipología por zanahoria quebrada.

Foto: Germán Franco

Color

Afectaciones del color normal de la variedad o híbrido de zanahoria, y coloraciones por hongos verdes (Quintero & Franco, 2023) (figura 12.19). Por lo general, les ocurre a las raíces que sufren quemaduras por exposición solar. La norma NTC 1226 (Icontec, 1994), en el requisito de clasificación para la categoría I, permite que la parte superior tenga color violeta o púrpura hasta 1 cm para zanahorias de máximo 6 cm de longitud, y hasta de 2 cm para las demás, y en la categoría II acepta que la parte superior de la zanahoria tenga coloración verde o violeta hasta 2 cm en zanahorias de máximo 10 cm de longitud y hasta 3 cm para las demás.



Figura 12.19. Tipología por color de zanahoria, hombros verdes.

Foto: Luz Mary Quintero Vásquez

También se incluyen en este grupo zanahorias que presentan coloraciones blancas. Los productores reconocen estas plantas y manifiestan que, en una siembra, germinan hasta

un 2 % de semillas que producirán zanahorias blancas (figura 12.20), material que se elimina en el momento del raleo (Quintero & Franco, 2023).



Figura 12.20. Tipología por color, zanahoria blanca.

Foto: Luz Mary Quintero Vásquez

En el Oriente antioqueño, según Quintero y Franco (2023), las zanahorias correspondientes a las tipologías de tamaño, deformes y rajadas representan el 85 % de los subproductos que se obtienen en un cultivo. Los datos obtenidos y consolidados en la zona de siembra del Oriente antioqueño

permiten cuantificar la producción de las diferentes calidades de zanahoria obtenida en una cosecha (tabla 12.1). El promedio de producción para los municipios de El Santuario y Marinilla es de 34,5 t/ha, superior a las 28,5 t/ha de rendimiento nacional que señala Cardona (2018).

Tabla 12.1. Estimación de la producción de una ha de zanahoria en el Oriente antioqueño según categorización de los productores y datos tomados en campo

Variable	Categorización zanahoria según productor			Rendimiento promedio (t/ha)
	Buena	Segunda	Rechazo	
Producción (t/ha)	25,0	6,8	2,7	34,5
Porcentaje de producto	72,5%	19,8%	7,8%	

Fuente: Elaboración propia

En otras zonas de Colombia, la clasificación de la zanahoria por calidad recibe diferentes denominaciones. Por ejemplo, en Boyacá y Santander se considera la calidad primera, fina o extra, segunda, re-escoge y richi o deshecho, mientras que en el Huila se clasifican como cero, pareja y chatarra (Galindo & Saboyá, 2020; Reina & Bonilla, 1997).

Otros factores que demeritan la calidad del producto se deben a los desórdenes fisiológicos que se describen a continuación.

Desarrollo de sabor amargo

Puede presentarse en precosecha por susceptibilidad del genotipo, temperaturas inadecuadas, deficiente calidad del suelo o ataque de plagas y enfermedades, y en poscosecha puede deberse a temperatura de almacenamiento inadecuada, presencia de etileno, deficiencias en

el transporte, sobreexposición al sol (Papoutsis & Edelenbos, 2021; Kreutzmann et al., 2008; Seljåsen et al., 2001) y otros factores que se consideraron en cuanto a la evolución de las características fisicoquímicas durante la poscosecha y el almacenamiento, así como consideraciones a tener en cuenta en precosecha y poscosecha para conservar la calidad.

Blanqueamiento de la epidermis

Película gris o blanca que aparece en la epidermis de la zanahoria, generalmente después de la cosecha y del lavado; debido al maltrato por inadecuada manipulación, las células mueren, se secan y desprenden en forma de una película blanquecina. Este fenómeno también se presenta cuando la zanahoria se deshidrata por mal manejo en poscosecha o durante el procesamiento (figura 12.21) (Vilmorin, s. f.; Simoes et al., 2010).





Figura 12.21. Película blanquecina (peridermis) asociada al blanqueamiento de la epidermis de la zanahoria.

Foto: Germán Franco

Pudriciones por fitopatógenos

La zanahoria puede ser atacada por microorganismos que le ocasionan lesiones y pudriciones; estos fitopatógenos pueden provenir del campo o atacar en poscosecha, entre los cuales se incluyen los hongos causantes de la pudrición blanca o acuosa (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), Moho gris (*Botrytis cinerea* Pers.:Fr), pudrición negra (*Alternaria radicina*), raíz negra (*Berkeleyomyces* spp.) y la pata negra o pudrición blanca por la bacteria *Pectobacterium carotovorum* (Papoutsis & Edelenbos, 2021).

