

AGROSAVIA
EDITORIAL

El valor de lo singular

(caso *Daucus carota* L.)

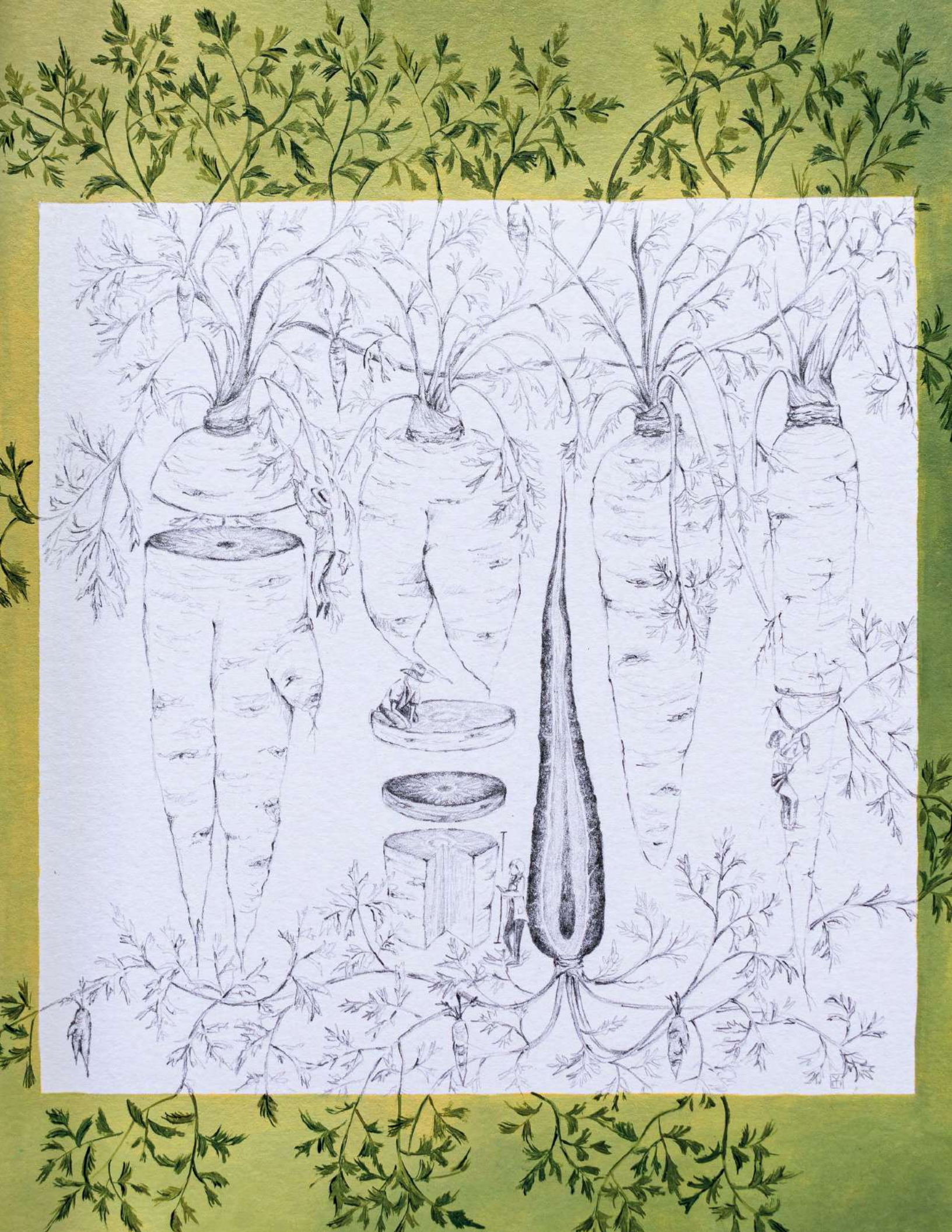
Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Juan Camilo Henao-Rojas | Jaison Martínez-Saldarriaga | Gleyder Yeraldin Bedoya Vélez
Cristian Domínguez Pulgarín | Melisa Andrea Castañeda-Urrego | Daniela Ortiz-Quintero
Mateo Londoño Valencia | Edison Osorio

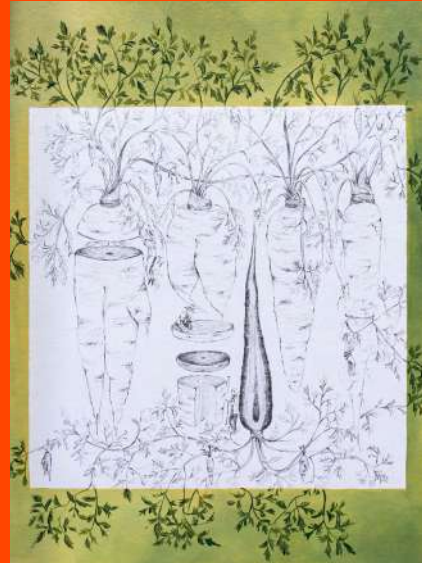
AGROSAVIA
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria







Pieza I



Pieza II



Título

Zanahoria

Técnica

Pieza I: Óleo sobre tela (20 x 20 cm), 2026

Pieza II: Óleo y grafito sobre papel (35 x 25 cm), 2026

Autora

Yuliana Miranda Gómez

 yulianamirandaart

Descripción

Las cosas adquieren una dimensión distinta cuando se les ve con otra mirada. La ciencia valora el conocimiento técnico y su aplicación; las artes despiertan el imaginario y la poética desde lo sensible y lo espiritual. Aunque son diferentes, la contemplación está implícita en estas dos miradas. Observar hondamente un objeto, cosa, elemento nos hace parte de su realidad y narrativa. Al contemplar nos confrontamos con la verdadera magnitud del mundo y su naturaleza. Es así como el objeto —la zanahoria—, en mi imaginario, amplifica sus medidas; mi atención

está puesta en ella y de alguna forma, como en una ensoñación, todo el mundo es zanahoria; me guía el deseo por conocer los misterios de su naturaleza, por comprender el capricho de sus formas y colores; imaginar que puede ser un hogar para algunos, un juego, el motivo de alguna nueva teoría. Para la ciencia se escudriña profundamente en el interior, a través de artilugios, hasta distinguir la más mínima partícula de la zanahoria, y entonces también acaba por amplificarse. Querer *mirar* es interiorizar en el mundo y darse cuenta de la propia dimensión.

Entidades aliadas



Apoyan



Financia



El valor de lo singular

(caso *Daucus carota* L.)

**Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria
con calidad diferencial para la bioeconomía del
Oriente antioqueño**

Juan Camilo Henao-Rojas | Jaison Martínez-Saldarriaga | Gleyder Yeraldin Bedoya Vélez
Cristian Domínguez Pulgarín | Melisa Andrea Castañeda-Urrego | Daniela Ortiz-Quintero
Mateo Londoño Valencia | Edison Osorio

**Colección Alianzas AGROSAVIA
2026**

El valor de lo singular (caso *Daucus carota* L.): catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño. / Juan Camilo Henao-Rojas [y otros siete] - Mosquera (Colombia): AGROSAVIA, 2026.

180 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)

Incluye gráficos y tablas.

ISBN: 978-958-740-899-7

ISBN e-Book: 978-958-740-901-7

1. *Daucus carota* 2. Ecología vegetal 3. Característica morfológica del suelo 4. Manejo del cultivo 5. Bioeconomía 6. Inocuidad alimentaria 7. Antioquia (Colombia).

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura - Agrovoc

Catalogación en la publicación - Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Centro de Investigación La Selva, Km 7, vía Rionegro-Las Palmas, Sector Llanogrande, Rionegro, Antioquia. Código postal 054040, Colombia.

Esta publicación es resultado del proyecto de investigación Antioquia Zana: “Fortalecimiento de la cadena productiva de la zanahoria mediante la creación de prototipos de productos innovadores en el Oriente del departamento de Antioquia” (BPIN 2020000100192), el cual fue liderado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Esta iniciativa fue financiada con recursos del Sistema General de Regalías del Gobierno de Colombia, a través de la convocatoria No. 3 del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación para proyectos de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica orientados a la innovación.

Colección: Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Manual (catálogo científico)

Primera edición: abril de 2026

Autoría

Juan Camilo Henao-Rojas
Jaison Martínez-Saldarriaga
Gleyder Yeraldin Bedoya Vélez
Cristian Domínguez Pulgarín
Melisa Andrea Castañeda-Urrego
Daniela Ortiz-Quintero
Mateo Londoño Valencia
Edison Osorio

Preparación editorial

Editorial AGROSAVIA

editorial@agrosavia.co

Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Edición: Verónica Barreto Riveros

Corrección: Sebastián Montero Vallejo

Diseño y diagramación: Jaime Wilches Cañón

Impresión: Grupo 2D SAS

Publicado en Mosquera, Cundinamarca

Citación sugerida: Henao-Rojas, J. C., Martínez-Saldarriaga, J., Bedoya Vélez, G. J., Domínguez Pulgarín, C., Castañeda-Urrego, M. A., Ortiz-Quintero, D., Londoño Valencia, M., & Osorio, E. (2026). *El valor de lo singular (caso Daucus carota L.): catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7409017>

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno con relación a los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000-121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías (SGR) de Colombia por el apoyo a esta investigación a través del proyecto “Fortalecimiento de la Cadena Productiva de Zanahoria mediante el Desarrollo de Prototipos de Productos Innovadores en el Oriente Antioqueño” (código BPIN: 2020000100192). También se agradece a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), a la Fundación INTAL y al Grupo de Sustancias Bioactivas de la Universidad de Antioquia por sus contribuciones, así como la dedicación de sus investigadores y la disponibilidad de recursos institucionales, que fueron fundamentales para el desarrollo de este estudio.





CONTENIDO

Prólogo 10

Introducción 12

16 Recomendaciones para usar el catálogo

Capítulo I. Metodología de caracterización

multidimensional de excedentes y materiales

diferenciados de zanahoria 19

19 Obtención del material vegetal de 14 materiales de zanahoria

20 Caracterización fisicoquímica

21 Caracterización nutricional

22 Caracterización de variables de inocuidad

24 Caracterización del potencial funcional

25 Contenido total de fenoles (TPC)

25 Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP)

25 Capacidad antioxidante por DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo)

26 Capacidad de absorción de radicales oxígenos, ORAC hidrofílico y ORAC lipofílico

27 Cuantificación de compuestos carotenoides totales

27 Cuantificación de β -caroteno

28 Análisis de datos

29 Análisis de la diversidad metabólica de excedentes y materiales diferenciados de zanahoria

30 Caracterización sensorial de materiales diferenciados de zanahoria

31 Determinación de plaguicidas

Capítulo II. Los feos tienen lo suyo: características multidimensionales

de los excedentes del cultivo de zanahoria 35

35 Introducción

37 Grupo C de excedentes de zanahoria naranja

43 Grupo R de excedentes de zanahoria naranja

49 Grupo D de excedentes de zanahoria naranja

55 Grupo P de excedentes de zanahoria naranja

59 Caracterización metabólica de excedentes de zanahoria

Capítulo III. El color de lo singular: características multidimensionales

de zanahorias diferenciadas 65

67 Grupo 1 de materiales de zanahoria naranja

87 Grupo 2 de materiales de zanahoria naranja

119 Grupo 3 de materiales de zanahoria blanca

127 Grupo 4 de materiales de zanahoria amarilla

135 Grupo 5 de materiales de zanahoria morada

Capítulo IV. Vocaciones de uso y rutas de valorización para excedentes

y materiales diferenciados de zanahoria 145

Conclusiones y reflexiones finales 153

Glosario 156

159 Glosario fitoquímico

Referencias 162

Anexos. Condiciones edáficas y manejo agronómico del cultivo

de zanahoria 172

Prólogo

Por Juan Camilo Henao-Rojas

Hay obras que se contemplan...

Y hay obras que, además de contemplarse, nos interpelan. Nos obligan a revisar la forma en que nombramos en el mundo, desde el valor, la belleza y la utilidad. Y quisiera pensar que esta es una de ellas.

En ella, el arte no compadece como ornamento de la ciencia ni la ciencia como justificación fría de la sensibilidad artística. Ambas se encuentran en un mismo territorio ético: el de reconocer que la vida no se organiza según los criterios estrechos de la economía o el mercado, y que la naturaleza no agota su sentido en aquello que resulta uniforme, brillante, simétrico o rentable a primera vista. En estas páginas reposa el trabajo de un equipo de investigación que ha dedicado años a entender la diversidad agrícola, pero también obras de artistas colombianos diversas en su lenguaje gráfico, en sus cosmogonías, en sus pulsos interiores y en sus maneras de habitar el mundo; ambas nacen de aquello que tantas veces fue apartado: material rechazado, excedentes, singularidades biológicas, formas aparentemente no normativas de la materia. Lo que parecía un residuo se revela aquí como una potencia. Lo que alguna vez fue descartado por no corresponder al ideal visual dominante, retorna como símbolo, como pregunta y, por qué no, como un porvenir.

Esta obra nos recuerda algo esencial: la diversidad no es una anomalía que el sistema deba co-

rregir, sino la condición profunda de la vida. Allí donde la lógica comercial ve defecto, el territorio ve la memoria y el sudor de sus campesinos; donde una cadena convencional ve descartes, la bioeconomía ve posibilidades; donde la mirada apresurada ve imperfección, la sensibilidad atenta descubre complejidad, información, carácter y destino. En ese sentido, este catálogo no solo expone materiales: restituye la dignidad misma de la agrobiodiversidad y la circularidad. No cataloga materiales singulares y excedentes de cultivo, reescribe su lugar en el mundo.

Hay también en esta propuesta una dimensión rigurosamente técnica que la vuelve aún más valiosa. El gesto poético de reconocer la singularidad no se queda en la metáfora: se sostiene sobre una lectura multidimensional de la materia, sobre la evidencia de que aquello que fue rechazado por estándares estéticos puede contener atributos nutricionales, funcionales, sensoriales y agroindustriales de enorme valor para una bioeconomía territorial más inteligente, circular y, por consiguiente, más justa. En esta obra, la ciencia no aplanar el misterio: lo afina, lo traduce. Lo vuelve argumento para transformar cadenas de valor y, al mismo tiempo, para transformar imaginarios.

No es casual que esta reflexión dialogue con postulados de la filosofía ambiental. Pensadores como Aldo Leopold propusieron dejar de



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

concebirnos como conquistadores de la tierra para pensarnos como miembros de una comunidad biótica, y Arne Næss cuestionó la ficción de un yo separado del mundo vivo, defendiendo una comprensión relacional de la existencia, en la que lo viviente posee valor más allá de su utilidad inmediata para el ser humano. Esa doble enseñanza resulta decisiva aquí: solo cuando dejamos de mirar la naturaleza como objeto subordinado podemos empezar a comprender su sabiduría, su complejidad y también los límites de nuestra arrogancia interpretativa.

En efecto, una de las tensiones más hondas de esta obra está en desenmascarar la soberbia con la que tantas veces el ser humano pretende clasificar la vida. Medimos, ordenamos, seleccionamos, jerarquizamos, pero con demasiada frecuencia confundimos legibilidad con valor, estandarización con calidad y control con conocimiento. La naturaleza, en cambio, insiste en hablar otro idioma: el de la variación, la adaptación, la plasticidad, la diferencia fecunda. Los datos y las piezas artísticas acá conjuntas no domesticar ese idioma; lo escuchan. Lo honran. Y al hacerlo nos invitan a aceptar que no todo lo verdadero cabe en los moldes de la perfección comercial.

En este punto, el pensamiento de Byung-Chul Han resulta especialmente revelador, sobre todo cuando señala que la “expulsión de lo distinto” es uno de los signos más profundos de nuestra época. La sociedad contemporánea, obsesionada con la transparencia, la estandarización y la circulación rápida de aquello que resulta fácilmente legible y consumible, tiende a desconfiar de la diferencia, a suavizar la singularidad y a marginar todo lo que no se ajusta a patrones previsibles. En el ámbito agroindustrial, esta lógica se traduce en regímenes de selección que privilegian la

uniformidad visual, el tamaño ideal, la simetría y la apariencia comercial, expulsando del circuito de valor a materiales biológicos que, aunque diversos y funcionalmente valiosos, no encajan en el molde dominante. Frente a ello, este catálogo propone una resistencia sensible y crítica: restituye dignidad a lo heterogéneo, reconoce la potencia estética y territorial de lo no normativo, y nos recuerda que la verdadera riqueza de la naturaleza no reside en su obediencia a un ideal de perfección, sino en su inagotable capacidad de expresar diferencia.

Por eso, esta obra afirma que el futuro no puede construirse desde el desprecio por lo diverso. Sostiene que la innovación auténtica no consiste únicamente en producir más, sino en aprender a mirar mejor. Asegura que la transformación agroindustrial, cuando está atravesada por sensibilidad, conocimiento y ética territorial, puede dejar de ser un simple proceso extractivo para convertirse en una práctica de escucha, reciprocidad y creación de sentido.

Invitamos a leer estas páginas con la disposición de quien no solo observa, sino escucha. A comprender los datos y contemplar las obras como un diálogo entre el arte, la ciencia, el territorio y la memoria material de lo que el mercado no supo reconocer. Y que al final de este recorrido quede sembrada una convicción necesaria: transformar nuestra manera de habitar la tierra exige, antes que nada, cambiar nuestra manera de mirar.

Quizá la verdadera innovación comience allí: en el instante en que dejamos de preguntar si algo es suficientemente perfecto para merecer un lugar, y empezamos a cuestionarnos qué verdad, qué potencia y qué futuro resguarda en su diferencia.





Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Introducción

La zanahoria (*Daucus carota* L.) es una especie de la familia Apiaceae cuya raíz constituye la principal fuente dietaria de provitamina A (β -caroteno) y una buena fuente de carotenoides, vitaminas, fibra dietaria, minerales y compuestos antioxidantes (Ahmad et al., 2019; Que et al., 2019; Tian et al., 2024). Este perfil la consolida como un alimento nutritivo y versátil, con una producción que se ha incrementado sostenidamente en las últimas décadas, partiendo de una producción cercana a los 20 millones de toneladas en el año 2000, a cerca de 41 millones de toneladas para el año 2021 (Bhandari et al., 2023; Rosales-Mendoza & Tello-Olea, 2015; Tian et al., 2024). Hoy se ubica entre los diez vegetales más consumidos a nivel global (Rodrigues et al., 2022) y su mercado de exportaciones se valora en 1,6 billones de dólares (FAOSTAT, 2025). China lidera la producción con más de 11 millones de toneladas anuales, seguida por Estados Unidos, Rusia y Uzbekistán, cada uno con más de un millón de toneladas (FAOSTAT, 2025). En Colombia, para 2024 se sembraron 10.180 ha, con una producción de 280.444 t, siendo Cundinamarca (33,03 %), Boyacá (24,70 %) y Antioquia (27,59 %) los principales departamentos productores (Agronet, 2025; FAOSTAT, 2025). El sector hortícola aporta, además, una fracción significativa de empleo directo e indirecto, con cerca de 300.000 puestos en el país (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2015). En este contexto, la integración de excedentes y materiales coloreados de *D. carota* a las cadenas de valor regionales representa un potencial nutricional, ambiental y económico

bajo un enfoque de bioeconomía circular, dado que no solo ataca el desperdicio alimentario, sino que también mejora la eficiencia en el uso de recursos y la sostenibilidad del sistema. En términos nutricionales, las zanahorias concentran carotenoides, fibra dietaria y vitaminas C y E aprovechables en matrices procesadas (jugos, mermeladas, polvos) (Alam et al., 2018), mientras que subproductos como el bagazo pueden transformarse en fibras y sustancias bioactivas para alimentos saludables (Kaur & Ghoshal, 2024). Ambientalmente, el modelo de bioeconomía circular prioriza la reducción de pérdidas, pues casi un tercio de los alimentos se desperdicia, con una fuerte contribución del segmento perecedero de frutas y hortalizas (Donner & De Vries, 2022). En ese sentido, valorizar excedentes de zanahoria mitiga impactos ambientales, económicos y en seguridad alimentaria (Vaz et al., 2022; Eliopoulos et al., 2022; Rodrigues et al., 2022), y además habilita su conversión en recursos valiosos como ácidos orgánicos, biocombustibles o productos funcionales para diferentes industrias (Moreno-Rodríguez et al., 2025; Pal et al., 2024; Ramos-Andrés et al., 2021). En lo económico, dicha valorización impulsa modelos de negocio sostenibles y viables para productores (Donner & De Vries, 2022), apalancados por tecnologías de procesamiento avanzadas que elevan el valor de la zanahoria en el mercado, reducen pérdidas y dinamizan el crecimiento (Ding & Liu, 2024). No obstante, subsisten barreras tecnológicas y de aceptación de mercado cuya gestión es condición para materializar plenamente estos beneficios.

En paralelo, los defectos estéticos como formas irregulares, micro y macro fisuras o manchas continúan penalizando la comercialización, a pe-

sar de su limitado vínculo con la calidad intrínseca. Las cadenas minoristas mantienen estándares visuales estrictos, de modo que solo el 43,86 % de la cosecha se vende como producto de valor pleno, con pérdidas económicas sustanciales para los productores (Bieneiek-Majka, 2024). Sin embargo, la evidencia muestra que tales defectos no reflejan necesariamente la calidad nutricional (p. ej., vitamina C y β -caroteno) ni el desempeño tecnofuncional del material (Rady et al., 2018), atributos que, además, pueden evaluarse y controlarse con tecnologías rápidas como la espectroscopía Vis-NIR (Rady et al., 2018). Incluso, fracciones usualmente descartadas como la piel permiten desarrollar alimentos con buen perfil nutricional (Jananta et al., 2024). El desempeño tecnofuncional de esta materia prima ha sido estudiado previamente (capacidad de absorción de agua, viscosidad, textura) y depende con mayor fuerza de las condiciones de proceso (tratamientos termomecánicos, tiempos y operaciones unitarias) que de su apariencia inicial (Trabert et al., 2022). Técnicas de secado especializadas favorecen la retención de carotenoides y otros nutrientes, reforzando que la ingeniería del proceso puede optimizar la calidad funcional con independencia de la estética (Wang & Ding, 2023). Esta desconexión entre estética y funcionalidad sugiere que los “alimentos feos” constituyen una reserva técnica de valor para mercados alternativos y canales de transformación, y que ampliar las métricas de calidad hacia dimensiones nutricionales, de inocuidad y de desempeño es clave para reducir desperdicios y mejorar la rentabilidad del sistema (Ospina-Sanchez et al., 2025).

Hay además otras materias primas funcionales en este cultivo, y es que más allá del estándar naranja, los materiales coloreados de zanahoria



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

exhiben perfiles fitoquímicos diferenciados que se traducen en potenciales específicos para alimentos y cosmética. Las zanahorias naranjas y rojas concentran α -caroteno y β -caroteno conocidos por su actividad antioxidante y sus beneficios en la reducción del riesgo de enfermedades crónicas, las amarillas son ricas en luteína y las rojas en licopeno (Ahmad et al., 2019; Singh et al., 2018; Yoo et al., 2020). Las moradas y negras destacan por sus fenoles y flavonoides, con elevada capacidad antioxidante y aplicaciones como colorantes naturales y nutraceuticos (Sierra et al., 2022; Singh et al., 2022; Singh et al., 2018); su riqueza en antocianinas, que además de conferirles tonalidades intensas, ofrecen estabilidad y funcionalidad como colorantes alimentarios con beneficios para la salud (Singh et al., 2022; Yoo et al., 2020). En alimentos, estos gradientes carotenoides-polifenoles permiten enriquecer el valor nutritivo y modular estabilidad y color en matrices reales (Singh et al., 2018; Yoo et al., 2020); en cosmética, los fenoles y flavonoides de materiales morados/negros aportan potencial antioxidante para fotoprotección y antiedad, mientras que su concentración de antocianinas respalda su uso como colorantes naturales (Singh et al., 2022; Yusuf et al., 2021). Esta diversidad responde tanto a la variabilidad genética aprovechable mediante mejoramiento para perfiles dirigidos (Brivaldo et al., 2023; Singh et al., 2018),

como a factores ambientales: condiciones más frescas tienden a mejorar rendimiento y calidad, en tanto que temperaturas altas pueden inducir la síntesis de terpenos (Ahmad et al., 2019). Conviene, sin embargo, reconocer la complejidad sistémica: los efectos benéficos y la funcionalidad emergen con frecuencia de sinergias entre fitoquímicos, fibra, vitaminas y minerales, por lo que se requiere profundizar en interacciones, estabilidad y biodisponibilidad para maximizar aplicaciones en productos reales (Vaillant et al., 2021; Yusuf et al., 2021).

Desde una perspectiva de bioeconomía territorial, el aprovechamiento de excedentes y materiales diferenciados de zanahoria representa una oportunidad concreta para transitar de un modelo lineal, centrado en el descarte, hacia esquemas circulares de agregación de valor. A ello se suma la exploración de los materiales coloreados de zanahoria y sus posibles escenarios de transformación, ya sea en la producción de ingredientes funcionales, alimentos procesados, insumos para nutrición animal o para cosmética natural, entre otros, que permite extender la vida útil de la biomasa, diversificar los destinos productivos y aumentar el ingreso potencial por unidad de materia prima producida. Este enfoque es especialmente relevante para el Oriente antioqueño, donde la horticultura desempeña un papel clave en el empleo

rural, la seguridad alimentaria y el abastecimiento regional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2020): municipios como El Santuario, La Unión, El Carmen de Viboral, Marinilla y Sonsón representan más del 75 % de la producción de zanahoria en Antioquia, abasteciendo centrales mayoristas ubicadas principalmente a lo largo de la región Andina, y en ciudades capitales de las regiones Pacífica y Caribe, con un volumen cercano a las 41 toneladas/año (Agronet, 2025; FAOSTAT, 2025).

En términos económicos, la valorización de excedentes puede amortiguar la volatilidad de precios en fresco, reducir pérdidas poscosecha y habilitar nuevos modelos de negocio basados en la transformación local; por su parte, la comercialización y transformación de los materiales coloreados permite diversificar los modelos de negocio, ampliar la cadena productiva y, por ende, expandir las redes de trabajo entre productores, transformadores y comercializadores, fortaleciendo así las capacidades técnicas y facilitando la apropiación de conocimiento en el territorio (Moreno-Rodríguez et al., 2025). Finalmente, a nivel ambiental, el uso integral de la zanahoria contribuye a disminuir el desperdicio alimentario, optimizar el uso de recursos naturales y reducir la presión sobre los sistemas productivos locales.

Más allá del suministro en fresco, la zanahoria ofrece rutas claras de valorización para dos fuentes de materia prima: excedentes y materiales diferenciados, para su utilización en alimentos humanos, nutrición animal y cosmética basada en la naturaleza. En alimentos, los compuestos bioactivos (carotenoides, fibra y polifenoles) respaldan su uso como ingrediente funcional en matrices lácteas y bebidas fermentadas, así como en suplementos y formulaciones multicomponen-

tes; estas aplicaciones se apoyan en tecnologías de transformación y estabilización (secado, extracción por ultrasonido, liofilización, entre otras) que preservan y concentran la funcionalidad antioxidante (Moreno-Rodríguez et al., 2025). En nutrición animal, la evidencia reciente perfila a la zanahoria (incluyendo fracciones de descarte) como insumo versátil para piensos, *snacks* y dietas especializadas, con énfasis en balances nutricionales, bioactividad y escalamiento tecnológico para mezclas y premezclas funcionales (Londoño Valencia et al., 2025). En cosmética natural, los extractos ricos en carotenoides y polifenoles se incorporan a formulaciones dermocosméticas funcionales, con una tendencia ascendente al uso de colorantes naturales y al aprovechamiento de material de descarte y variedades moradas por su alta capacidad antioxidante.

Esta obra ofrece **una caracterización sistemática de 4 tipologías de excedentes de zanahoria** (Control, Deforme, Rajada y Daño Patológico) y de **14 materiales diferenciados cultivables en el Oriente antioqueño**, distribuidos por color de raíz en once materiales naranjas, uno blanco, uno amarillo y uno morado. Los materiales fueron cultivados en campo abierto en el Centro de Investigación La Selva de AGROSAVIA (Rionegro, Antioquia, Colombia) como referente del sistema productivo regional. La obra abarca dimensiones fisicoquímicas, nutricionales, de inocuidad, potencial funcional y atributos sensoriales como insumo técnico para la selección de rutas de aprovechamiento bioeconómico y agroindustrial; y, en el caso de la caracterización metabolómica, los análisis e interpretaciones se organizan por clústeres o “grupos colapsables” definidos para cada conjunto de muestras, con el fin de integrar la variabilidad multidimensional sin perder resolución analítica.

Recomendaciones para usar el catálogo

Bajo un enfoque multicriterio, este catálogo integra la información nutricional, fitoquímica, potencial funcional, sensorial y de inocuidad de los principales excedentes de zanahoria, clasificados en cuatro tipologías (Control, Deforme, Rajada y Daño Patológico), y de 14 materiales comúnmente presentes para su siembra en el Oriente antioqueño para el sistema productivo de *Daucus carota*. Su propósito es poner a disposición de productores con un nivel de formación académica mínimo de tecnología, emprendedores, empresas y actores de la agroindustria un insumo técnico confiable y rigurosamente seleccionado para el diseño de productos con calidad diferencial, sustentados en atributos verificables de la materia prima.

La lectura recomendada de las fichas parte del panorama general hacia la decisión aplicada. Primero, revise el resumen multicriterio de cada tipología o material para identificar fortalezas (por ejemplo, concentración de carotenoides o antocianinas, capacidad antioxidante, características de colorimetría y desempeño sensorial) y limitaciones (textura, humedad, bajo contenido del macronutriente de interés). A continuación, cruce dichos atributos con el destino tecnológico previsto. Por ejemplo: en alimentos funcionales, priorice la combinación de bioactivos, macronutrientes y contenido de fibra soluble e insoluble; en cosmética natural, privilegie el perfil fitoquímico (antioxidantes, moléculas de interés y perfil colorimétrico).

En términos de toma de decisiones, el catálogo debe emplearse como referencia comparativa y no como sustituto de los controles de calidad específicos de cada cadena de suministro. La extra-

polación de resultados requiere cautela: los datos aquí consignados corresponden a los excedentes y materiales disponibles durante la ejecución del proyecto y, por tanto, no agotan la diversidad actual o futura. Factores como genotipo, lote, condiciones edafoclimáticas, manejo agronómico y poscosecha pueden modificar de manera sustantiva los perfiles de composición y desempeño. Por ello, toda decisión de escalamiento, inversión o registro sanitario debe complementarse con ensayos confirmatorios en la realidad productiva del usuario, idealmente con lotes piloto muestreados en distintas épocas. Si desea explorar las condiciones de cultivo de los datos en el presente catálogo, visite la sección Anexos.

Finalmente, para maximizar el aprovechamiento del catálogo, se sugiere una ruta operativa mínima: definir el producto objetivo (p. ej., *snack*, polvo colorante, extracto antioxidante o base dermocosmética), filtrar los materiales candidatos por atributos críticos (carotenoides/antocianinas, actividad antioxidante, parámetros colorimétricos, humedad, indicadores de inocuidad), elegir y ajustar las operaciones unitarias compatibles con el perfil, verificar el cumplimiento regulatorio del mercado destino y ejecutar un piloto que permita contrastar la retención de atributos frente a la ficha técnica. En este viaje, documentar la trazabilidad (origen, tipología/material, protocolo de procesamiento) facilitará la transferencia tecnológica, la comunicación con aliados comerciales y la validación ante autoridades competentes. En suma, esta obra ofrece una brújula técnica para reconocer y movilizar valor de materias primas singulares poco utilizadas, habilitando decisiones informadas sobre el potencial bioeconómico regional de la zanahoria desde el Oriente antioqueño hacia mercados globales.







Título

Zanahorias

Técnica

Acuarela

Autora

Carolina Ciro

 ciro_correa

Descripción

Raíces cónicas relucientes de colores, sabores y aroma a tierra fresca. Cada una en sus variaciones es la muestra viva de la riqueza que nace de la madre tierra. Se las puede apreciar naranjas,

amarillas, moradas e incluso blancas. Carotenoides, hierro, calcio, antioxidantes que en su justa medida vuelven a la zanahoria uno de los alimentos joya de la cocina.

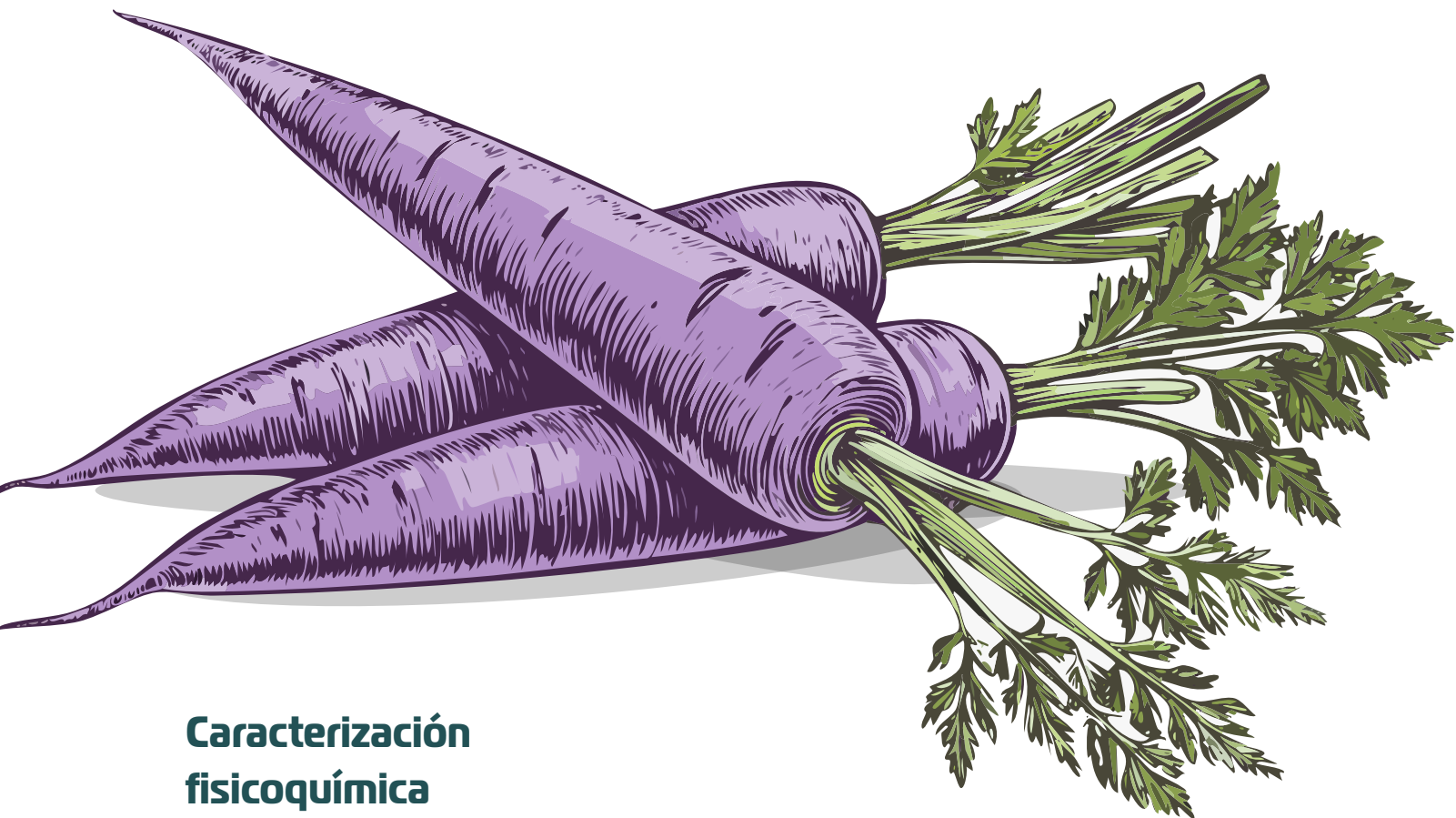
CAPÍTULO I

Metodología de caracterización multidimensional de excedentes y materiales diferenciados de zanahoria

Obtención del material vegetal de 14 materiales de zanahoria

El material vegetal estuvo constituido por 14 materiales de zanahoria (*Daucus carota* L.) representativos de la diversidad disponible para siembra en el sistema productivo del Oriente antioqueño, codificados como 1NAN, 2CHAN, 3CHAN, 4CHAN, 5BER, 6KUR, 7NAN, 8NAN, 9NAN, 10BER, 11NAN, 12NAN, 13FLA y 14BER, que abarcan fenotipos de raíz predominantemente naranja (1NAN, 2CHAN, 3CHAN, 4CHAN, 5BER, 6KUR, 7NAN, 8NAN, 9NAN, 10BER y 14BER), blanca (11NAN), amarilla (12NAN) y morada (13FLA). Todos los materiales se obtuvieron a partir de casas comerciales con materiales disponibles en el Oriente antioqueño, los cuales se cultivaron en campo abierto en el Centro de Investigación La Selva de AGROSAVIA (6°08'06' N, 75°25'03' O; 2.120 m s. n. m., Rionegro, Antioquia, Colombia), correspondiente a la zona de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB), con temperatura media anual de 17 °C y humedad relativa cercana al 78 %, experimento que fue repetido en cuatro ciclos productivos. Las camas de cultivo (1,20 m × 5,00 m × 0,30 m) se establecieron sobre suelos andisoles y se

manejaron bajo un diseño de bloques completos al azar, con cuatro réplicas por cada material, siguiendo prácticas agronómicas estandarizadas de fertilización, riego complementario y manejo integrado de plagas y enfermedades definidas por el equipo técnico del proyecto, a fin de garantizar que las expresiones de los materiales respondieran a sus características basales y no a prácticas de cultivo diferenciales entre ellos. La siembra se realizó de forma manual, colocando la semilla a 0,5 cm de profundidad, con espaciamientos de 10 cm entre plantas y 15 cm entre surcos. La cosecha se efectuó manualmente en el momento óptimo de recolección (120 días), a partir de una subparcela interna de 1 m² en el punto central de cada cama para evitar efectos de borde y competencia entre plantas; de cada réplica se obtuvieron seis subréplicas independientes por material, que fueron lavadas, verificadas morfológicamente y acondicionadas de inmediato para los análisis fisicoquímicos, nutricionales, metabolómicos y sensoriales descritos en las secciones posteriores.



Caracterización fisicoquímica

En los diferentes materiales de zanahoria fueron evaluados parámetros físicos como el peso, el diámetro transversal (al 70 % de su longitud) y la longitud total. El color fue determinado mediante un colorímetro Konica Minolta CR-400 para la determinación de parámetros establecidos por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE Lab), en los cuales se evaluó tanto la superficie externa como el interior de la zanahoria, con un iluminante tipo C y un ángulo de 10°. Las propiedades de textura fueron evaluadas aplicando un análisis de perfil de textura (TPA), en cubos de 23,8 mm cortados previamente al 70 % de la longitud total de la zanahoria, mediante un texturómetro TA-XT plus; determinando la dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia; el TPA se hizo utilizando una sonda de compresión (plato de compresión P/75), con una velocidad de prueba de 5 mm/s, una distancia de compresión de 2 mm, un tiempo

entre compresiones de 3 segundos y una carga aplicada de 0,049N. Estos análisis fueron aplicados a tres unidades experimentales al azar, previamente seleccionadas (tres zanahorias representativas). Para los análisis de pH, sólidos solubles totales, porcentaje de humedad y materia seca, se utilizaron 3 kg de zanahoria, sin puntas ni cáscaras, trituradas y homogeneizadas por cada réplica. Se determinó el porcentaje de humedad y materia seca con base en la norma AOAC 934.06 (2023), deshidratando 5 g de material triturado a 105 °C hasta alcanzar un peso constante en un horno Binder (Alemania). El pH se midió con un pH-metro Ohaus ST2100, basado en la norma AOAC 981.12 (2023), y los sólidos solubles totales mediante un refractómetro digital y la norma AOAC 932.12 (2023), ambos a partir de un extracto líquido de zanahoria, obtenido del procesamiento del material triturado en un extractor de jugos, realizado por triplicado técnico.





Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Caracterización nutricional

De acuerdo con la Resolución 810 del 2021 del Ministerio de Salud y Protección Social, los alimentos para consumo humano deben cumplir condiciones y requisitos relacionados con el etiquetado o rotulado nutricional, por lo que el análisis del perfil nutricional fue desarrollado con base en la determinación y detección de los siguientes parámetros: grasa total, azúcares totales, fibra dietaria total, fibra soluble e insoluble, proteína, carbohidratos, calorías, cenizas y determinación de metales como hierro, sodio, cadmio y plomo, métodos establecidos y respaldados por las Normas Técnicas Colombianas (NTC). La determinación de grasa total fue llevada a cabo mediante el método Soxhlet, utilizando extracción por hexano de acuerdo con la NTC 6240 (Icontec, 2017a). Los azúcares totales fueron cuantificados a través de cromatografía líquida de alta resolución (UHPLC), junto a un detector de índice de refracción (ERC), conforme a la norma AOAC 2018.16 (2023). La fibra dietaria, tanto soluble como insoluble y total, fue determinada mediante la implementación de metodologías enzimáticas y gravimétricas, siguiendo los li-

neamientos de la NTC 6383 (Icontec, 2020a), la cual se basa en la norma AOAC 991.43 (2023). La cuantificación de proteínas se hizo mediante el método Kjeldahl, de acuerdo con la NTC 4617 (Icontec, 2022a), determinando el contenido de proteína a través de la cuantificación del nitrógeno presente. Las cenizas fueron cuantificadas a través del método gravimétrico, mediante calcinación a 550 °C, según la NTC 2171 (Icontec, 2021). Los carbohidratos fueron calculados por diferencia de peso en base fresca (bh) en relación con los macronutrientes restantes, mientras que las calorías fueron estimadas utilizando los factores de conversión de Atwater, los cuales tienen en cuenta los valores energéticos del contenido de proteínas, grasas y carbohidratos de la zanahoria junto a su digestibilidad aparente. Finalmente, los minerales o el contenido de metales como hierro y sodio fueron determinados mediante espectrometría de absorción atómica, de acuerdo con las NTC 14084 (Icontec, 2021b) y NTC 5151 (Icontec, 2003), las cuales definen los protocolos para la detección de minerales, metales o elementos traza en alimentos.

Caracterización en variables de inocuidad

El estudio tuvo en cuenta la Resolución 2674 del 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, la cual establece los requisitos sanitarios que deben cumplir las empresas que fabrican, procesan, preparan, envasan, almacenan, transportan, distribuyen y comercializan alimentos y materias primas, y requieren la detección de los siguientes parámetros: recuento de mesófilos, coliformes totales, coliformes fecales, *Salmonella* spp., mohos y levaduras, residuos de plaguicidas y determinación de metales como cobre, níquel, cadmio y plomo, métodos establecidos y respaldados por las Normas Técnicas Colombianas (NTC). La determinación del recuento de mesófilos fue llevada a cabo mediante el método siembra en placa por diluciones seriadas en agar plate count (PCA), mediante una incubación a 30 °C por 48 h, de acuerdo con la NTC 3908 (Icontec, 2025). Los coliformes totales se determinaron mediante el método de filtración por membrana en agar rojo violeta bilis (VRBA), teniendo en cuenta una incubación a 37 °C durante 24 h, condiciones establecidas en la NTC 4458 (Icontec, 2018). Así mismo,

los coliformes fecales se determinaron mediante la metodología determinada en la NTC 4458, implementando la técnica de número más probable (NMP) en caldo EC (caldo de cultivo selectivo para coliformes fecales), con una incubación a 44,5 °C. La *Salmonella* spp. se determinó mediante el método de preenriquecimiento en caldo taponado, enriquecimiento selectivo, aislamiento en agar XLD/HE (Agar xilosa lisina desoxicolato), de acuerdo con la NTC 4574 (Icontec, 2007). Para el recuento de mohos y levaduras se aplicó la metodología por siembra en agar papa dextrosa (PDA) con incubación a 25 °C durante 3-5 días, indicado en la NTC 5698 (Icontec, 2009a, 2009b). Los metales pesados (cobre, níquel, cadmio y plomo) se determinaron de acuerdo con la Resolución 122 de 2012 establecida por el Ministerio de Salud y Protección Social y en relación con la NTC 4964 (Icontec, 2017b), cuya metodología establecida fue espectrometría de absorción atómica (AAS) con llama. Finalmente, la determinación de plaguicidas fue realizada mediante la metodología descrita en la NTC 5975.





Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Caracterización del potencial funcional

Se realizaron análisis de antioxidantes para determinar parámetros como contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante reductora con método de FRAP y capacidad antioxidante mediante el método de DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo), realizados por espectrofotometría en lector de microplacas (BioTech Epoch), ORAC hidrofílico y ORAC lipofílico (capacidad de absorción de radicales oxígeno), que son métodos determinados por espectrofluorometría. Para la determinación de estos parámetros se desarrolló un extracto etanólico de las muestras de zanahoria tomando 200 mg del material liofilizado mezclados con 4 ml de la solución de etanol al 70 % (v/v), se homogeneizó en vórtex durante 5 minutos, posteriormente se sometió a ultrasonido durante 45 minutos y, finalmente, se centrifugó para lograr un sobrenadante de 4 ml y se ajustó a 5 ml.

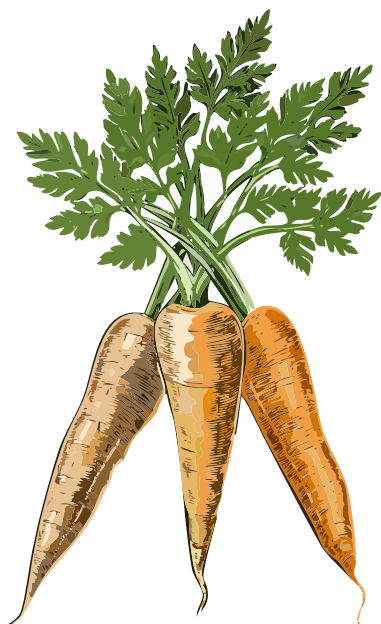


Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Contenido total de fenoles (TPC)

Los fenoles totales se determinan usando el método Folin-Ciocalteu (método oficial de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos [AOAC]) en lector de microplacas (BioTech Epoch). Se tomaron 25 μL del extracto del material, se adicionaron 125 μL de reactivo folin al 10 % y luego se añadieron 100 μL de carbonato de sodio. La mezcla se dejó en reposo durante 30 minutos a temperatura ambiente y penumbra, para su posterior lectura con una longitud de onda de 765 nm, se determinó la concentración con base en una curva ácido gálico (Singleton & Rossi, 1965).

Capacidad antioxidante reductora de hierro (FRAP)

El método FRAP determina el efecto de compuestos antioxidantes como agentes reductores, que evalúa la capacidad de un antioxidante para reducir en un medio ácido el hierro férrico (Fe^{+3}) presente en un complejo con la 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina (TPTZ) (complejo férrico tripiridil triazina) hasta la forma ferrosa (Fe^{+2}). Para ello se tomaron 10 μL de extracto del material mezclado con 250 μL de solución de trabajo (Búfer Acetato - TPTZ - FeCl_3 , pH: 3,6 y temperatura ambiente) en platos de 96 pozos, dejando reposar durante 30 minutos; luego, la absorbancia fue medida a 593 nm, y su concentración se determinó con base en una curva de Trolox (análogo hidrofílico del alfa tocoferol) (Benzie & Strain, 1996).

Capacidad antioxidante por DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo)

El método DPPH se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo, lo cual genera un grado de decoloración que permite determinar el porcentaje de inhibición del radical DPPH en función de la concentración. Para ello se requirió tomar 150 μL de muestra mezclada con 50 μL de solución de trabajo DPPH en platos de 96 pozos, se dejó en reposo por 30 minutos y se procedió a la lectura a 517 nm; su concentración se determinó con base en una curva de Trolox (análogo hidrofílico del alfa tocoferol) (Blois, 1958; Zapata-Vahos et al., 2023).

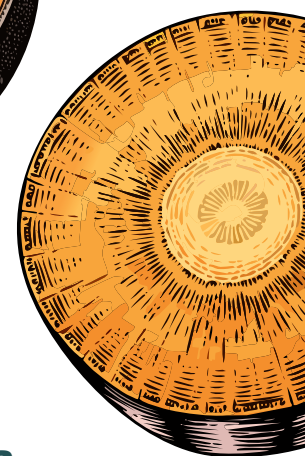




Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Capacidad de absorción de radicales oxígenos, ORAC hidrofílico y ORAC lipofílico

El método ORAC mide el efecto estabilizador de los radicales libres que tienen los compuestos antioxidantes mediante la donación de un átomo de hidrógeno. Para la realización del análisis del ORAC-H (hidrofílico) fueron tomados 50 μ L del extracto obtenido, los cuales fueron mezclados con 150 μ L de solución de trabajo (fluoresceína 1,6 μ M); la mezcla se mantuvo en reposo durante 30 minutos y luego fueron agregados 50 μ L de una solución de APPH (dihidrocloreto de 2,2'-azobis (2-metilpropionamidina en buffer fosfato); posteriormente, se procedió a la lectura a una longitud de onda de 485 nm y a una longi-

tud de onda de emisión en 525 nm durante 2 horas cada 2 minutos; su concentración se determinó con base en una curva de Trolox (análogo hidrofílico del alfa tocoferol). Para la determinación del ORAC-L (lipofílico), el procedimiento anterior fue realizado de manera similar, excepto que el solvente utilizado para diluir los extractos fue una solución de ciclodextrina metilada aleatoriamente (RMCD), la cual fue preparada en una solución de acetona: agua tipo II (50:50v/v) con un 7 % en peso de RMCD; igualmente, su concentración se determinó con base en una curva de Trolox (análogo hidrofílico del alfa tocoferol) (Prior et al., 2003).



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Cuantificación de compuestos carotenoides totales

La determinación de los carotenos totales es un método espectrofotométrico realizado en lector de microplacas (BioTech Epoch), para lo cual se extrajo el material mezclando 83 mg (zanahoria liofilizada) con 3 ml de acetona grado análisis homogenizando en vórtex durante 2 minutos; posteriormente, la mezcla fue tratada con ultrasonido durante 30 minutos y fue centrifugada obteniendo un sobrenadante, que finalmente fue mezclado con metanol grado análisis teniendo en cuenta una proporción de 50:50, generando el extracto final. Para su lectura se tomaron 100 μ L de cada muestra y se midieron con una longitud de onda de 449 nm (Biswas et al., 2011; Castaño et al., 2025).

Cuantificación de β -caroteno

Para la determinación de β -caroteno se utilizó un protocolo previamente validado por el Grupo de Sustancias Bioactivas (GISB) de la Universidad de Antioquia, en el cual se tomaron 50 mg de muestra por duplicado que fueron mezclados con 5 ml de hexano grado HPLC. Las dispersiones fueron sometidas a extracción asistida por ultrasonido a 80 kHz durante 20 minutos. Finalizado este tiempo, el extracto orgánico fue transferido cuidadosamente a un matraz aforado y, sobre el material vegetal remanente, realizando una segunda extracción con 5 ml de hexano nuevo, bajo las mismas condiciones de ultrasonido. Ambos extractos fueron unificados y se normalizaron en

un balón volumétrico a 10 ml con hexano, constituyendo así el extracto bruto para análisis de carotenoides. La extracción fue realizada bajo condiciones de luz controlada.

Luego, 2 ml de este extracto fueron transferidos a viales plásticos, ajustando la mezcla a una proporción de 90 % de volumen de extracto y 10 % de hexano suplementado con BHT a 100 ppm, con el fin de minimizar la oxidación de los carotenoides durante las etapas posteriores de manejo. Estas dispersiones fueron centrifugadas a 13.000 rpm durante 10 minutos a 12 °C, recuperando 1 ml del sobrenadante lipídico, el cual se llevó a sequedad en un sistema de evaporación al vacío tipo Centrivap (Labconco, MO, USA). El residuo seco obtenido fue resuspendido en tetrahidrofurano (THF) ajustado con BHT a 100 ppm, asegurando la completa solubilización del β -caroteno y la estabilidad de la fracción carotenoide previa al análisis cromatográfico.

El contenido de β -caroteno fue cuantificado mediante cromatografía líquida de alta eficiencia acoplada a detector de arreglo de diodos (HPLC-DAD), siguiendo un método interno. Fue empleada una columna Develosil-C30 de alta resolución, adecuada para la separación de carotenoides, y las corridas fueron monitoreadas en la región espectral característica del β -caroteno. La identidad del analito fue confirmada por concordancia del tiempo de retención y del espectro UV-Vis con un estándar de referencia de β -caroteno. La cuantificación fue realizada por interpolación de la respuesta del analito en una curva de calibración construida con soluciones patrón del mismo compuesto dentro del rango lineal del método. Todos los análisis fueron efectuados por duplicado para garantizar la repetibilidad.

Los resultados fueron expresados como miligramos de β -caroteno por 100 gramos de muestra en base fresca. Para ello, la concentración interpolada fue considerada a partir de la curva de calibración (en $\mu\text{g/ml}$), el volumen final del extracto, los factores de dilución aplicados y la masa de muestra utilizada, normalizando finalmente a 100 g. Cuando fue necesario reportar el contenido en porcentaje en masa, el valor en miligramos por 100 g fue transformado a gramos por 100 g mediante la conversión correspondiente.

Análisis de datos

Con el fin de explorar de manera integral la variabilidad entre las muestras y definir grupos de materiales con comportamientos similares, se implementó una estrategia de análisis multivariado a partir de las matrices de datos fisicoquímicos, nutricionales, metabólicos y sensoriales. Previamente al análisis, las variables fueron inspeccionadas en busca de valores atípicos y datos faltantes, y posteriormente estandarizadas (centrado en la media y escalado a la desviación estándar) para minimizar el efecto de las diferencias de escala entre unidades de medida.

La estructura global de la variabilidad se analizó mediante análisis de componentes principales (PCA), con el objetivo de reducir la dimensionalidad del sistema, identificar gradientes dominantes de variación y visualizar la distribución relativa de los materiales en un espacio de componentes latentes. A partir de las soluciones del PCA y de las variables contribuyentes, se seleccionaron aquellas métricas con mayor capacidad ex-



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

plicativa de la variabilidad entre grupos. Complementariamente, se aplicaron análisis discriminantes PLS-DA (Partial Least Squares-Discriminant Analysis, por sus siglas en inglés) utilizando las variables con mayor contribución al modelo; mediante el criterio $VIP > 1$ (Variable Importance in Projection, por sus siglas en inglés) se evaluó la capacidad de las variables seleccionadas para clasificar correctamente las muestras según las tipologías definidas o los clústeres obtenidos, estimando así el poder de separación de cada conjunto de variables.

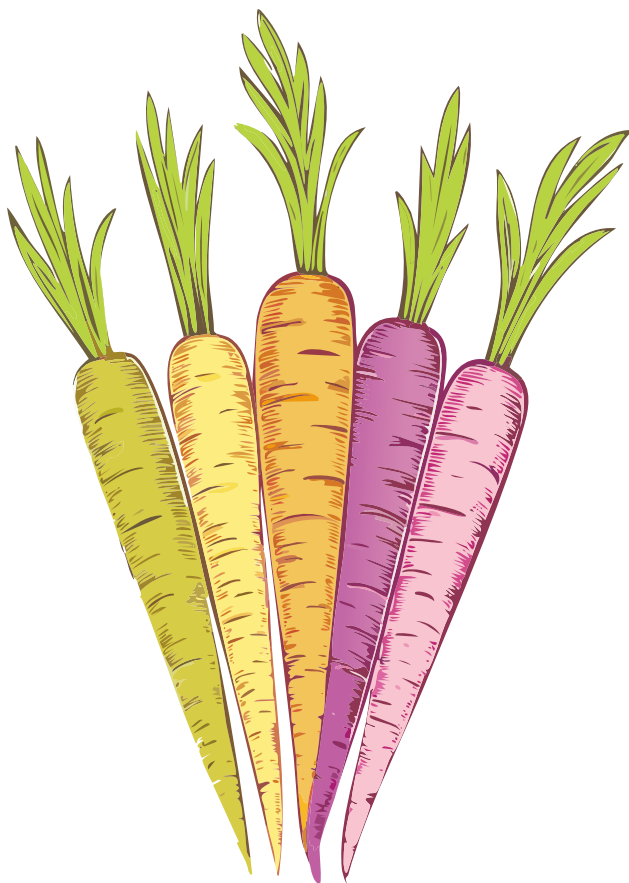
Para la definición de grupos o clústeres de materiales con características convergentes, se utilizaron de manera secuencial análisis del codo, un análisis de conglomerados jerárquico (análisis jerárquico) y un análisis de partición por K-medias (K-means). El análisis jerárquico permitió explorar posibles estructuras de agrupamiento y sugerir rangos razonables para el número de clústeres, mientras que el algoritmo K-means se empleó para



refinar la partición y estabilizar la asignación de muestras a cada grupo. La selección del número óptimo de clústeres se apoyó en criterios de disminución de la inercia intraclúster, particularmente a través del método del codo, identificando el punto a partir del cual incrementos en el número de grupos no se traducían en reducciones sustantivas de la suma de cuadrados intragrupo. Esta combinación de herramientas permitió definir de manera robusta los grupos de excedentes y de materiales diferenciados, sobre los cuales se construyeron las descripciones y recomendaciones presentadas en el catálogo (Henao-Rojas et al., 2021).

Análisis de la diversidad metabólica de excedentes y materiales diferenciados de zanahoria

La caracterización del perfil metabólico se realizó mediante un enfoque metabolómico no dirigido basado en tecnologías de alta resolución, con énfasis en cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas de tiempo de vuelo (LC-QTOF-MS) en modos de ionización positivo y negativo. Para la extracción, se pesaron 30 mg de cada muestra y se adicionaron 1.000 μL de una mezcla $\text{Cl}_2\text{CH}_2\text{-MeOH-H}_2\text{O}$ (5:3:2, v/v/v); las suspensiones se vortexaron durante 10 minutos, se sometieron a ultrasonido 10 minutos adicionales y se vortexaron nuevamente por 10 minutos. Los extractos se centrifugaron a $16.000 \times g$, 4°C durante 10 minutos y se filtraron a través de membranas PTFE de $0,22\ \mu\text{m}$. Se tomaron $80\ \mu\text{L}$ del extracto para el análisis LC-



QTOF-MS; los volúmenes de inyección oscilaron entre 1 y $10\ \mu\text{L}$ según la respuesta del analito y la saturación del detector.

Las corridas LC se efectuaron en un sistema Agilent 1260 acoplado a un analizador 6545 Q-TOF con ionización por electrospray. Se utilizó una columna C18 ($100 \times 2,1\ \text{mm}$; $1,9\ \mu\text{m}$) termos-tatada a 40°C y una elución en gradiente con flujo constante de $0,4\ \text{ml/min}$: fase A, agua Milli-Q con $0,1\ \%$ (v/v) de ácido fórmico; fase B, acetonitrilo con $0,1\ \%$ (v/v) de ácido fórmico. El programa inició en $5\ \%$ B, incrementó linealmente hasta $95\ \%$ B en 15 minutos, mantuvo 1 minuto en alta fuerza eluyente y retornó a las condiciones iniciales en el minuto 16,1, dejando

hasta 20 minutos para el reequilibrio del sistema. La adquisición en MS se realizó en modo *full scan* (m/z 50–1700) y MS/MS dependiente de datos, empleando una muestra de control de calidad (QC) a 20 y 40 eV. Se usaron dos masas de referencia para corrección continua: m/z 112,9856 [$C_2O_2F_3(NH_4)$] y m/z 1033,9881 ($C_{18}H_{18}O_6N_3P_3F_{24}$). Para asegurar estabilidad instrumental y reproducibilidad, se prepararon múltiples QC por *pooling* de volúmenes iguales de cada extracto; un QC se inyectó cada diez muestras analíticas.

El procesamiento de datos LC-QTOF-MS se realizó en Agilent MassHunter Profinder (B.10.0) para extracción de *features*, deconvolución, alineamiento e integración, seguido de inspección manual para remover ruido de fondo y señales de blancos de reactivos y columna. Se retuvieron únicamente aquellas *features* presentes en el 100 % de las réplicas con coeficiente de variación en QC < 20 %, de modo que el conjunto resultante representara señales robustas y reproducibles (Henao-Rojas et al., 2022).

La anotación de metabolitos consideró masa monoisotópica, patrón isotópico, aductos y fórmula molecular, consultando bases de datos en línea (METLIN, KEGG, HMDB, PubChem y ChEBI) mediante CEU Mass Mediator. La identificación se sustentó en la comparación de espectros MS/MS experimentales con bibliotecas y predicciones de MS-DIAL 4.80, SIRIUS 5.5.7, CFM-ID 4.0 y la plataforma GNPS, además del soporte de literatura.

El análisis estadístico combinó enfoques univariados y multivariados. Los metabolitos diferenciales entre materiales y excedentes de zanahoria se evaluaron mediante pruebas no

paramétricas (Mann–Whitney U) con control por tasa de descubrimientos falsos (FDR) y, en paralelo, se construyeron modelos PCA y PLS-DA para explorar patrones globales y separación entre grupos. Las variables de interés se priorizaron con criterio compuesto: $FDR < 0,05$ y $VIP > 1,5$. Las áreas de pico anotadas se organizaron en una matriz (.csv) y se procesaron en MetaboAnalyst 6.0 (Martínez-Saldarriaga et al., 2026).

Caracterización sensorial de materiales diferenciados de zanahoria

El análisis sensorial fue realizado sobre cada uno de los materiales de *Daucus carota* mediante un panel experto de diez jueces (Fundación INTAL), siguiendo lineamientos de evaluación descriptiva establecidos por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec) para pruebas de olor, color, sabor, textura y calidad global, entre otros atributos pertinentes a hortalizas frescas y matrices vegetales procesadas (Icontec, 2004, 2020b, 2022b). Los descriptores se calificaron en una escala de intensidad de 0,0 a 10,0 puntos, empleando rangos semiestructurados para homogeneizar la interpretación panelista-muestra: intensidad muy leve (0,0–2,9), leve (3,0–4,9), moderada (5,0–6,9), marcada (7,0–8,9) y muy marcada (9,0–10,0). Esta gradación permitió discriminar con resolución fina diferencias en atributos sensoriales críticos entre materiales, facilitar la comparación transversal y apoyar su vinculación con métricas fisicoquímicas y de perfil metabólico.



Determinación de plaguicidas

En cada una de las muestras de *Daucus carota* se evaluó la presencia de residuos de plaguicidas mediante un método múltiple basado en cromatografía de gases y cromatografía líquida (GC y LC), aplicado tras extracción con acetónitrilo y depuración por dispersive-SPE, de conformidad con la Norma Española UNE-EN 15662:2019 (“Método para determinar residuos de plaguicidas en alimentos de origen vegetal”) (Asociación Española de Normalización, 2019). El procedimiento incluyó la preparación de extractos a partir de la matriz homogenizada, la eliminación de interferentes por d-SPE y el análisis instrumental GC/LC para la detección/confirmación de un amplio espectro de compuestos objetivo, siguiendo los criterios de desempeño y control de calidad establecidos por la norma (selección de iones/transiciones, linealidad, verificación con blancos y fortificados, y límites de trabajo acordes a la matriz). Esta aproximación estandarizada permitió una cuantificación y confirmación comparable de límites máximos de residuos para las muestras de zanahoria.

Dado el carácter multidimensional y el nivel de detalle técnico del enfoque metodológico empleado, la figura 1 presenta un esquema integrador que resume las principales etapas del proceso de establecimiento del ensayo agronómico, la caracterización, las variables evaluadas, equipos y herramientas especializadas utilizadas, análisis de datos y la forma en que la información generada se articula para la agrupación y el establecimiento de los escenarios de valorización de los materiales de zanahoria analizados.



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Herramientas analíticas

Metodologías estandarizadas (AOAC y NTC)

Equipos especializados (LC, GC, LC-QTOF-MS)

Bases de datos (METLIN, KEGG, HMDB, PubChem y ChEBI)

Bibliotecas y herramientas digitales (CEU Mass Mediator, MS-DIAL 4.80, SIRIUS 5.5.7, CFM-ID 4.0, GNPS y MetaboAnalyst 6.0)

Integración de datos

Análisis de componentes principales (PCA)

Análisis de mínimos cuadrados parciales por diferenciación (PLS-DA)

Análisis de conglomerados jerárquico

Análisis de partición por K-medias

Pruebas no paramétricas (Mann-Whitney U) con control, tasa de descubrimientos falsos (fdr)

Caracterización

Fisicoquímica

Nutricional

Variables de inocuidad

Potencial funcional (β -caroteno, capacidad antioxidante, fenoles y carotenoides totales)

Metabolómica

Sensorial

Determinación de plaguicidas

Material vegetal

14 materiales de zanahoria

Diversidad cromática, predominantemente naranja

Cultivo mediante un diseño de bloques completos al azar

Distribución en camas de cultivo (1,20 m x 5,00 m x 0,30 m)

Prácticas agronómicas estandarizadas

Resultado de proceso

Agrupación de materiales

Base científica para la valorización de las tipologías de excedentes y los grupos de zanahorias



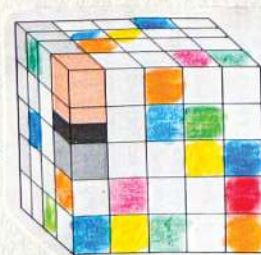
Figura 1. Enfoque metodológico para la caracterización multidimensional de excedentes y materiales singulares de zanahoria.

Fuente: Elaboración propia

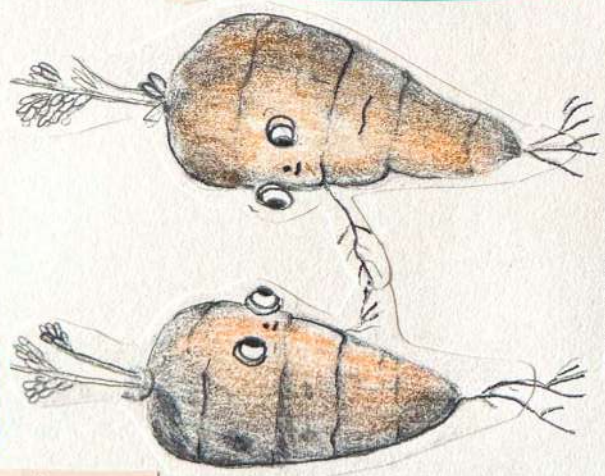
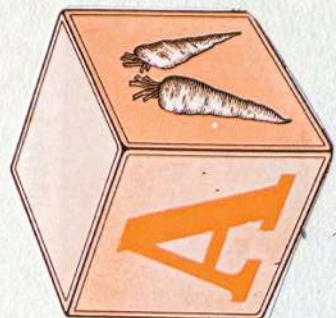




mm



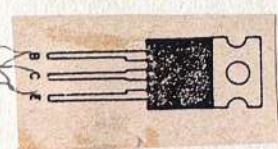
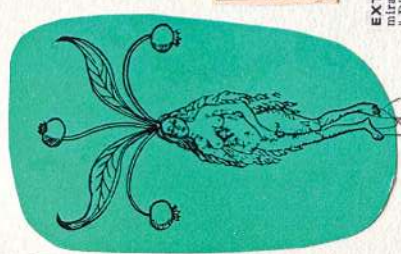
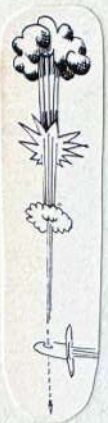
Agua	80 %
Hidratos de carbono	0 %
Proteína	1,5 %
Fibra	1,5 %
Vitaminas y minerales	0,5 %
Grasas	0

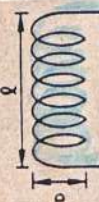


ZANAHORIA f. Planta umbelífera de raíz fusiforme. || Raíz de esta planta: la zanahoria contiene en su cantidad de azúcar. ||
Arg. Fum. Tonto, bobo.

carrot, kar'ot, s., zanahoria f.; -y.

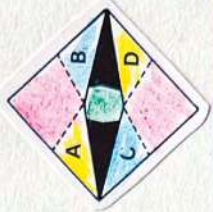
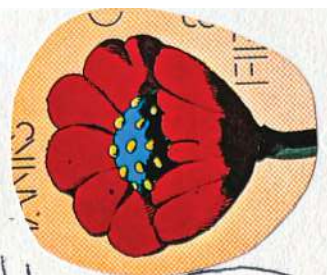
RECHAZO
RECHAZO
RECHAZO



$$S = \frac{\pi D^2}{4} \cdot l$$




EXTRAÑEZA f. Cosa extraña, rareza. || Adverbio que sirve para expresar la conducta. || Disgusto entre las que son antipatía.



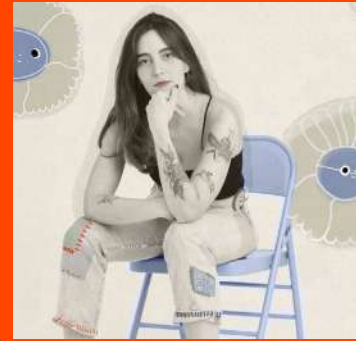
$$n = \sqrt{\frac{10^8 \cdot L \cdot \ell}{1,257 \cdot S}}$$

$$\ell = 1,257 \frac{n^2 \cdot S}{10^8 \cdot L}$$

$$S = \frac{10^8 \cdot L \cdot \ell}{1,257 \cdot n^2}$$

CONTROL m. Comprobación, inspección; el control de una cosa. || *Fp.* Examen, crítica; encargado del control de alguien. || Dominio, supremacía; el control del Estado. || Lugar donde se ejerce el control. || Dispositivo para hacer funcionar o mecanizar el funcionamiento de una máquina o mecanismo. || Control de calidad, comprobación de la calidad y de la observación de las normas de fabricación de un producto. || Control de cambios, moneda extranjera. || Control de conocimientos, prueba para verificar los conocimientos de un alumno. || Control de natalidad o nacimiento, regulación de nacimientos. || Control de precios, regulación de precios. || **CONTROLAR v.** Que puede controlarse, controlar. || **CONTROLABLE adj.** Que puede controlarse. || **CONTROLAR las cuentas t.** Comprobar, inspeccionar. || **CONTROLAR las cuentas v.** Verificar. || **Examinar, revisar, controlar; la U. de R.** Tener bajo su dominio, dirigir: la U. de R. || **Controlar la economía de algunos países.** || **Dominar:** ejercer la supremacía sobre controlar. || **Dominar:** 68

CONTROL



Título

Control

Técnica

Lápices de color y marcador

Autora

María Toro Quijano

 mariatoroquijano

Descripción

Esta obra nace de la observación de las llamadas “zanahorias control”: aquellas que no pasan los estándares de calidad por su tamaño, forma o apariencia, aunque su esencia permanezca intacta. A partir de esta premisa agrícola, construyo una metáfora visual sobre el rechazo, la clasificación y los sistemas que determinan qué es aceptado y qué queda por fuera. En la composición, las dos zanahorias centrales se miran entre sí como si dialogaran. No son productos: son cuerpos sensibles. Su gesto sugiere empatía y complicidad frente a una estructura que las evalúa. Alrededor de ellas, el espacio se fragmenta en múltiples lenguajes visuales: diagramas técnicos, fórmulas, patrones repetitivos, sellos de control, tipografías intervenidas y la palabra “RECHAZO” reiterada en colores vibrantes. Esta repetición funciona como eco y como herida, insistiendo en la carga simbólica que puede tener una etiqueta. El uso de ilustración científica y elementos gráficos que remiten a manuales de inspección o fi-

chas técnicas dialoga con la idea de medición y estandarización. Las fórmulas, los esquemas y los bloques geométricos representan el deseo humano de ordenar, cuantificar y normar la naturaleza. Sin embargo, en contraste, aparecen raíces orgánicas, ondas, flores y espirales que evocan crecimiento libre, diversidad y vitalidad. La obra propone una reflexión sobre los criterios de calidad en la producción agrícola y cuestiona la noción de “imperfección”. ¿Qué se pierde cuando reducimos la vida a parámetros estrictos? ¿Qué historias quedan fuera del mercado por no ajustarse a una medida? Más allá del contexto productivo, la pieza amplía la conversación hacia lo humano: todos hemos sido, en algún momento, “control” o “rechazo”. *Control* no es una denuncia, sino una invitación a mirar con otros ojos aquello que no encaja en la norma. En cada zanahoria descartada hay tierra, tiempo y cuidado; hay un proceso completo que no debería ser invisibilizado por una diferencia de tamaño.

CAPÍTULO II

Los feos tienen lo suyo: características multidimensionales de los excedentes del cultivo de zanahoria

Introducción

Se estima que entre el 25 y el 30 % de la producción total de zanahoria se descarta en las zonas de cultivo debido a su singularidad en tamaño, longitud, forma, color o daños mecánicos (Jyot Kaur et al., 2020; Kaur et al., 2020; Salvañal et al., 2021). En Colombia, la zanahoria debe ser clasificada bajo tres categorías para su correcta comercialización: la categoría “extra”, que consiste en zanahorias sin defectos morfológicos, de forma regular, sin magulladuras ni fisuras; la categoría “primera”, que incluye zanahorias con buena apariencia, aunque se aceptan defectos leves como heridas causadas por la manipulación o el lavado, y la categoría “segunda”, que incluye zanahorias con defectos tales como heridas cicatrizadas y quemaduras (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015; Icontec, 1994).

Las zanahorias que no cumplen con estos criterios de selección no son comercializadas, son descartadas y se convierten en excedentes de producción que normalmente se destinan a la alimentación animal o se convierten en desecho orgánico o material de compostaje (Jyot Kaur et al., 2020; Salvañal et al., 2021). Estos excedentes, si bien no cumplen con los estándares de comercialización por razones morfológicas o su calidad visual, constituyen una fuente abundante y renovable de compuestos bioactivos con aplicaciones potenciales en las industrias alimentaria, cosmética, farmacéutica y biotecnológica (Clementz et al., 2019; Idrovo Encalada et al., 2019; Jyot Kaur et al., 2020; Kaur et al., 2020; Ramos-Andrés et al., 2021; Rodrigues et al., 2022; Salvañal et al., 2021).



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Con el propósito de orientar la interpretación técnica, las muestras se clasificaron en cuatro tipologías operativas de *Daucus carota*: Control, Rajadas, Deformes y Daño Patológico. Con base en esta categorización, se presentan a continuación las características multidimensionales de cada tipología, integrando métricas físico-químicas, nutricionales, metabólicas/funcionales y de inocuidad. No obstante, es pertinente señalar que, a nivel multivariado, los excedentes analizados no exhiben diferencias sustantivas atribuibles exclusivamente a la naturaleza del daño; en consecuencia, y siempre que cada

lote cumpla con las especificaciones operativas definidas para las tipologías (p. ej., integridad estructural, afectación patológica superficial < 3 %, ausencia de exudados y parámetros de inocuidad dentro de norma), estos materiales pueden considerarse como una única biomasa viable de transformación. Esta lectura comparativa permitirá reconocer fortalezas y limitaciones específicas cuando sea necesario un manejo diferenciado para procesos de valorización con criterios que prioricen sus características específicas y el potencial multidimensional por encima de la mera apariencia del defecto.

Grupo C de excedentes de zanahoria naranja

Tipología de excedente: Control (C)

Descripción

Raíces con morfología y estado fisiológico típicos de la zanahoria comercial, caracterizadas por forma cónica regular, epidermis íntegra y ausencia de defectos visibles, es decir, sin bifurcaciones ni raíces secundarias, sin manchas, fisuras ni heridas (figura 2). Se excluyen de la categoría “extra” únicamente por criterios dimensionales: longitud inferior a 100 mm o superior a 300 mm, y/o diámetro (medido en la zona media) menor de 20 mm o superior a 60 mm, de acuerdo con la NTC 1226 (Icontec, 1994). No presentan signos de daño patológico ni mecánico relevantes, por lo que su calidad interna y aptitud tecnológica son comparables al estándar comercial, con la salvedad de su desviación en tamaño.



Figura 2. Tipología *Control (C)* de excedentes de producción de zanahoria.

Foto: Cristian Domínguez Pulgarín



Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de la tipología *Control (C)* de excedentes de producción de zanahoria

Parámetro	Control
pH	6,08 ± 0,04
°Brix	7,5 ± 0,1
Materia seca (%)	10,411 ± 0,08
Humedad (%)	89,589 ± 0,08
L* (externo)	56,13 ± 0,45
a* (externo)	20,08 ± 0,44
b* (externo)	35,23 ± 0,52
C* (externo)	40,58 ± 0,64
h* (externo)	60,60 ± 0,40
L* (interno)	57,27 ± 0,54
a* (interno)	19,71 ± 0,58
b* (interno)	41,69 ± 0,74
C* (interno)	46,24 ± 0,88
h* (interno)	65,13 ± 0,41
Dureza (gf)	17571,501 ± 305,25
Adhesividad (g·s)	-0,566 ± 0,27
Elasticidad	0,846 ± 0,004
Cohesividad	0,848 ± 0,002
Gomosidad	14.896,201 ± 263,086
Masticabilidad	12.671,100 ± 249,687
Resiliencia	0,755 ± 0,005
Peso (g)	136,25 ± 8,46
Longitud (cm)	15,74 ± 0,36
Diámetro (cm)	3,88 ± 0,08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Composición nutricional de la tipología *Control (C)* de excedentes de producción de zanahoria

Parámetro	Control
Calorías (kcal/100 g)	32,806 ± 0,620
Proteína (g/100 g)	0,39 ± 0,05
Grasa total (g/100 g)	0 ± 0
Carbohidratos (g/100 g)	9,197 ± 0,166
Azúcares totales (g/100 g)	5,245 ± 0,201
Fibra total (g/100 g)	2,8 ± 0,065
Fibra Soluble (g/100 g)	0,45 ± 0,055
Fibra Insoluble (g/100 g)	2,33 ± 0,057
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (µg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	0,679 ± 0,112
Sodio (mg/100 g)	25,022 ± 1,487
Calcio (mg/100 g)	29,654 ± 0,831
Zinc (mg/100 g)	0,074 ± 0,013
Cenizas (g/100 g)	0,80 ± 0,02

Fuente: Elaboración propia. Se reporta el límite de cuantificación (LC) en los resultados de vitaminas y grasa total.



Tabla 3. Indicadores de inocuidad (Recuento microbiológico, metales pesados y plaguicidas) de la tipología *Control* (C) de excedentes de zanahoria.

Parámetro	Control
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	3.707.270 ± 12.381.200
Detección de <i>Salmonella</i> spp. UFC/ 25 g	2.389.340 ± 8.530.290
Recuento de coliformes Totales UFC/g	3,750 ± 12,312
Recuento de coliformes fecales (<i>E. coli</i>)	0,625 ± 2,446
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	973,750 ± 2141,780
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	0,301 ± 0,087
Cobre (mg/100 g)	0,301 ± 0,012
Níquel (mg/kg)	0,068 ± 0,010
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050
Plaguicidas	Negativo

Fuente: Elaboración propia





Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Tabla 4. Caracterización del potencial biofuncional de la tipología de *Control* (C) de los excedentes de zanahoria

Parámetro	Control
TPC (mg EAG/100 g)	84,67 ± 6,36
FRAP (μmol ET/100 g)	167,64 ± 35,87
DPPH (μmol ET/100 g)	349,36 ± 28,96
Inhibición DPPH (%)	53,70 ± 2,66
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	4.295,68 ± 405,42
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	2.342,16 ± 225,14
Carotenos totales (mg/100 g)	1,71 ± 0,12

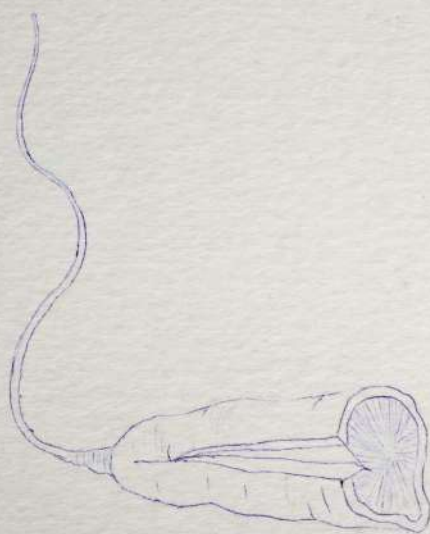
EAG: Equivalentes de ácido gálico, ET: Equivalentes de trolox.