Venta

En la zona de producción de El Santuario y Marinilla, los precios de la zanahoria están sujetos a la oferta y demanda del producto en la zona, cuya evolución durante el año 2021 se muestra en la figura 12.22. En aquellos meses donde el precio de venta mensual es inferior al promedio anual de compra, se observa buen abastecimiento, mientras que en las épocas donde el precio promedio anual está por debajo del promedio mensual, se observa desabastecimiento; en este caso, además de la comercialización del producto de primera calidad, se pueden vender la mayoría de las segundas por la escasa oferta y debido a que el mercado es más flexible en cuanto a los estándares de calidad exigidos.

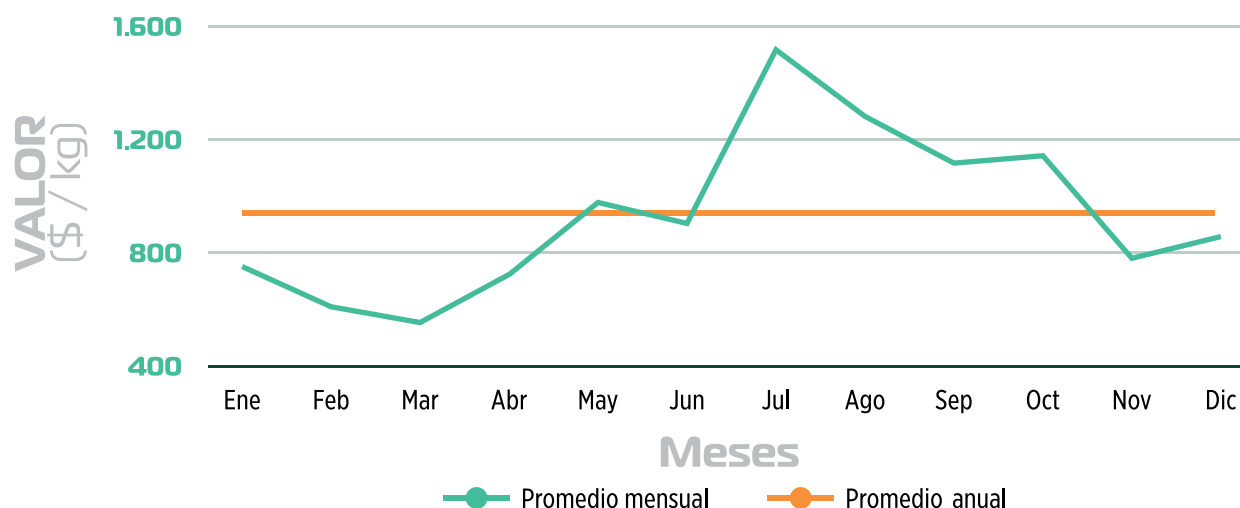


Figura 12.22. Precio mensual mayorista de la zanahoria en los principales municipios productores de Antioquia para el 2021.

Fuente: Elaboración propia con base en Gobernación de Antioquia (2022)

Transporte

El transporte y sus condiciones deben tener en cuenta los estándares de calidad y de seguridad alimentaria para los productos alimenticios, que en el caso de la zanahoria están dispuestos en la Norma Técnica Colombiana NTC 1226-3 (Icontec, 1996b): el vehículo debe estar limpio y protegido de condiciones ambientales extremas, su estructura no debe presentar daños, debe contar con un control de temperatura y un estado de mantenimiento óptimo. Además, la zanahoria debe empacarse en un material que brinde la protección suficiente frente a la manipulación durante el transporte y asegure su llegada en condiciones adecuadas, particularidades mencionadas en la sección *Empaque* y dispuestas en la Norma Técnica Colombiana NTC 1226-2

(Icontec, 1996b). En las condiciones del Oriente antioqueño no se observan estas condiciones en la operación del transporte, donde se utilizan vehículos no apropiados a las condiciones del producto en cuanto a su diseño, protección, forma de apilar (figura 12.23) y con otras hortalizas, con posibilidad de contaminación cruzada; además, en la mayoría de las ocasiones las carreteras secundarias y terciarias están en mal estado, lo que causa daños a la zanahoria. La temperatura de transporte debe ser aproximadamente la misma que la de almacenamiento. Se debe inmovilizar la carga con un sistema apropiado de apilado (arrumado), en caso de que no se utilicen estibas durante el transporte o no se utilice la totalidad del espacio en el vehículo, a fin de reducir la posibilidad de daño relacionado con la caída, rozamiento o choque continuo entre los empaques (Icontec, 1996).



CAROTA
360°

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



Figura 12.23. Medio de transporte frecuentemente utilizado para zanahoria en el Oriente antioqueño, que no cumple las condiciones adecuadas para conservar su calidad.

Foto: Germán Franco

Así, el transporte es una etapa crítica en la cadena de valor de la zanahoria, que puede incidir de manera significativa en la calidad del producto, como la presencia de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). En esta última, la incidencia del transporte se debe a diversos factores físicos, microbiológicos y de manejo, los cuales pueden comprometer la inocuidad del producto y, por ende, la salud del consumidor. Las ETA son potencialmente peligrosas por sus efectos en la salud pública: la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024) indica que 1 de cada 10 personas (600 millones de personas) enferman anualmente por consumir alimentos contaminados, de las cuales 420.000 mueren por esta causa, especialmente niños. Los mayores contaminantes de los alimentos son bacterias, virus, parásitos, toxinas y sustancias químicas (OMS, 2024), que pueden ser adquiridos en la etapa de transporte.

La OMS y la FAO (2017, citado por la Cámara de Comercio de Bogotá, 2015) establecen las especificaciones de transporte, especialmente para frutas y hortalizas, cuya finalidad es garantizar las condiciones básicas que reduzcan al mínimo las probabilidades de contaminación microbiana, química o física. Algunas de las prácticas incluyen: selección previa de las zanahorias a transportar, eliminación de objetos extraños, restos de tierra o agroquímicos, en pocas palabras, una aplicación adecuada de las etapas de lavado, selección y clasificación. Además, los vehículos que se empleen para el transporte de frutas y hortalizas frescas deben estar contruidos con materiales de fácil lavado, no porosos y que no se utilicen para el transporte de sustancias contaminantes, con el objeto de evitar contaminación cruzada.

Además de lo anterior, las instalaciones de almacenamiento y los vehículos de transporte utilizados deben estar contruidos con materiales no tóxicos que permitan una limpieza fácil para reducir el daño a las zanahorias y evitar el acceso a plagas. Además de lo anterior, para evitar la contaminación cruzada, los vehículos utilizados para transportar frutas y hortalizas frescas no deben usarse para transportar sustancias peligrosas; por lo cual, antes de cargar frutas y hortalizas frescas, el vehículo de transporte debe estar limpio, desinfectado y en condiciones ideales (OMS, 2024).

Almacenamiento

Es la operación que tiene el objetivo de prolongar la vida útil de la zanahoria y conservar su calidad, para lo cual se debe someter a condiciones de temperatura y humedad relativa según los requerimientos del vegetal y protegida de diferentes causas de daño. En las condiciones de mercadeo en fresco de la zanahoria para el consumo nacional y dadas las cortas distancias entre zonas de producción y consumo, hasta el presente no ha existido la necesidad de conservar el producto con cadena de frío después de cosechado. En los supermercados, con el fin de tener producto fresco para la exhibición, se almacena en cuarto frío junto con otros vegetales.

En Colombia, el Icontec (2001) ha establecido unas condiciones para el almacenamiento de la zanahoria, las cuales se encuentran en la NTC 1266-3 y se pueden resumir así: el almacenamiento a largo plazo de las zanahorias se puede lograr a varias temperaturas, de acuerdo con el sistema utilizado y la resistencia de la variedad

a las temperaturas bajas; puede almacenarse a temperatura ambiente (con ventilación natural o forzada), o en caso de tener acceso a refrigeración, se puede mantener una temperatura entre 0 y 5 °C para materiales con resistencia moderada al frío y con humedad relativa entre el 95-98 %. Estas condiciones garantizan un periodo de conservación entre una y tres semanas.

Durante y al final del almacenamiento, se deben tomar precauciones para evitar el riesgo de congelación de las zanahorias almacenadas en refrigeración y que aparezcan huellas de humedad en la superficie del producto. Una vez se hayan sacado las zanahorias del cuarto de refrigeración, se recomienda mantenerlas durante unas 24 horas a una temperatura intermedia, para luego proceder a su acondicionamiento y empaque. Cuando se desee mantener el producto a temperatura ambiente (26 °C y 68 % de humedad relativa), se recomiendan tratamientos mediante la inmersión de zanahoria durante un minuto en jugo de *Aloe vera* al 40 %, lo cual permite comercializarla en un lapso de una semana (Srivalli et al., 2022). El almacenamiento a temperatura ambiental de 20 a 25 °C permite conservar la zanahoria entre una y tres semanas. Por su parte, almacenar a temperaturas bajas (alrededor de 4 °C) tiene efectos positivos en la conservación de los compuestos bioactivos como la provitamina A y los carotenos, que se incrementan a lo largo de este tipo de almacenamiento (Ham-maz et al., 2021). Lo anterior indica que la zanahoria puede mantenerse bajo condiciones ambientales por los periodos de tiempo indicados. Con frecuencia, los productores dejan el material listo para la entrega al comprador en un sitio de la finca cercano a la carretera; como mencionan Simson y Straus (2010), si no se tienen en cuenta cuidados mínimos



como evitar la exposición de la zanahoria a condiciones ambientales como los rayos del sol, lluvia, polvo y vientos excesivos, la zanahoria se expone a plagas y contaminación que afectan su calidad.