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño





Título

Grietas vitales

Técnica

Lápices y bolígrafo azul sobre papel

Autor

Johan Andrés Salazar Cano

 johanzalazar

Descripción

Este proyecto ha sido bastante significativo para mí, pues me ha permitido conocer de manera cercana y detenida la riqueza que existe en el complejo mundo orgánico y vegetal y el minucioso trabajo del equipo de AGROSAVIA con este proyecto, pues los excedentes de Zanahoria guardan formas y po-

sibilidades asombrosas, las cuales posibilitan distintas implementaciones igual de benéficas que las demás zanahorias, y así, no concebirlas desde un lugar menor o reprochable, sino todo lo contrario, ipoder maravillarse y ver la diversidad de formas que hay dentro de esta especial vegetal!

Grupo R de excedentes de zanahoria naranja

Tipología de excedente: Rajada (R)

Descripción

Raíces con morfología cónica que presentan discontinuidades epidérmicas en forma de fisuras longitudinales y/o transversales, de profundidad variable a lo largo del eje de la raíz (figura 3). Estas lesiones corresponden usualmente a daños superficiales de la peridermis y tejidos subyacentes inmediatos, generalmente asociados a estrés hídrico/osmótico, fluctuaciones de crecimiento o daño mecánico poscosecha.



Figura 3. Tipología *Rajada (R)* de excedentes de producción de zanahoria.

Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Capítulo II. Los feos tienen lo suyo: características multidimensionales de los excedentes del cultivo de zanahoria





Foto: Juan Camilo He-

Tabla 5. Propiedades fisicoquímicas de la tipología *Rajada (R)* de excedentes de zanahoria

Parámetro	Rajada
pH	6,130 ± 0,050
°Brix	7,400 ± 0,100
Materia seca (%)	10,591 ± 0,081
Humedad (%)	89,409 ± 0,081
L* (externo)	54,33 ± 0,450
a* (externo)	17,99 ± 0,440
b* (externo)	34,15 ± 0,530
C* (externo)	38,64 ± 0,640
h* (externo)	62,94 ± 0,400
L* (interno)	57,02 ± 0,550
a* (interno)	19,47 ± 0,590
b* (interno)	41,74 ± 0,750
C* (interno)	46,18 ± 0,890
h* (interno)	65,56 ± 0,410
Dureza (gf)	17.503,8 ± 308,953
Adhesividad (g·s)	-0,655 ± 0,273
Elasticidad	0,848 ± 0,004
Cohesividad	0,839 ± 0,002
Gomosidad	14.701,299 ± 266,275
Masticabilidad	12.529,701 ± 252,713
Resiliencia	0,730 ± 0,005
Peso (g)	204,63 ± 8,56
Longitud (cm)	16,64 ± 0,36
Diámetro (cm)	4,9 ± 0,080

Fuente: Elaboración propia



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Tabla 6. Composición nutricional de la tipología *Rajada* (R) de excedentes de zanahoria

Parámetro	Rajada
Calorías (kcal/100 g)	31,108 ± 0,640
Proteína (g/100 g)	0,59 ± 0,06
Grasa total (g/100 g)	0 ± 0
Carbohidratos (g/100 g)	8,582 ± 0,171
Azúcares totales (g/100 g)	4,688 ± 0,208
Fibra total (g/100 g)	2,63 ± 0,067
Fibra soluble (g/100 g)	0,41 ± 0,056
Fibra insoluble (g/100 g)	2,42 ± 0,059
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	0,553 ± 0,116
Sodio (mg/100 g)	19,531 ± 1,536
Calcio (mg/100 g)	29,313 ± 0,858
Zinc (mg/100 g)	0,128 ± 0,013
Cenizas (g/100 g)	0,80 ± 0,020

Fuente: Elaboración propia. Se reporta el límite de cuantificación (LC) en los resultados de vitaminas y grasa total.



Tabla 7. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico, metales pesados y plaguicidas) de la tipología *Rajada (R)* de excedentes de zanahoria

Parámetro	Rajada
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	5.679.400 ± 18.772.500
Detección de <i>Salmonella</i> spp. UFC/ 25 g	1.049.800 ± 3.034.240
Recuento de Coliformes totales UFC/g	9,33333 ± 35,3167
Recuento de coliformes fecales (<i>E. coli</i>)	5,33333 ± 15,1658
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	282,667 ± 357,71
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	0,3112 ± 0,0798
Cobre (mg/100 g)	0,311 ± 0,013
Níquel (mg/kg)	0,05 ± 0,010
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050
Plaguicidas	Negativo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Caracterización del potencial biofuncional de la tipología *Rajada (R)* de los excedentes de zanahoria

Parámetro	Rajada
TPC (mg EAG/100 g)	128,25 ± 6,36
FRAP (μmol ET/100 g)	326,28 ± 35,05
DPPH (μmol ET/100 g)	270,8 ± 28,96
Inhibición DPPH (%)	46,05 ± 2,66
ORAC Hidrofílico (μmol ET/100g)	5.374,37 ± 405,42
ORAC Lipofílico (μmol ET/100g)	3.410,51 ± 225,14
Carotenos Totales (mg/100g)	1,90 ± 0,12

EAG: Equivalentes de ácido gálico, ET: Equivalentes de trolox.

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño





Título

Cosecha singular

Técnica

Pintura digital de bordes suaves

Autor

Juan Camilo Builes

 [juan_tt2](#)

Descripción

Realizar esta obra fue muy interesante porque me permitió observar la zanahoria desde otro lugar. Normalmente, la vemos solo como un alimento cotidiano, pero al detenerme a mirarla con más atención, empecé a pensarla como un organismo lleno de variaciones, formas y posibilidades. A partir del proyecto “El valor de lo singular”, me interesó reflexionar sobre esas diferencias que muchas veces pasan desapercibidas, especialmente en los productos que provienen de excedentes productivos. En muchos sistemas agrícolas y comerciales, aquello que no cumple con ciertos estándares lo torcido, lo irregular o lo diferente suele ser descartado. Sin embargo, en esas mismas variaciones también existe diversidad, historia y valor. Entonces, esta obra surge como una forma de pensar esa singu-

laridad. Me interesa proponer otra mirada hacia aquello que normalmente se considera imperfecto o residual, entendiendo la diversidad como una riqueza y no como un defecto. En la ilustración, estas ideas aparecen a través de una composición donde distintas formas de zanahoria se entrelazan y flotan dentro de un paisaje abierto. Las variaciones de forma, color y movimiento buscan resaltar esa diversidad que puede existir incluso en algo tan cotidiano, mientras que el entorno natural recuerda su origen y su relación con la tierra. De alguna manera, el trabajo también busca abrir una reflexión sobre cómo observamos la naturaleza y sobre el potencial que pueden tener esos materiales que muchas veces quedan fuera de los sistemas productivos tradicionales.

Grupo D de excedentes de zanahoria naranja

Tipología de excedente: Deforme (D)

Descripción

Raíces que exhiben heterogeneidad morfológica respecto al estándar comercial en tamaño, forma y proporciones (longitud, diámetro, conicidad y relación L/D), con geometrías irregulares que incluyen bifurcaciones, ramificación múltiple (raíces secundarias), curvaturas, torsiones y/o malformaciones del eje principal (figura 4). Estas desviaciones generan superficies y volúmenes no uniformes, con implicaciones en rendimiento de pelado y corte, y en la estandarización de operaciones poscosecha.



Figura 4. Tipología *Deforme (D)* de excedentes de producción de zanahoria.

Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Capítulo II. Los feos tienen lo suyo: características multidimensionales de los excedentes del cultivo de zanahoria





Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Tabla 9. Propiedades fisicoquímicas de la tipología *Deforme (D)* de excedentes de zanahoria

Parámetro	Deforme
pH	6,12 ± 0,040
°Brix	7,4 ± 0,100
Materia seca (%)	10,600 ± 0,079
Humedad (%)	89,4 ± 0,079
L* (externo)	56,99 ± 0,44
a* (externo)	19,52 ± 0,430
b* (externo)	35,83 ± 0,510
C* (externo)	40,89 ± 0,630
h* (externo)	61,68 ± 0,390
L* (interno)	59,08 ± 0,540
a* (interno)	19,67 ± 0,570
b* (interno)	44,89 ± 0,730
C* (interno)	49,17 ± 0,870
h* (interno)	66,73 ± 0,400
Dureza (gf)	17.272,902 ± 301,682
Adhesividad (g·sg·s)	-0,803 ± 0,267
Elasticidad	0,851 ± 0,004
Cohesividad	0,841 ± 0,002
Gomosidad	14.535,900 ± 260,009
Masticabilidad	12.410,489 ± 246,766
Resiliencia	0,737 ± 0,005
Peso (g)	162,990 ± 8,360
Longitud (cm)	14,240 ± 0,360
Diámetro (cm)	4,600 ± 0,080

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Tabla 10. Composición nutricional de la tipología *Deforme (D)* de excedentes de zanahoria

Parámetro	Deforme
Calorías (kcal/100 g)	32,402 ± 0,601
Proteína (g/100 g)	0,46 ± 0,05
Grasa total (g/100 g)	< 0,5
Carbohidratos (g/100 g)	9,072 ± 0,161
Azúcares totales (g/100 g)	4,886 ± 0,195
Fibra total (g/100 g)	2,89 ± 0,063
Fibra soluble (g/100 g)	0,40 ± 0,053
Fibra insoluble (g/100 g)	2,50 ± 0,056
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (µg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	0,547 ± 0,109
Sodio (mg/100 g)	21,929 ± 1,443
Calcio (mg/100 g)	29,82 ± 0,806
Zinc (mg/100 g)	0,078 ± 0,012
Cenizas (g/100 g)	0,76 ± 0,02

Fuente: Elaboración propia. Se reporta el límite de cuantificación (LC) en los resultados de vitaminas y grasa total.

Tabla 11. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico, metales pesados y plaguicidas) de la tipología *Deforme (D)* de excedentes de zanahoria

Parámetro	Deforme
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	1.008.700 ± 2.310.150
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	736.966 ± 1.903.770
Recuento de coliformes totales UFC/g	104,118 ± 403,193
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	1,17647 ± 3,253
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	325,882 ± 562,061
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	0,332 ± 0,102
Cobre (mg/100 g)	0,332 ± 0,012
Níquel (mg/kg)	0,061 ± 0,009
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050
Plaguicidas	Negativo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Caracterización del potencial biofuncional de la tipología *Deforme (D)* de los excedentes de zanahoria

Parámetro	Deforme
TPC (mg EAG/100 g)	80,38 ± 6, 360
FRAP (μmol ET/100 g)	181,89 ± 35,050
DPPH (μmol ET/100 g)	323,44 ± 28,960
Inhibición DPPH (%)	51,55 ± 2,660
ORAC hidrofílico (μmol ET/100g)	8.376,79 ± 405,42
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	2.475,57 ± 225,140
Carotenos totales (mg/100 g)	2,19 ± 0,110

EAG: Equivalentes de ácido gálico, ET: Equivalentes de trolox. Los valores con las diferentes letras en las filas son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia







Título

Medicina de raíz

Técnica

Acuarela

Autor

Alejandro Rendón Molina

 andorm

Descripción

En la calma del campo todo se prepara para recibir la mirada del Sol y ellos ya están de pie, junto a La Tierra Maestra. Aunque Ella parece quieta y silenciosa, ellos escuchan su invitación a ser puente entre el azul del cielo y el naranja que habita la negra tierra. Sus manos saben que cada semilla enterrada es un trozo de luz confiado a la oscuridad del suelo y que cada surco prepara un altar donde la energía del Sol se concentra para alimentar a su gente.

Aceptan el llamado: Ella gesta la magia en la oscuridad del suelo y ellos la asisten en la verde superficie. Juntos enfrentan los desafíos que acechan los cultivos. A veces esta lucha deja algunas marcas, las cicatrices de una batalla ganada. Si las miramos, ellas también nos miran y nos cuentan cómo

la planta despertó su propia medicina para sobrevivir. Gracias a sus guardianes, la Zanahoria Sobreviviente ha guardado su mejor tesoro: la esencia de componentes puros que, bajo su cuidado, se transforma en una medicina que ninguna tierra sin desafíos podría entregar. Es la mayor fuerza curativa, la que nace precisamente del momento en que la vida decide no rendirse. Al inclinarse ante la tierra, ellos encuentran en esas marcas un elixir sagrado, raíz del bienestar que fortalece no solo la vista, sino la salud de quien la consume. Es así como ellos nos entregan mucho más que una hortaliza en cada cosecha. Nos transmiten la sabiduría de la Maestra Tierra que nutre el cuerpo, al tiempo que nos recuerda que nuestras propias marcas son, en realidad, la fuente de nuestra mayor vitalidad.

Grupo P de excedentes de zanahoria naranja

Tipología de excedente: Daño Patológico (P)

Descripción

Raíces con morfología cónica comparable al grupo *Control* que presentan deterioro superficial de origen patológico, evidenciado por decoloraciones, manchas oscuras/pardas y, ocasionalmente, focos puntuales de necrosis en la peridermis (figura 5). En esta tipología no se discrimina por tipo de agente etiológico ni por la naturaleza específica del daño (fúngico, bacteriano u otros), dado que la clasificación responde a criterios operativos mediante evaluación visual y no diagnósticos. Para garantizar comparabilidad y preservar la integridad del material,

solo se incluyen zanahorias con un área afectada < 3 % de la superficie externa visible de la raíz. Quedan excluidos los casos con afectación extensa, exudados, tejidos blandos generalizados, pérdida de firmeza o compromiso estructural que pudiera alterar la calidad interna o la inocuidad del producto.



Figura 5. Tipología *Daño Patológico (P)* de excedentes de zanahoria.

Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Capítulo II. Los feos tienen lo suyo: características multidimensionales de los excedentes del cultivo de zanahoria



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Tabla 13. Propiedades fisicoquímicas de la tipología *Daño Patológico (P)* de excedentes de zanahoria

Parámetro	Daño Patológico
pH	6,12 ± 0,040
°Brix	7,5 ± 0,100
Materia seca (%)	10,508 ± 0,080
Humedad (%)	89,492 ± 0,080
L* (externo)	49,16 ± 0,450
a* (externo)	15,05 ± 0,440
b* (externo)	28,73 ± 0,520
C* (externo)	32,56 ± 0,640
h* (externo)	63,16 ± 0,400
L* (interno)	57,69 ± 0,540
a* (interno)	20,79 ± 0,580
b* (interno)	44,31 ± 0,740
C* (interno)	49,11 ± 0,880
h* (interno)	65,41 ± 0,410
Dureza (gf)	16.745,301 ± 305,253
Adhesividad (g-sg-s)	-1,06 ± 0,270
Elasticidad	0,844 ± 0,004
Cohesividad	0,839 ± 0,002
Gomosidad	14.056,301 ± 263,086
Masticabilidad	11.874,299 ± 249,687
Resiliencia	0,727 ± 0,005
Peso (g)	181,55 ± 8,46
Longitud (cm)	16,15 ± 0,36
Diámetro (cm)	4,58 ± 0,08

Fuente: Elaboración propia



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Tabla 14. Composición nutricional de la tipología *Daño Patológico (P)* de excedentes de zanahoria

Parámetro	Daño Patológico
Calorías (kcal/100 g)	30,064 ± 0,662
Proteína (g/100 g)	0,57 ± 0,06
Grasa total (g/100 g)	<0,5
Carbohidratos (g/100 g)	8,395 ± 0,177
Azúcares totales (g/100 g)	4,01 ± 0,215
Fibra total (g/100 g)	2,89 ± 0,070
Fibra soluble (g/100 g)	0,55 ± 0,058
Fibra insoluble (g/100g)	2,34 ± 0,061
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (µg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	0,723 ± 0,120
Sodio (mg/100 g)	20,776 ± 1,590
Calcio (mg/100 g)	27,623 ± 0,888
Zinc (mg/100 g)	0,11 ± 0,014
Cenizas (g/100 g)	0,81 ± 0,020

Fuente: Elaboración propia. Se reporta el límite de cuantificación (LC) en los resultados de vitaminas y grasa total.

Tabla 15. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico, metales pesados y plaguicidas) de la tipología *Daño Patológico (P)* de excedentes de producción de zanahoria

Parámetro	Daño Patológico
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	1.800.820 ± 2.636.340
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	644.529 ± 1.878.210
Recuento de coliformes totales UFC/g	72,8571 ± 254,858
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	5 ± 12,5426
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	1.474,29 ± 4.117,840
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	0,324214 ± 0,068427
Cobre (mg/100 g)	0,324 ± 0,013
Níquel (mg/kg)	0,036 ± 0,010
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050
Plaguicidas	Negativo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Caracterización del potencial biofuncional de la tipología *Daño Patológico* de los excedentes de zanahoria

Parámetro	Daño Patológico
TPC (mg EAG/100 g)	136,05 ± 6,36
FRAP (μmol ET/100 g)	393,66 ± 35,05
DPPH (μmol ET/100 g)	420,4 ± 28,96
Inhibición DPPH (%)	59,92 ± 2,656
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	8.085,12 ± 405,420
ORAC lipofílico (μmol ET/100g)	3.614,66 ± 229,980
Carotenos totales (mg/100 g)	1,94 ± 0,120

EAG: Equivalentes de ácido gálico, ET: Equivalentes de trolox.

Fuente: Elaboración propia



Caracterización metabólica de excedentes de zanahoria

Se evaluaron los perfiles metabólicos desde un enfoque no dirigido de los diferentes tipos de zanahoria: Rajada (R), Deforme (D), Daño patológico (P) y Control (C). Sin embargo, este análisis no reveló una clara separación entre las tipologías de zanahoria, lo cual se traduce en que no se presentaron diferencias entre las tipologías basadas en su riqueza química; por lo tanto, se obtuvo un solo grupo de datos relacionados con la caracterización fitoquímica (Martínez-Saldarriaga et al., 2026). A continuación, se presenta el top 10 de los metabolitos de mayor abundancia y un mapa de palabras en donde se evidencia la totalidad de metabolitos encontrados según su abundancia.

Tabla 17. Top 10 de metabolitos más abundantes presentes en los excedentes de producción de zanahoria

Metabolitos
Fosfoserina (PS 0-35:0)
Zeaxantina
20-Hidroxiecdisona 20,22-acetonida
Malonildaidzina
(3R,8aS)-Ciclo(fenilalanilprolil)
2',5-Dimetoxiflavona
Heteratisina
Licaconitina
Demecolcina
1-Ciclohexilpirrolidin-2-ona

Fuente: Elaboración propia



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

En la figura 6 se presenta el perfil metabólico perteneciente a los excedentes de producción de zanahoria, en el cual se observa la abundancia relativa de metabolitos identificados en los excedentes de producción de zanahoria; es decir, entre más grande se visualiza el término, más abundante se encuentra el metabolito, mientras que los términos más pequeños indican metabolitos encontrados en niveles más bajos. Los compuestos más abundantes incluyeron fosfoserina O-35:0, zeaxantina, malonildaidizina, ergosina y nostoxantina, reflejando una predominancia de derivados de fosfolípidos, carotenoides, flavonoides y alcaloides. La prominencia de la fosfoserina O-35:0 se relaciona con los componentes estructurales presentes en las membranas celulares (Lenoir et al., 2021). Asimismo, la presencia de zeaxantina, nostoxantina y otros pigmentos derivados de carotenoides indica una alta relevancia de las vías metabólicas ligadas a compuestos antioxidantes liposolubles, relacionados directamente con la pigmentación naranja característica de la zanahoria (Bouyahya et al., 2021).

En contraste, los metabolitos secundarios como la malonildaidizina, la licantina, la heteratisina y la tomatidina, aunque menos abundantes, destacan la diversidad química presente en los excedentes de producción de zanahoria. Por ejemplo, la malonildaidizina, un flavonoide reportado con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Lin et al., 2025), o la tomatidina, un alcaloide asociado a actividades antimicrobianas (Dey & Mukherjee, 2018). Sin embargo, en los metabolitos menos abundantes se encuentran compuestos como la nuciferina, un compuesto valioso para tratar el daño oxidativo, los trastornos metabólicos y las enfermedades inflamatorias (Fang et al., 2024); la criptotanshinona, un diterpeno que ha sido descrito con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas, además de efectos protectores a nivel cardiovascular (Wei et al., 2023; Xing et al., 2024; Zhu et al., 2016), o el 4'-Metoxiflavonol, un flavonoide con diversas actividades bioactivas reportadas como antioxidante, antiacetilcolinesterasa, antibacteriana y antifúngica (Stanković & Jakovljević, 2021).

Tabla 18. Cuadro comparativo de las tipologías de excedentes de zanahoria y sus características

Tipología de excedente	Característica visual única	Descripción	Información clave
Control (C)	Tamaño fuera de los rangos comerciales.	Forma cónica sin bifurcaciones ni raíces secundarias, sin manchas, fisuras o heridas visibles, con una longitud por debajo de 100 mm o superior a 300 mm y un diámetro menor a 20 mm o superior a 60 mm.	▼ Biomasa apta para cualquier proceso de transformación y agregación de valor, ideal para procesos donde la forma, el tamaño o los daños superficiales no son limitantes. Materia prima valiosa para la obtención de compuestos bioactivos, extractos, el aprovechamiento de sus propiedades y aplicaciones especializadas. ▲
Rajada (R)	Fisuras epidérmicas superficiales.	Forma cónica típica, con presencia de fisuras superficiales o profundas a lo largo de la raíz.	
Deforme (D)	Morfología irregular.	Formas y tamaños irregulares, con presencia de múltiples raíces, malformaciones o bifurcaciones de la raíz.	
Daño Patológico (P)	Manchas superficiales leves.	Forma cónica similar al control, con presencia de afectaciones superficiales evidenciadas por decoloraciones o manchas (< 3 % de la superficie).	

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño





Título

Zanahoria común

Técnica

Tinta sobre papel, alto contraste con trama de relleno

Autor

Jorge Cardona

 muerto.cardona

Descripción

La ilustración presenta a un niño campesino que sostiene entre sus brazos una gran zanahoria recién cosechada. A su alrededor, el cultivo continúa creciendo bajo la tierra, con múltiples raíces que asoman entre las hojas. La escena representa un gesto cotidiano del trabajo agrícola: la elección del mejor fruto. En los contextos rurales, seleccionar el producto más fuerte, más sano o más grande es parte fundamental del conocimiento del campesino, pues de esa elección dependen tanto la alimentación familiar como la posibilidad de llevar un buen producto al mercado. Detrás del niño emerge una figura poderosa formada por raíces, tierra, insectos y materia orgánica. Sus ojos observan silenciosamente la escena, como si el propio suelo hubiera cobrado vida. Esta presencia no representa un monstruo en el sentido tradicional, sino una metáfora del espíritu de la tierra: una entidad antigua que recuerda que cada fruto proviene de un

sistema vivo y complejo. La idea dialoga con visiones de la naturaleza presentes en tradiciones espirituales como el *shintō*, donde los paisajes están habitados por espíritus llamados Kami, fuerzas invisibles que conviven con los seres humanos y resguardan la vida de los territorios. En este contexto, la imagen propone una reflexión sobre la relación entre el ser humano y el cultivo que lo alimenta. El niño representa la confianza y la experiencia del agricultor que sabe reconocer el mejor fruto de la tierra, mientras la figura que emerge del suelo simboliza la memoria profunda del territorio que sostiene ese acto. Así, la obra plantea un diálogo entre sensibilidad artística y conocimiento agrícola, un encuentro entre cultura, naturaleza y ciencia que también inspira el trabajo de AGROSAVIA, donde la investigación busca comprender y fortalecer la relación entre los cultivos, los ecosistemas y las comunidades que dependen de ellos.

CAPÍTULO III

El color de lo singular: características multidimensionales de zanahorias diferenciadas

La evaluación integral de los 14 materiales de *Daucus carota* reveló una heterogeneidad marcada en dimensiones fisicoquímicas, nutricionales, colorimétricas, funcionales y sensoriales, con gradientes que abarcan desde perfiles altos en carotenoides y croma intenso, hasta matrices ricas en fenoles/antioxidantes con baja luminosidad, así como variantes de baja carga cromática pero alto contenido de fibra soluble y diferencias relevantes en minerales traza. Ante esta variabilidad multidimensional y para evitar interpretaciones fragmentadas por atributo, resulta metodológicamente necesario definir clústeres (grupos colapsables) que concentren materiales con firmas composicionales y metabólicas convergentes. Esta estratificación, sustentada en análisis multivariados, permite simplificar la complejidad sin perder resolución analítica, así como optimizar la comparabilidad entre los materiales de zanahoria evaluados.

Los análisis multivariados aplicados al conjunto de materiales evaluados (modelos exploratorios y supervisados; carga de variables fisicoquímicas, nutricionales, colorimétricas y funcionales) permitieron segmentar la diversidad en cinco grupos con firmas composicionales y tecnológicas claramente diferenciables. Esta agrupación integra métricas de contenido de carotenoides y polifenoles, capacidad antioxidante, parámetros colorimétricos L* (luminosidad), C* (croma) y h° (tono), así como componentes proximales (proteína, carbohidratos, fibra soluble, energía) y elementos inorgánicos de interés (p. ej., Fe, Ca). El resultado es un mapa de “perfiles de desempeño” que orienta decisiones de uso en alimentos y cosmética, y que complementa la lectura metabólica y sensorial del capítulo.

Grupo 1 (materiales naranjas: 1NAN, 4CHAN, 5BER, 6KUR). Conforman un clúster alto en carotenoides y relativamente bajo en antioxidantes totales (i.e., baja contribución fenólica relativa), con luminosidad moderada, saturación y croma elevados, y tono característico del naranja intenso. En composición proximal se distingue por muy bajo contenido de fibra soluble, proteína, carbohidratos y calorías, lo que sugiere matrices sensorialmente limpias y con bajo impacto calórico. Su firma colorimétrica y carotenoide apoya aplicaciones como ingrediente colorante-nutricional en matrices de bajo procesamiento (p. ej., polvos, *snacks* horneados) donde se prioriza la retención de β -caroteno y el atractivo visual, más que una alta capacidad antioxidante global.

Grupo 2 (materiales naranjas: 10BER, 14BER, 2CHAN, 3CHAN, 7NAN, 8NAN, 9NAN). Mantiene el predominio alto en carotenoides con bajos niveles de antioxidantes en comparación con otros grupos, exhibe luminosidad moderada, croma alto y tono medio (naranja estable), y se posiciona moderado en calorías y carbohidratos. Destaca por un perfil rico en minerales, especialmente hierro (Fe) y calcio (Ca), lo que amplía su argumento funcional para desarrollos fortificados o con reclamos de micronutrientes. En términos de desempeño, este grupo equilibra color intenso y densidad mineral, resultando atractivo para bebidas, purés y bases culinarias donde la estabilidad cromática y el aporte de Fe/Ca sean deseables, con un coste calórico aún contenido.

Grupo 3 (material blanco: 11NAN). Corresponde a una zanahoria blanca con muy bajo contenido

de carotenoides, pero ligeramente alta en polifenoles y capacidad antioxidante respecto a los naranjas. Presenta luminosidad elevada, baja saturación de color (croma bajo) y tonos ligeramente verdosos (desplazamiento de h°). Nutricionalmente, se caracteriza por bajas calorías y carbohidratos, y alto contenido de fibra soluble.

Grupo 4 (material amarillo: 12NAN). Zanahoria amarilla de alto peso unitario, carotenoides moderados y polifenoles/capacidad antioxidante ligeramente bajos. Exhibe alta luminosidad y baja saturación (croma contenido), rasgos que favorecen su uso como modulador cromático suave en combinaciones con otras matrices o como base para productos de tono cálido donde no se busque un naranja dominante.

Grupo 5 (material morado: 12FLA). Define una firma notablemente alta en antioxidantes (asociada a compuestos fenólico-antociánicos), con baja luminosidad, carotenoides bajos, croma y saturación reducidos. En proximales, muestra proteína relativamente alta (en comparación con el resto del panel) y carbohidratos bajos.

En las secciones siguientes se presentan las fichas técnicas individuales de los materiales integrantes de cada grupo, organizadas según esta clasificación. Cada ficha integra atributos fisicoquímicos, nutricionales, funcionales, colorimétricos y sensoriales, así como consideraciones de inocuidad y potencial funcional, para apoyar decisiones de selección de materia prima y rutas de aprovechamiento en alimentos y cosmética.



Grupo 1 de materiales de zanahoria naranja

1NAN: Zanahoria tipo Nantes, con color interno y externo anaranjado muy intenso, piel muy lisa (figura 7) y un ciclo corto de 100 a 140 días.



Figura 7. Ejemplar típico de la variedad 1NAN.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 19. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 1NAN

Parámetro	1NAN
pH	6,203 ± 0,227
°Brix	7,75 ± 0,398
Materia seca (%)	10,393 ± 0,342
Humedad (%)	89,606 ± 0,342
L* (externo)	56,104 ± 2,223
a* (externo)	20,897 ± 2,048
b* (externo)	37,523± 5,398
C* (externo)	42,965 ± 5,652
h* (externo)	60,7267 ± 1,588
L* (interno)	57,6483 ± 6,572
a* (interno)	20,3683 ± 2,140
b* (interno)	41,0042 ± 4,838
C* (interno)	45,8125 ± 5,033
h* (interno)	63,501 ± 2,003
Dureza (gf)	16.397,500 ± 2.990,230
Adhesividad (g-s)	-0,101 ± 0,211
Elasticidad	0,840 ± 0,015
Cohesividad	0,847 ± 0,0313
Gomosidad	13.846,900 ± 2.389,720
Masticabilidad	11.619,900 ± 1.931,140
Resiliencia	0,757 ± 0,063
Peso (g)	166,883 ± 55,523
Longitud (cm)	26,083 ± 29,401
Diámetro (cm)	4,293± 0,546

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Composición nutricional de la variedad 1NAN

Parámetro	1NAN
Calorías (kcal/100 g)	34,425 ± 3,704
Proteína (g/100 g)	0,610 ± 0,422
Grasa total (g/100 g)	0,135 ± 0,270
Carbohidratos (g/100 g)	8,865 ± 1,484
Azúcares Totales (g/100 g)	3,545 ± 1,094
Fibra Total (g/100 g)	2,327 ± 0,524
Fibra Soluble (g/100 g)	1,400 ± 2,405
Fibra Insoluble (g/100 g)	2,177 ± 0,503
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	2,070 ± 1,120
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,250
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,200
Hierro (mg/100 g)	1,415 ± 2,391
Sodio (mg/100 g)	9,566 ± 2,154
Calcio (mg/100 g)	34,253 ± 12,022
Zinc (mg/100 g)	< 0,050
Cenizas (g/100 g)	1,005 ± 0,155

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 21. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 1NAN

Parámetro	1NAN
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	25.610 ± 45.658,600
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	3860 ± 7428,36
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Cobre (mg/100g)	0,485 ± 0,119
Níquel (mg/kg)	0,206 ± 0,149
Cadmio (mg/kg)	0 ± 0 < 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 1NAN

Parámetro	1NAN
TPC (mg EAG/100 g)	94,368 ± 35,199
FRAP (μmol ET/100 g)	251,743 ± 47,528
DPPH (μmol ET/100 g)	235,097 ± 103,248
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	3.179,8 ± 839,253
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	14.16,59 ± 299,572
Carotenos totales (mg/100 g)	2,4355 ± 0,787

Fuente: Elaboración propia

1NAN

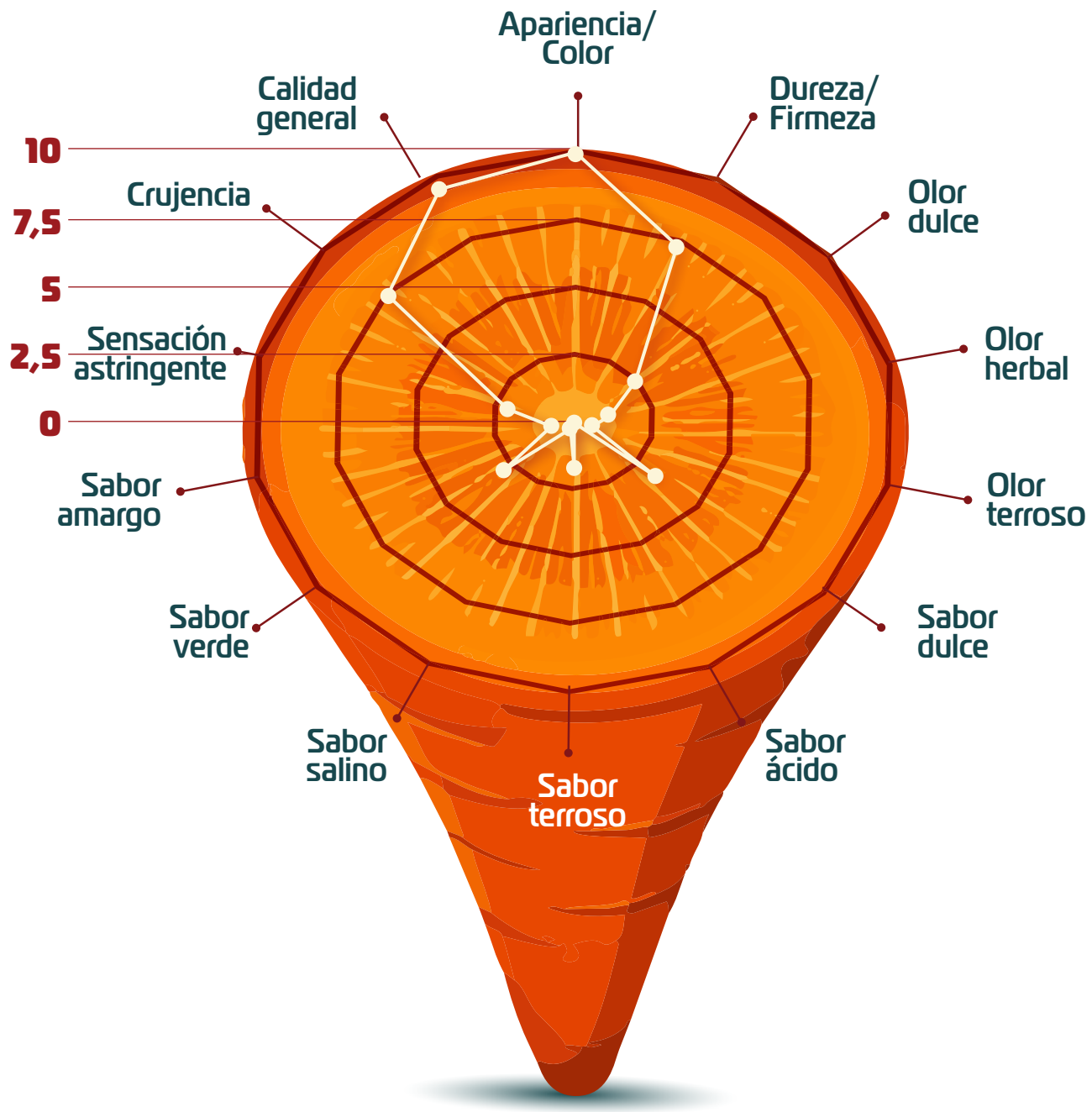


Figura 8. Descriptores sensoriales en la variedad 1NAN.

Fuente: Elaboración propia

4CHAN: Zanahoria tipo Chantenay, color anaranjado-rojizo intenso, posee un tamaño entre 15 y 16,5 cm (figura 9) y un ciclo de 135 a 160 días.



Figura 9. Ejemplar típico de la variedad 4CHAN.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 23. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 4CHAN

Parámetro	4CHAN
pH	6,501 ± 0,165
°Brix	7,825 ± 0,836
Materia seca (%)	11,165 ± 0,463
Humedad (%)	88,834 ± 0,463
L* (externo)	57,042 ± 1,724
a* (externo)	22,588 ± 1,669
b* (externo)	38,489 ± 3,713
C* (externo)	44,639 ± 3,919
h* (externo)	59,532 ± 1,412
L* (interno)	55,053 ± 7,090
a* (interno)	21,096 ± 6,089
b* (interno)	41,566 ± 10,718
C* (interno)	46,642 ± 12,216
h* (interno)	63,192 ± 1,991
Dureza (gf)	17.772,200 ± 3.429,650
Adhesividad (g-s)	-0,149 ± 0,185
Elasticidad	0,843 ± 0,016
Cohesividad	0,848 ± 0,022
Gomosidad	15.026,100± 2.678,730
Masticabilidad	12.671,200 ± 2.297,510
Resiliencia	0,755 ± 0,042
Peso (g)	179,217 ± 69,987
Longitud (cm)	17,091 ± 2,172
Diámetro (cm)	4,725 ± 0,716

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Composición nutricional de la variedad 4CHAN

Parámetro	4CHAN
Calorías (kcal/100 g)	37,950 ± 2,143
Proteína (g/100 g)	0,902 ± 0,145
Grasa total (g/100 g)	<0,5
Carbohidratos (g/100 g)	9,657 ± 0,247
Azúcares totales (g/100 g)	4,512 ± 1,030
Fibra total (g/100 g)	2,147 ± 0,730
Fibra soluble (g/100 g)	2,555 ± 2,824
Fibra insoluble (g/100 g)	2,0925 ± 0,695815
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0,330 ± 0,020
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,250
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,200
Hierro (mg/100 g)	0,484 ± 0,189
Sodio (mg/100 g)	10,449 ± 3,313
Calcio (mg/100 g)	47,627± 13,506
Zinc (mg/100 g)	0,087 ± 0,104
Cenizas (g/100 g)	1,040 ± 0,163

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 25. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 4CHAN

Parámetro	4CHAN
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	64.500 ± 5.3475,900
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	22.047,500 ± 28.528,700
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Cobre (mg/100 g)	0,4995 ± 0,205
Níquel (mg/kg)	0,201 ± 0,174
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 4CHAN

Parámetro	4CHAN
TPC (mg EAG/100 g)	64,438 ± 17,458
FRAP (μmol ET/100 g)	239,410 ± 43,462
DPPH (μmol ET/100 g)	353,311 ± 274,720
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	2.930,780 ± 907,176
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	1.425,630 ± 563,316
Carotenos totales (mg/100 g)	2,119 ± 0,314

Fuente: Elaboración propia

4CHAN

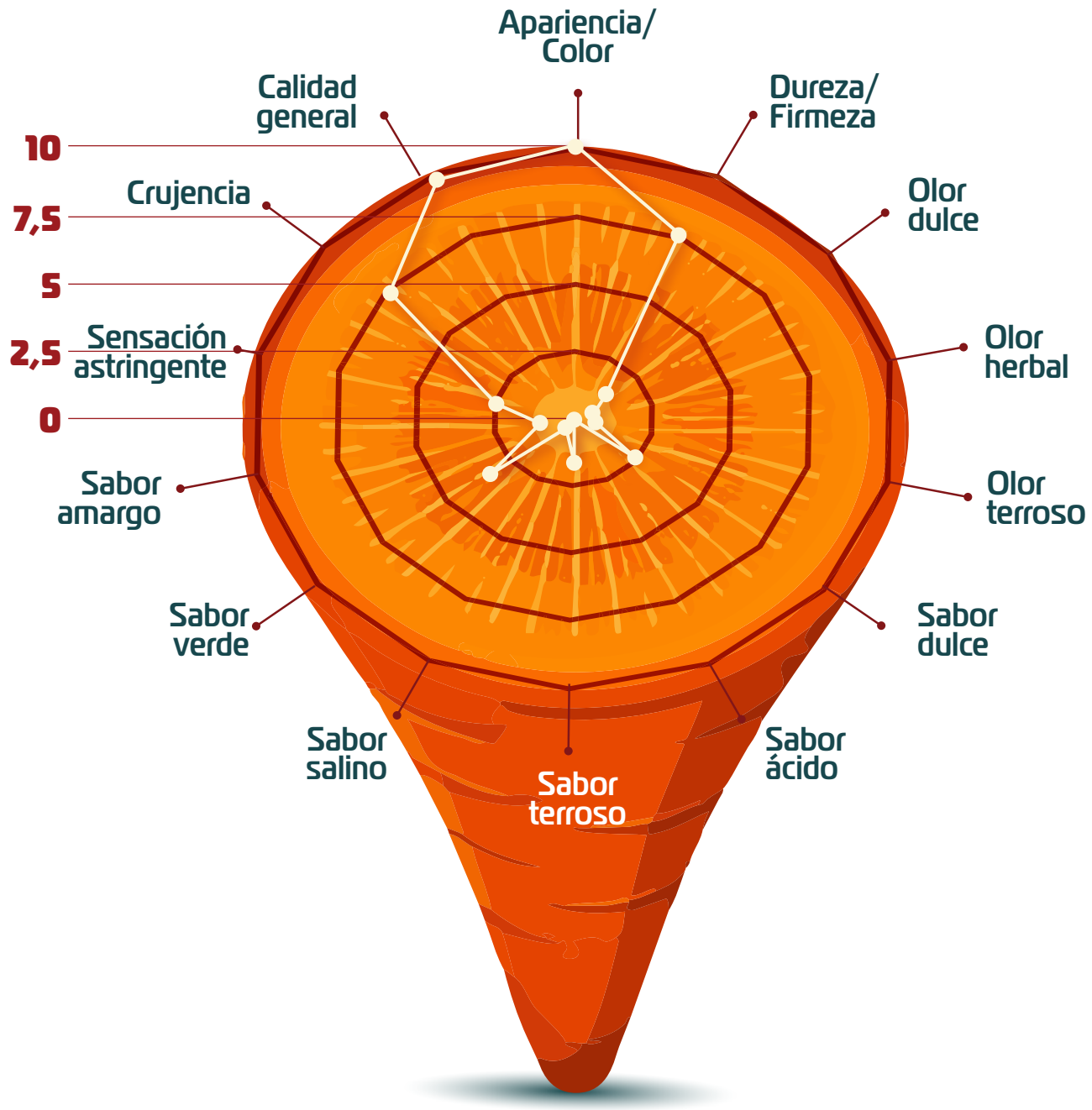


Figura 10. Descriptores sensoriales en la variedad 4CHAN.