El almacenamiento de zanahorias cosechadas a los 115 días y almacenadas durante 28 días muestra que a partir del día 13 el diámetro disminuye considerablemente, como también la longitud de la raíz. Ello obedece a que durante la respiración se van perdiendo reservas alimenticias acumuladas por la planta durante la etapa de cultivo (Kader & Saltveit, 2002; Simson & Straus, 2010) y a la evaporación del agua libre de los tejidos del producto a causa de la transpiración (Kader, 2007b).

La relación xilema/floema permanece casi constante, el pH tiende a disminuir (5,9), los SST (7,3) y la acidez titulable (0,04 %) se mantienen casi constantes, estando acorde a los valores reportados en la literatura (Bastidas-Cadpata & Valencia-Chamorro, 2015; Dussán-Sarria et al., 2015).

La textura y masticabilidad disminuyen aproximadamente un 50 % a partir del día 13, llegando a valores de 5 kg-f y 4 kg-f, respectivamente, y la zanahoria toma un aspecto flácido (figura 12.24) y poco atractivo para el consumidor. Los valores de elasticidad y cohesividad se mantienen estables, con pequeños valores de disminución, y la raíz es menos crocante.

En cuanto al color, al momento de la cosecha (113 DDS), la zanahoria ha alcanzado la tonalidad y la saturación típica del material utilizado en la zona del Oriente antioqueño; en este pe-

riodo los valores de la coordenada a^* (superiores a 21) y b^* (superiores a 38), junto con el valor del tono con promedio de 61°, al combinarlos, producen el color típico del material sembrado en esta zona.



Figura 12.24. Zanahoria con aspecto flácido tras 20 días de almacenamiento a 18 °C y 85 % de humedad relativa.

Foto: Germán Franco

A medida que avanza el almacenamiento, el valor de la coordenada a^* aumenta a 25 y b^* disminuye ligeramente (37), con un tono promedio de 56° , lo que conduce a una diferencia de color entre el día inicial y final del almacenamiento de $\Delta 7$, indicando que este pequeño cambio en la disminución del color puede ser apreciado por el consumidor.

En la zona interna de la raíz o xilema, la evolución del color indica que su variación durante el almacenamiento puede ser detectada por el consumidor; además, presenta un color más claro que en la zona exterior de la raíz. Para el caso del floema, la evolución en la diferencia del color hacia el día 13 de almacenamiento es mínima, pero se intensifica hacia el final del tiempo de almacenamiento.

La información anterior indica que, bajo las condiciones ambientales del Oriente antioqueño de 18°C y 85 % de HR, la zanahoria se puede almacenar alrededor de 13-15 días, incluyendo en este tiempo los días para efectuar la comercialización a nivel del consumidor final. Esto concuerda con lo estipulado por el Icontec (2001) y Hammaz et al. (2021), además de la conservación de los compuestos bioactivos (Hammaz et al., 2021).

Limpieza y desinfección de materiales y herramientas para la cosecha y poscosecha

Durante las labores de campo en la poscosecha de la zanahoria se emplean diferentes herramientas y/o equipos, tales como azadones, machetes, cuchillos, recipientes para almacenar agua, canastillas, mangueras, equipos para el lavado, carretas, aspersores y carpas, entre otros, los cuales deben lavarse y desinfectarse después de cada uso, para evitar riesgos por contaminación cruzada. El lavado se puede realizar con jabones comerciales a base de amonio cuaternario, libres de fragancias y colorantes, sin fosfatos, biodegradables y que no contaminen las aguas residuales, cuyas dosis varían entre 10-30 mL/Litro de agua, según el material o equipo. Además, se debe tener un programa de mantenimiento de las herramientas para evitar fallas cuando se estén utilizando en campo, y contar con una bodega en la finca para guardarlos limpios y organizadamente cuando no estén en uso (ICA, 2017; ICA & MADR, 2009; Icontec, 2006).



CAROTA
360°

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

Para no olvidar...

- » Una buena cosecha no se mide solo en toneladas, sino en calidad conservada; por esto, cada decisión en cosecha, lavado, selección o transporte influye en el valor del producto.
- » La zanahoria es un vegetal no climatérico, es decir, no madura fuera del suelo, así que cosecharla antes o después de su punto óptimo afecta el sabor, la textura y el color. En el Oriente antioqueño, el mejor momento es entre 115 y 125 días después de la siembra.
- » El floema es la parte de la raíz donde se acumulan carotenos, azúcares y compuestos funcionales; cuanto mayor sea la proporción de floema respecto al xilema, mayor será la calidad nutricional y sensorial.
- » El agua lava, pero también puede contaminar; por ello, usar agua limpia en el lavado es importante para garantizar la inocuidad. En lavados manuales o semitecnificados, se deben seguir buenas prácticas para evitar enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).