Fuente: Elaboración propia



5BER: Zanahoria tipo Berlicum de forma cilíndrica, recta, longitud regular de 15 a 23 cm y diámetro basal de 4 a 6 cm (figura 11). Ciclo de 120 a 150 días.

Tabla 27. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 5BER

Parámetro	5BER
pH	6,416 ± 0,152
°Brix	8,750 ± 0,452
Materia seca (%)	11,841 ± 1,026
Humedad (%)	88,158 ± 1,027
L* (externo)	58,240 ± 2,245
a* (externo)	23,395 ± 2,931
b* (externo)	37,251 ± 3,723
C* (externo)	44,035 ± 4,249
h* (externo)	57,889 ± 2,772
L* (interno)	53,713 ± 5,417
a* (interno)	25,897 ± 6,451
b* (interno)	44,059 ± 8,976
C* (interno)	51,134 ± 10,908
h* (interno)	59,745 ± 1,920
Dureza (gf)	17.590,200 ± 2.864,300
Adhesividad (g-s)	-0,090 ± 0,125
Elasticidad	0,846 ± 0,051
Cohesividad	0,841 ± 0,016
Gomosidad	14.793,200 ± 2.336,390
Masticabilidad	12.534,400 ± 2.179,360
Resiliencia	0,741 ± 0,035
Peso (g)	157,100 ± 55,762
Longitud (cm)	17,083 ± 2,429
Diámetro (cm)	4,465 ± 0,527438



Figura 11. Ejemplar típico de la variedad 5BER.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Composición nutricional de la variedad 5BER

Parámetro	5BER
Calorías (kcal/100 g)	39,575 ± 5,482
Proteína (g/100 g)	0,775 ± 0,055
Grasa total (g/100 g)	0,282 ± 0,565
Carbohidratos (g/100 g)	9,820 ± 0,547
Azúcares totales (g/100 g)	3,670 ± 1,494
Fibra total (g/100 g)	2,502 ± 0,899
Fibra soluble (g/100 g)	2,807 ± 2,581
Fibra Insoluble (g/100 g)	2,195 ± 0,504
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0,310 ± 0,025
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	1,423 ± 2,386
Sodio (mg/100 g)	8,150 ± 4,076
Calcio (mg/100 g)	31,459 ± 12,307
Zinc (mg/100 g)	0,0327 ± 0,065
Cenizas (g/100 g)	1,077 ± 0,112

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 29. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 5BER

Parámetro	5BER
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	27.575 ± 18.388,1
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	4.797,500 ± 5.154,550
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	37,500 ± 7,500
Cobre (mg/100 g)	0,555 ± 0,
Níquel (mg/kg)	0,241 ± 0,207
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Evaluación del potencial biofuncional de la variedad 5BER

Parámetro	5BER
TPC (mg EAG/100 g)	77,839 ± 36,276
FRAP (μmol ET/100 g)	290,441 ± 122,691
DPPH (μmol ET/100 g)	378,521 ± 360,88
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	3.080,040 ± 1.161,320
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	1.327,820 ± 511,4630
Carotenos totales (mg/100 g)	2,417 ± 0,843

Fuente: Elaboración propia

SBER

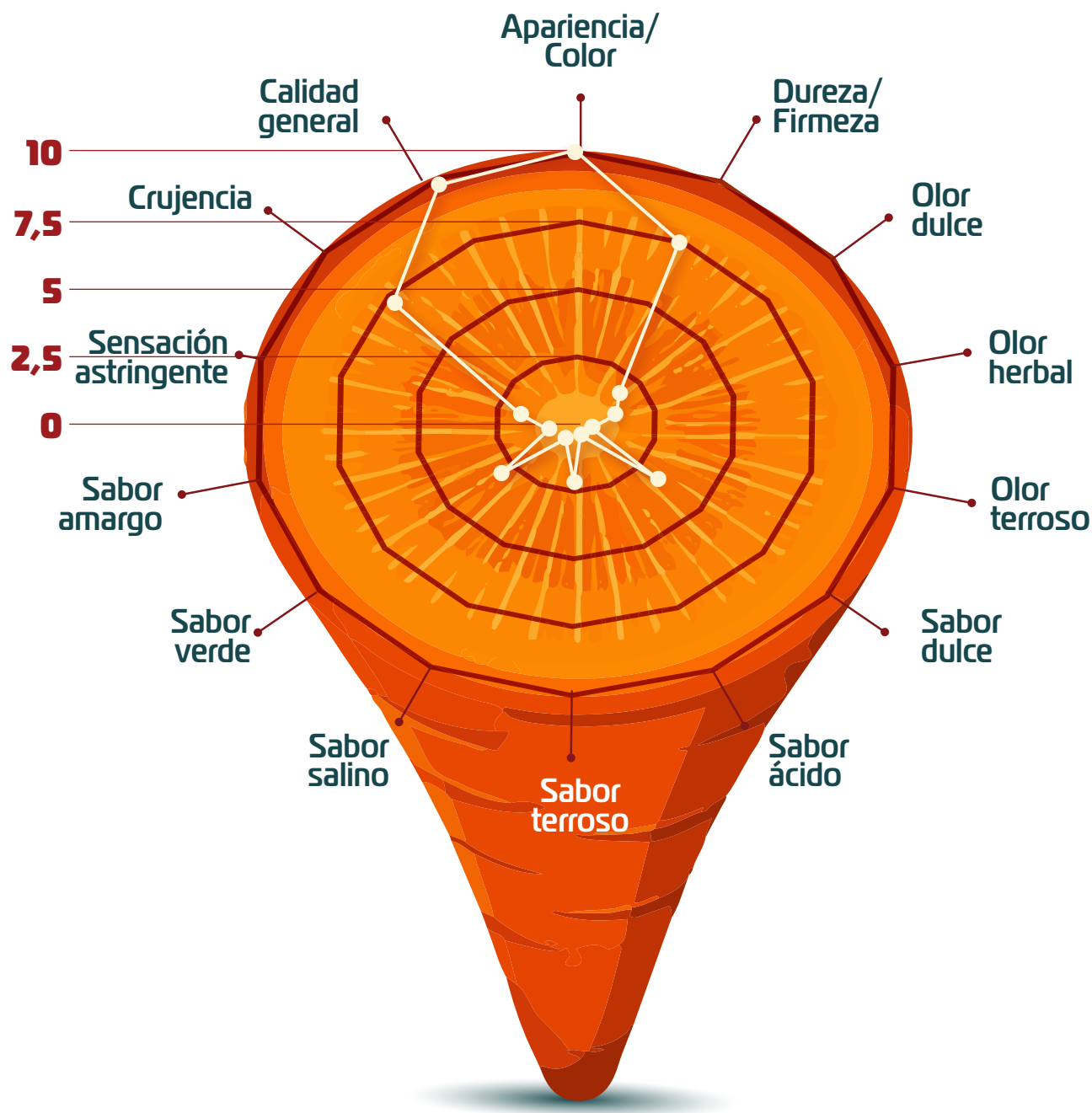


Figura 12. Descriptores sensoriales en la variedad 5BER

Fuente: Elaboración propia



6KUR: Zanahoria tipo Kuroda de forma cónica, longitud regular de 12 a 16 cm y diámetro basal de 3,5 a 5,5 cm (figura 13). Ciclo corto de 110 a 130 días.



Figura 13. Ejemplar típico de la variedad 6KUR.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 31. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 6KUR

Parámetro	6KUR
pH	6,293 ± 0,176
°Brix	7,450 ± 0,579
Materia seca (%)	10,133 ± 0,523
Humedad (%)	89,867 ± 0,523
L* (externo)	55,095 ± 2,135
a* (externo)	19,848 ± 1,871
b* (externo)	33,974 ± 3,800
C* (externo)	39,359 ± 4,091
h* (externo)	59,646 ± 1,619
L* (interno)	60,102 ± 4,816
a* (interno)	23,688 ± 5,487
b* (interno)	48,182 ± 7,405
C* (interno)	53,728 ± 8,961
h* (interno)	64,070 ± 2,363
Dureza (gf)	15.962 ± 4.319,62
Adhesividad (g-s)	-0,037 ± 0,066
Elasticidad	1,435 ± 1,996
Cohesividad	0,865 ± 0,021
Gomosidad	13.750 ± 3.501,990
Masticabilidad	21.269,400 ± 33.740,900
Resiliencia	0,780 ± 0,034
Peso (g)	151,858 ± 48,806
Longitud (cm)	17,658 ± 1,950
Diámetro (cm)	4,202 ± 0,627

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Composición nutricional de la variedad 6KUR

Parámetro	6KUR
Calorías (kcal/100 g)	30,350 ± 3,104
Proteína (g/100 g)	1,105 ± 0,414
Grasa total (g/100 g)	<0,5
Carbohidratos (g/100 g)	7,762 ± 0,910
Azúcares totales (g/100 g)	3,507 ± 0,786
Fibra total (g/100 g)	2,517 ± 0,596
Fibra soluble (g/100 g)	2,800 ± 2,587
Fibra insoluble (g/100 g)	2,217 ± 0,545
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0,400 ± 0,035
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	0,274 ± 0,226
Sodio (mg/100 g)	11,325 ± 1,171
Calcio (mg/100 g)	47,121 ± 17,818
Zinc (mg/100 g)	0,287 ± 0,289
Cenizas (g/100 g)	1,155 ± 0,316

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 33. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 6KUR

Parámetro	6KUR
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	251.900 ±
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	173.980 ± 330.746
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	32,5 ± 65
Cobre (mg/100g)	0,546 ± 0,213
Níquel (mg/kg)	0,341 ± 0,301
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 6KUR

Parámetro	6KUR
TPC (mg EAG/100 g)	126,637 ± 60,784
FRAP (μmol ET/100 g)	260,998 ± 111,605
DPPH (μmol ET/100 g)	404,437 ± 262,047
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	4.067,890 ± 1.291,350
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	1.928,460 ± 718,192
Carotenos totales (mg/100 g)	1,4705 ± 0,232

Fuente: Elaboración propia

6KUR

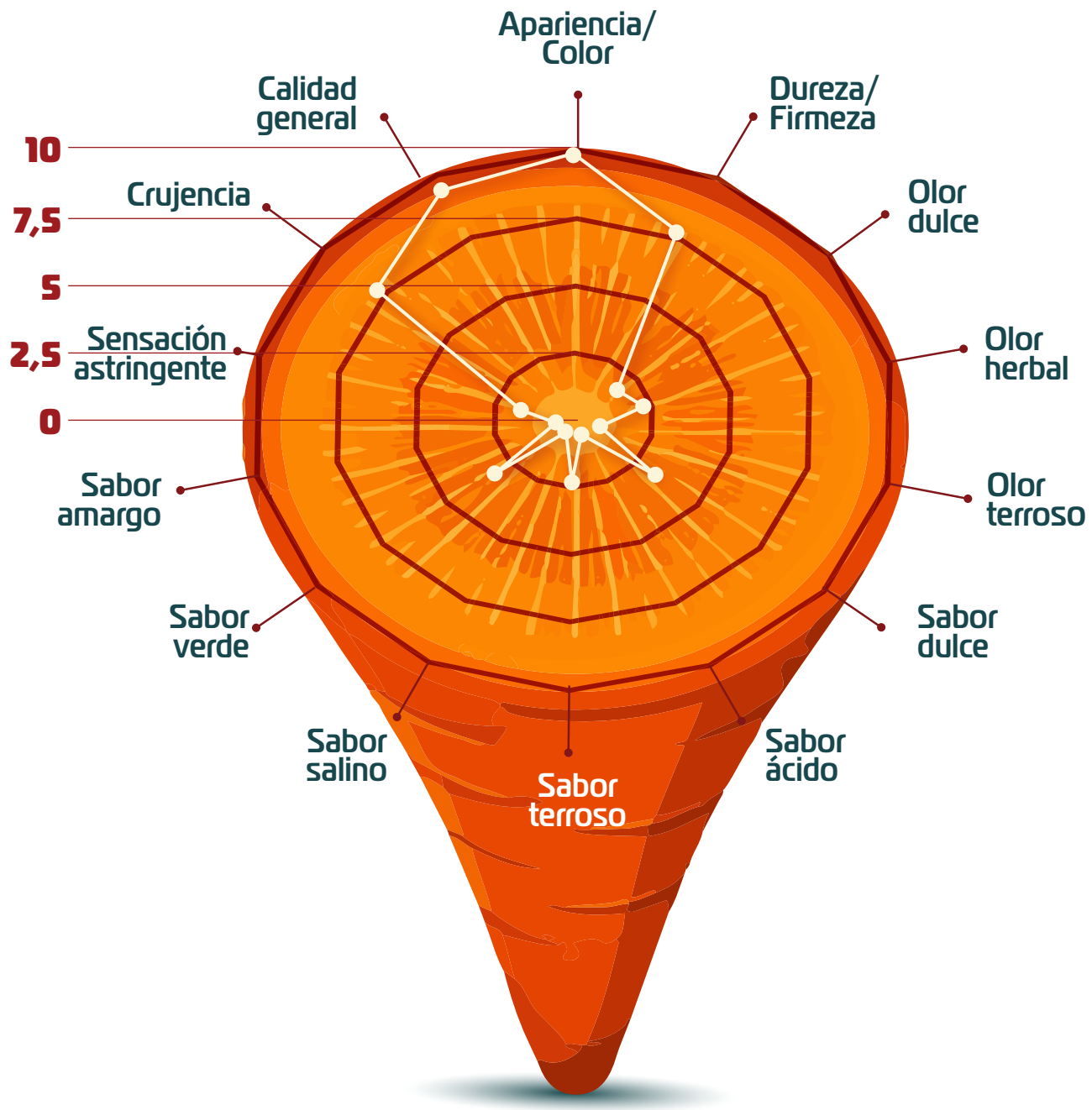


Figura 14. Descriptores sensoriales en la variedad 6KUR.

Fuente: Elaboración propia



Perfil metabolómico - Grupo 1 (zanahorias naranjas 1)

En la figura 15 se puede observar el perfil metabolómico del Grupo 1, que revela un predominio de ácidos fenólicos de las familias hidroxicinámicas y hidroxibenzoicas, con ácido clorogénico y ácido cafeico como marcadores principales, acompañados por ácido p-cumárico y ácido ferúlico; en menor proporción aparecen derivados dihidrocafeicos y un conjunto de benzoatos como los ácidos 4-hidroxibenzoico, vainílico, salicílico, gálico, gentísico y sus homólogos di- y trihidroxilados (2,3-/2,4-/2,6-dihidroxibenzoico; 3,5-dihidroxibenzoico). Se detectan, además, señales de ácido florético y rutina (quercetina-3-rutinosido), lo que confirma la presencia, aunque globalmente

baja en capacidad antioxidante frente a otros grupos, de un espectro fenólico diverso. Funcionalmente, esta huella sugiere sustratos potenciales de pardeamiento enzimático (clorogénico/cafeico) y contribuciones sutiles a amargor/astringencia, con impacto moderado en estabilidad de color por interacción fenol-carotenoide (Hu, 2023). Desde el punto de vista tecnológico, estos materiales naranjas, ricos en carotenoides y con fenoles totales acotados, son candidatos idóneos para desarrollos color-dirigidos (p. ej., polvos, *snacks*, bases de puré), siempre que se controle el pardeamiento mediante estrategias de proceso (blanqueo breve, ajuste de pH, agentes reductores) y se aproveche la baja carga fenólica para minimizar interferencias sensoriales en matrices de sabor limpio.

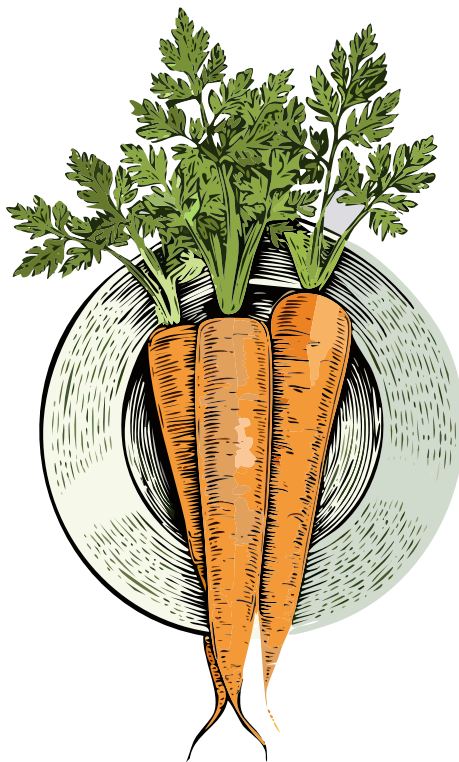
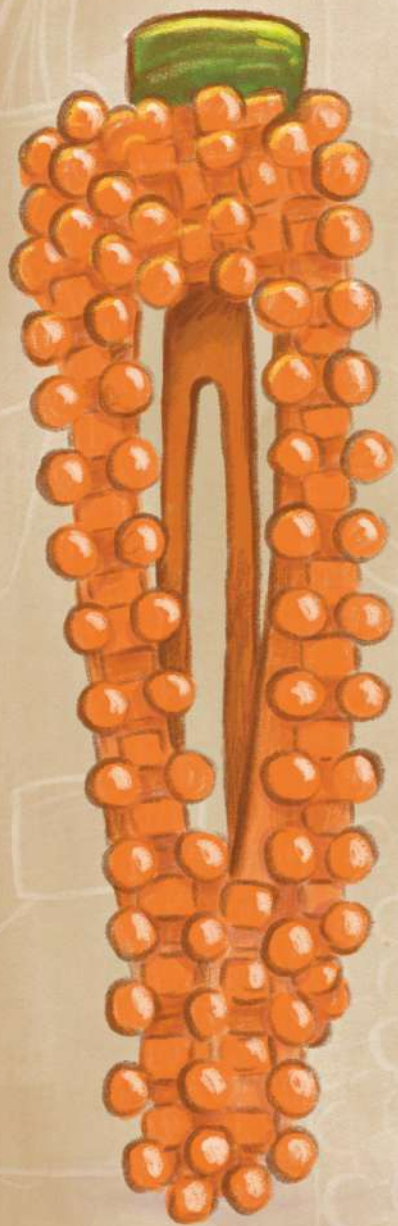




Figura 15. Composición fitoquímica relacionada con los 20 metabolitos más abundantes en el grupo 1 zanahorias naranjas.

Fuente: Elaboración propia







Título

Tres zanahorias naranjas

Técnica

Ilustración digital a mano alzada

Autora

Carol Pérez

 hey_caroo

Descripción

Recordando la obra *Esto no es una pipa*, de René Magritte, decidí nombrar este dibujo *Tres zanahorias naranjas*. Para Magritte, su pipa no era una pipa porque solo era una imagen, una representación. Sin embargo, la imagen no me parece un límite, sino una posibilidad. Cito a Molly Bang en su libro *Imagínatelo*: “Las imágenes no son reales, pero gracias a las asociaciones con ellas, nos permitimos que nos impacten como si fueran parte del mundo real”. Esta afirmación me recuerda que podemos permitirnos que las imágenes sean lo que queramos que sean: una representación o algo más. Para el desarrollo de este proyecto viví el fenómeno de la ilusión de la frecuencia (también conocido como fenómeno Baader-Meinhof): des-

pués de que conoces algo, comienzas a verlo en todas partes. En mi caso, ya conocía las zanahorias, pero al obligarme a pensar más en ellas, empecé a notarlas más seguido en mi entorno. Y no necesariamente noté la raíz vegetal que se come, sino incluso su representación en elementos inanimados que, a mi parecer, también tienen carácter de zanahoria. Estas tres zanahorias que decidí ilustrar son el resultado de esa búsqueda. Me permiten concluir, de manera poética, que finalmente podemos decidir qué ver y qué pensar. Si lo decidimos, podemos ver más zanahorias en nuestro día a día: o podemos ver más color, más alegría, más amor y más a Dios. Al final, tú decides si ver zanahorias... o algo más.

Grupo 2 de materiales de zanahoria naranja

2CHAN: Zanahoria tipo Chantenay, color naranja (figura 16). Tamaño entre 15 y 16,5 cm.



Figura 16. Ejemplar típico de la variedad 2CHAN.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 35. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 2CHAN

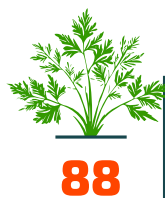
Parámetro	2CHAN
pH	6,413 ± 0,117
°Brix	7,666 ± 0,502
Materia seca (%)	11,934 ± 0,864
Humedad (%)	88,066 ± 0,864
L* (externo)	56,38 ± 2,477
a* (externo)	24,091 ± 4,792
b* (externo)	39,868 ± 5,365
C* (externo)	46,616 ± 6,918
h* (externo)	59,057 ± 2,533
L* (interno)	62,785 ± 3,978
a* (interno)	25,126 ± 3,098
b* (interno)	48,017 ± 6,354
C* (interno)	54,261 ± 6,468
h* (interno)	62,256 ± 2,985
Dureza (gf)	14.601,100 ± 2.337,540
Adhesividad (g-s)	-0,029 ± 0,052
Elasticidad	0,851 ± 0,029
Cohesividad	0,866 ± 0,014
Gomosidad	12.634,800 ± 1.968,250
Masticabilidad	10.750,100 ± 1.641,480
Resiliencia	0,801 ± 0,019
Peso (g)	134,744 ± 32,807
Longitud (cm)	14,944 ± 3,311
Diámetro (cm)	4,291 ± 0,393

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Composición nutricional de la variedad 2CHAN

Parámetro	2CHAN
Calorías (kcal/100 g)	39,400 ± 4,176
Proteína (g/100 g)	1,123 ± 0,148
Grasa total (g/100 g)	<0,5
Carbohidratos (g/100 g)	10,223 ± 0,563
Azúcares totales (g/100 g)	4,400 ± 0,405
Fibra total (g/100 g)	3,170 ± 0,625
Fibra soluble (g/100 g)	0,306 ± 0,267
Fibra insoluble (g/100 g)	2,860 ± 0,396
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0,300 ± 0,050
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	0,533 ± 0,341
Sodio (mg/100 g)	9,649 ± 1,321
Calcio (mg/100 g)	48,309 ± 16,920
Zinc (mg/100 g)	0,1583 ± 0,050
Cenizas (g/100 g)	1,200 ± 0,234

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 37. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 2CHAN

Parámetro	2CHAN
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	34.266,700 ± 28.667,300
Detección de <i>Salmonella</i> spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	12.210 ± 10.467,700
Recuento de coliformes fecales (<i>E. coli</i>)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	3,333 ± 5,773
Cobre (mg/100 g)	0,574 ± 0,227
Níquel (mg/kg)	0,334 ± 0,243
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 2CHAN

Parámetro	2CHAN
TPC (mg EAG/100g)	82,478 ± 27,559
FRAP (μmol ET/100 g)	252,809 ± 71,058
DPPH (μmol ET/100 g)	182,796 ± 105,113
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	2.928,390 ± 390,927
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	1.579,640 ± 486,404
Carotenos totales (mg/100 g)	1,417 ± 0,386

Fuente: Elaboración propia

2CHAN

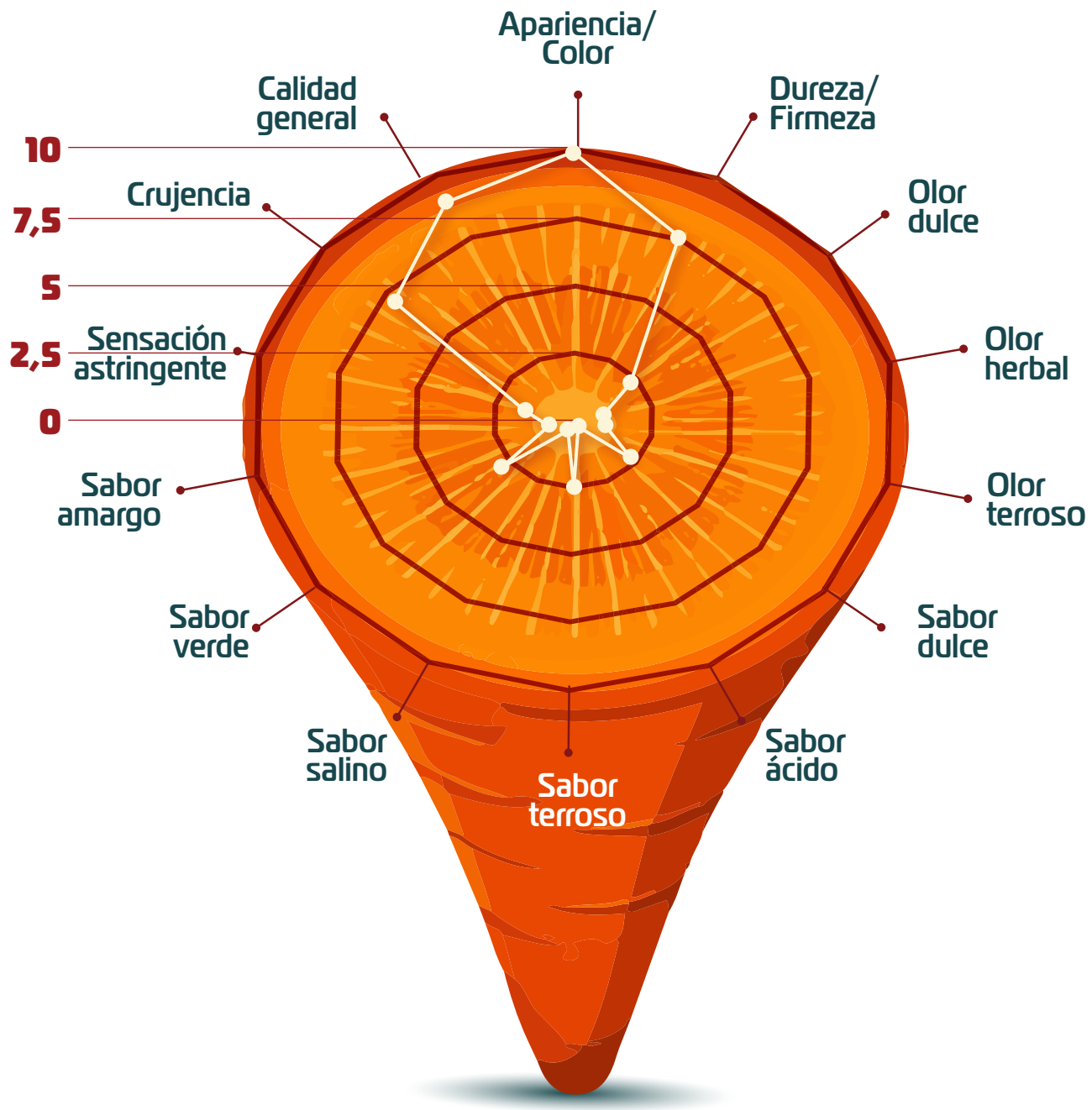


Figura 17. Descriptores sensoriales en la variedad 2CHAN.

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

3CHAN: Zanahoria tipo Chantenay de forma cónica, con una longitud regular de 15 a 18 cm y diámetro basal de 6 a 8 cm (figura 18). Ciclo corto de 120 días.

Tabla 39. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 3CHAN

Parámetro	3CHAN
pH	6,075 ± 0,250
°Brix	8,083 ± 0,633
Materia seca (%)	11,001 ± 1,483
Humedad (%)	88,998 ± 1,483
L* (externo)	57,163 ± 2,746
a* (externo)	20,345 ± 2,789
b* (externo)	32,889 ± 3,883
C* (externo)	38,693 ± 4,604
h* (externo)	58,287 ± 1,868
L* (interno)	52,012 ± 9,022
a* (interno)	18,478 ± 8,780
b* (interno)	38,552 ± 12,857
C* (interno)	42,818 ± 15,376
h* (interno)	65,252 ± 3,093
Dureza (gf)	15.411,200 ± 3.876,500
Adhesividad (g-s)	-0,763 ± 2,200
Elasticidad	1,417 ± 1,979
Cohesividad	0,832 ± 0,017
Gomosidad	12.820,200 ± 3.254,230
Masticabilidad	19.107,600 ± 29.199,500
Resiliencia	0,731 ± 0,038
Peso (g)	208,954 ± 74,175
Longitud (cm)	19,416 ± 3,218
Diámetro (cm)	4,620 ± 0,485



Figura 18. Ejemplar típico de la variedad 3NAN.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Composición nutricional de la variedad 3CHAN

Parámetro	3CHAN
Calorías (kcal/100 g)	33,850 ± 7,576
Proteína (g/100 g)	0,732 ± 0,180
Grasa total (g/100g)	<0,5
Carbohidratos (g/100 g)	8,962 ± 2,132
Azúcares totales (g/100 g)	3,735 ± 0,387
Fibra total (g/100 g)	2,480 ± 0,875
Fibra soluble (g/100 g)	1,492 ± 2,353
Fibra insoluble (g/100 g)	2,235 ± 0,571
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0,300 ± 0,023
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	1,419 ± 2,387
Sodio (mg/100 g)	12,590 ± 3,183
Calcio (mg/100 g)	31,253 ± 16,3391
Zinc (mg/100 g)	0 ± 0
Cenizas (g/100 g)	0,915 ± 0,190175

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 41. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 3CHAN

Parámetro	3CHAN
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	21.710 ± 19.178,2
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	3.975 ± 6.695,83
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Cobre (mg/100 g)	0,46475 ± 0,0977595
Níquel (mg/kg)	0,20525 ± 0,138242
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 3CHAN

Parámetro	3CHAN
TPC (mg EAG/100 g)	97,0117 ± 47,2045
FRAP (μmol ET/100 g)	311,605 ± 136,176
DPPH (μmol ET/100 g)	352,028 ± 313,06
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	2.750,86 ± 565,309
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	2.416,85 ± 1.022,02
Carotenos totales (mg/100 g)	1,54975 ± 1,02899

Fuente: Elaboración propia

3CHAN

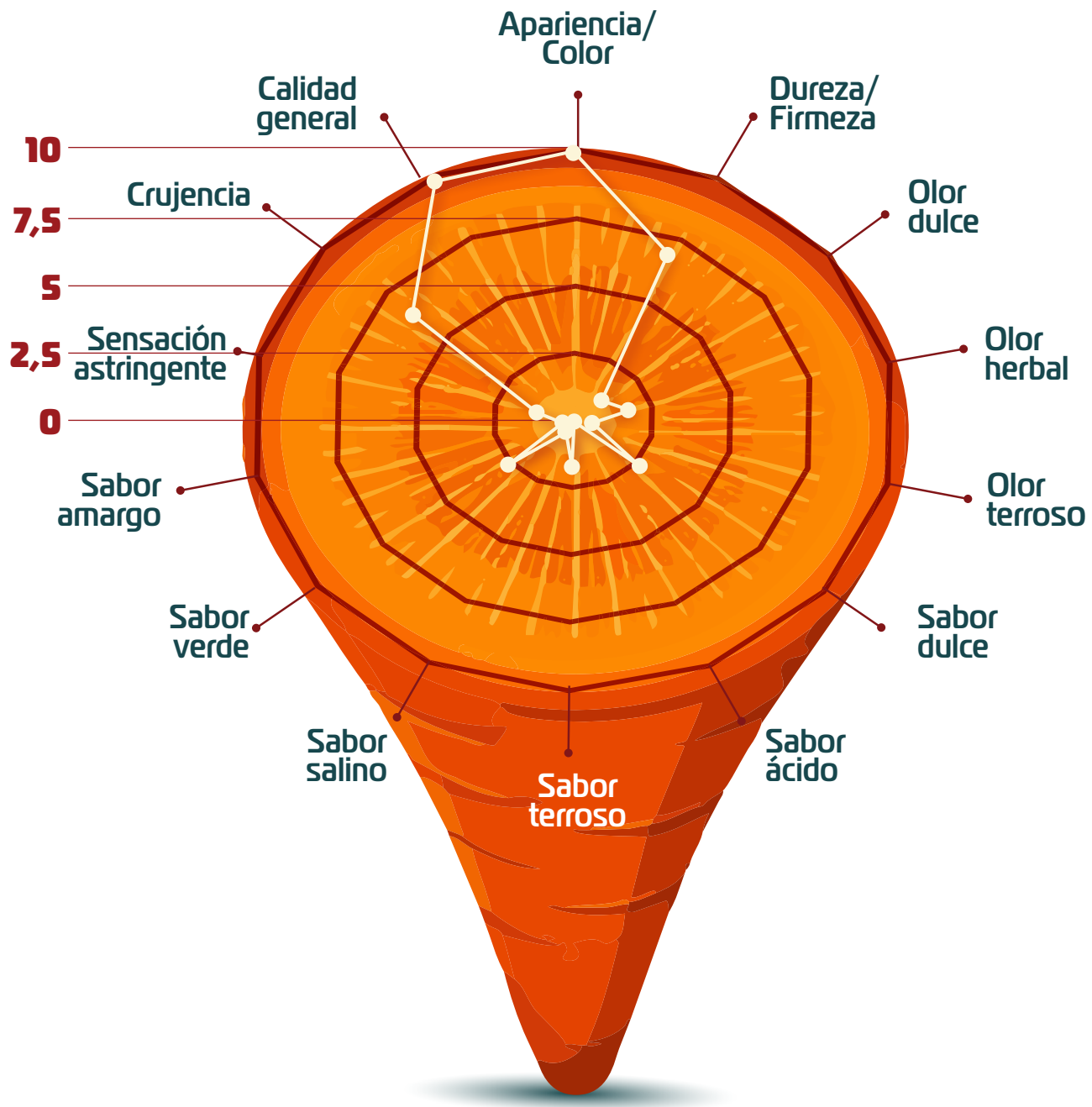


Figura 19. Descriptores sensoriales en la variedad 3CHAN.

Fuente: Elaboración propia



7NAN: Zanahoria tipo Nantes de forma cilíndrica, longitud regular de 20 a 25 cm y diámetro basal de 4 a 5 cm (figura 20). Ciclo corto de 120 a 140 días.



Figura 20. Ejemplar típico de la variedad 7NAN.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 43. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 7NAN

Parámetro	7NAN
pH	6,285 ± 0,102824
°Brix	7,85833 ± 0,735414
Materia seca (%)	10,9288 ± 0,290183
Humedad (%)	89,0712 ± 0,290183
L* (externo)	57,3667 ± 2,76264
a* (externo)	21,7458 ± 3,82246
b* (externo)	36,2625 ± 6,93559
C* (externo)	42,2908 ± 7,85936
h* (externo)	58,9725 ± 1,27791
L* (interno)	54,98 ± 4,40722
a* (interno)	24,1667 ± 4,74169
b* (interno)	43,1117 ± 7,49434
C* (interno)	49,4358 ± 8,7795
h* (interno)	60,8133 ± 1,51869
Dureza (gf)	16.571 ± 3.862,62
Adhesividad (g-s)	-0,257917 ± 0,491888
Elasticidad	0,868833 ± 0,0889472
Cohesividad	0,857667 ± 0,0332875
Gomosidad	14.136,6 ± 2.984,66
Masticabilidad	12.274,1 ± 2.811,72
Resiliencia	0,772667 ± 0,0676614
Peso (g)	184,025 ± 46,6958
Longitud (cm)	17,5 ± 1,73205
Diámetro (cm)	4,47667 ± 0,524324

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Composición nutricional de la variedad 7NAN

Parámetro	7NAN
Calorías (kcal/100 g)	32 ± 5,25357
Proteína (g/100 g)	0,1275 ± 0,255
Grasa total (g/100 g)	0,14 ± 0,28
Carbohidratos (g/100 g)	9,035 ± 1,68492
Azúcares totales (g/100 g)	3,245 ± 0,83867
Fibra total (g/100 g)	2,9625 ± 0,574246
Fibra soluble (g/100 g)	0,49 ± 0,539753
Fibra insoluble (g/100 g)	2,47 ± 0,262679
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0,35 ± 0,006
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	12,6533 ± 24,8985
Sodio (mg/100 g)	7,69275 ± 2,65391
Calcio (mg/100 g)	38,6653 ± 12,1017
Zinc (mg/100 g)	0,03725 ± 0,0745
Cenizas (g/100 g)	1,0025 ± 0,131498

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 45. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 7NAN

Parámetro	7NAN
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	86.225 ± 155.885
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	111.220 ± 219.197
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	0 ± 0 Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	2,5 ± 5
Cobre (mg/100 g)	0,37825 ± 0,158085
Níquel (mg/kg)	0,16875 ± 0,190885
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 7NAN

Parámetro	7NAN
TPC (mg EAG/100 g)	126,458 ± 56,3769
FRAP (μmol ET/100 g)	299,963 ± 43,0456
DPPH (μmol ET/100 g)	413,46 ± 278,478
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	2.716,28 ± 545,116
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	1.584,3 ± 519,122
Carotenos totales (mg/100 g)	1,5535 ± 0,604546

Fuente: Elaboración propia

7NAN

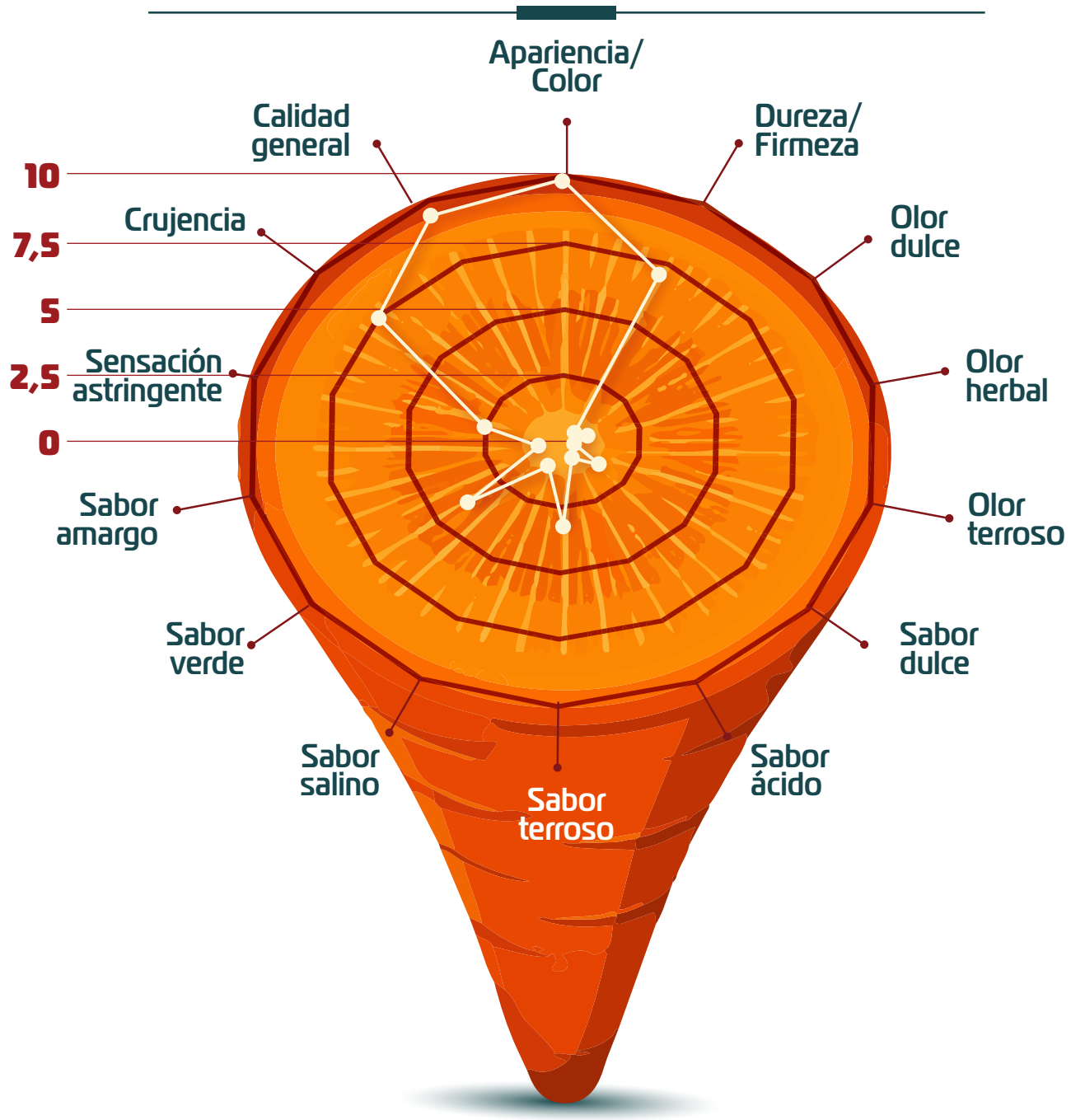


Figura 21. Descriptores sensoriales en la variedad 7NAN.