Foto: Luz Mary Quintero Vásquez

Conclusiones y perspectivas de los autores

- » Las pérdidas y desperdicios (PDA) en zanahoria pueden alcanzar niveles de hasta el 30 % de la producción, cuyas causas son cosechas fuera del punto óptimo, mal manejo de lavado y selección, transporte inadecuado y falta de infraestructura básica en finca, lo cual exige intervención inmediata mediante buenas prácticas agrícolas y poscosecha.
- » El transporte es una etapa crítica que puede afectar tanto la calidad como la inocuidad del producto; el uso de vehículos sin condiciones sanitarias ni térmicas adecuadas o el uso de empaques inadecuados incrementa el riesgo de daños físicos, pérdida de peso y aparición de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA).
- » Para la mayoría de los productores, la infraestructura de acopio y lavado en finca es insuficiente y representa un cuello de botella en la cadena de valor, ya que limita el cumplimiento de requisitos sanitarios y de inocuidad, afectando el acceso a mercados más exigentes.
- » La zanahoria puede conservar su calidad entre 13 y 15 días a temperatura ambiente, si se manejan adecuadamente la humedad, ventilación y protección contra el sol y viento, prácticas que pueden ser aplicadas por los productores sin acceso a refrigeración, pues permite ajustar la logística de cosecha, acopio y comercialización en función de las condiciones locales.



Foto: Paola Andrea Hormaza Martínez

Referencias

- Alessandro, M. (2013). Características botánicas y tipos varietales. En J. C. Gaviola (Ed.), *Manual de producción de zanahoria* (pp. 27-46). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Almeida Borja, P. A., & Zambrano Vidal, M. N. (2007). *Elaboración de jugo, pasta y polvo de zanahoria* [Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional de Ecuador]. Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2725>
- Avendaño, F. (2006). *Proyecto de prefactibilidad para la creación de un centro de acopio de zanahoria en el municipio de Simijaca* [Tesis de grado, Universidad de La Salle]. Ciencia Unisalle. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/17663>
- Barrett, D. M., Beaulieu, J. C., & Shewfelt, R. (2010). Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5), 369-389. <https://doi.org/10.1080/10408391003626322>
- Bassett, M. J. (1973). Relationship between core size, specific gravity, and soluble solids in carrots. *Horticultural Science*, 8(2), 139. <https://journals.ashs.org/hort/hort/published/rest/pdf-watermark/v1/journals/hortsci/8/2/article-p139.pdf/watermark-pdf/>
- Bastidas-Cadpata, R. & Valencia-Chamorro, S. (2015). Estudio del efecto de la aplicación de sanitizantes en la calidad de zanahoria (*Daucus carota* L.) de IV gama. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 307-312. www.redalyc.org/pdf/813/81343176023.pdf
- Ben-Yehodua, S., & Rodov, V. (2003). Transpiration and water stress. En J. Bartz, & J. Brecht (Eds.), *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables* (2.ª ed., pp. 1-49). CRC. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203910092-1/transpiration-water-stress-shimshon-ben-yehoshua-victor-rodov>
- Berger, M., Kuchler, T., Maassen, A., Busch-Stockfisch, M., & Steinhart, H. (2008). Correlations of carotene with sensory attributes in carrots under different storage conditions. *Food Chemistry*, 106(1), 235-240. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.075>
- Bevan, J., Firth, C., & Neicho, M. (1997). *Storage of organically produced crops*. The Henry Doubleday Research Association. https://orgprints.org/8241/1/Storage_organic_produce_report.pdf
- Bruhn, C. (2007). Aspectos de calidad y seguridad alimentaria de interés para el consumidor. En A. Kader (Ed.), *Tecnología Postcosecha de Cultivos hortofrutícolas* (3.ª ed., pp. 37-44). Universidad de California. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=27999
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual zanahoria*. <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14309/Zanahoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cardona, A. (2018, agosto 8). *La producción estimada de la zanahoria alcanzó récord nacional en el último año*. Agronegocios. <https://www.agronegocios.co/agricultura/cual-es-la-produccion-de-zanahoria-en-colombia-2756359>
- Del Toro, M. S., & Martinotti, M. D. (2013). Nematodos fitoparásitos en cultivos de zanahoria. En J. Gaviola (Ed.), *Manual de Producción de Zanahoria* (pp. 137-149). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación [Colciencias], Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] & Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2016). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano (2017-2027)*. <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/f12f3f5c-8de8-46b1-ad06-e51604f4fdbbc/content>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/P%C3%A9rida%20y%20desperdicio%20de%20alimentos%20en%20colombia.pdf>

Dussán-Sarria, S., García-Mogollon, C., & Gutiérrez-Guzmán, N. (2015). Cambios físico-químicos y sensoriales producidos por el tipo de corte y empaque en zanahoria (*Daucus carota* L.) mínimamente procesada. *Información Tecnológica*, 26(3), 63-70. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000300010>

Feng, Q., Hou, X.-L., Wang, G.-L., Xu, Z.-S., Tan, G.-F., Li, T., Wang, Y.-H., Khadr, A., & Xiong, A.-S. (2019). Advances in research on the carrot, an important root vegetable in the Apiaceae family. *Horticulture Research*, 6, 69. <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0150-6>

Gabriel, E. L. (2013). Implantación y manejo del cultivo. En J. Gaviola (Ed.), *Manual de producción de zanahoria* (pp. 47-70). INTA.