Fuente: Elaboración propia



8NAN: Zanahoria tipo Nantes de forma cilíndrica, longitud regular de 20 a 22 cm (figura 22). Ciclo corto de 110 días.

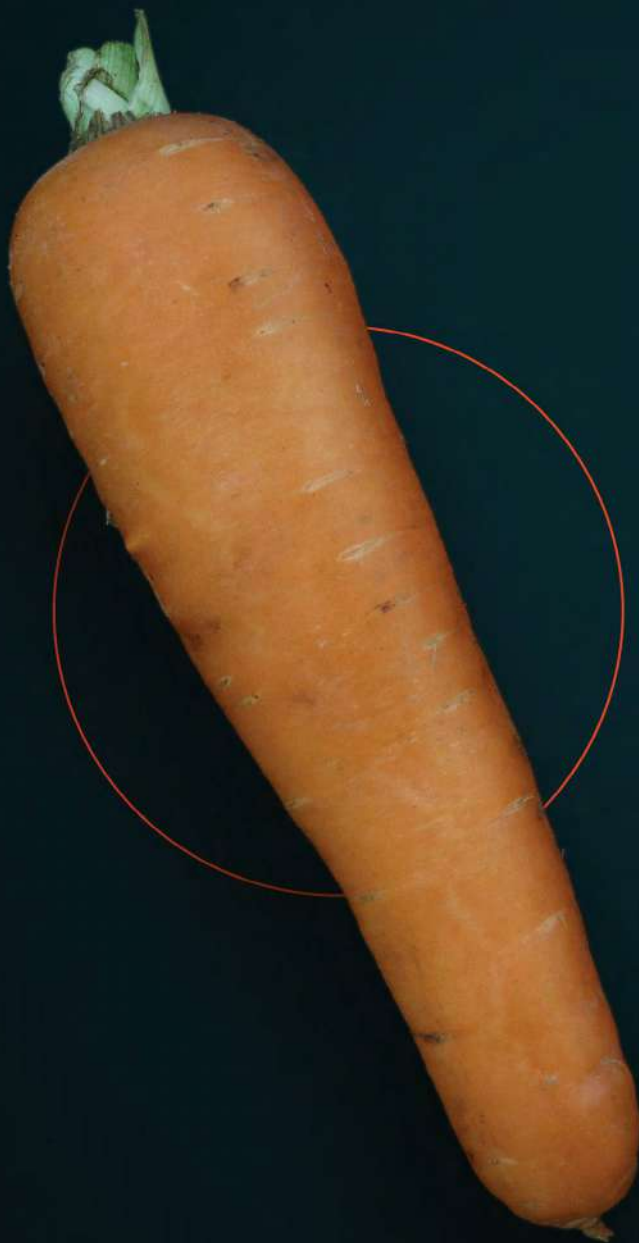


Figura 22. Ejemplar típico de la variedad 8NAN.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 47. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 8NAN

Parámetro	8NAN
pH	6,34 ± 0,196515
°Brix	7,46667 ± 0,559762
Materia seca (%)	10,4663 ± 0,372735
Humedad (%)	89,5337 ± 0,372735
L* (externo)	55,6817 ± 2,55407
a* (externo)	19,5408 ± 1,99434
b* (externo)	34,8225 ± 4,6503
C* (externo)	39,9575 ± 4,82853
h* (externo)	60,575 ± 2,08079
L* (interno)	56,0833 ± 5,13482
a* (interno)	22,5958 ± 4,52409
b* (interno)	44,325 ± 5,54048
C* (interno)	49,8175 ± 6,65146
h* (interno)	63,1308 ± 3,0096
Dureza (gf)	1.7496,2 ± 3.198,35
Adhesividad (g-s)	-0,148833 ± 0,215742
Elasticidad	0,857 ± 0,0223037
Cohesividad	0,854917 ± 0,0170798
Gomosidad	14.927 ± 2.581,05
Masticabilidad	12.805,9 ± 2.308,53
Resiliencia	0,769417 ± 0,0389976
Peso (g)	195,508 ± 53,3918
Longitud (cm)	17,9583 ± 2,26092
Diámetro (cm)	4,52 ± 0,583095

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Composición nutricional de la variedad 8NAN

Parámetro	8NAN
Calorías (kcal/100 g)	29,7 ± 3,95474
Proteína (g/100 g)	0,53 ± 0,356558
Grasa total (g/100 g)	0 ± 0
Carbohidratos (g/100 g)	8,34 ± 1,23404
Azúcares totales (g/100 g)	3,4675 ± 0,5373
Fibra total (g/100 g)	2,965 ± 0,966661
Fibra soluble (g/100 g)	1,7325 ± 2,23224
Fibra insoluble (g/100 g)	2,4825 ± 0,456536
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0,40 ± 0,025
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	12,8075 ± 24,7958
Sodio (mg/100 g)	4,929 ± 3,30432
Calcio (mg/100 g)	38,3743 ± 11,3273
Zinc (mg/100 g)	0,05975 ± 0,1195
Cenizas (g/100 g)	0,91 ± 0,0588784

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 49. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 8NAN

Parámetro	8NAN
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	39.852,5 ± 49.534,3
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	6.390 ± 6.223,75
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Cobre (mg/100 g)	0,428 ± 0,189205
Níquel (mg/kg)	0,23975 ± 0,170674
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 8NAN

Parámetro	8NAN
TPC (mg EAG/100 g)	86,065 ± 26,4816
FRAP (μmol ET/100 g)	353,765 ± 96,7039
DPPH (μmol ET/100 g)	366,739 ± 275,834
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	2.695,38 ± 844,565
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	2.209,29 ± 564,892
Carotenos totales (mg/100 g)	1,3195 ± 0,254351

Fuente: Elaboración propia

8NAN

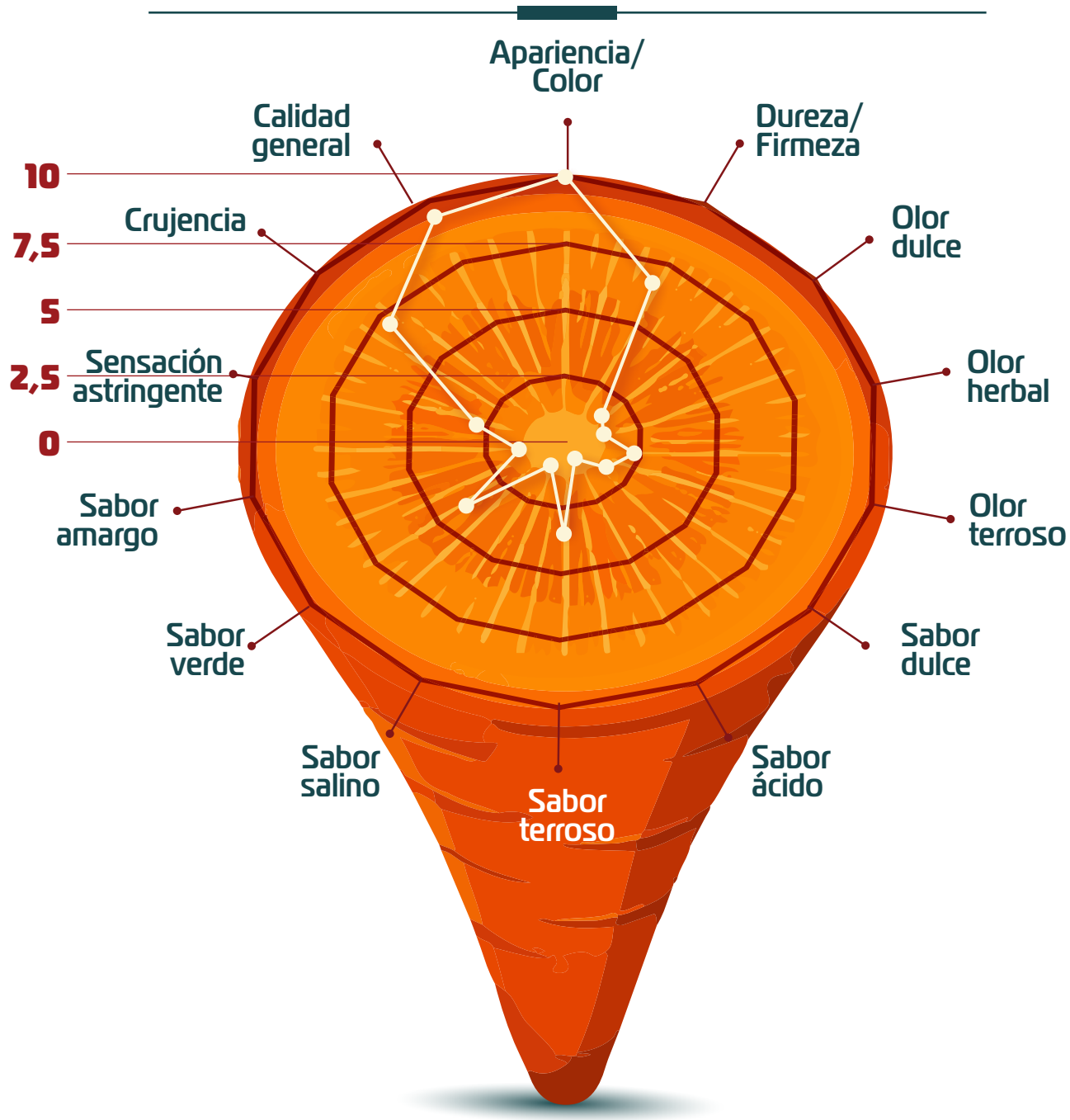


Figura 23. Descriptores sensoriales en la variedad 8NAN.

Fuente: Elaboración propia



9NAN: Zanahoria tipo Nantes de forma cilíndrica, longitud regular de 20 a 25 cm y diámetro basal de 4 a 5 cm (figura 24).



Figura 24. Ejemplar típico de la variedad 9NAN.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 51. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 9NAN

Parámetro	9NAN
pH	6,22012 ± 0,249304
°Brix	7,66 ± 0,810661
Materia seca (%)	10,6365 ± 1,09356
Humedad (%)	89,3635 ± 1,09356
L* (externo)	55,5727 ± 9,24159
a* (externo)	17,4037 ± 8,855
b* (externo)	32,5976 ± 12,0254
C* (externo)	37,6863 ± 12,9577
h* (externo)	60,8921 ± 18,5877
L* (interno)	55,9633 ± 9,46655
a* (interno)	18,0493 ± 10,5684
b* (interno)	38,3013 ± 14,2623
C* (interno)	43,6381 ± 14,2453
h* (interno)	65,2358 ± 18,7295
Dureza (gf)	16,421,1 ± 3.589,92
Adhesividad (g-s)	-0,223333 ± 0,947542
Elasticidad	0,935982 ± 0,757048
Cohesividad	0,852485 ± 0,025729
Gomosidad	13.969,6 ± 2.968,22
Masticabilidad	13.206,7 ± 12.158,9
Resiliencia	0,765394 ± 0,0534334
Peso (g)	167,347 ± 61,4823
Longitud (cm)	18,5727 ± 8,53067
Diámetro (cm)	4,37973 ± 0,619672

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Composición nutricional de la variedad 9NAN

Parámetro	9NAN
Calorías (kcal/100 g)	32,5873 ± 5,78571
Proteína (g/100 g)	0,799818 ± 0,427124
Grasa total (g/100 g)	< 0,5
Carbohidratos (g/100 g)	8,47436 ± 1,75203
Azúcares totales (g/100 g)	3,69727 ± 0,927063
Fibra total (g/100 g)	2,74436 ± 0,757574
Fibra soluble (g/100 g)	2,01455 ± 3,23643
Fibra insoluble (g/100 g)	2,45309 ± 0,583771
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0,34 ± 0,03
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	2,73865 ± 9,39947
Sodio (mg/100 g)	8,59622 ± 3,41842
Calcio (mg/100 g)	40,531 ± 14,1717
Zinc (mg/100 g)	0,0838182 ± 0,129359
Cenizas (g/100 g)	1,06673 ± 0,169521

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 53. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 9NAN

Parámetro	9NAN
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	72.148,8 ± 1.730,50
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	32.351,6 ± 108.628
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	170,364 ± 1253,86
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	14,1818 ± 46,4156
Cobre (mg/100 g)	0,506473 ± 0,149121
Níquel (mg/kg)	0,215291 ± 0,179362
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 9NAN

Parámetro	9NAN
TPC (mg EAG/100 g)	147,386 ± 169,074
FRAP (μmol ET/100 g)	518,049 ± 858,717
DPPH (μmol ET/100 g)	442,452 ± 516,441
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	4.271,59 ± 4.832,02
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	2.766,32 ± 4.051,7
Carotenos totales (mg/100 g)	1,33485 ± 0,918001

Fuente: Elaboración propia

9NAN

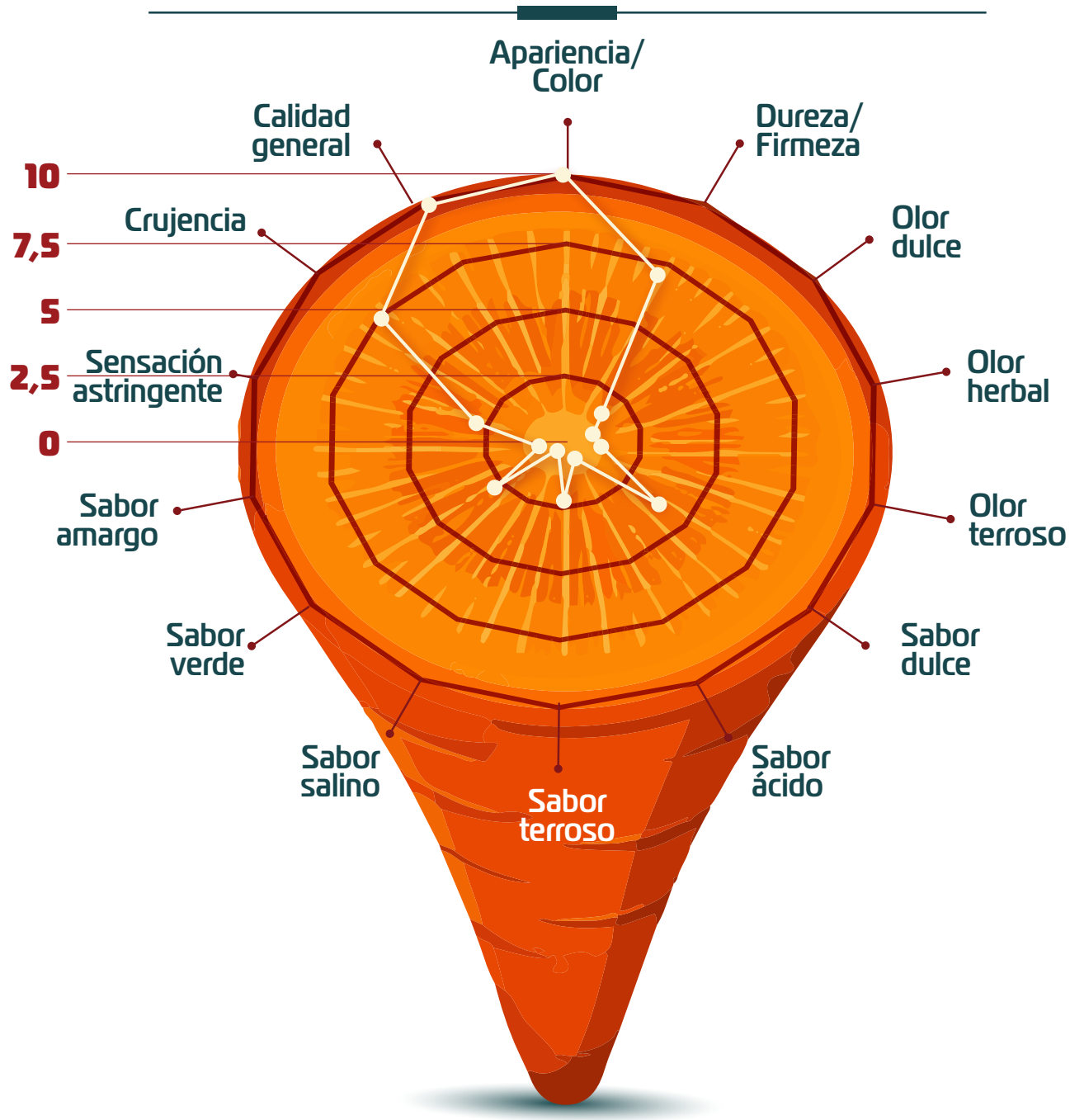


Figura 25. Descriptores sensoriales en la variedad 9NAN.

Fuente: Elaboración propia



10BER: Zanahoria tipo *Berlicum* de forma cilíndrica, recta, longitud regular de 25 a 30 cm y diámetro basal de 5 a 8 cm (figura 26). Ciclo de 115 a 120 días.



Figura 26. Ejemplar típico de la variedad 10BER.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 55. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 10BER

Parámetro	10BER
pH	5,905 ± 0,0452267
°Brix	6,79167 ± 0,396481
Materia seca (%)	9,20999 ± 0,54032
Humedad (%)	90,79 ± 0,54032
L* (externo)	64,0092 ± 2,72676
a* (externo)	-1,86333 ± 0,453558
b* (externo)	11,815 ± 1,99418
C* (externo)	11,9692 ± 1,99485
h* (externo)	99,0433 ± 2,18335
L* (interno)	64,2483 ± 8,12508
a* (interno)	-3,51417 ± 0,658476
b* (interno)	14,9408 ± 2,50003
C* (interno)	15,3558 ± 2,54339
h* (interno)	103,279 ± 1,89351
Dureza (gf)	1.5914,1 ± 2.804,34
Adhesividad (g-s)	-0,16925 ± 0,323124
Elasticidad	0,831167 ± 0,0219289
Cohesividad	0,838 ± 0,0333221
Gomosidad	13.293,4 ± 2.131,25
Masticabilidad	11.056,5 ± 1.828,55
Resiliencia	0,738333 ± 0,0671529
Peso (g)	175,525 ± 65,2003
Longitud (cm)	19,875 ± 2,69785
Diámetro (cm)	4,2725 ± 0,519722

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56. Composición nutricional de la variedad 10BER

Parámetro	10BER
Calorías (kcal/100 g)	26,5 ± 3,24345
Proteína (g/100 g)	0,98 ± 0,0955685
Grasa total (g/100 g)	<0,5
Carbohidratos (g/100 g)	6,91 ± 0,995791
Azúcares totales (g/100 g)	3,2425 ± 0,168795
Fibra total (g/100 g)	2,4325 ± 0,584145
Fibra soluble (g/100 g)	1,6025 ± 2,28176
Fibra insoluble (g/100 g)	2,08 ± 0,334963
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0,35 ± 0,028
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	1,45925 ± 2,36365
Sodio (mg/100 g)	6,88225 ± 0,93061
Calcio (mg/100 g)	35,285 ± 16,1037
Zinc (mg/100 g)	0,066 ± 0,0805647
Cenizas (g/100g)	1,0575 ± 0,183916

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 57. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 10BER

Parámetro	10BER
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	168.075 ± 321.407
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	40.562,5 ± 79.630,7
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	12,5 ± 25
Cobre (mg/100 g)	0,55625 ± 0,107788
Níquel (mg/kg)	0,17125 ± 0,110186
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 10BER

Parámetro	10BER
TPC (mg EAG/100 g)	194,243 ± 122,277
FRAP (μmol ET/100 g)	503,745 ± 92,4236
DPPH (μmol ET/100 g)	651,445 ± 316,38
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	3.145,5 ± 1.040,26
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	2.287,39 ± 619,041
Carotenos totales (mg/100 g)	1,475 ± 0,095

Fuente: Elaboración propia

10BER

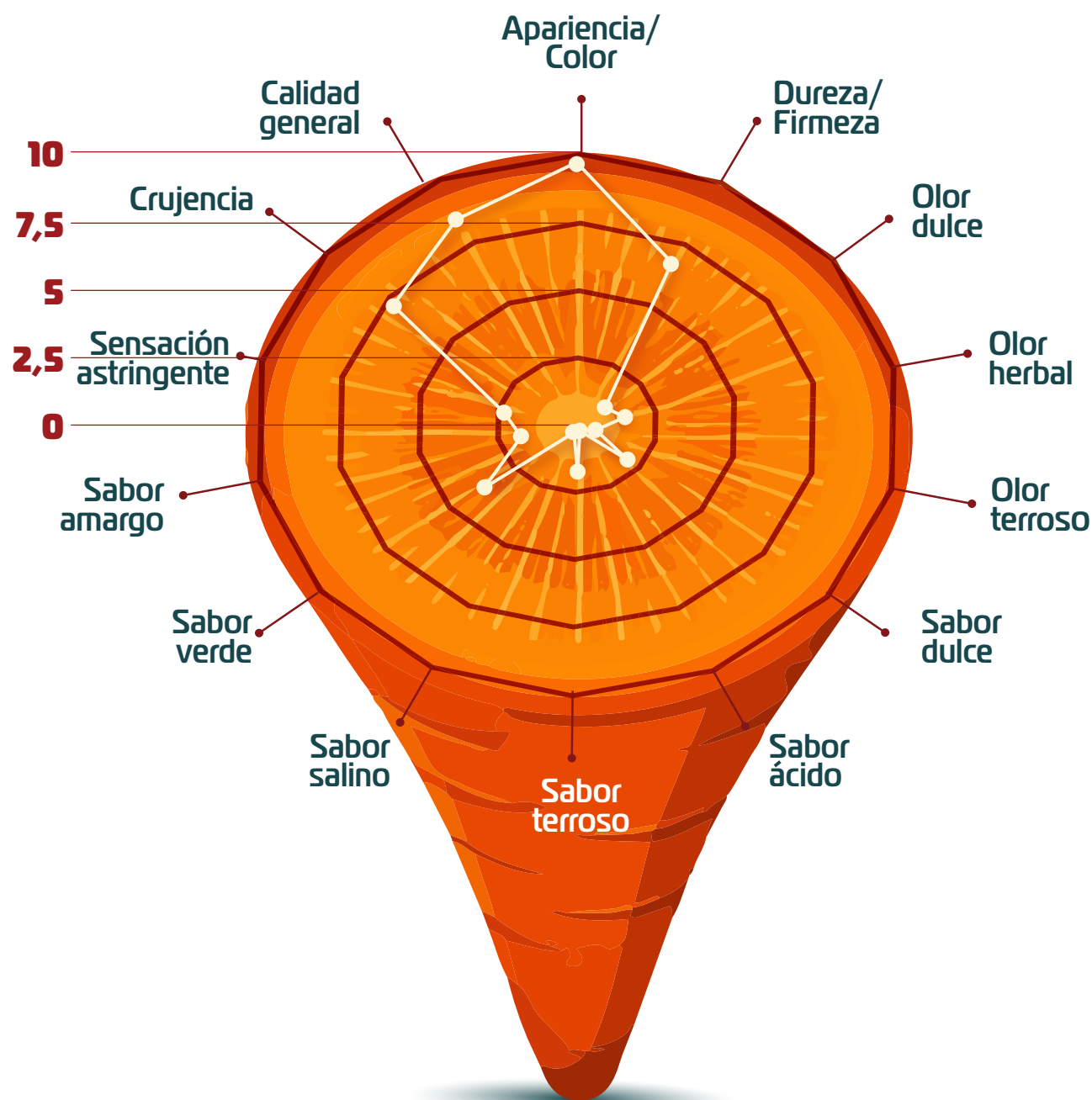


Figura 27. Descriptores sensoriales en la variedad 10BER.

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

14BER: zanahoria tipo Berlicum de forma cilíndrica, recta, longitud regular de 25 a 30 cm y diámetro basal de 5 a 8 cm (figura 28). Ciclo de 125 a 135 días.



Figura 28. Ejemplar típico de la variedad 14BER.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 59. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 14BER

Parámetro	14BER
pH	6,3575 ± 0,0707267
°Brix	7,95833 ± 0,144338
Materia seca (%)	10,7405 ± 0,265824
Humedad (%)	89,2595 ± 0,265824
L* (externo)	57,7742 ± 2,60854
a* (externo)	22,6467 ± 2,40122
b* (externo)	36,5558 ± 6,11805
C* (externo)	43,0275 ± 6,39263
h* (externo)	57,9958 ± 2,04108
L* (interno)	54,9675 ± 6,75303
a* (interno)	22,235 ± 6,59775
b* (interno)	42,195 ± 10,5018
C* (interno)	47,7167 ± 12,3158
h* (interno)	62,4733 ± 1,79955
Dureza (gf)	14.997 ± 3.791,42
Adhesividad (g-s)	-0,0256667 ± 0,0539669
Elasticidad	0,839083 ± 0,0505145
Cohesividad	0,852917 ± 0,023884
Gomosidad	12.732,6 ± 2.981,46
Masticabilidad	10.730 ± 2.712,43
Resiliencia	0,789083 ± 0,0592168
Peso (g)	150,267 ± 31,7926
Longitud (cm)	17,875 ± 2,72301
Diámetro (cm)	4,335 ± 0,351943

Fuente: Elaboración propia



Tabla 60. Composición nutricional de la variedad 14BER

Parámetro	14BER
Calorías (kcal/100 g)	32,4 ± 3,62583
Proteína (g/100 g)	0,495 ± 0,576281
Grasa total (g/100 g)	< 0,5
Carbohidratos (g/100 g)	7,0925 ± 4,0478
Azúcares totales (g/100 g)	4,28 ± 1,30422
Fibra total (g/100 g)	2,1625 ± 0,193972
Fibra soluble (g/100 g)	1,4025 ± 2,40267
Fibra insoluble (g/100 g)	2,01 ± 0,265456
Provitamina A (β-Caroteno) mg/100 g	0,39 ± 0,023
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	1,43375 ± 2,37751
Sodio (mg/100 g)	7,69275 ± 3,84461
Calcio (mg/100 g)	38,9505 ± 10,8222
Zinc (mg/100 g)	0 ± 0
Cenizas (g/100 g)	0,9975 ± 0,0865544

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 61. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 14BER

Parámetro	14BER
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	16.075 ± 13.962,7
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	2.275 ± 1.929,38
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	2,5 ± 0,5
Cobre (mg/100 g)	0,63425 ± 0,0986961
Níquel (mg/kg)	0,07625 ± 0,0908639
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 14BER

Parámetro	14BER
TPC (mg EAG/100 g)	82,5146 ± 24,9175
FRAP (μmol ET/100 g)	256,657 ± 101,468
DPPH (μmol ET/100 g)	268,662 ± 111,495
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	3.657,03 ± 1.248,56
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	1.505,69 ± 249,666
Carotenos totales (mg/100 g)	2,07175 ± 1,26807

Fuente: Elaboración propia

14BER

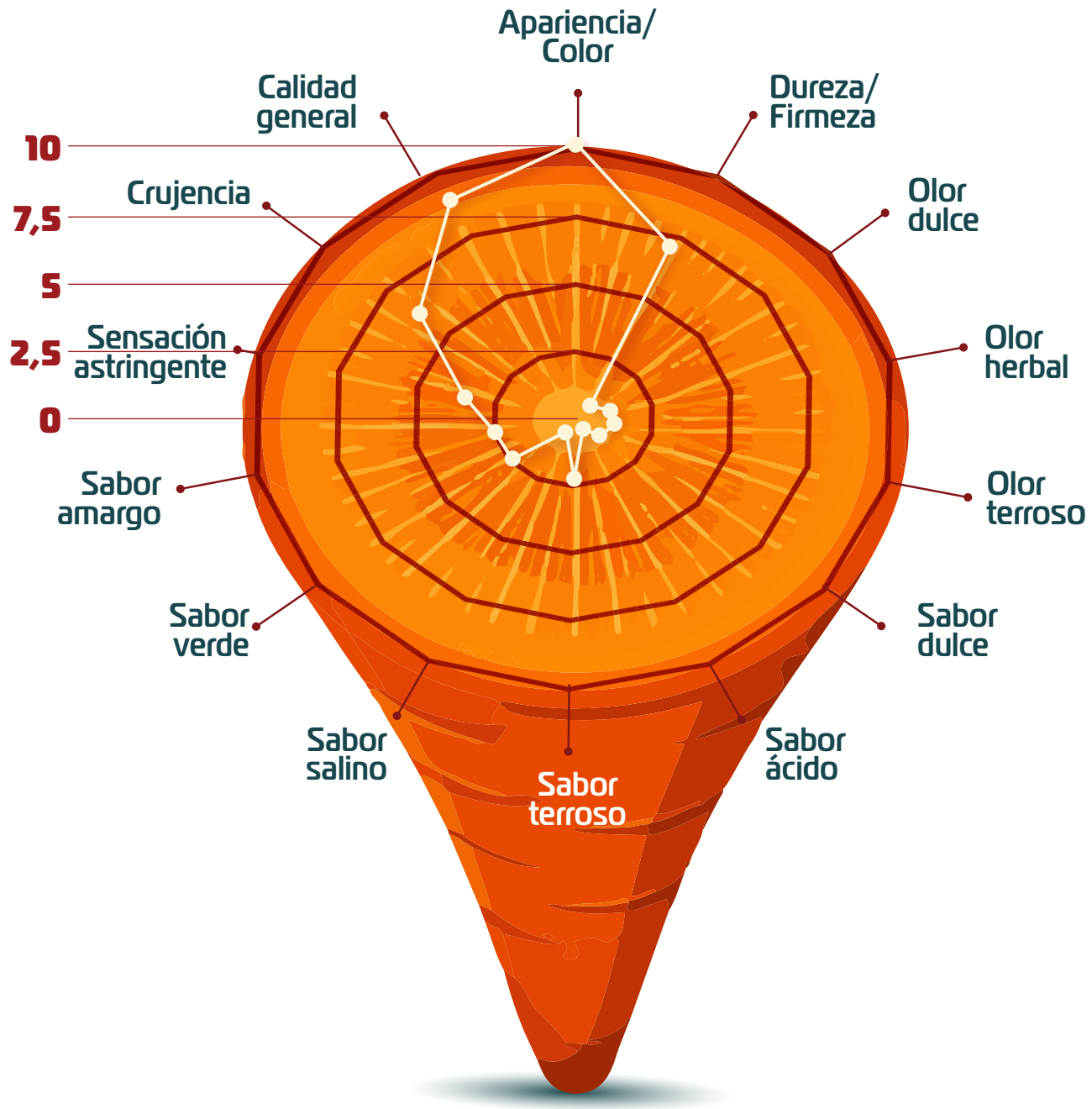


Figura 29. Descriptores sensoriales en la variedad 14BER.

Fuente: Elaboración propia



114

El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Perfil metabolómico - Grupo 2 (zanahorias naranjas 2)

En la figura 30 se observa el perfil metabolómico del Grupo 2 (zanahorias naranjas 2), que evidencia una matriz fenólica compleja dominada por ácido florético, marcador principal en este clúster, acompañado por ácidos clorogénico y cafeico como sustratos relevantes de PPO; se detectan, además, hidroxicinámicos como p-cumárico, m-cumárico y ferúlico, junto con un repertorio de hidroxibenzoicos (especialmente 4-hidroxibenzoico, salicílico, vainílico, gentísico y gálico) y varios dihidroxibenzoicos (2,3-; 2,4-; 2,6-; 3,5-). La presencia de ácido dihidrocafeico y del fenol 4-acetocatecol sugiere rutas de hidrogenación y catecólidas de

menor abundancia, pero tecnológicamente incidentes (potenciales en pardeamiento y notas amargas/astringentes de baja a moderada intensidad). La detección de rutina confirma una fracción flavonólica minoritaria, coherente con el bajo contenido antioxidante global observado para el grupo pese a su diversidad cualitativa. En términos de desempeño, esta huella se asocia a color carotenoide intenso y estable (croma alto) con una carga fenólica moderada, lo que favorece aplicaciones dirigidas a coloración en alimentos (p. ej., purés, bebidas y bases culinarias), siempre que se gestionen procesos de control de PPO (blanqueo breve, ajuste de pH, agentes reductores o quelantes) para minimizar pardeamiento y preservar el perfil sensorial limpio.



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas



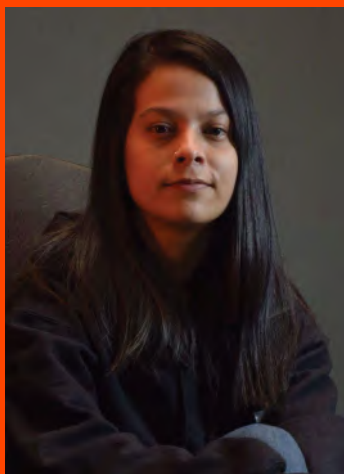
Figura 30. Composición fitoquímica relacionada con los 20 metabolitos más abundantes en la variedad 14BER.

Fuente: Elaboración propia





era 2026



Título

Raíces ocultas

Técnica

Acuarelas y colores

Autora

Sara Ríos

 [sararios.artesana](https://www.instagram.com/sararios.artesana)

Descripción

La zanahoria, una raíz oculta en la tierra, como las manos de los campesinos que la cuidan. Este proyecto, nacido de “material de descarte” de los cultivos, busca sanar la brecha entre lo no visto y lo valioso. Las zanahorias, en su diversidad de colores, son el símbolo de una cosecha que batalla entre su

diversidad para no desaparecer y donde cada mano campesina sostiene no solo una raíz, sino la dignidad de un trabajo poco valorado, una labor oculta. Así, las zanahorias se buscan paso entre colores, como las historias que laten recordándonos que el campo es vida, resistencia, variedad y posibilidad.

Grupo 3 de materiales de zanahoria blanca

11NAN: Zanahoria tipo Nantes de forma cilíndrica y color blanco, longitud regular de 15 a 20 cm y diámetro basal de 3 a 4 cm (figura 31). Ciclo corto de 110 a 120 días.



Figura 31. Ejemplar típico de la variedad 11NAN.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 63. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 11NAN

Parámetro	11NAN
pH	5,97583 ± 0,140354
°Brix	6,75 ± 0,452267
Materia seca (%)	9,01439 ± 0,412092
Humedad (%)	90,9856 ± 0,412092
L* (externo)	62,2567 ± 3,72194
a* (externo)	0,8325 ± 1,25812
b* (externo)	40,6033 ± 3,97229
C* (externo)	40,6333 ± 3,94924
h* (externo)	88,7308 ± 1,91113
L* (interno)	68,1642 ± 5,9504
a* (interno)	-2,895 ± 3,00252
b* (interno)	46,6908 ± 5,97368
C* (interno)	46,8758 ± 5,90739
h* (interno)	93,8092 ± 3,76342
Dureza (gf)	18.993,4 ± 3.731,82
Adhesividad (g-s)	-0,145333 ± 0,315903
Elasticidad	0,858 ± 0,0225711
Cohesividad	0,862083 ± 0,0215342
Gomosidad	16325,1 ± 2957,36
Masticabilidad	14.022,3 ± 2.631,15
Resiliencia	0,784917 ± 0,048154
Peso (g)	179,142 ± 77,0423
Longitud (cm)	22,125 ± 3,61264
Diámetro (cm)	3,86917 ± 0,529879

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64. Composición nutricional de la variedad 11NAN

Parámetro	11NAN
Calorías (kcal/100 g)	26,775 ± 1,52834
Proteína (g/100 g)	1,0675 ± 0,155858
Grasa total (g/100 g)	0,1275 ± 0,255
Carbohidratos (g/100 g)	6,73 ± 0,674685
Azúcares totales (g/100 g)	3,0525 ± 0,734501
Fibra total (g/100 g)	5,3820833
Fibra soluble (g/100 g)	2,825 ± 9,81066
Fibra insoluble (g/100 g)	2,475 ± 0,368284
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0 ± 0
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	1,53375 ± 2,3195
Sodio (mg/100 g)	9,70625 ± 3,59568
Calcio (mg/100 g)	38,2175 ± 18,8455
Zinc (mg/100 g)	0,087 ± 0,106967
Cenizas (g/100 g)	1,0875 ± 0,163376

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 65. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 11NAN

Parámetro	11NAN
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	4.175 ± 1.486,33
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	1.435 ± 1.329,5
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	Negativo
Cobre (mg/100 g)	0,52 ± 0,0799125
Níquel (mg/kg)	0,10525 ± 0,0851171
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. Evaluación del potencial biofuncional de la variedad 11NAN

Parámetro	11NAN
TPC (mg EAG/100 g)	127,588 ± 43,7517
FRAP (μmol ET/100 g)	440,511 ± 82,8787
DPPH (μmol ET/100 g)	248,89 ± 121,343
ORAC hidrofílico (μmol ET/100 g)	2.719,65 ± 892,27
ORAC lipofílico (μmol ET/100 g)	1.980,2 ± 441,172
Carotenos totales (mg/100 g)	0,1505 ± 0,108985

Fuente: Elaboración propia

11NAN

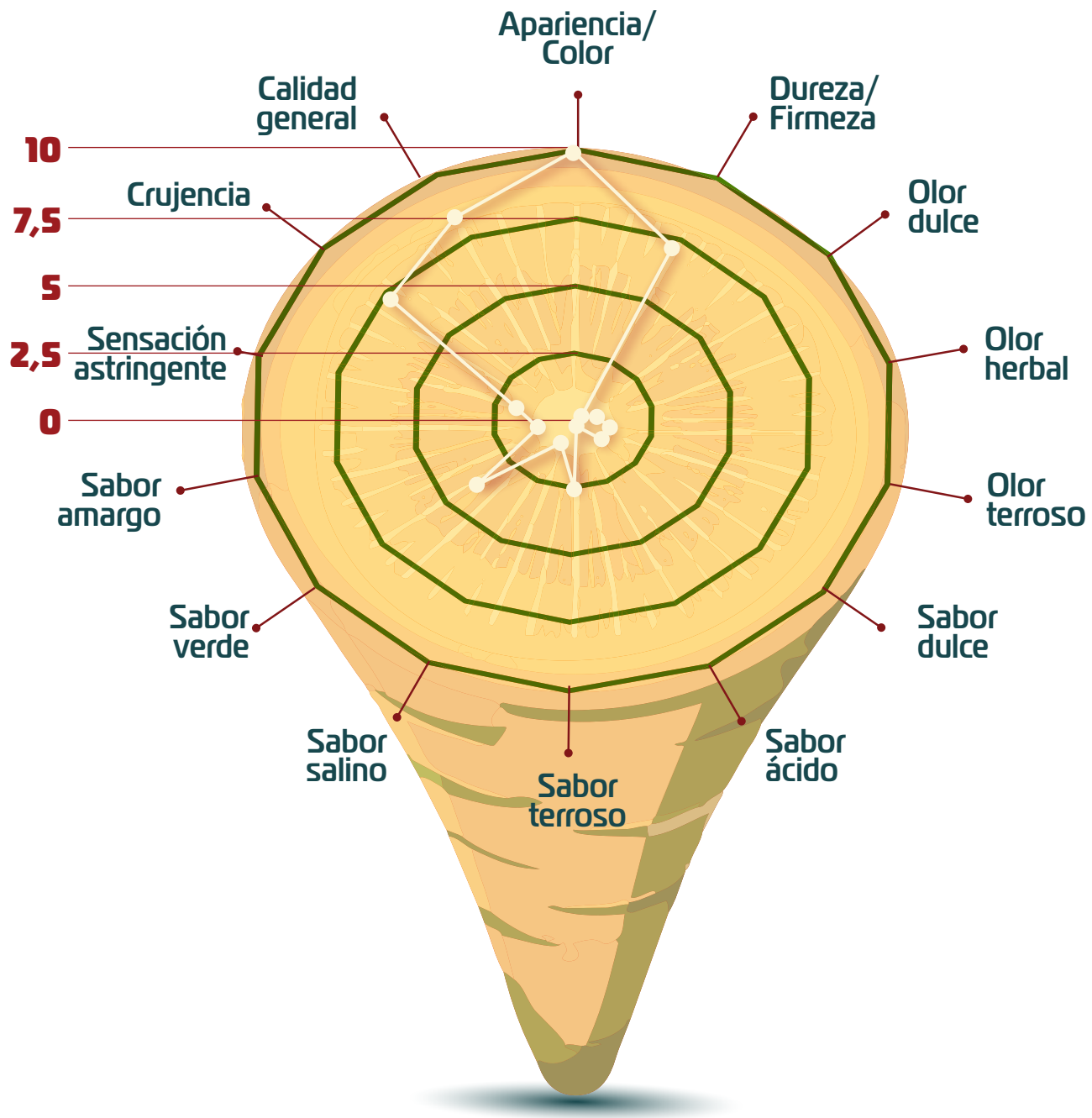


Figura 32. Descriptores sensoriales en la variedad 11NAN.

Fuente: Elaboración propia



Perfil metabolómico - Grupo 3 (zanahorias blancas)

La figura 33 muestra el espectro químico de la zanahoria blanca, que se encuentra dominado por ácidos fenólicos con predominio de ácido florético y una señal relevante de ácido tereftálico, acompañados por un conjunto consistente de hidroxicinámicos (ácidos cafeico, ferúlico y p-cumárico) y una familia amplia de hidroxibenzoicos (4-hidroxibenzoico, salicílico, vainílico, gálico, gentísico, y dihidroxibenzoicos). La

detección de 4-acetocatecol sugiere la presencia de núcleos catecólicos potencialmente susceptibles a pardeamiento enzimático, aunque en niveles que no desplazan el rasgo cromático mayoritario del grupo (alta luminosidad y baja saturación de color). Se observan, además, flavonoides en baja abundancia rutina y biochinina A. En conjunto, la huella metabolómica describe una matriz polifenólica diversa, pero de intensidad contenida, coherente con su fenotipo claro: funcional desde el punto de vista redox, sin interferencia cromática marcada.



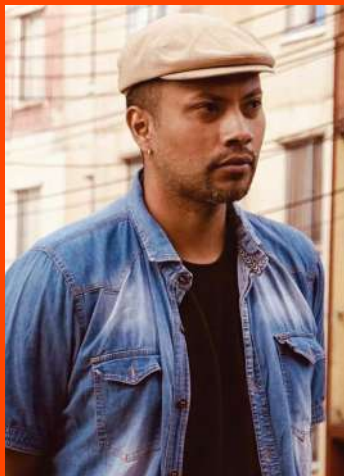


Figura 33. Composición fitoquímica relacionada con los 20 metabolitos más abundantes en la variedad 11NAN.

Fuente: Elaboración propia







Título

Zanahorias de piel amarilla

Técnica

Pintura acrílica sobre papel

Autor

José Guillermo Monsalve

 eski.bel

Descripción

La obra interroga la piel de la zanahoria amarilla como una superficie histórica, simbólica y social, desplazando la atención de la raíz como alimento hacia su condición de imagen. A través del contraste entre amarillos y azules, la pintura ficcionaliza la peridermis hasta convertirla en protagonista, como si la zanahoria fuese únicamente piel, despojada de interioridad. Esa operación sugiere una lectura cartográfica: hojas y tallos evocan formas geográficas sobre un fondo azul, que remiten a la estética de los atlas, lo que parece indicar la prolongada inscripción de la zanahoria en el espacio y el tiempo de la cultura material humana. Históricamente, la zanahoria amarilla posee un valor singular al anteceder a la variedad naranja, hoy convertida en el emblema dominante de esta raíz. La historia demuestra que dicha hegemonía cromática no es accidental, sino el resultado de procesos de domesticación agrícola y acciones políticas

que consolidaron un imaginario específico de consumo. Así, el naranja deja de ser un simple color para transformarse en un signo que define —y sustituye— la diversidad intrínseca de la especie. En la sociedad moderna, este tipo de operaciones obedecen a un síntoma de estandarización comercial, que evidencia que no solo consumimos objetos, sino también signos. Así, color, forma y tamaño son normalizados por lógicas de mercado que producen jerarquías visuales y sociales, y las variedades no ajustadas al estándar son exotizadas y reubicadas como mercancías *gourmet*, donde la diferencia se transforma en distinción y estatus. En síntesis, esta obra propone un cruce entre pintura y sociología para pensar la piel de las zanahoria amarilla., y así notar que su consumo se dirige menos al objeto y más a su representación, es decir, señala el predominio de la zanahoria como imagen antes que una simple materia comestible.

Grupo 4 de materiales de zanahoria amarilla

12NAN: Zanahoria tipo Nantes de forma cilíndrica y color amarillo, longitud regular de 15 a 20 cm y diámetro basal de 3 a 4 cm (figura 34). Ciclo corto de 110 a 120 días.



Figura 34. Ejemplar típico de la variedad 12NAN.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 67. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 12NAN

Parámetro	12NAN
pH	5,95917 ± 0,0904995
°Brix	8,58333 ± 0,792961
Materia seca (%)	11,6521 ± 0,890562
Humedad (%)	88,3479 ± 0,890562
L* (externo)	25,0075 ± 2,97782
a* (externo)	6,42583 ± 2,25569
b* (externo)	1,28333 ± 0,643673
C* (externo)	6,6 ± 2,19352
h* (externo)	12,4092 ± 7,56877
L* (interno)	38,0267 ± 11,6274
a* (interno)	19,605 ± 7,52564
b* (interno)	6,3975 ± 5,74106
C* (interno)	21,7942 ± 5,94996
h* (interno)	20,6583 ± 20,2849
Dureza (gf)	17.122,8 ± 5.280,76
Adhesividad (g-s)	-0,0375 ± 0,0777648
Elasticidad	0,879 ± 0,00861289
Cohesividad	0,882833 ± 0,0136637
Gomosidad	15.109,5 ± 4.612,73
Masticabilidad	13.296,5 ± 4.112,06
Resiliencia	0,8095 ± 0,0442462
Peso (g)	97,4867 ± 29,9622
Longitud (cm)	20,9583 ± 3,43418
Diámetro (cm)	3,72417 ± 0,468216

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68. Composición nutricional de la variedad 12NAN

Parámetro	12NAN
Calorías (kcal/100 g)	38,25 ± 2,17486
Proteína (g/100 g)	1,4125 ± 0,177459
Grasa total (g/100 g)	< 0,5
Carbohidratos (g/100 g)	9,7825 ± 0,53761
Azúcares totales (g/100 g)	3,68 ± 0,796827
Fibra total (g/100 g)	3,525 ± 0,905778
Fibra soluble (g/100 g)	1,7 ± 2,27598
Fibra insoluble (g/100 g)	3,0775 ± 0,683734
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0 ± 0
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	0,69375 ± 0,587012
Sodio (mg/100 g)	4,90425 ± 2,5761
Calcio (mg/100 g)	48,2145 ± 16,1938
Zinc (mg/100 g)	0,15375 ± 0,11345
Cenizas (g/100 g)	1,1975 ± 0,125797

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 69. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 12NAN

Parámetro	12NAN
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	172.850 ± 318.191
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	53.222,5 ± 50.511,6
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	15 ± 30
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	62,5 ± 125
Cobre (mg/100 g)	0,5425 ± 0,089
Níquel (mg/kg)	0,24825 ± 0,340
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 12NAN

Parámetro	12NAN
TPC (mg EAG/100g)	127,587± 43,751
FRAP (μmol ET/100g)	440,51 ± 82,878
DPPH (μmol ET/100g)	248,89± 121,342
ORAC Hidrofílico (μmol ET/100g)	2.719,650 ± 892,27
ORAC Lipofílico (μmol ET/100g)	1.547,5 ± 687,170
Carotenos Totales (mg/100g)	0 0,150± 0 0,096

Fuente: Elaboración propia

12NAN

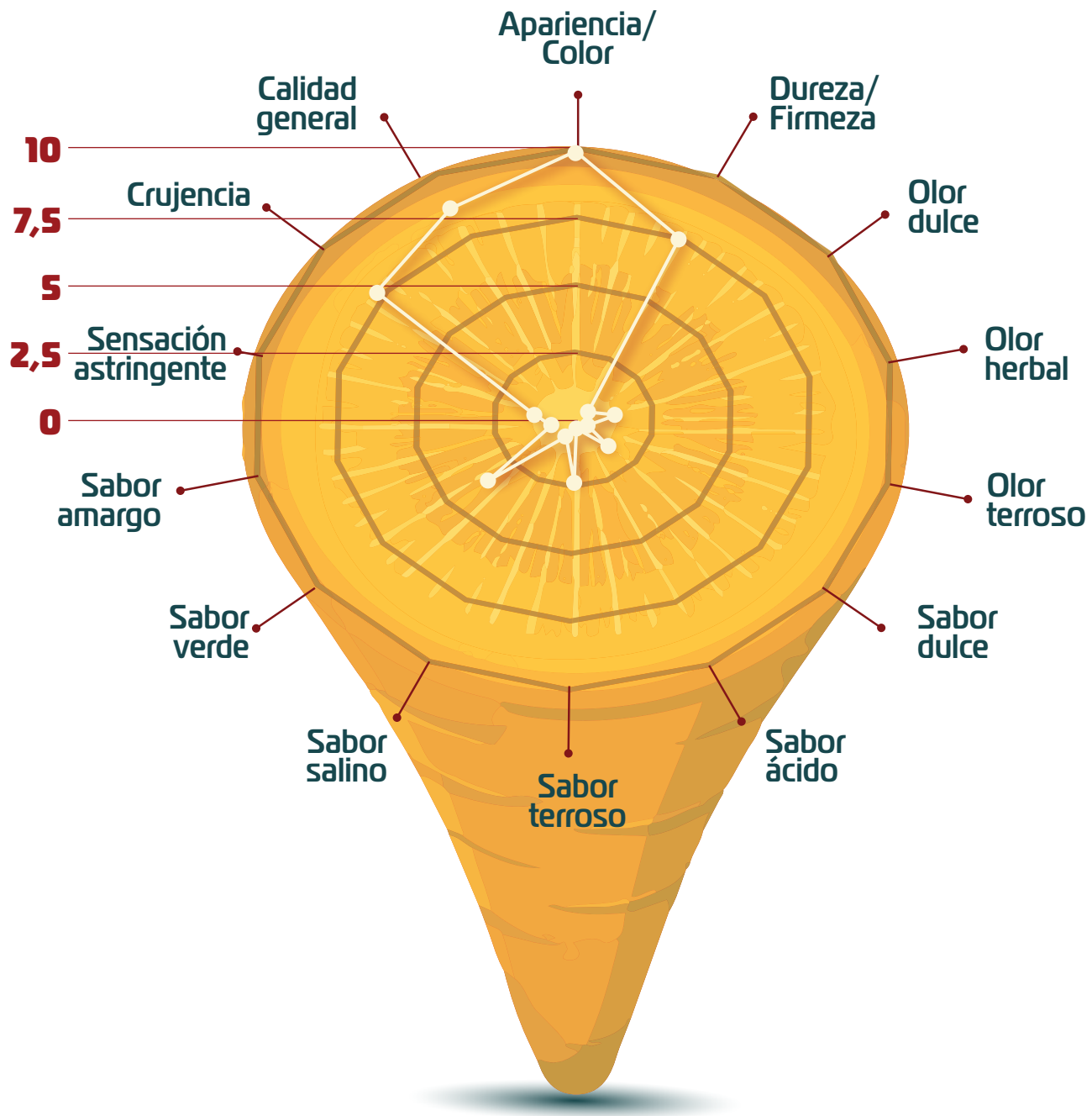


Figura 35. Descriptores sensoriales en la variedad 12NAN.

Fuente: Elaboración propia



130

El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Perfil metabolómico - Grupo 3 (zanahorias amarillas)

La figura 36 muestra el perfil metabolómico de las zanahorias amarillas (12NAN). Su huella química es ligeramente similar a las zanahorias blancas, pero con algunas particularidades. Se caracteriza por una matriz fenólica diversa, pero de intensidad moderada, con predominio de

ácido florético y una señal consistente de ácido tereftálico; coexisten hidroxicinámicos relevantes —ácidos cafeico, ferúlico y p-cumárico (este último en menor abundancia)— y un repertorio amplio de hidroxibenzoicos (4-hidroxibenzoico, salicílico, vainílico, gálico, gentísico), junto con sus análogos dihidroxibenzoicos (2,3-; 2,4-; 2,6-; 3,5-). La presencia de 4-acetocatecol y resorcinol sugiere sustratos catecólicos potencialmente incidentes en pardeamiento enzimático, aunque en niveles acordes con la capacidad antioxidante ligeramente baja descrita para este material. Se detecta rutina como marcador flavonólico minoritario y ácido dihidrocafeico como vía de reducción del núcleo cafeico.

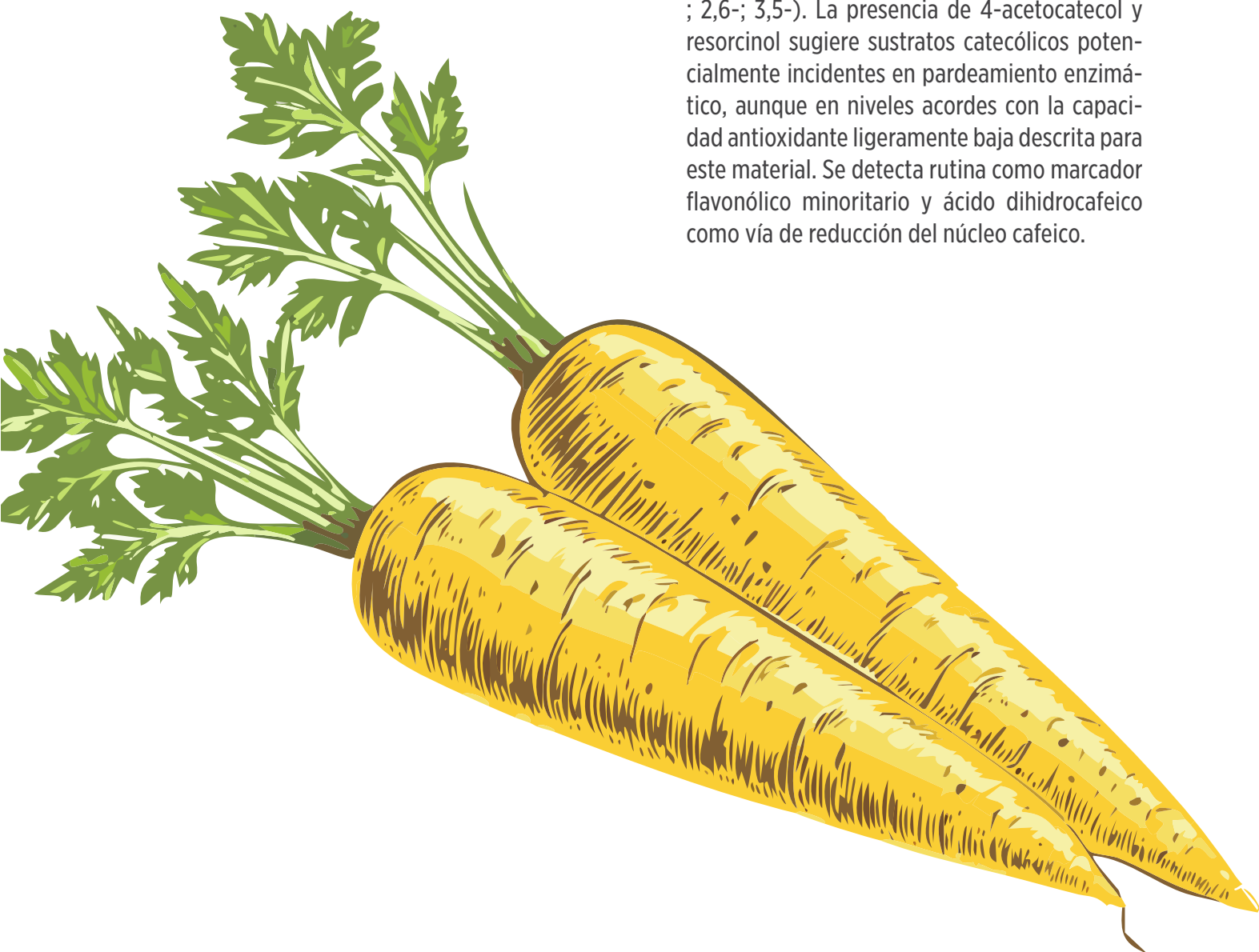




Figura 36. Composición fitoquímica relacionada con los 20 metabolitos más abundantes en la variedad 12NAN.

Fuente: Elaboración propia







Título

Raíces de juventud

Técnica

Digital

Autor

Santiago Cuervo

 cuervoo.art

Descripción

Esta obra transmite un mensaje sobre el paso del tiempo y la esperanza de conservar la vitalidad. La mujer mayor, sentada frente a un cuenco de zanahorias moradas, contempla su reflejo en el espejo. En él aparece rejuvenecida, con la piel tersa y el cabello arreglado, como si los antioxidantes presentes en este alimento hubieran detenido el desgaste de los años. La zanahoria morada, rica en antocianinas, se convierte aquí en un símbolo de resistencia contra el envejecimiento, un puente entre la memoria

y la posibilidad de preservar la juventud interior. El contraste entre la figura real y la reflejada no solo sugiere los beneficios de una dieta saludable, sino también la manera en que la mente y los recuerdos pueden proyectar una versión más vital de nosotros mismos. La luz cálida que entra por la ventana refuerza la atmósfera nostálgica, mientras el marco ornamentado del espejo subraya la idea de que la belleza y la juventud son tesoros que se guardan en el alma, más allá del tiempo.

Grupo 5 de materiales de zanahoria morada

13FLA: Zanahoria tipo Flakkee de forma cilíndrica y color morado, longitud regular de 25 a 30 cm y diámetro basal de 4 a 5 cm (figura 37). Ciclo corto de 100 a 120 días.



Figura 37. Ejemplar típico de la variedad 13FLA.
Foto: Cristian Domínguez Pulgarín

Tabla 71. Propiedades fisicoquímicas evaluadas en la variedad 13FLA

Parámetro	13FLA
pH	6,19333 ± 0,381011
°Brix	7,075 ± 0,800142
Materia seca (%)	10,5982 ± 1,01631
Humedad (%)	89,4018 ± 1,01631
L* (externo)	58,3125 ± 2,10793
a* (externo)	23,2075 ± 2,087
b* (externo)	36,7192 ± 4,24563
C* (externo)	43,45 ± 4,60568
h* (externo)	57,6242 ± 1,47422
L* (interno)	53,4625 ± 6,86566
a* (interno)	20,5775 ± 5,86084
b* (interno)	40,695 ± 10,3908
C* (interno)	45,6108 ± 11,895
h* (interno)	63,3058 ± 1,17965
Dureza (gf)	15.437,4 ± 3.356,66
Adhesividad (g-s)	-0,0896667 ± 0,130419
Elasticidad	0,852917 ± 0,0475595
Cohesividad	0,8535 ± 0,0203
Gomosidad	13.158,4 ± 2.757,65
Masticabilidad	11.136,3 ± 2.107,98
Resiliencia	0,77475 ± 0,0593022
Peso (g)	186,758 ± 70,6512
Longitud (cm)	16,8333 ± 2,41523
Diámetro (cm)	4,5225 ± 0,649197

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72. Composición nutricional de la variedad 13FLA

Parámetro	13FLA
Calorías (kcal/100 g)	29,3 ± 5,24214
Proteína (g/100 g)	0,675 ± 0,455814
Grasa total (g/100 g)	< 0,5
Carbohidratos (g/100 g)	8,26 ± 1,27085
Azúcares totales (g/100 g)	3,79 ± 1,42957
Fibra total (g/100 g)	3,2375 ± 0,598575
Fibra soluble (g/100 g)	2,5925 ± 2,78404
Fibra insoluble (g/100 g)	3,145 ± 0,559434
Provitamina A (β-caroteno) mg/100 g	0 ± 0
Vitamina B (mg/kg)	< 0,030
Vitamina C (mg/kg)	< 0,25
Vitamina D (μg/100 g)	< 0,2
Hierro (mg/100 g)	1,39275 ± 2,40978
Sodio (mg/100 g)	8,747 ± 2,11229
Calcio (mg/100 g)	45,4585 ± 14,8566
Zinc (mg/100 g)	0,07775 ± 0,0903562
Cenizas (g/100 g)	1,1325 ± 0,0675154

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla 73. Indicadores de inocuidad (recuento microbiológico y metales pesados) de la variedad 13FLA

Parámetro	13FLA
Recuento de aerobios mesófilos UFC/g	13.847,5 ± 12.383,200
Detección de Salmonella spp. UFC/ 25 g	Negativo
Recuento de coliformes totales UFC/g	1.857,5 ± 1.518,47
Recuento de coliformes fecales (E. coli)	Negativo
Recuento de mohos y levaduras (aw>0,95) UFC/g	2.325 ± 4.650
Recuento de levaduras (aw>0,95) UFC/g	2,5 ± 5
Cobre (mg/100g)	0,40725 ± 0,141283
Níquel (mg/kg)	0,31875 ± 0,101867
Cadmio (mg/kg)	< 0,050
Plomo (mg/kg)	< 0,050

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74. Caracterización del potencial biofuncional de la variedad 13FLA

Parámetro	13FLA
TPC (mg EAG/100 g)	683,830± 191,60
FRAP (μmol ET/100 g)	3.118,543± 1.639,967
DPPH (μmol ET/100 g)	1.830,453± 502,247
ORAC Hidrofílico (μmol ET/100 g)	20.248,624± 5.703,056
ORAC Lipofílico (μmol ET/100 g)	1.608,38 ± 604,126
Carotenos Totales (mg/100 g)	1,923± 0,130

Fuente: Elaboración propia

13NAN

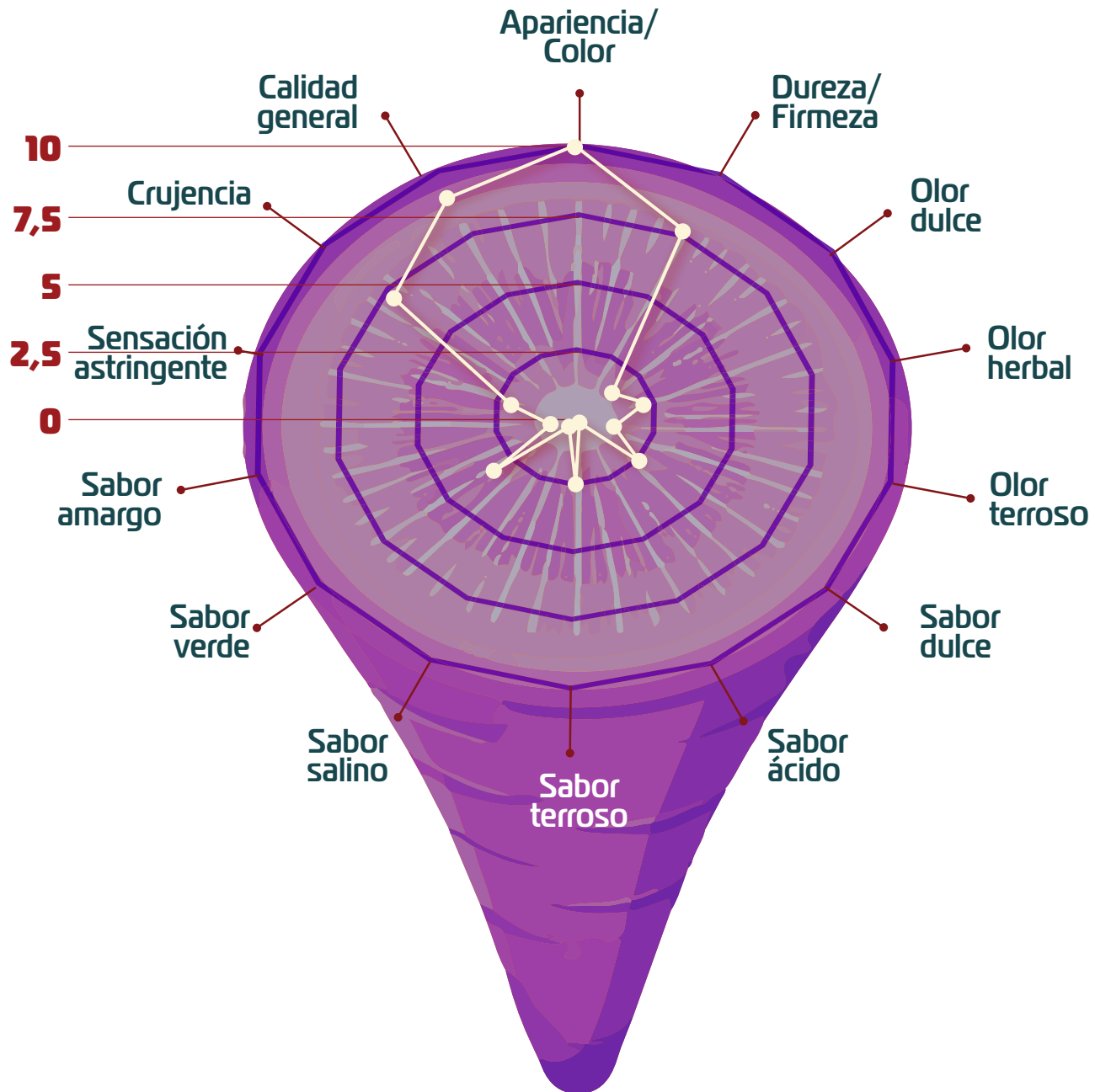


Figura 38. Descriptores sensoriales en la variedad 13FLA.

Fuente: Elaboración propia

La figura 39 muestra el perfil metabolómico de la zanahoria morada (13FLA). El patrón químico de las zanahorias moradas es notablemente distinto al del resto de materiales: además de una base de hidroxicinámicos robusta —ácidos clorogénico, ferúlico, cafeico y p-cumárico, con presencia destacable de ácido sinápico—, exhibe una fracción flavonoide enriquecida en flavonoles (principalmente rutina, junto con quercetina y morina), poco representada en los grupos naranja, blanco y amarillo. Esta combina-

ción se acompaña de un amplio repertorio de hidroxibenzoicos (4-hidroxibenzoico, salicílico, vainílico, gálico y sus análogos di-/trihidroxilados: 2,3-; 2,4-; 2,6-; 3,5- y 2,3,4-) y de núcleos catecólicos (p. ej., 4-acetocatecol), lo que confiere una huella marcadamente antioxidante y una alta capacidad de secuestro de radicales. La presencia concomitante de ácido tereftálico y ácido dihidrocafeico sugiere la existencia de vías de oxidación/reducción adicionales dentro del conjunto de compuestos fenólicos presentes.



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas



Figura 39. Composición fitoquímica relacionada con los 20 metabolitos más abundantes en la variedad 13FLA.

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Para facilitar la interpretación comparativa de los resultados, en la tabla 75 se presenta una síntesis integrada de las principales características nutricionales, metabolómicas y sensoriales de los grupos de materiales de *Daucus carota* incluidos en este catálogo. En ella se contrastan, por un lado, los excedentes del cultivo (considerados como una única biomasa viable de transformación bajo criterios de inocuidad y daño superficial) y, por otro, los materiales diferenciados organizados en cinco grupos según su color y comportamiento multivariado (naranjas

tipo 1 y 2, blanco, amarillo y morado). La tabla 75 resume, para cada grupo, las tendencias en contenido de macronutrientes y fibra, la huella metabolómica predominante y los rasgos colorimétricos y sensoriales más relevantes de cada uno de ellos. De este modo, la tabla identifica de forma rápida las fortalezas y particularidades de cada conjunto de materiales, a fin de convertirla en una herramienta para la selección de materias primas y el diseño de estrategias de aprovechamiento en alimentos, ingredientes funcionales y cosmética natural.



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Tabla 75. Síntesis integrada de atributos nutricionales, metabolómicos y sensoriales de los grupos de materiales de *Daucus carota* evaluados

Grupo / Materiales representativos	Rasgos nutricionales diferenciales	Perfil metabolómico predominante	Tendencias sensoriales y colorimétricas
Excedentes del cultivo (C, R, D, P)	Perfil global similar a zanahoria comercial naranja: contenido de carbohidratos y azúcares compatible con matrices para alimentos procesados; fibra dietaria moderada; bajo contenido de grasa; presencia de minerales como Na, Ca. La tipología (control, rajada, deforme, daño patológico $\leq 3\%$ área afectada) no modifica sustancialmente el rango nutricional, por lo que se comportan como una biomasa agregada viable para transformación.	El análisis metabolómico no dirigido no mostró separación clara entre las tipologías Rajada (R), Deforme (D), Daño Patológico (P) y Control (C); se comportan como un solo clúster químico. El top 10 de metabolitos incluye fosfoerina, zeaxantina, malonildaidzina, nostoxantina, ergosina, heteratisina y licaconitina, reflejando la presencia conjunta de derivados de aminoácidos, carotenoides xantofílicos, flavonoides y alcaloides. Esta huella sugiere un tejido con metabolismo poscosecha activo y una base antioxidante lipofílica asociada a la pigmentación naranja típica.	Color naranja intenso a moderado, con leves variaciones en luminosidad y croma entre tipologías. Textura predominantemente crujiente, con posibles incrementos de fibrosidad en materiales deformes y ligeros defectos visuales (fisuras, manchas, deformidades) en los otros grupos. Sensorialmente, conservan el perfil típico de zanahoria fresca (dulzor moderado, notas vegetales suaves), con eventuales notas defectuosas leves en daño patológico, pero sin comprometer su aprovechamiento en matrices procesadas.
Grupo 1 - Zanahorias naranjas 1 (1NAN, 4CHAN, 5BER, 6KUR)	Materiales naranjas con alto contenido de carotenoides (carotenos totales en el rango de $\sim 1,4$ mg/100 g en 6KUR y similares en el grupo), pero muy bajos en fibra soluble, proteína, carbohidratos y calorías, lo que los posiciona como matrices interesantes para formulaciones bajas en densidad energética, pero con aporte significativo de provitamina A. La fibra total e insoluble se mantiene en rangos moderados, suficientes para respaldar aplicaciones en <i>snacks</i> , purés y polvos deshidratados.	Perfil dominado por ácidos fenólicos de las familias hidroxicinámicas e hidroxibenzoicas: ácido clorogénico y cafeico como marcadores principales, acompañados de p-cumárico y ferúlico; se detectan benzoatos como 4-hidroxibenzoico, vainílico, salicílico, gálico, gentísico y varios dihidroxibenzoicos. Se observan además ácido florético y rutina en baja proporción. En conjunto, es un espectro fenólico diverso, pero de intensidad moderada, coherente con una capacidad antioxidante global baja-media en comparación con otros grupos.	Color naranja intenso, con croma alto y luminosidad moderada; apariencia muy cercana al estándar comercial. El panel sensorial reporta dulzor moderado, olor típico de zanahoria fresca y textura firme, con buena masticabilidad. La carga fenólica moderada puede aportar ligeras notas de amargor/astringencia, pero sin dominar el perfil, lo que los hace excelentes candidatos para aplicaciones de color-dirigidas (<i>snacks</i> , purés, polvos colorantes) con sabor relativamente “limpio”.

Continúa en la siguiente página ▼



Grupo 2 - Zanahorias naranjas 2 (2CHAN, 3CHAN, 7-10NAN, 14BER)	Materiales naranjas con alto contenido de carotenoides (carotenos totales cercanos o superiores a 2 mg/100 g en algunos genotipos como 14BER), contenido moderado de carbohidratos y calorías, y un perfil mineral que destaca por niveles apreciables de hierro y calcio, lo que los perfila como materias primas interesantes para formulaciones con alegatos de micronutrientes. La fibra dietaria total se mantiene en rangos medios, adecuada para productos de consumo diario.	Huella fenólica más compleja que el Grupo 1, dominada por ácido florético como marcador, acompañada de ácidos clorogénico y cafeico como sustratos relevantes de PPO. Se observan hidroxicinámicos adicionales (p-cumárico, m-cumárico y ferúlico) y una batería amplia de hidroxibenzoicos (4-hidroxibenzoico, salicílico, vainílico, gentísico, gálico y dihidroxibenzoicos). Se detectan ácido dihidrocafeico y 4-acetocatecol, asociados a rutas catecólicas que pueden contribuir al pardeamiento y a notas amargas/astringentes de baja a moderada intensidad. Rutina aparece como flavonol minoritario. La diversidad fenólica es alta, pero el contenido antioxidante global sigue siendo bajo-medio, especialmente frente a materiales blancos, amarillos y morados.	Color naranja muy intenso y estable, con croma elevado y tono moderado, lo que favorece su uso como fuente de color natural. Sensorialmente, presentan dulzor de moderado a alto, textura crujiente y buena jugosidad. La mayor complejidad fenólica puede asociarse con ligeras notas vegetales y amargas que, en matrices procesadas, pueden aportar profundidad de sabor sin volverse defectuosas. Se proyectan como materiales idóneos para jugos, mezclas para bebidas, purés y bases para <i>snacks</i> horneados.
Grupo 3 - Zanahoria blanca (11NAN)	Material blanco con muy bajo contenido de carotenoides (β-caroteno ~0,15 mg/100 g) y baja densidad calórica y de carbohidratos, pero alto en fibra soluble y fibra total, lo que lo posiciona como una matriz con potencial funcional digestivo. El contenido de proteínas es bajo-medio; los minerales (Fe, Ca, Na, Zn) se encuentran en rangos comparables a otros grupos, con cenizas cerca de 1,1 g/100 g, lo que indica una base mineral moderada.	Perfil dominado por ácidos fenólicos, con predominio de ácido florético y una señal relevante de ácido tereftálico, acompañados de hidroxicinámicos (cafeico, ferúlico, p-cumárico) y una familia amplia de hidroxibenzoicos (4-hidroxibenzoico, salicílico, vainílico, gálico, gentísico, dihidroxibenzoicos). La presencia de 4-acetocatecol sugiere núcleos catecólicos potencialmente involucrados en pardeamiento enzimático. Se detectan rutina y biochanina A en baja abundancia. La matriz polifenólica es diversa, pero de intensidad contenida, coherente con una capacidad antioxidante moderada, suficiente para aportar funcionalidad redox sin modificar de forma marcada el color.	Color <i>*muy claro, alta luminosidad (L) y baja saturación (C*)*</i>, con tonos levemente verdosos. Sensorialmente, se asocia a sabor suave, dulzor bajo-moderado y notas vegetales discretas, con menor “intensidad de zanahoria” percibida que los materiales naranjas. La textura tiende a ser firme, pero menos “jugosa”, y su perfil neutro en color y sabor la hace especialmente atractiva como vehículo funcional cuando se requiere minimizar interferencias cromáticas y aromáticas (p. ej. matrices blancas, bases para mezclas, productos para población sensible).

Continúa en la siguiente página ▼

Grupo 4 - Zanahoria amarilla (12NAN)	Material amarillo de alto peso de raíz, con contenido de carotenoides bajo-moderado (carotenos totales ~0,13 mg/100 g, inferior a los grupos naranjas, pero comparable al material blanco) y contenido ligeramente menor de polifenoles y capacidad antioxidante que la zanahoria blanca. La fibra total e insoluble se mantiene en valores medios, y el contenido de minerales (especialmente Ca y Na) es algo superior al promedio, lo que aporta interés para formulaciones con enfoque en textura y aporte mineral.	Huella química similar pero no idéntica a la zanahoria blanca. Presenta una matriz fenólica diversa de intensidad moderada, con predominio de ácido florético y señal consistente de ácido tereftálico. Coexisten ácidos cafeico, ferúlico y p-cumárico (este último en menor abundancia), junto con una batería de hidroxibenzoicos (4-hidroxibenzoico, salicílico, vainílico, gálico, gentísico) y sus análogos dihidroxibenzoicos. La presencia de 4-acetocatecol y resorcinol indica núcleos catecólicos incidentes en pardeamiento, aunque acordes con la capacidad antioxidante ligeramente baja descrita para este material. Se detectan rutina y ácido dihidrocafeico como marcadores adicionales.	Color amarillo brillante, con alta luminosidad y baja saturación, generando raíces visualmente claras pero distintivas frente a las zanahorias blancas. Sensorialmente, el panel reporta dulzor moderado, notas vegetales suaves y textura firme-crocante, lo que la proyecta como candidata para productos donde se desea un matiz amarillo natural con baja interferencia en sabor (<i>snacks</i>, bastones frescos, mezclas de vegetales, aplicaciones infantiles o gourmet).
Grupo 5 - Zanahoria morada (13FLA)	Material morado tipo Flakkee, de materia seca moderada (~10,6%) y contenido de carotenoides totales en torno a 1,65 mg/100 g, comparable a los grupos naranjas, pero con una densidad fenólica y capacidad antioxidante particularmente relevantes (TPC ~110 mg EAG/100 g; ORAC y FRAP en rangos medios-altos). El contenido de carbohidratos y calorías es moderado; la fibra dietaria total e insoluble se ubica en el rango medio de los materiales diferenciados.	El patrón químico es notablemente distinto al del resto de materiales. Además de una base robusta de hidroxicinámicos (clorogénico, ferúlico, cafeico, p-cumárico, con presencia destacable de ácido sinápico), exhibe una fracción flavonoide enriquecida en flavonoles (principalmente rutina, quercetina y morina), poco representados en los grupos naranjas, blanco y amarillo. A ello se suma un conjunto de antocianinas y otros pigmentos fenólicos responsables del color morado intenso y de una capacidad antioxidante muy superior por unidad de color frente a los grupos naranjas.	Color morado intenso con menor luminosidad y croma específico de antocianinas, claramente diferenciable de los demás grupos. Sensorialmente, el panel reporta notas vegetales más marcadas, posible incremento de astringencia y amargor leve-moderado asociado a la alta carga fenólica, manteniendo dulzor aceptable. Esta combinación la convierte en una materia prima estratégica para extractos antioxidantes, colorantes naturales morados y aplicaciones cosméticas donde se desea maximizar la actividad redox y el impacto visual, más que la neutralidad sensorial.

Fuente: Elaboración propia



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

CAPÍTULO IV

Vocaciones de uso y rutas de valorización para excedentes y materiales diferenciados de zanahoria

La caracterización multidimensional de las biomasas potenciales de *Daucus carota* permitió definir grupos con perfiles nutricionales, metabólicos y sensoriales con algunas diferencias entre sí, que podrían trascender el uso tradicional de la zanahoria como hortaliza fresca. Cada uno de estos grupos presenta atributos diferenciales que los convierten en candidatos estratégicos para aplicaciones de mayor valor agregado, particularmente en las industrias alimentaria, cosmética y, potencialmente, nutracéutica, basada en la generación de productos naturales. En este contexto, la integración de información fisicoquímica, fitoquímica y sensorial describe la diversidad existente, a la vez que ofrece una base racional para vincular determinados perfiles nutricionales o de compuestos de interés (carotenoides, polifenoles, fibra, minerales) con funciones tecnológicas y biofuncionales concretas.