Galindo, J., & Saboyá, J. (2020). *Zanahoria (Daucus carota L.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2. <https://repositorio.unal.edu.co/items/8bd80b5d-2d8a-4489-b091-71c7b77f432d>

García, M. (2002). *El cultivo de la zanahoria*. Universidad de la República (Uruguay).

García, J. (2018). *Efecto del incremento del área superficial sobre el contenido de compuestos bioactivos en muestras de zanahoria durante su almacenamiento* [Tesis de grado, Universidad de Sevilla]. Depósito de Investigación de la Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/36dcf1ed-d5fd-443f-ad67-654ddd0daf73/content>

Ghorbani, Z., Zamindar, N., Baghersad, S., Paidari, S., Jafari, S. M., & Khazdooz, L. (2021). Evaluation of quality attributes of grated carrot packaged within polypropylene-clay nanocomposites. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(4), 3770-3781. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00925-7>

Gobernación de Antioquia. (2022). *Anuario Estadístico del Sector Agropecuario Departamento de Antioquia 2021*. <https://antioquia.gov.co/images/PDF2/Agricultura/2022/Anuario%20Estadistico%20Agropecuario%20año%202021.pdf>

Halloran, N., Kasim, M., & Kasim, R. (2005). Pre- and post-harvest hormonal changes of carrots. En F. Mencarelli, & P. Tonutti (Eds.), *Proceedings of the V International Postharvest Symposium* (pp. 299-306). International Society for Horticultural Science. https://ishs.org/ishs-article/682_33/

Hammaz, F., Charles, F., Kopec, R., Halimi, C., Fgaier, S., Aarouf, J., Urban, L., & Borel, P. (2021). Temperature and storage time increase provitamin A carotenoid concentrations and bioaccessibility in post-harvest carrots. *Food Chemistry*, 338, 128004. <https://hal.inrae.fr/hal-03202780/document>

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2017). *Resolución 030021. "Por medio del cual se establecen los requisitos para la Certificación en Buenas Prácticas Agrícolas en producción primaria de vegetales y otras especies para consumo humano"*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/9d8fe0fa-66d2-4feb-9513-cbba30dc4844/2017r30021.aspx#:~:text=PAZ%20AQUIDAD%20EDUCACI%C3%93N-,%22Por%20medio%20del%20cual%20se%20establecen%20los%20requisitos%20para%20la,pesados%20u%20otros%20productos%20qu%C3%ADmicos>



CAROTA
360°

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

- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA] & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2009). *Mis buenas prácticas agrícolas: guía para agroempresarios*. <https://es.slideshare.net/slideshow/cartilla-bpa/231666647>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (1994). *Norma Técnica Colombiana NTC 1226:1994. Frutas y hortalizas frescas. Zanahoria*.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (1996a). *Norma Técnica Colombiana NTC 1226-2:1996. Frutas y hortalizas frescas. Zanahoria. Especificaciones del empaque*.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (1996b). *Norma Técnica Colombiana NTC 1226-3:1996. Frutas y hortalizas frescas. Zanahoria. Almacenamiento y transporte*.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [Icontec]. (2012). *Norma Técnica Colombiana NTC 5400:2012. Buenas prácticas Agrícolas para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas. Requisitos generales*.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2024). *Pérdidas y desperdicios de alimentos: un desafío global para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible*. <https://repositorio.iica.int/server/api/core/bitstreams/35a1015a-27de-497c-bb69-21d87cae0a8c/content>
- Izquierdo, D., & Naranjo, C. (2006). *Estandarización de las condiciones de proceso de zanahoria (Daucus carota) y lechuga (Lactuca sativa) como productos mínimamente procesados refrigerados (MPR) obtenidos a partir de cultivos convencionales y orgánicos en la empresa JC Asociados* [Tesis de grado, Universidad de La Salle] Ciencia Unisalle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/bitstreams/bbdc79e-e1db-440e-8d15-7c65d60db485/download>
- Kader, A. (2007a). Biología y tecnología postcosecha: un panorama. En A. Kader (Ed.), *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas* (3.a ed., pp. 45-54). Universidad de California. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=27999
- Kader, A. (2007b). *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. Universidad de California. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=27999
- Kader, A., & Saltveit, M. (2002). Respiration and gas exchange. En J. A. Bartz & J. K. Brecht (Eds.), *Physiology and pathology of vegetables* (2.a ed., pp. 1-23). CRC. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203910092-8/respiration-gas-exchange-adel-kader-mikal-saltveit>
- Kaur, G. J., Kumar, D., Orsat, V., & Singh, A. (2020). Assessment of carrot rejects and wastes for food product development and as a biofuel. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12(3), 757-768. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01096-z>
- Kreutzmann, S., Christensen, L. P., & Edelenbos, M. (2008). Investigation of bitterness in carrots (*Daucus carota* L.) based on quantitative chemical and sensory analyses. *LWT - Food Science and Technology*, 41(2), 193-205. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.02.024>
- Lardizábal, R. (2013). *Manual de producción de zanahoria*. United States Agency for International Development (Usaid). <https://dicta.gob.hn/files/2013,-Produccion-de-zanahoria,-G.pdf>
- Larsen, H., & Wold, A.-B. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on sensory quality, chemical parameters and shelf life of carrot roots (*Daucus carota* L.) stored at chilled and abusive temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 114, 76-85. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.014>