En el presente capítulo se presentan propuestas de vocaciones de uso para cada grupo de materiales, articulando sus características clave con posibles rutas de desarrollo de ingredientes

y productos, tanto en cosmética natural como en formulaciones alimentarias funcionales. No obstante, es importante subrayar que estas recomendaciones deben entenderse como orientaciones abiertas y no como prescripciones cerradas: la verdadera versatilidad de estos materiales dependerá, en gran medida, de la creatividad, el conocimiento técnico y la capacidad de integración interdisciplinar de quienes los implementen. La innovación en bioeconomía basada en zanahorias singulares no se agota en las aplicaciones aquí sugeridas, sino que se expande con cada nuevo ensayo de formulación, adaptación tecnológica y diálogo entre ciencia, industria y territorio.

En relación con los excedentes de producción de zanahoria (C, D, R y P), el factor más resaltante es su perfil global similar entre ellos y comparable con zanahoria comercial naranja (Icontec, 1994). Estas grandes similitudes observadas en los diferentes niveles de caracterización permiten visualizar las diferentes tipologías de excedentes como una sola fuente de materia prima para diversos procesos de transformación, es



decir, de forma global; sin embargo, algunas tipologías podrían ser de un interés específico de acuerdo con los resultados obtenidos. Los contenidos de carbohidratos y azúcares presentes en los excedentes permiten proyectar transformaciones mediadas por procesos de biorrefinería con énfasis en la producción de azúcares fermentables, ácidos orgánicos, pectinas e, incluso, producción de biocombustibles (Clementz et al., 2019; Idrovo Encalada et al., 2019; Jyot Kaur et al., 2020; Kaur et al., 2020; Ramos-Andrés et al., 2021; Salvañal et al., 2021). Adicionalmente, los excedentes de producción presentaron unos niveles moderados de fibra total, la cual se relaciona con un efecto benéfico de su ingesta, en relación con reducción del colesterol en sangre y cuidado del sistema digestivo, así como en la absorción de minerales (Veronese et al., 2025), lo cual permite proyectar aplicaciones en alimentos nutraceuticos o como fuente de prebióticos en productos tipo yogur o suplementos alimentarios ricos en fibra dietaria.

Otro aspecto relevante de los excedentes de producción de zanahoria, independiente de su tipología, es que pueden ser considerados como una fuente de minerales, principalmente debido a la presencia relevante de calcio y sodio, validando la importancia de incluir la zanahoria en formulaciones alimenticias o como fuente de minerales de origen vegetal en premezclas o mixturas vegetales deshidratadas, entendiendo que la ingesta de este tipo de minerales se ha asociado con la prevención de la formación de pólipos adenomatosos en el colon y la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y osteoporosis (Mandrich et al., 2023).

Ahora bien, con relación a sus propiedades biofuncionales, los excedentes de producción presentan una diversidad amplia de compuestos químicos o metabolitos; por ejemplo, la presencia de carotenoides y la presencia de metabolitos como zeaxantina y nostoxantina o el α -tocoferol, siendo precursores de vitamina A y E, pueden ser relevantes para la inclusión de zanahoria en alimentos nutraceuticos que no requieran temperaturas altas en su proceso, alimentos deshidratados como premezclas, *snacks* o polvos solubles, o ser utilizados como fuente de compuestos bioactivos para la generación de extractos ricos en estos compuestos que puedan ser transformados en productos para el cuidado de la piel y corporal (Lai, 2016), o con propiedades antioxidantes (Shuming, 2020), debido a que la presencia de estos precursores puede generar un efecto positivo en la señalización celular, la expresión génica y la estabilidad de la membrana celular en el cuerpo humano (Babar et al., 2025). De forma general, los resultados obtenidos sugieren que las zanahorias pertenecientes a tipologías específicas como R y P presentan características superiores en términos de contenido de fenoles y capacidad antioxidante, lo cual posiciona a estas tipologías como potenciales candidatos para procesos de transformación y valorización dirigidos hacia la industria cosmética, mediante procesos que permitan la extracción y refinación de compuestos bioactivos (Clementz et al., 2019; Idrovo Encalada et al., 2019) y/o generación de prototipos o productos a base de zanahoria, o con su inclusión como tratamiento para la piel, el cabello o el rostro, los cuales pueden incluir cremas, sérums y máscaras enfocados en la remoción del acné, manchas o con efectos antioxidantes (Guangyu & Jue, 2019; Shuming, 2020; Yongjun, 2021), entre otras.



En el caso del Grupo 1 de zanahorias naranjas (1NAN, 4CHAN, 5BER, 6KUR), la combinación de alto contenido de carotenoides con muy baja densidad calórica, de carbohidratos y fibra soluble, junto con una carga fenólica y capacidad antioxidante global relativamente modestas, configura un perfil funcional en el que la principal fortaleza descansa en su rol como vehículo de provitamina A y pigmentos lipofílicos tipo carotenoides. Desde la literatura, se ha documentado que el β -caroteno de la zanahoria es una de las fuentes dietarias más relevantes de vitamina A, contribuyendo al mantenimiento de la visión, la función inmune y la integridad epitelial (Grune et al., 2010; Ikram et al., 2024; Victoria-Campos et al., 2023). De forma consistente con este marco, los materiales del Grupo 1 pueden ser interpretados como ingredientes colorantes-nutracéuticos de baja carga energética, adecuados para su incorporación en matrices donde se desee intensificar el color naranja y el aporte de compuestos provitamina A, sin incrementar de forma sustancial el contenido calórico ni el impacto sensorial asociado a altos niveles de polifenoles (purés deshidratados, mezclas en polvo para bebidas, productos destinados a población infantil o adulta con requerimientos específicos de vitamina A. Paralelamente, se han asociado concentraciones elevadas de carotenoides en sangre o una mayor ingesta dietaria de estos compuestos con una reducción del riesgo de diversas enfermedades crónicas, incluyendo enfermedad cardiovascular, ciertos cánceres y patologías degenerativas (Cooper, 2004; Sumalla-Cano et al., 2024; Tufail et al., 2024), lo que refuerza el interés de estos materiales como base para alimentos funcionales orientados a la prevención. En el ámbito cosmético y dermocosmético, la elevada densidad de carotenoides, aun en presencia de una frac-

ción fenólica limitada, es coherente con la evidencia que señala el papel de estos compuestos en la fotoprotección cutánea, la modulación del fotoenvejecimiento y la mejora de parámetros como elasticidad, grosor y homogeneidad del tono de la piel cuando se administran de manera oral o tópica en formulaciones adecuadas (Baswan et al., 2021; Flieger et al., 2024; Ma et al., 2025; Parrado et al., 2018). Bajo esta perspectiva, los extractos lipofílicos o fracciones enriquecidas en carotenoides derivados del Grupo 1 parecen especialmente prometedores para su uso como coadyuvantes de fotoprotección, ingredientes “antiedad” o agentes de soporte de la barrera cutánea en cosmética natural, mientras que su limitada capacidad antioxidante hidrofílica sugiere que su desempeño óptimo se logrará cuando se formulen transportadores lipídicos nanoestructurados y posiblemente mezclas en sinergia con matrices más ricas en polifenoles (ya sea de otros grupos de zanahoria de esta obra o de especies vegetales complementarias).

Por su parte, el Grupo 2 de zanahorias naranjas (2CHAN, 3CHAN, 7-10NAN, 14BER) representa una plataforma funcional ligeramente más densa y compleja que el grupo 1, tanto desde el punto de vista nutricional como metabolómico. Aunque comparten un alto contenido de carotenoides y, por tanto, un potencial relevante como fuente de provitamina A, estos materiales se distinguen por un perfil mineral ligeramente más enriquecido, particularmente en hierro (Fe) y calcio (Ca), así como por una mayor diversidad de compuestos fenólicos. Así, vale hacer énfasis en que tanto el Fe como el Ca provenientes de matrices vegetales contribuyen a cubrir requerimientos diarios y pueden ser estratégicos en el diseño de productos dirigidos a poblaciones vulnerables,

como mujeres en edad fértil, niños o adultos mayores, especialmente cuando se integran en formulaciones que favorecen su biodisponibilidad (Hurrell & Egli, 2010). En paralelo, el repertorio fenólico más amplio del Grupo 2, dominado por ácido florético, clorogénico, cafeico y una serie de hidroxibenzoicos y dihidroxibenzoicos, sugiere una capacidad antioxidante global entre baja y moderada, pero superior a la del Grupo 1, lo que se traduce en un mejor equilibrio entre funcionalidad redox y estabilidad sensorial. Desde la perspectiva de desarrollo de productos, estos materiales naranjas del Grupo 2 se perfilan como candidatos preferenciales para alimentos funcionales y “fortificados naturalmente”, tales como jugos, mezclas para bebidas, purés y *snacks* no horneados en los que se busque combinar color intenso, aporte de provitamina A y micronutrientes (Fe, Ca), con un soporte fenólico suficiente para contribuir al control del estrés oxidativo sin generar notas excesivamente amargas o astringentes al producto formulado (Ikram et al., 2024; Victoria-Campos et al., 2023). Bajo esta lógica, en comparación con el Grupo 1, más orientado a aplicaciones de baja densidad energética, rol cromático y provitamínico, el Grupo 2 ofrece una propuesta de valor más claramente alineada con la noción de “ingrediente base para reformulaciones saludables”, donde tanto el color como los carotenoides y el aporte de minerales convergen en una sola matriz. Ahora bien, respecto a su utilización en cosmética natural, la combinación de carotenoides con una matriz fenólica más rica abre la puerta a extractos con doble vocación: pigmentante y antioxidante, potencialmente útiles en sistemas dermocosméticos en los que se busque complementar carotenoides con polifenoles para modular fotodaño y oxidación de lípidos cutáneos (Baswan et al., 2021; Flieger et al., 2024).

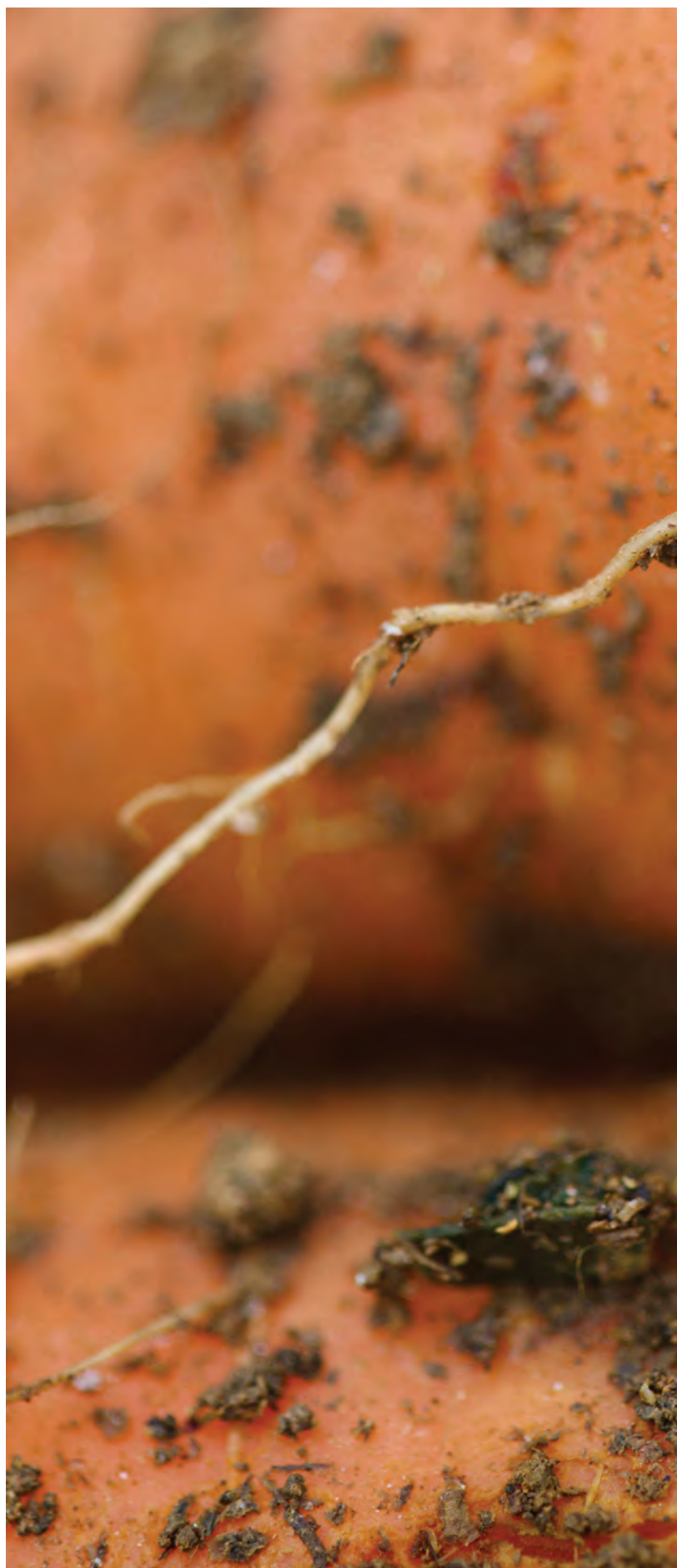




Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

En el caso del Grupo 3 - zanahoria blanca (11NAN), el perfil composicional se aparta de manera marcada del patrón clásico de las zanahorias naranjas y la posiciona más como un “ingrediente fibra” que como una fuente de provitamina A. Este material se caracteriza por un contenido muy bajo de carotenoides, pero con un incremento relativo de polifenoles y capacidad antioxidante, acompañado de un contenido significativamente mayor de fibra dietaria total y, en particular, de fibra soluble, junto con menor densidad energética y menor concentración de carbohidratos disponibles. Desde una perspectiva funcional, este rasgo convierte a la zanahoria blanca en una candidata atractiva para el desarrollo de matrices alimentarias de baja energía y alto aporte de fibra, con potencial prebiótico y efectos beneficiosos sobre la microbiota intestinal y la producción de ácidos grasos de cadena corta, tal como se ha descrito para la fibra soluble en general (Guan et al., 2021; He et al., 2022). Además, la ausencia de pigmentos intensos, su alta luminosidad y baja saturación de color favorecen su uso como vehículo neutro para enriquecer alimentos con fibra sin modificar de forma drástica el color ni el perfil sensorial, lo que resulta estratégico para productos dirigidos a poblaciones sensibles a cambios de apariencia. En paralelo, el contenido moderado de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante asociada permiten considerar a este material como base para ingredientes funcionales derivados de fibra de zanahoria, en línea con la evidencia disponible sobre el aprovechamiento tecnológico y biofuncional de la fibra de zanahoria (Ikram et al., 2024; Yu et al., 2018). Así, el Grupo 3 ofrece un perfil singular dentro del presente catálogo: no compite con las za-

nahorias de color como fuente de carotenoides, pero se posiciona como un recurso privilegiado para el diseño de alimentos y potenciales nutraceuticos centrados en el incremento de fibra y la modulación de la salud metabólica e intestinal.

En particular, el Grupo 4 - zanahoria amarilla (12NAN) se sitúa en una posición intermedia entre las zanahorias naranjas y la zanahoria blanca, combinando rasgos de ambos extremos del gradiente cromático y funcional. Por una parte, comparte con los grupos naranjas la presencia de carotenoides, aunque en niveles relativamente bajos; por otra, su alta luminosidad, baja saturación de color y una capacidad antioxidante ligeramente inferior a la del material blanco la acercan al comportamiento de matrices cromáticamente “suaves” y funcionalmente más neutras, adecuadas para formulaciones en las que se busca un matiz cálido sin un impacto visual tan dominante como el de las zanahorias naranjas. A ello se suma un peso unitario elevado y un perfil de fibra y macronutrientes dentro de los rangos típicos de la especie, junto con un contenido mineral que tiende a ser algo mayor en micronutrientes como calcio y sodio. Desde la perspectiva del diseño de alimentos, esta combinación la posiciona como un ingrediente puente: aporta, por un lado, su (aunque bajo) contenido de carotenoides para contribuir al color y al valor nutricional y, por otro, gracias a su mayor tamaño, rendimiento en masa y perfil sensorial neutro, puede funcionar eficazmente como material de relleno o agente de volumen en mezclas vegetales, purés, *snacks* y otros productos donde se requiera un tono amarillo suave y claro, sin alterar de manera significativa el perfil sensorial global de la formulación.

Dentro de los 14 materiales evaluados, el Grupo 5 - zanahoria morada (13FLA) se posiciona como el fenotipo más singular desde el punto de vista nutricional y metabolómico, y por tanto como el candidato más prometedor para aplicaciones de alto valor. Este grupo se caracteriza por un contenido marcadamente elevado de compuestos fenólicos totales y antocianinas, acompañado de una capacidad antioxidante muy superior al resto de materiales, un contenido relativamente mayor de proteína y una menor proporción de carbohidratos y calorías, lo que configura una matriz densa en fitoquímicos, pero con menor carga energética. La literatura ha mostrado que las zanahorias moradas y negras concentran perfiles complejos de antocianinas, predominantemente derivados acilados de cianidina, junto con ácidos fenólicos e incluso flavonoles, lo que se traduce en actividades antioxidantes y antirradicalarias muy superiores a las de raíces naranjas, amarillas o blancas (Ahmad et al., 2019; Leja et al., 2013). Sobre esta base química, se han documentado efectos potenciales frente a síndrome metabólico, obesidad, diabetes, enfermedad cardiovascular y ciertos tipos de cáncer, atribuidos a la capacidad de estos extractos para modular estrés oxidativo, inflamación y vías metabólicas asociadas al daño crónico (Akhtar et al., 2017; Maresca et al., 2024; Rasheed et al., 2022). Desde la perspectiva del diseño de ingredientes, el perfil de 13FLA resulta especialmente atractivo para el desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos donde se requiera combinar coloración intensa, alta capacidad antioxidante y menor contribución de azúcares, por ejemplo en bebidas, *snacks* deshidratados, matrices tipo “*snack-seasoning*” o sistemas microencapsulados ricos en polifenoles, aprovechando la demostrada bioaccesibilidad y transforma-



ción colónica de los polifenoles de zanahorias moradas/negras hacia catabolitos fenólicos potencialmente beneficiosos (Pereira-Caro et al., 2021). Aunque las antocianinas aciladas de zanahoria presentan una bioaccesibilidad moderada, se ha comprobado su absorción y metabolismo en humanos tras el consumo de jugo de zanahoria morada (Charron et al., 2009), y revisiones recientes sobre alimentos púrpura ricos en antocianinas refuerzan su papel en la regulación redox, la recuperación posejercicio y la prevención de enfermedades crónicas (Nuszkiewicz et al., 2025). De forma complementaria, el mismo andamiaje polifenólico convierte a los extractos de zanahoria morada en candidatos idóneos para cosmética natural y cosmeceúticos orientados a fotoprotección, “antiedad” y protección frente al estrés oxidativo cutáneo, particularmente en formulaciones donde se busquen pigmentos de origen vegetal con funcionalidad biológica demostrada (Martínez-Saldarriaga et al., 2025). En conjunto, el Grupo 5 - zanahoria morada (13FLA) se posiciona en este catálogo como el material con mayor potencial para aplicaciones diferenciales en alimentos funcionales, nutracéuticos y cosmética natural, siempre condicionado a que las estrategias tecnológicas de extracción, estabilización y formulación consigan preservar la integridad y funcionalidad de su perfil fenólico-antociánico.

Con el fin de facilitar la lectura y ofrecer una visión integrada de las vocaciones de uso discutidas a lo largo de este capítulo, se presenta en la tabla 76 un cuadro de síntesis que resume, de manera esquemática, sus atributos principales, sus aplicaciones potenciales y rutas de agregación de valor propuestas tanto para los excedentes de producción como para los distintos grupos de zanahoria caracterizados.



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Tabla 76. Atributos funcionales y vocaciones de uso de los excedentes y grupos de zanahoria

Grupo	Atributos funcionales	Vocaciones de uso prioritarias	Sectores de aplicación
Excedentes de producción (C, D, R, P)	Perfil nutricional y funcional comparable a zanahoria comercial; carbohidratos fermentables; fibra dietaria; minerales; presencia de carotenoides y compuestos antioxidantes.	Purés, polvos deshidratados, snacks, fuente de materia prima fermentable, extractos bioactivos.	Alimentos funcionales, biorrefinería, nutrición animal, cosmética natural.
Grupo 1 - zanahorias naranjas	Alto contenido de carotenoides, baja densidad energética, carga fenólica y capacidad antioxidante modestas.	Colorantes naturales, fuente de provitamina A, matrices de bajo impacto calórico como purés deshidratados, mezclas en polvo para bebidas, productos destinados a población infantil o adulta con requerimientos específicos de vitamina A.	Alimentos funcionales, nutrición poblacional, cosmética natural (fotoprotección).
Grupo 2 - zanahorias naranjas	Alto contenido de carotenoides, mayor diversidad de compuestos fenólicos y un mayor aporte mineral, especialmente en hierro y calcio.	Jugos, mezclas para bebidas, purés, snacks funcionales y alimentos fortificados.	Alimentos funcionales, reformulación saludable, fortificación y cosmética antioxidante con capacidad pigmentante.
Grupo 3 - zanahoria blanca	Alto contenido de fibra total y soluble, bajo aporte en azúcares y perfil cromático neutro.	Ingredientes funcionales ricos en fibra dietaria (especialmente soluble), matrices de bajo aporte energético, alimentos para dietas especiales, con un aporte relativo de polifenoles y capacidad antioxidante; uso en matrices de bajo aporte energético o alimentos para dietas especiales.	Alimentos funcionales derivados de fibra, alimentos nutracéuticos y formulaciones prebióticas.
Grupo 4 - zanahoria amarilla	Contenido moderado de carotenoides; color suave; alto rendimiento en masa; perfil sensorial neutro.	Ingrediente de relleno o agente de volumen, peso alto y un perfil de fibra y macronutrientes típicos, ajuste cromático suave, con aportes mayores en micronutrientes como calcio y sodio.	Alimentos procesados, purés, snacks, mezclas de vegetales y formulaciones multicomponentes donde se requiera volumen sin afectar drásticamente aspectos sensoriales.
Grupo 5 - zanahoria morada	Contenido elevado de compuestos fenólicos totales y antocianinas, acompañado de una capacidad antioxidante superior, un contenido relativamente mayor de proteína y una menor proporción de carbohidratos y calorías.	Extractos bioactivos, colorantes naturales intensos, ingredientes de alto valor con menor contribución energética y con contenido de compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante alta.	Alimentos funcionales, nutracéuticos, cosmética natural y cosmeceútica.

Fuente: Elaboración propia



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Conclusiones y reflexiones finales

Este catálogo muestra que, detrás de cada “zanahoria descartada” o “zanahoria rara”, hay biomásas con identidad propia, sustentadas en datos fisicoquímicos, nutricionales y metabólicos, y no solo en su apariencia externa. En el caso de los excedentes de cultivo, los resultados convergen en un mensaje claro: más allá del tipo de defecto visual, comparten un perfil composicional muy similar al de la zanahoria comercial naranja, con contenidos comparables de carbohidratos, azúcares, fibra dietaria, minerales y compuestos bioactivos como carotenoides y ciertos metabolitos de interés. Esta “homogeneidad composicional” de los excedentes permite entenderlos como una única biomasa transformable, siempre que se respete la integridad de la raíz, los criterios de inocuidad y los umbrales definidos de daño patológico. En la práctica, esto habilita rutas prometedoras de uso en biorrefinería (azúcares fermentables, ácidos orgánicos, biocombustibles, pectinas), alimentos ricos en fibra, mezclas vegetales deshidratadas y prototipos nutracéuticos u orientados al cuidado de la piel, reduciendo pérdidas poscosecha y agregando valor a lo que hoy se considera residuo.

Al mismo tiempo, la caracterización de los materiales diferenciados pone en evidencia que la

zanahoria no es una sola, sino un conjunto de “familias cromáticas funcionales” con potenciales muy distintos (tabla 77). Los grupos naranjas aportan matrices ricas en carotenoides, útiles como vehículos de provitamina A y color natural, con variantes más “ligeras” (Grupo 1) y otras más densas en minerales y fenoles (Grupo 2), especialmente atractivas para alimentos fortificados y extractos con doble rol pigmentante-antioxidante. La zanahoria blanca (Grupo 3) se perfila más como un ingrediente fibra: baja en carotenoides y en energía, pero alta en fibra total y soluble, ideal para formulaciones con foco en salud digestiva y modulación de la microbiota, sin alterar de manera drástica el color o el sabor. La zanahoria amarilla (Grupo 4) se ubica en un punto intermedio, como un material “puente”, con buen rendimiento en masa y un matiz amarillo suave que puede aportar volumen, textura y un toque cálido de color a mezclas vegetales, purés y *snacks*. Finalmente, la zanahoria morada (Grupo 5) se posiciona como el fenotipo más singular y prometedor, gracias a su alta densidad de polifenoles y antocianinas, su notable capacidad antioxidante y su menor carga de azúcares, lo que la hace especialmente interesante para alimentos funcionales, nutracéuticos y cosmética natural orientados a la protección frente al estrés oxidativo, el fotoenvejecimiento y el daño metabólico.

Tabla 77. Atributos clave de las tipologías de excedentes y grupos de zanahoria

Tipología o grupo	Atributo clave
Excedentes tipología C	Solo el tamaño limita su comercio, no su calidad. Ideal para cualquier procesamiento.
Excedentes tipología R	Fisuras superficiales sin impacto en su composición. Elevada capacidad antioxidante.
Excedentes tipología D	Forma rara y única. Alta en carotenos, perfecta para purés y snacks.
Excedentes tipología P	Pequeñas manchas, altos niveles de antioxidantes, ideales para extracción de compuestos bioactivos.
Grupo 1 - zanahorias naranjas	Ricas en carotenoides, gran fuente de provitamina A y color naranja natural.
Grupo 2 - zanahorias naranjas	Ricas en minerales y compuestos fenólicos, uso especial para alimentos fortificados y extractos pigmentantes y antioxidantes.
Grupo 3 - zanahoria blanca	El alimento fibra, uso potencial en salud digestiva y modulación de la microbiota.
Grupo 4 - zanahoria amarilla	Su gran tamaño aporta volumen, textura y un toque cálido de color, sin afectar la sensorialidad.
Grupo 5 - zanahoria morada	Singular y prometedora, alta densidad de polifenoles y antocianinas, alta capacidad antioxidante y baja carga de azúcares, perfecta para alimentos funcionales, nutraceuticos y usos cosméticos.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, los resultados aquí presentados ofrecen algo más que números y tablas: proporcionan un mapa de oportunidades para transformar excedentes y materiales singulares de zanahoria en ingredientes, prototipos y productos concretos. Sin embargo, su valor real no reside solo en la solidez de los datos, sino en su usabilidad. Esta ciencia puede quedarse en el estante si no encuentra un territorio que la apropie, la cuestione y la lleve al taller, a la planta piloto, al laboratorio de formulación y, finalmente, al mercado. De ahí que la invitación sea explícita: a productores, asistentes téc-

nicos, emprendedores y empresarios de la cadena de valor de la zanahoria a arriesgarse a experimentar con esta información, a tejer alianzas con centros de investigación, transformadores, comercializadores y actores institucionales, y a convertir estos hallazgos en productos diferenciales que generen prosperidad y bienestar territorial. Solo al entretelar ciencia, creatividad y redes de colaboración en el Oriente antioqueño será posible que “la belleza de lo feo” y “el color de lo singular” se traduzcan en nuevas historias de bioeconomía, empleo y orgullo local alrededor de la zanahoria.



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Glosario

Aw (actividad de agua): fracción de agua disponible para reacciones y crecimiento microbiano (0–1). Es un predictor clave de estabilidad microbiológica y vida útil.

Acidez titulable (AT): contenido de ácidos capaces de neutralizar una base bajo condiciones estandarizadas de titulación. Complementa al pH al describir la “carga ácida” total y su efecto sensorial/tecnológico.

Antocianinas: familia de pigmentos fenólicos (flavonoides) responsables de coloraciones rojo-púrpura-azul, cuya estabilidad es altamente dependiente de pH, copigmentación, temperatura y matriz. En zanahoria morada, constituyen un rasgo diferencial clave para aplicaciones como colorantes naturales y bioingredientes.

Capacidad antioxidante (CA): propiedad global de una matriz biológica para contrarrestar procesos oxidativos mediante mecanismos de transferencia de electrones (ET) y/o transferencia de átomos de hidrógeno (HAT). En el catálogo se operacionaliza mediante ensayos *in vitro* (p. ej., FRAP, DPPH, ORAC). No constituye una medida directa de efecto biológico *in vivo*; su interpretación es comparativa dentro del método.

Carbohidratos totales: estimación de carbohidratos (puede ser por diferencia o por métodos directos según protocolo). Se asocia con aporte energético y percepción de dulzor (si coincide con SST).

Carotenos totales / Carotenoides totales: cuantificación del contenido global de carotenoides presentes en la muestra (principalmente β -caroteno, α -caroteno y otros, dependiendo del material). La cifra depende del método (espectrofotométrico vs. cromatográfico) y del sistema de extracción.

Unidad: mg/100 g.

Cenizas: residuo inorgánico tras calcinación; aproxima el contenido mineral total (no discrimina minerales individuales).

C* (Croma): magnitud de saturación del color (intensidad cromática), derivada de a^* y b^* ; valores más altos indican colores más saturados o “vivos”.

Coliformes totales / *E. coli*: indicadores de higiene y potencial contaminación fecal. Su interpretación depende de la matriz, el proceso y los límites normativos aplicables.

DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo): ensayo de neutralización del radical estable DPPH, evaluado por disminución de absorbancia. Cuantifica la capacidad de una muestra para actuar como dador de hidrógeno/electrones frente a un radical orgánico estable; su respuesta depende fuertemente del sistema de extracción, solvente, polaridad y cinética de reacción.

Unidad: μ mol ET/100 g (cuando se expresa como equivalentes de Trolox).



EAG (equivalentes de ácido gálico): unidad de cuantificación basada en una curva de calibración con ácido gálico; expresa el resultado como cantidad equivalente del estándar que produce una respuesta analítica comparable.

ET (equivalentes de Trolox): unidad de estandarización analítica basada en Trolox (análogo hidrosoluble de α -tocoferol). Expresa el resultado como cantidad equivalente del estándar que genera una respuesta comparable en el ensayo.

Fibra dietaria (total/insoluble/soluble): fracción no digerible con impacto en funcionalidad nutricional y propiedades tecnológicas (retención de agua, viscosidad, textura). La magnitud depende del método analítico utilizado.

FRAP (ferric reducing antioxidant power): ensayo basado en la capacidad del extracto para reducir Fe^{3+} a Fe^{2+} en condiciones controladas, reflejando predominantemente mecanismos antioxidantes por transferencia de electrones (ET). Es sensible a compuestos con alto poder reductor y a condiciones del medio (pH/reactivos).

Unidad: $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g}$ (cuando se reporta como equivalentes de Trolox).

Grasa total: contenido lipídico total de la muestra; relevante para balances nutricionales y estabilidad oxidativa, aunque suele ser bajo en zanahoria.

h° (ángulo de tono, hue angle): indicador del matiz dominante, derivado de a^* y b^* . Útil para diferenciar tendencias hacia amarillos/rojizos/morados de forma cuantitativa.

Humedad (%): fracción de agua presente en la muestra. Afecta estabilidad, textura, cinética de deterioro y eficiencia de procesos (deshidratación, extracción, concentración).

Inocuidad: condición de seguridad sanitaria del alimento/materia prima bajo uso previsto. En el contexto analítico, se evalúa mediante indicadores microbiológicos y/o cumplimiento de criterios normativos.

Materia seca (MS - %): fracción sólida total (100 - humedad). Variable determinante para rendimiento industrial y requerimientos energéticos de concentración/deshidratación; influye en densidad de compuestos por unidad de masa fresca.

ORAC (oxygen radical absorbance capacity): ensayo basado en la capacidad de un extracto para inhibir la oxidación inducida por radicales peroxilo, bajo un esquema de cinética de reacción, asociado principalmente a mecanismos tipo HAT (Hydrogen Atom Transfer). Integra la respuesta a lo largo del tiempo (área bajo la curva).

Unidad: $\mu\text{mol ET}/100 \text{ g}$.

ORAC hidrofílico: fracción ORAC atribuible a compuestos predominantemente polares (solubles en fase acuosa o hidroalcohólica), tales como fenoles de mayor polaridad, vitamina C y otros antioxidantes hidrofílicos, según el protocolo de extracción.

ORAC lipofílico: fracción ORAC atribuible a compuestos apolares (solubles en fase orgánica/lipídica), como carotenoides y tocoferoles, según la estrategia de extracción y partición.

pH: medida logarítmica de actividad de iones hidrógeno; condiciona estabilidad microbiana, reacciones de pardeamiento, estabilidad de pigmentos y perfil sensorial ácido.

Proteína (cruda): estimación del contenido proteico total; con frecuencia se calcula a partir de nitrógeno total (p. ej., Kjeldahl/Dumas) usando un factor de conversión. Su interpretación depende del método y del factor aplicado.

Recuento de aerobios mesófilos: indicador general de carga microbiana viable y calidad higiénica del manejo poscosecha y procesamiento.

Sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*): espacio de color estandarizado para cuantificar color en alimentos y biomateriales:

- L^* : luminosidad (0 = negro; 100 = blanco)
- a^* : componente verde (-) ↔ rojo (+)
- b^* : componente azul (-) ↔ amarillo (+)

Sólidos solubles totales (SST, °Brix): medida refractométrica asociada principalmente a azúcares solubles y otros solutos; se relaciona con dulzor y comportamiento en procesos de jugos, concentrados y formulación.

TPC (total phenolic content) / Contenido total de compuestos fenólicos: estimación global del pool de compuestos fenólicos reductores presentes en la muestra, usualmente determinada por reacción colorimétrica tipo Folin-Ciocalteu. Es un indicador proxy (no selectivo) influenciado por otros reductores presentes en la matriz.

Unidad: mg EAG/100 g.



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Glosario fitoquímico

Alcaloides: metabolitos nitrogenados de diversa estructura y bioactividad. En plantas suelen tener funciones defensivas. En metabolómica no dirigida pueden aparecer como trazas; su interpretación requiere confirmación estructural.

Antocianidinas: agliconas (sin azúcar) de las antocianinas. Son menos estables que sus glicósidos.

Ejemplos típicos: cianidina, pelargonidina, delphinidina, peonidina.

Antocianinas: subclase de flavonoides (pigmentos) responsables de coloraciones rojo-púrpura-azul. Se presentan como glicósidos (antocianidinas + azúcares), y su estabilidad depende de pH, copigmentación y estructura (acilación). En zanahoria morada son un diferencial clave para aplicaciones de colorantes/bioingredientes.

Ácidos clorogénicos (CQA; cafeoilquínicos): conjunto de ésteres del ácido cafeico con ácido quínico (mono-, di- y tri-cafeoilquínicos). Son marcadores frecuentes en matrices vegetales y aportan a capacidad antioxidante hidrofílica.

Ácidos fenólicos: familia amplia de metabolitos derivados de la vía del shikimato/fenilpropanoides. Son contribuyentes frecuentes a TPC y a actividad antioxidante en ensayos basados en transferencia de electrones. Se subdividen en hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos.

Ácidos grasos: carboxílicos alifáticos (saturados/insaturados) que constituyen bloques

básicos de lípidos. Relevantes para oxidación lipídica y propiedades tecnológicas.

Ácidos hidroxibenzoicos: subclase de ácidos fenólicos con esqueleto C6-C1 (derivados del ácido benzoico). Suelen presentarse como ácidos libres o conjugados (ésteres/glicósidos).

Ejemplos típicos: ácido gálico, vanílico, siríngico, protocatecuico.

Ácidos hidroxicinámicos: subclase de ácidos fenólicos con esqueleto C6-C3 (fenilpropanoides). En plantas aparecen frecuentemente como ésteres (p. ej., con quinato) o conjugados con azúcares. Relevantes en defensa, coloración indirecta (copigmentación) y potencial antioxidante.

Ejemplos típicos: ácido cafeico, ferúlico, p-cumárico, sinápico; ácidos clorogénicos (cafeoilquínicos).

Carotenos: subclase de carotenoides hidrocarbonados (sin oxígeno).

Ejemplos: β -caroteno, α -caroteno, licopeno.

Carotenoides: familia de pigmentos lipofílicos tetraterpénicos (C40) sintetizados por la vía isoprenoide. Son responsables de colores amarillo-naranja-rojo y son relevantes por su actividad provitamina A (β -caroteno) y como antioxidantes lipofílicos (aunque su comportamiento depende del sistema y ensayo).

Ejemplos típicos: β -caroteno, α -caroteno, luteína, zeaxantina.

Cumarinas: metabolitos derivados de fenilpropanoides con estructura lactónica. Algunas presentan bioactividad relevante (antimicrobiana/antioxidante) y pueden contribuir a perfiles de defensa vegetal. Su presencia depende del material y condiciones.

Ésteres fenólicos: fenoles conjugados mediante enlaces éster (p. ej., ácido cafeico con quinato o con azúcares). Importantes en ácidos hidroxicinámicos y clorogénicos.

Fenilpropanoides: grupo de metabolitos derivados de fenilalanina con unidad estructural C6-C3. Incluye ácidos hidroxicinámicos, cumarinas, lignanos y precursores de lignina. Participan en defensa, rigidez de pared celular y respuestas a estrés.

Flavonoides: familia de polifenoles con estructura C6-C3-C6 (dos anillos aromáticos y un heterociclo). Presentan alta diversidad estructural (glicosilación, acilación) y contribuyen a color, astringencia y actividad antioxidante. Se clasifican en subclases (flavonoles, flavonas, flavanonas, antocianinas, etc.).

Flavonas: subclase de flavonoides con alto nivel de conjugación, a menudo en forma glicosilada. Asociadas con funciones de señalización y defensa.

Ejemplos típicos: luteolina, apigenina (y sus glicósidos).

Flavonoles: subclase de flavonoides caracterizada por un grupo hidroxilo en posición 3. Frecuentemente aparecen como glicósidos. Contribuyen a antioxidación, interacción con metales y defensa vegetal.

Ejemplos típicos: quercetina, kaempferol, isorhamnetina (y sus glicósidos).

Glicósidos: compuestos conjugados con uno o varios azúcares (O- o C-glicósidos). La glicosilación modifica solubilidad, estabilidad y biodisponibilidad; es común en flavonoides y antocianinas.

Lípidos (lipidómica): conjunto de metabolitos lipofílicos (ácidos grasos, fosfolípidos, esfingolípidos, triacilglicéridos, entre otros). Aportan a estabilidad oxidativa, textura y respuestas fisiológicas. En perfiles LC-MS suelen agruparse por clases.

Proantocianidinas o taninos condensados: polímeros u oligómeros de flavan-3-oles (p. ej., catequina/epicatequina). Asociados con astringencia y capacidad antioxidante, especialmente en fracciones hidrofílicas.

Saponinas: glicósidos triterpénicos o esteroidales con propiedades anfífilas (forman espuma). Asociadas con defensa vegetal y potencial bioactividad. Se detectan en algunas matrices vegetales; su relevancia específica en zanahoria depende del perfil observado.