- Lee, C. Y. (1986). Changes in carotenoid content of carrots during growth and post-harvest storage. *Food Chemistry*, 20(4), 285-293. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(86\)90097-X](https://doi.org/10.1016/0308-8146(86)90097-X)
- López, G. (2019). *Caracterización de la percepción oral de la textura de seis alimentos sólidos* [Tesis grado, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo Digital UPM. https://oa.upm.es/56908/1/TFG_GONZALO_BIELZA_LOPEZ_MANTEROLA.pdf
- López, A. F. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas: del campo al mercado*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/4/y4893s/y4893s00.htm>
- Maroto, J. V. (2002). Zanahoria. En *Horticultura herbácea especial* (pp. 48-60). Mundi-Prensa.
- Mejía, V., & Lobo, M. (1977). *Zanahoria*. ICA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13381>
- Moncayo, C. A. (1999). *Manejo post-cosecha y comercialización de la zanahoria: (Daucus carota L)*. Department for International Development (DFID). <http://hdl.handle.net/10785/1751>
- Morales-Payán, J. P. (2007). *Guía Técnica Cultivo de Zanahoria*. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF).
- Negi, P. S., & Roy, S. K. (2000). Effect of low-cost storage and packaging on quality and nutritive value of fresh and dehydrated carrots. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 80(15), 2169-2175. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200012\)80:15%3C2169::AID-JSFA762%3E3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200012)80:15%3C2169::AID-JSFA762%3E3.0.CO;2-J)
- Nicolle, C., Simon, G., Rock, E., Amouroux, P., & Révész, C. (2003). Genetic variability influences carotenoid, vitamin, phenolic and mineral content in white, yellow, purple, orange, and dark-orange carrots cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(4), 523-529. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.4.0523>
- Oficina Nacional de Normalización (ONC). (2002). *Evaluación sensorial. Vocabulário (ISO 5492:1992, IDT)*. <https://ftp.isdi.co.cu>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Asamblea General. A/RES/70/1. https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención*. <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *La belleza y el sabor están en el interior*. [https://www.fao.org/newsroom/story/Beauty-\(and-taste!\)-are-on-the-inside/es](https://www.fao.org/newsroom/story/Beauty-(and-taste!)-are-on-the-inside/es)
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/ca6030es>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2024). *Inocuidad de los alimentos*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety#:~:text=La%20carga%20que%20las%20enfermedades,15%20000%20millones%20al%20a%C3%B1o>
- Ochoa, D. (2015). *Creación y aplicación de sistema de planificación de siembra de cultivos: compañía Agrosano Ltda*. Corporación Universitaria Lasallista.



- Papoutsis, K., & Edelenbos, M. (2021). Postharvest environmentally and human-friendly pre-treatments to minimize carrot waste in the supply chain caused by physiological disorders and fungi. *Trends in Food Science and Technology*, 112, 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.038>
- Phan, C. T., & Hsu, H. (1973). Physical and chemical changes occurring in the carrot root during growth. *Canadian Journal of Plant Science*, 53, 629-634.
- Planella, I. (1987). *Tecnología del manejo de postcosecha de frutas y hortalizas*. En Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], *Tecnología del manejo de postcosecha de frutas y hortalizas* (pp. 113-120). <https://repositorio.iica.int/server/api/core/bitstreams/b8a71f1a-9f73-4ac5-9639-9ea97e4a5bdb/content>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2021). *Índice de desperdicio de alimentos 2021*. <http://www.unep.org/es/resources/informe/indice-de-desperdicio-de-alimentos-2021>
- Quintero, L., & Franco, G. (2023). *Caracterización de subproductos agrícolas en fincas productoras de zanahoria*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Reina, C., & Bonilla, J. (1997). *Manejo postcosecha y evaluación de calidad para la zanahoria (Daucus carota L.) que se comercializa en la ciudad de Neiva* [Tesis de grado]. Universidad Surcolombiana.
- Richmond, F., Méndez, C. H., & Umaña, G. (2010). Cambio en las características de calidad de 12 híbridos comerciales de zanahoria durante el almacenamiento. *Agronomía Costarricense*, 35(1). <https://doi.org/10.15517/rac.v35i1.6692>
- Rodrigues, J. P., Liberal, A., Petropoulos, S. A., Ferreira, I. C., Oliveira, M. B. P., Fernandes, A., & Barros, L. (2022). Agri-food surplus, waste and loss as sustainable biobased ingredients: a review. *Molecules*, 27(16), 5200. <https://doi.org/10.3390/molecules27165200>
- Saavedra, G., Jana, C., & Kehr, E. (Eds.). (2019). Hortalizas para procesamiento agroindustrial. *Boletín INIA*, 411. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6818>
- Saavedra, G., & Kehr, M. E. (Eds.). (2023). Manejo y especies hortícolas aptas para la agroindustria en la Región de La Araucanía. *Boletín INIA*, 472. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68961>
- Sargent, S. A., Ritenour, M. A., & Brecht, J. K. (2019). Handling, cooling and sanitation techniques for maintaining postharvest quality. *EDIS*, 3. <https://journals.flvc.org/edis/article/view/115448>
- Sastry, S. K., Baird, C., & Buffington, D. E. (1978). Transpiration rates of certain fruits and vegetables. *ASHRAE Trans*, 84, 237-255.
- Schulzová, V., Koudela, M., Chmelařová, H., Hajšlová, J., & Novotný, C. (2022). Assessment of carrot production system using biologically active compounds and metabolomic fingerprints. *Agronomy*, 12(8), 1770. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081770>
- Seljåsen, R., Bengtsson, G. B., Hoftun, H., & Vogt, G. (2001). Sensory and chemical changes in five varieties of carrot (*Daucus carota* L) in response to mechanical stress at harvest and post-harvest. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(4), 436-447. [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200103\)81:4<436::AID-JSFA837>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200103)81:4<436::AID-JSFA837>3.0.CO;2-R)
- Seljåsen, R., Kristensen, H. L., Lauridsen, C., Wyss, G., Kretschmar, U., Birlouez-Aragone, I., & Kahl, J. (2013). Quality of carrots as affected by pre- and postharvest factors and processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(11), 2611-2626. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6189>

Semillas Arroyave. (2020). *Catálogo de productos 2020*. www.semillasarroyave.com

Simoes, A., Do, N., Ventrella, M. C., Moretti, C. L., Carnelossi, M. A. G., & Puschmann, R. (2010). Anatomical and physiological evidence of white blush on baby carrot surfaces. *Postharvest Biology and Technology*, 55(1), 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.07.007>

Simon, P. W. (1985). Carrot flavor: effects of genotype, growing conditions, storage, and processing. En H. E. Pattee (Ed.), *Evaluation of quality of fruits and vegetables* (pp. 315-325). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-4217-2>

Simson, S., & Straus, M. (2010). *Post-harvest technology of horticultural crops*. Oxford.

Simpson, K. L. (1983). Relative value of carotenoids as precursors of vitamin A. *Proceedings of the Nutrition Society*, 42(1), 7-17. <https://doi.org/10.1079/pns19830003>

Srivalli, D., Roy, A., Viswanath, M., & Sahoo, M. (2022). Postharvest Shelf-life Extension of Carrot (*Daucus carota* L.) cv. New Kuroda using different surface Coatings. *Biological Forum - An International Journal*, 14(3), 1589-1594. https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/271%20Postharvest%20Shelf-life%20Extension%20of%20Carrot%20_Daucus%20carota%20L._%20cv.%20New%20Kuroda%20using%20different%20surface%20Coatings%20Anindita%20Roy.pdf

Vilmorin. (s. f.). *La zanahoria*.

Wills, R. H. H., Lee, T. H., Graham, D., McGlasson, W. B., & Hall, E. G. (1984). *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección*. Acribia S.A.

Yugsi, L. (2011). *Guía de campo: Producción limpia de hortalizas*. INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2421>

Yusuf, E. H., Tkacz, K., Turkiewicz, I. P., Wojdyło, A., & Nowicka, P. (2021). Analysis of chemical compounds' content in different varieties of carrots, including qualification and quantification of sugars, organic acids, minerals, and bioactive compounds by UPLC. *European Food Research and Technology*, 247(12), 3053-3062. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03857-0>



CAROTA
360°

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