Taninos: polifenoles de alto peso molecular capaces de precipitar proteínas. Se agrupan en:

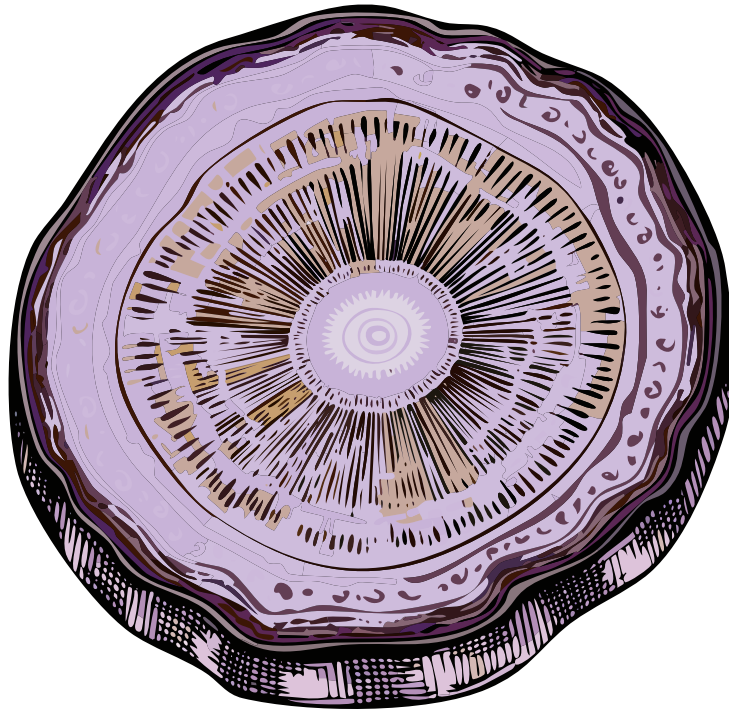
- Taninos hidrolizables (derivados de ácido gálico/élagico).
- Taninos condensados o proantocianidinas (polímeros de flavan-3-oles).

Aportan astringencia y capacidad reductora, pero su cuantificación requiere métodos específicos.

Terpenoides (isoprenoides): familia grande derivada de unidades isopreno (C5). Incluye monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15), diterpenos (C20) y tetraterpenos (C40; carotenoides). Participan en aroma, defensa, señalización y pigmentación.

Xantofilas: subclase de carotenoides oxigenados (contienen grupos hidroxilo/epóxido).

Ejemplos: luteína, zeaxantina, violaxantina.



Referencias

- Agronet. (2025). *Estadísticas*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Ahmad, T., Cawood, M., Iqbal, Q., Ariño, A., Batool, A., Sabir Tariq, R. M., Azam, M., & Akhtar, S. (2019). Phytochemicals in *Daucus carota* and their health benefits—review article. *Foods*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/foods8090424>
- Akhtar, S., Rauf, A., Imran, M., Qamar, M., Riaz, M., & Mubarak, M. S. (2017). Black carrot (*Daucus carota* L.), dietary and health promoting perspectives of its polyphenols: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.05.004>
- Alam, Md. S., Chavan, P., & Sharma, R. (2018). Post harvest value chain of carrot - A review. *Agricultural Engineering Today*, 42(4), 1-11. <https://indianjournals.com/article/aet-42-4-001>
- AOAC Official Method 932.12. (2023). Solids (soluble) in fruits and fruit products: refractometer method. En Latimer, G. W. (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International* (22.^a ed.) (pp. C37-7). AOAC Publications. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3368>
- AOAC Official Method 934.06. (2023). Loss on drying (moisture) in dried fruits. En Latimer, G. W. (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International* (22.^a ed.). AOAC Publications. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3363>
- AOAC Official Method 981.12. (2023). pH of acidified foods. En Latimer, G. W. (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International* (22.^a ed.) (pp. C42-3). AOAC Publications. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3563>
- AOAC Official Method 991.43. (2023). Total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods: enzymatic-gravimetric method, MES-TRIS buffer. En Latimer, G. W. (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International* (22.^a ed.) (pp. C32-7–C32-9). AOAC Publications. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.2941>
- AOAC Official Method 2018.16. (2023). Sugar profile in food, dietary supplements, pet food, and animal feeds: high-performance anion-exchange chromatography with pulsed amperometric detection. En Latimer, G. W. (Ed.), *Official methods of analysis of AOAC International* (22.^a ed.). AOAC Publications. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.003.3664>
- Asociación Española de Normalización. (2019). *UNE-EN 15662:2019 Alimentos de origen vegetal. Método múltiple para la determinación de residuos de plaguicidas mediante análisis basados en GC y LC tras extracción con acetonitrilo y limpieza mediante SPE por dispersión. Método QuEChERS*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0061576>
- Babar, M., Buzdar, J. A., Zaheer, A., Nizam-ud-din, N., Mustafa, G., Khan, B. A., Hanif, M., Asghar, T., & Qadeer, A. (2025). Carotenoids as a nutraceutical and health-promoting dietary supplement for human and animals: an updated review. *Traditional Medicine Research*, 10(3), 14. <https://doi.org/10.53388/TMR20240831001>
- Baswan, S. M., Klosner, A. E., Weir, C., Salter-Venzon, D., Gellenbeck, K. W., Leverett, J., & Krutmann, J. (2021). Role of ingestible carotenoids in skin protection: A review of clinical evidence. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 37(6), 490-504. <https://doi.org/10.1111/PHPP.12690>



- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bhandari, S. R., Choi, C. S., Rhee, J., Shin, Y. K., Song, J. W., Kim, S. H., Kang, S., & Lee, J. G. (2023). Influence of root color and tissue on phytochemical contents and antioxidant activities in carrot genotypes. *Foods*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/foods12010120>
- Bieneiek-Majka, M. (2024). CSR and cosmetic standards of retail chains: an analysis of the effects for carrot producers. Case study. *Humanities and Social Sciences*, 31(2), 21-29. <https://doi.org/10.7862/rz.2024.hss.15>
- Biswas, A. K., Sahoo, J., & Chatli, M. K. (2011). A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of β -carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets. *LWT - Food Science and Technology*, 44(8), 1809-1813. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.03.017>
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical [10]. *Nature*, 181(4617), 1199-1200. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
- Bouyahya, A., El Omari, N., Hakkur, M., El Hachlafi, N., Charfi, S., Balahbib, A., Guaouguaou, F. E., Rebezov, M., Maksimiuk, N., Shariati, M. A., Zengin, G., El Menyiy, N., Chamkhi, I., & Bakrim, S. (2021). Sources, health benefits, and biological properties of zeaxanthin. *Trends in Food Science & Technology*, 118, 519-538. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.10.017>
- Brivaldo, P., Brenelli, B., Regina, L., & Mariutti, B. (2023). Waste and by-products as sources of lycopene, phytoene, and phytofluene-Integrative review with bibliometric analysis. *Food Research International*, 169, 112838. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112838>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual zanahoria*.
- Castaño, E., Vega-Muñoz, M. A., Grisales-Vásquez, N. Y., Loaiza-Loaiza, O. A., Henao-Rojas, J. C., & Montoya, G. (2025). *Capsicum* germplasm targeted valorization using physicochemical and phytochemical descriptors. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1571012. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1571012>
- Charron, C. S., Kurilich, A. C., Clevidence, B. A., Simon, P. W., Harrison, D. J., Britz, S. J., Baer, D. J., & Novotny, J. A. (2009). Bioavailability of anthocyanins from purple carrot juice: effects of acylation and plant matrix. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(4), 1226-1230. <https://doi.org/10.1021/jf802988s>
- Clementz, A., Torresi, P. A., Molli, J. S., Cardell, D., Mammarella, E., & Yori, J. C. (2019). Novel method for valorization of by-products from carrot discards. *LWT*, 100, 374-380. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.085>
- Cooper, D. A. (2004). Carotenoids in health and disease: recent scientific evaluations, research recommendations and the consumer. *Journal of Nutrition*, 134(1). <https://doi.org/10.1093/jn/134.1.221S>
- Dey, A., & Mukherjee, A. (2018). Plant-derived alkaloids: a promising window for neuroprotective drug discovery. *Discovery and Development of Neuroprotective Agents from Natural Products: Natural Product Drug Discovery*, 237-320. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809593-5.00006-9>
- Ding, H., & Liu, M. (2024). From root to seed: unearthing the potential of carrot processing and comprehensive utilization. *Food Science & Nutrition*, 12(11), 8762-8778. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4542>
- Donner, M., & De Vries, H. (2022). New circular bioeconomy business models for fruit and vegetable waste valorisation. *Academy of Management Proceedings*, 2022(1). <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2022.12063abstract>

- Eliopoulos, C., Markou, G., Langousi, I., & Arapoglou, D. (2022). Reintegration of food industry by-products: potential applications. *Foods*, 11(22), 3743. <https://doi.org/10.3390/foods11223743>
- Fang, Z., Jiang, X., Wang, S., Tai, W., Jiang, Q., Loo, J. J., Yu, H., Hao, X., Chen, M., Shao, Q., Song, Y., Lei, L., Liu, G., Du, X., & Li, X. (2024). Nuciferine protects bovine hepatocytes against free fatty acid-induced oxidative damage by activating the transcription factor EB/peroxisome proliferator-activated receptor γ coactivator 1 α pathway. *Journal of Dairy Science*, 107(1), 625-640. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22801>
- FAOSTAT. (2025). *Cultivos y productos de ganadería*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Flieger, J., Raszewska-Famielec, M., Radzikowska-Büchner, E., & Flieger, W. (2024). Skin protection by carotenoid pigments. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(3). <https://doi.org/10.3390/ijms25031431>
- Grune, T., Lietz, G., Palou, A., Ross, A. C., Stahl, W., Tang, G., Thurnham, D., Yin, S. A., & Biesalski, H. K. (2010). β -carotene is an important vitamin A source for humans. *Journal of Nutrition*, 140(12). <https://doi.org/10.3945/jn.109.119024>
- Guan, Z. W., Yu, E. Z., & Feng, Q. (2021). Soluble dietary fiber, one of the most important nutrients for the gut microbiota. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(22). <https://doi.org/10.3390/molecules26226802>
- Guangyu, Y., & Jue, Y. (2019). *A kind of refined even facial mask and preparation method thereof with acne-removing (Patent CN109276496A)*. Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de la República Popular China. <https://patents.google.com/patent/CN109276496A/en?q=CN109276496A>
- He, Y., Wang, B., Wen, L., Wang, F., Yu, H., Chen, D., Su, X., & Zhang, C. (2022). Effects of dietary fiber on human health. *Food Science and Human Wellness*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2021.07.001>
- Henao-Rojas, J. C., Osorio, E., Isaza, S., Madronero-Solarte, I. A., Sierra, K., Zapata-Vahos, I. C., Betancur-Pérez, J. F., Arboleda-Valencia, J. W., & Gallego, A. M. (2022). Towards bioprospection of commercial materials of *Mentha spicata* L. using a combined strategy of metabolomics and biological activity analyses. *Molecules*, 27(11). <https://doi.org/10.3390/molecules27113559>
- Henao-Rojas, J. C., Rosero-Alpala, M. G., Ortiz-Muñoz, C., Velásquez-Arroyo, C. E., Leon-Rueda, W. A., Ramírez-Gil, J. G., Henao-Rojas, J. C., Rosero-Alpala, M. G., Ortiz-Muñoz, C., Velásquez-Arroyo, C. E., Leon-Rueda, W. A., & Ramírez-Gil, J. G. (2021). Machine learning applications and optimization of clustering methods improve the selection of descriptors in blackberry germplasm banks. *Plants* 2021, 10(2), 1-18. <https://doi.org/10.3390/plants10020247>
- Hu, Y. Q., Hu, T. G., Xu, Y. J., Wu, J. J., Song, X. L., & Yu, Y. S. (2023). Interaction mechanism of carotenoids and polyphenols in mango peels. *Food Research International*, 173(1), 113303. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113303>
- Hurrell, R., & Egli, I. (2010). Iron bioavailability and dietary reference values. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(5), 1461S-1467S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.28674F>
- Icontec. (1994, julio 27). *Norma técnica colombiana NTC 1226: Frutas y hortalizas frescas: Zanahoria*. <https://ecollection-icontec-org.ezproxy.unal.edu.co/normavw.aspx?ID=538>
- Icontec. (2003). *Norma Técnica Colombiana NTC 5151: Determinación de los contenidos de calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio y zinc. Método usando espectrometría de absorción atómica*. <https://ecollection-icontec-org.ezproxy.unal.edu.co/normavw.aspx?ID=4355>



- Icontec. (2004, diciembre 16). *Norma Técnica Colombiana NTC 5328:2004: Análisis sensorial. Directrices para el uso de escalas de respuesta cuantitativas*. <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-analisis-sensorial-directrices-para-el-uso-de-escalas-de-respuesta-cuantitativas-ntc5328-2004.html>
- Icontec. (2007, marzo 21). *Norma Técnica Colombiana NTC 4574:2007: Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para la detección de Salmonella spp.* <https://ebooks.icontec.org/pdfreader/microbiologia-de-alimentos-y-para-animales-metodo-horizontal-la-deteccion-salmonella-spp>
- Icontec. (2009a, agosto 19). *Norma Técnica Colombiana NTC 5698-1:2009: Microbiología de alimentos y alimentos para animales. método horizontal para la enumeración de mohos y levaduras. Pparte 1: Técnica de recuento de colonias en productos con actividad acuosa (aw) superior a 0,95*. <https://tienda.icontec.org/sectores/medio-ambiente-proteccion-de-la-salud-seguridad/proteccion-del-medio-ambiente/gp-microbiologia-de-alimentos-y-alimentos-para-animales-metodo-horizontal-para-la-enumeracion-de-mohos-y-levaduras-parte-1-tecnica-de-recuento-de-colonias-en-productos->
- Icontec. (2009b, septiembre 30). *Norma Técnica Colombiana NTC 5698-2:2009: Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal. Método horizontal para la enumeración de mohos y levaduras. Parte 2: Técnica de recuento de colonias en productos con actividad acuosa (aw) inferior o igual a 0,95*. <https://tienda.icontec.org/sectores/medio-ambiente-proteccion-de-la-salud-seguridad/proteccion-del-medio-ambiente/gp-microbiologia-de-alimentos-y-productos-de-alimentacion-animal-metodo-horizontal-para-la-enumeracion-de-mohos-y-levaduras-parte-2-tecnica-de-recuento-de-colonias-en-p>
- Icontec. (2017a). *Norma Técnica Colombiana NTC 6240: Determinación del contenido porcentual de grasa o aceite. Método soxhlet*. <https://www.icontec.org/>
- Icontec. (2017b, agosto 16). *Norma Técnica Colombiana NTC 4717:2017: Calidad del agua. Determinación de metales por espectrofotometría de absorción atómica de llama*. <https://tienda.icontec.org/gp-calidad-del-agua-determinacion-de-metales-por-espectrofotometria-de-absorcion-atmica-de-llama-ntc4717-2017.html>
- Icontec. (2018, diciembre 12). *Norma Técnica Colombiana NTC 4458:2018: Microbiología de alimentos y de alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de coliformes o Escherichia coli o ambos. Técnica de recuento de colonias utilizando medios fluorogénicos o cromogénicos* <https://ebooks.icontec.org/pdfreader/microbiologia-de-alimentos-y-para-animales-metodo-horizontal-el-recuento-coliformes-o-escherichia-coli-ambos-tecnica-colonias-utilizando-medios-fluorognicos-cromognicos>
- Icontec. (2020a). *Norma Técnica Colombiana NTC 6383: Determinación del contenido de fibra dietaria total (fdt) en los alimentos. Método enzimático / gravimétrico*. <https://www.icontec.org>
- Icontec. (2020b, mayo 20). *Guía Técnica Colombiana GTC 232:2020: Análisis sensorial. Metodología. Guía general para el establecimiento de un perfil sensorial*. <https://tienda.icontec.org/gp-analisis-sensorial-metodologia-guia-general-para-el-establecimiento-de-un-perfil-sensorial-gtc232-2020.html>
- Icontec. (2021a). *Norma Técnica Colombiana NTC 2171: Determinación del rendimiento de cenizas por incineración*. <https://ecollection-icontec-org.ezproxy.unal.edu.co/normavw.aspx?ID=81153>
- Icontec. (2021b). *Norma Técnica Colombiana NTC 14084: Productos alimenticios. Determinación de elementos traza. Determinación de plomo, cadmio, cinc, cobre y hierro mediante espectrometría de absorción atómica (EAA)*. <https://www.icontec.org>

- Icontec. (2022a). *Norma Técnica Colombia NTC 4617: Determinación del contenido de nitrógeno y cálculo del contenido de proteína cruda. Método kjeldahl*. <https://www.icontec.org>.
- Icontec. (2022b, febrero 16). *Norma Técnica Colombiana NTC 3932:2022: Análisis sensorial. Identificación y selección de descriptores para establecer un perfil sensorial por una aproximación multidimensional*. <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-analisis-sensorial-identificacion-y-seleccion-de-descriptores-para-establecer-un-perfil-sensorial-por-una-aproximacion-multidimensional-ntc3932-2022.html>
- Icontec. (2025, marzo 12). *Norma Técnica Colombiana NTC 3908:2025: Azúcar, jugos, meladuras y mieles de caña. Recuento de bacterias mesófilas aerobias. Método de recuento en placa*. <https://tienda.icontec.org/gp-ntc-aze-a-car-jugos-meladuras-y-mieles-de-cae-a-a-recuento-de-bacterias-mese-a-filas-aerobias-me-a-todo-de-recuento-en-placa-ntc3908-2025.html>
- Idrovo Encalada, A. M., Pérez, C. D., Calderón, P. A., Zukowski, E., Gerschenson, L. N., Rojas, A. M., & Fissore, E. N. (2019). High-power ultrasound pretreatment for efficient extraction of fractions enriched in pectins and antioxidants from discarded carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Food Engineering*, 256, 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.007>
- Ikram, A., Rasheed, A., Ahmad Khan, A., Khan, R., Ahmad, M., Bashir, R., & Hassan Mohamed, M. (2024). Exploring the health benefits and utility of carrots and carrot pomace: a systematic review. *International Journal of Food Properties*, 27(1), 180-193. <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2301569>
- Jananta, I. M. G. T., Kartini, L. P., Trisdayanti, N. P. E., & Sunada, I. N. (2024). Organoleptic and nutritional quality of carrot skin based nuggets. *Indonesian Journal of Applied and Industrial Sciences (ESA)*, 3(5), 507-518. <https://doi.org/10.55927/esa.v3i5.11326>
- Jyot Kaur, G., 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, 757-768. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-01096-z>
- Kaur, A., & Ghoshal, G. (2024). Valorization of carrot and turnip processing wastes and by-products. En R. C. Ray (Ed.), *Roots, Tubers, and Bulb Crop Wastes: Management by Biorefinery Approaches* (pp. 183-214). https://doi.org/10.1007/978-981-99-8266-0_9
- Kaur, G. J., Orsat, V., & Singh, A. (2020). Challenges and potential solutions to utilization of carrot rejects and waste in food processing. *British Food Journal*, 123(6), 2036-2048. <https://doi.org/10.1108/BFJ-08-2020-0741>
- Lai, S. (2016). *Carrot body lotion and preparing method thereof (Patent CN105726389A)*. Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de la República Popular China. <https://patents.google.com/patent/CN105726389A/en?q=CN105726389A>
- Leja, M., Kamińska, I., Kramer, M., Maksylewicz-Kaul, A., Kammerer, D., Carle, R., & Baranski, R. (2013). *The content of phenolic compounds and radical scavenging activity varies with carrot origin and root color*. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0351-3>
- Lenoir, G., D'Ambrosio, J. M., Dieudonné, T., & Čopić, A. (2021). Transport pathways that contribute to the cellular distribution of phosphatidylserine. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 9, 737907. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.737907>



- Lin, Y. C., Saputri, D. S., Sun, P. W., Chiu, C. H., Pan, H. R., Lau, Y. Y., Hu, C. C., & Lin, H. Y. (2025). Monitoring 12 isoflavones during soybean seed germination using LC-MS/MS. *Journal of Food Composition and Analysis*, 146, 107909. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107909>
- Londoño Valencia, M., Henao-Rojas, J. C., & Salazar Hoyos, L. A. (2025). Carrot-based functional pet food: A comprehensive study on texture, nutritional value, microbiology, and canine acceptance. *Applied Food Research*, 5(1), 100845. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100845>
- Ma, Y., Li, C., Su, W., Sun, Z., Gao, S., Xie, W., Zhang, B., & Sui, L. (2025). Carotenoids in skin photoaging: unveiling protective effects, molecular insights, and safety and bioavailability frontiers. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/antiox14050577>
- Mandrich, L., Esposito, A. V., Costa, S., & Caputo, E. (2023). Chemical composition, functional and anticancer properties of carrot. *Molecules*, 28(20). <https://doi.org/10.3390/molecules28207161>
- Maresca, V., Capasso, L., Rigano, D., Stornaiuolo, M., Sirignano, C., Piacente, S., Cerulli, A., Marallo, N., Basile, A., Nebbioso, A., Giordano, D., Facchiano, A., De Masi, L., & Bontempo, P. (2024). Health-promoting effects, phytochemical constituents and molecular genetic profile of the purple carrot “Purple Sun” (*Daucus carota* L.). *Nutrients*, 16(15). <https://doi.org/10.3390/nu16152505>
- Martínez-Salazarriaga, J., Henao-Rojas, J. C., Flórez-Martínez, D. H., Cadena-Chamorro, E. M., & Yepes-Betancur, D. P. (2025). Methodological framework for supporting phytochemical bioprospecting research: A case study on carrot (*Daucus carota* L.) crop by-products. *Heliyon*, 11(3), e41822. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41822>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2015). *Sector Agrícola Colombiano - 2015*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2015-07-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2020). *Cadena de las hortalizas*.
- Moreno-Rodríguez, J. M., Ceballos-Ramírez, S. L., Lukau-Quintero, C. E., Flórez-Martínez, D. H., Martínez-Salazarriaga, J., & Henao-Rojas, J. C. (2025). ¿Esta zanahoria pa' qué? *Rutas de innovación para la zanahoria: conexión entre bioeconomía y agroindustria*. <https://doi.org/10.47286/9786287767300>
- Nuszkiewicz, J., Wróblewska, J., Wróblewski, M., & Woźniak, A. (2025). Anthocyanin-rich purple plant foods: bioavailability, antioxidant mechanisms, and functional roles in redox regulation and exercise recovery. *Nutrients*, 17(15). <https://doi.org/10.3390/nu17152453>
- Ospina-Sanchez, P. A., Henao-Rojas, J. C., & Ramírez-Gil, J. G. (2025). Approach to the concept of multidimensional quality in carrots through digital tools with a geospatial component. *Food Science and Nutrition*, 13(8), e70718. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70718>
- Pal, P., Singh, A. K., Srivastava, R. K., Rathore, S. S., Sahoo, U. K., Subudhi, S., Sarangi, P. K., & Prus, P. (2024). Circular bioeconomy in action: transforming food wastes into renewable food resources. *Foods*, 13(18). <https://doi.org/10.3390/foods13183007>
- Parrado, C., Philips, N., Gilaberte, Y., Juarranz, A., & González, S. (2018). Oral photoprotection: effective agents and potential candidates. *Frontiers in Medicine*, 5. <https://doi.org/10.3389/fmed.2018.00188>

- Pereira-Caro, G., Ordóñez-Díaz, J. L., de Santiago, E., Moreno-Ortega, A., Cáceres-Jiménez, S., Sánchez-Parra, M., Roldán-Guerra, F. J., Ortiz-Somovilla, V., & Moreno-Rojas, J. M. (2021). Antioxidant activity and bioaccessibility of polyphenols in black carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) and two derived products during simulated gastrointestinal digestion and colonic fermentation. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(2), 1-18. <https://doi.org/10.3390/foods10020457>
- Prior, R. L., Hoang, H., Gu, L., Wu, X., Bacchiocca, M., Howard, L., Hampsch-Woodill, M., Huang, D., Ou, B., & Jacob, R. (2003). Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of plasma and other biological and food samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(11), 3273-3279. <https://doi.org/10.1021/jf0262256>
- Que, F., 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(1). <https://doi.org/10.1038/s41438-019-0150-6>
- Rady, A. M., Sugiharto, S., & Adedeji, A. A. (2018). Evaluation of carrot quality using visible-near infrared spectroscopy and multivariate analysis. *Journal of Food Research*, 7(4). <https://doi.org/10.5539/jfr.v7n4P80>
- Ramos-Andrés, M., Aguilera-Torre, B., & García-Serna, J. (2021). Biorefinery of discarded carrot juice to produce carotenoids and fermentation products. *Journal of Cleaner Production*, 323, 129139. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129139>
- Rasheed, H., Shehzad, M., Rabail, R., Kowalczewski, P. Ł., Kidoń, M., Jeżowski, P., Ranjha, M. M. A. N., Rakha, A., Din, A., Aadil, R. M., Rasheed, H., Shehzad, M., Rabail, R., Kowalczewski, P. Ł., Kidoń, M., Jeżowski, P., Ranjha, M. M. A. N., Rakha, A., Din, A., & Aadil, R. M. (2022). Delving into the nutraceutical benefits of purple carrot against metabolic syndrome and cancer: a review. *Applied Sciences*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/app12063170>
- Rodrigues, J. P. B., Liberal, Â., Petropoulos, S. A., Ferreira, I. C. F. R., Oliveira, M. B. P. P., Fernandes, Â., & Barros, L. (2022). Agri-food surplus, waste and loss as sustainable biobased ingredients: a review. *Molecules*, 27(16). <https://doi.org/10.3390/molecules27165200>
- Rosales-Mendoza, S., & Tello-Olea, M. A. (2015). Carrot cells: a pioneering platform for biopharmaceuticals production. *Molecular Biotechnology*, 57(3), 219-232. <https://doi.org/10.1007/s12033-014-9837-y>
- Salvañal, L., Clementz, A., Guerra, L., Yori, J. C., & Romanini, D. (2021). L-lactic acid production using the syrup obtained in biorefinery of carrot discards. *Food and Bioproducts Processing*, 127, 465-471. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.04.002>
- Shuming, G. (2020). *Herbal activation energy cream and preparation method thereof (Patent CN111329821A)*. Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de la República Popular China. <https://patents.google.com/patent/CN111329821A/en?q=CN111329821A>
- Sierra, J. A., Escobar, J. S., Corrales-Agudelo, V., Lara-Guzmán, O. J., Velásquez-Mejía, E. P., Henao-Rojas, J. C., Caro-Quintero, A., Vaillant, F., & Muñoz-Durango, K. (2022). Consumption of golden berries (*Physalis peruviana* L.) might reduce biomarkers of oxidative stress and alter gut permeability in men without changing inflammation status or the gut microbiota. *Food Research International*, 162, 111949. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111949>



- Singh, B. K., Koley, T. K., Maurya, A., Singh, P. M., & Singh, B. (2018). Phytochemical and antioxidative potential of orange, red, yellow, rainbow and black coloured tropical carrots (*Daucus carota* subsp. *sativus* Schubl. & Martens). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(5), 899-907. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0574-8>
- Singh, B., Karmakar, P., Singh, P., & Singh, J. (2022). Exploring the phytochemical potential of purple carrot (*Daucus carota* L. subsp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) developed at ICAR-IIVR, Varanasi, UP. *Vegetable Science*, 49(02), 133-144. <https://doi.org/10.61180/vegsci.2022.v49.i2.02>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Stanković, M., & Jakovljević, D. (2021). Phytochemical diversity of halophytes. En M. N. Grigore (Ed.), *Handbook of halophytes: from molecules to ecosystems towards biosaline agriculture* (pp. 2089-2114). https://doi.org/10.1007/978-3-030-57635-6_125
- Sumalla-Cano, S., Eguren-García, I., Lasarte-García, Á., Prola, T. A., Martínez-Díaz, R., & Elío, I. (2024). Carotenoids intake and cardiovascular prevention: a systematic review. *Nutrients*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/nu16223859>
- Tian, Z., Dong, T., Wang, Shuwei, Sun, J., Chen, H., Zhang, N., & Wang, Shuqi. (2024). A comprehensive review on botany, chemical composition and the impacts of heat processing and dehydration on the aroma formation of fresh carrot. *Food Chemistry*, 10(22) 101201. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101201>
- Trabert, A., Schmid, V., Keller, J., Emin, M. A., & Bunzel, M. (2022). Chemical composition and technofunctional properties of carrot (*Daucus carota* L.) pomace and potato (*Solanum tuberosum* L.) pulp as affected by thermomechanical treatment. *European Food Research and Technology*, 248(10), 2451-2470. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04060-5>
- Tufail, T., Bader Ul Ain, H., Noreen, S., Ikram, A., Arshad, M. T., & Abdullahi, M. A. (2024). Nutritional benefits of lycopene and beta-carotene: a comprehensive overview. *Food Science & Nutrition*, 12(11), 8715-8741. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4502>
- Vaz, A., Odriozola-Serrano, I., Oms-Oliu, G., & Martín-Belloso, O. (2022). Physicochemical properties and bioaccessibility of phenolic compounds of dietary fibre concentrates from vegetable by-products. *Foods*, 11(17), 2578. <https://doi.org/10.3390/foods11172578>
- Vaillant, F., Corrales-Agudelo, V., Moreno-Castellanos, N., Ángel-Martín, A., Henao-Rojas, J. C., Muñoz-Durango, K., & Poucheret, P. (2021). Plasma metabolome profiling by high-performance chemical isotope-labelling LC-MS after acute and medium-term intervention with golden berry fruit (*Physalis peruviana* L.), confirming its impact on insulin-associated signaling pathways. *Nutrients*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/nu13093125/S1>
- Veronese, N., Gianfredi, V., Solmi, M., Barbagallo, M., Dominguez, L. J., Mandalà, C., Di Palermo, C., Carruba, L., Solimando, L., Stubbs, B., Castagna, A., Maggi, S., Zanetti, M., Al-Daghri, N., Sabico, S., Nucci, D., Gosling, C., & Fontana, L. (2025). The impact of dietary fiber consumption on human health: an umbrella review of evidence from 17,155,277 individuals. *Clinical Nutrition*, 51, 325-333. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2025.06.021>

- Victoria-Campos, C. I., Ornelas-Paz, J., Ruiz-Cruz, S., Ornelas-Paz, J. de J., Cervantes-Paz, B., Rios-Velasco, C., Pérez-Martínez, J. D., Gardea-Béjar, A. A., Yahia, E. M., Ibarra-Junquera, V., Victoria-Campos, C. I., Ornelas-Paz, J., Ruiz-Cruz, S., Ornelas-Paz, J. de J., Cervantes-Paz, B., Rios-Velasco, C., Pérez-Martínez, J. D., Gardea-Béjar, A. A., Yahia, E. M., & Ibarra-Junquera, V. (2023). Dietary sources, bioavailability and health effects of carotenoids. *Biotecnia*, 25(1), 156-168. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1809>
- Wang, Y., & Ding, C. (2023). Effect of electrohydrodynamic drying on drying characteristics and physicochemical properties of carrot. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/foods12234228>
- Wei, F., Nian, Q., Zhao, M., Wen, Y., Yang, Y., Wang, Jundong, He, Z., Chen, X., Yin, X., Wang, Jian, Ma, X., Chen, Y., Feng, P., & Zeng, J. (2023). Natural products and mitochondrial allies in colorectal cancer therapy. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 167, 115473. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115473>
- Xing, Z., Bi, G., Li, T., Zhang, Q., & Knight, P. R. (2024). Effect of harvest time on growth and bioactive compounds in *Salvia miltiorrhiza*. *Plants*, 13(13), 1788. <https://doi.org/10.3390/plants13131788>
- Yongjun, M. (2021). *External application paste for removing freckles, whitening skin, removing wrinkles and tightening skin (Patent CN113350242A)*. Oficina Estatal de Propiedad Intelectual de la República Popular China. <https://patents.google.com/patent/CN113350242A/en?q=CN113350242A>
- Yoo, K. S., Bang, H., Pike, L., Patil, B. S., & Lee, E. J. (2020). Comparing carotene, anthocyanins, and terpenoid concentrations in selected carrot lines of different colors. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 61(2), 385-393. <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00225-6>
- Yu, G., Bei, J., Zhao, J., Li, Q., & Cheng, C. (2018). Modification of carrot (*Daucus carota* Linn. var. *sativa* Hoffm.) pomace insoluble dietary fiber with complex enzyme method, ultrafine comminution, and high hydrostatic pressure. *Food Chemistry*, 257, 333-340. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.037>
- Yusuf, E., Wojdyło, A., Oszmiański, J., Nowicka, P., Yusuf, E., Wojdyło, A., Oszmiański, J., & Nowicka, P. (2021). Nutritional, phytochemical characteristics and *in vitro* effect on α -amylase, α -glucosidase, lipase, and cholinesterase activities of 12 coloured carrot varieties. *Foods*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/foods10040808>
- Zapata-Vahos, I. C., Henao-Rojas, J. C., Yepes-Betancur, D. P., Marín-Henao, D., Sánchez, C. E. G., Calvo-Cardona, S. J., David, D., Quijano-Abril, M., Zapata-Vahos, I. C., Henao-Rojas, J. C., Yepes-Betancur, D. P., Marín-Henao, D., Sánchez, C. E. G., Calvo-Cardona, S. J., David, D., & Quijano-Abril, M. (2023). Physicochemical parameters, antioxidant capacity, and antimicrobial activity of honeys from tropical forests of colombia: *Apis mellifera* and *Melipona eburnea*. *Foods*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/foods12051001>
- Zhu, J., Wang, H., Chen, F., Fu, J., Xu, Y., Hou, Y., Kou, H. H., Zhai, C., Nelson, M. B., Zhang, Q., Andersen, M. E., & Pi, J. (2016). An overview of chemical inhibitors of the Nrf2-ARE signaling pathway and their potential applications in cancer therapy. *Free Radical Biology and Medicine*, 99, 544-556. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.09.010>





Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Anexos

Condiciones edáficas y manejo agronómico del cultivo de zanahoria

Análisis de suelos del sitio de estudio

El cultivo se estableció en un suelo de textura franco arenosa, con una proporción de arena del 58 %, limo del 28 % y arcilla del 14 %, condición favorable para el desarrollo de cultivos de raíz como la zanahoria. El pH del suelo fue de 6,0, correspondiente a un rango cercano a la neutralidad, y la conductividad eléctrica fue de 0,16 dS/m, lo que indica ausencia de problemas asociados a salinidad.

Desde el punto de vista químico, el suelo presentó un contenido alto de materia orgánica (15,9 %) y una capacidad de intercambio catiónico efectiva elevada (22,23 cmol(+)/kg), con saturaciones al-

tas de calcio, magnesio y potasio, y ausencia de aluminio intercambiable. Estas condiciones reflejan un suelo con buena fertilidad básica y adecuado ambiente químico para el crecimiento de raíces.

En contraste, se registraron concentraciones bajas de fósforo disponible (7 mg/kg), fósforo soluble, azufre y algunos micronutrientes como zinc, cobre y boro. Estas características edáficas permiten contextualizar los resultados obtenidos bajo condiciones de buena estructura del suelo y alta fertilidad general, con limitaciones puntuales en fósforo y ciertos micronutrientes (tabla A1).



**El valor de
lo singular**
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de
zanahoria con calidad diferencial para la
bioeconomía del Oriente antioqueño

Tabla A1. Análisis fisicoquímico del suelo del sitio de estudio

Componente	Parámetro	Resultado	Unidad	Interpretación
Textura	Arena	58	%	Media
	Limo	28	%	Baja
	Arcilla	14	%	Media
	Clase textural	Franco arenoso	—	Adecuada
Reacción y salinidad	pH (H ₂ O 1:2)	6	—	Medio
	Conductividad eléctrica	0,16	dS/m	Baja
Materia orgánica	Materia orgánica	15,9	%	Alta
Macronutrientes	Fósforo (Bray II)	7	mg/kg	Bajo
	Fósforo soluble	0,014	mg/L	Bajo
	Azufre	6	mg/kg	Bajo
Cationes intercambiables	Calcio (Ca)	17,4	cmol(+)/kg	Alto
	Magnesio (Mg)	3,7	cmol(+)/kg	Alto
	Potasio (K)	1,12	cmol(+)/kg	Alto
	Aluminio (Al)	0	cmol(+)/kg	No limitante
Capacidad de intercambio	CIC efectiva	22,23	cmol(+)/kg	Alta
Saturación de bases	Ca	78,3	%	Alta
	Mg	16,7	%	Media
	K	5	%	Alta
Micronutrientes	Hierro (Fe)	36,3	mg/kg	Medio
	Manganeso (Mn)	5,4	mg/kg	Medio
	Cobre (Cu)	2,2	mg/kg	Bajo
	Zinc (Zn)	1,5	mg/kg	Bajo
	Boro (B)	0,18	mg/kg	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Preparación del suelo, aplicación de enmiendas y manejo de la fertilización

La preparación del terreno incluyó un pase de arado de discos y dos pases de rotovator, con el fin de lograr una adecuada descompactación y homogenización del suelo. Posteriormente, se construyeron camas de cultivo de 1,2 m de ancho, 5 m de largo y 30 cm de altura.

Previo a la siembra, se incorporaron 0,6 kg de cal dolomítica y 6 kg de materia orgánica por cama, siendo esta última gallinaza compostada, utilizada como fuente de carbono orgánico y nutrientes, así como para mejorar las propiedades físicas del suelo. La siembra se realizó de forma manual, utilizando una distancia aproximada de 10 cm entre plantas y 15 cm entre surcos, con un promedio de tres semillas por sitio, colocadas a una profundidad cercana a 0,5 cm y cubiertas con gallinaza compostada.



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

El manejo de la fertilización edáfica consistió en una única aplicación a los 40 días después de la siembra, utilizando una mezcla granular de fertilizante 10-30-10 y sulfato de magnesio, en una relación 4:1, con una dosis total de 0,36 kg por cama, la cual fue incorporada mediante un aporque ligero.

De manera complementaria, se realizó fertilización foliar en seis momentos durante el ciclo del cultivo, con intervalos de 14 días, iniciando a los 30 días después de la siembra. En las primeras tres aplicaciones se utilizó un fertilizante foliar 16-16-12 más trazas de elementos menores, mientras que en las tres aplicaciones posteriores se empleó un fertilizante foliar con una formulación de 35,5 g/L de K, 56 g/L de Ca y 10 g/L de B, orientado a suplir requerimientos nutricionales en etapas avanzadas del desarrollo del cultivo.

Manejo agronómico del cultivo

Manejo de arvenses

Para el control de arvenses se aplicó Metribuzin SC 480 (480 g/L) a una dosis de 1 cc/L, cuando el cultivo alcanzó el estado de tres hojas verdaderas. Adicionalmente, se hizo un raleo manual a los 30 días después de la siembra, dejando una planta por sitio.

Manejo de plagas y enfermedades

El manejo fitosanitario incluyó la aplicación de microorganismos benéficos como *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus polymyxa*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperillum*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma viride* y *Pochonia chlamydosporia*, aplicados tanto al suelo como al follaje en dosis de 2 g/L para formulaciones sólidas y 2 cc/L para formulacio-

nes líquidas. Estas aplicaciones se realizaron en cuatro momentos: 7 días antes de la siembra, en el momento de la siembra, 7 días después de la siembra y 14 días después de la siembra.

Para el control de enfermedades foliares se utilizaron las moléculas Azoxystrobin + Tebuconazole (0,7 cc/L), Clorotalonil (2,1 cc/L) y Boscalid (0,5 g/L), aplicadas de acuerdo con la incidencia observada. El manejo de plagas incluyó el uso de extracto de ají (2 cc/L), cipermetrina (2 cc/L) y Tiametoxam + Lambdacihalotrina (1 cc/L), aplicados según la necesidad durante el ciclo del cultivo.

La cosecha se realizó de forma manual en un área central de 3 m² (0,75 m × 4 m) por cama, con el fin de minimizar efectos de borde, y el producto fue lavado con agua a presión.



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Autoría

Juan Camilo Henao-Rojas

Correo electrónico: jhenao@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0007-6809>

Ingeniero de alimentos, magíster en Ingeniería de Alimentos con énfasis en Biotecnología y doctorando en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. Cuenta con líneas de investigación en ingeniería bioquímica, biotecnología, analítica de datos, cosecha, poscosecha y modelos de generación de valor agregado basados en la biodiversidad, bioprospección, productos naturales y sustancias bioactivas. Ha sido investigador y consultor de empresas públicas y privadas en temas relacionados con ciencia, tecnología e innovación en agregación de valor, bioeconomía, analítica de datos y aplicaciones multiómicas. Actualmente, es Investi-

gador Máster Sénior de la Red de Hortalizas, Plantas Medicinales, Condimentarias y Aromáticas de AGROSAVIA. Ha sido autor de más de 40 documentos investigativos entre artículos científicos en revistas indexadas nacionales e internacionales, capítulos de libro y documentos de transferencia y vinculación tecnológica. En la actualidad, lidera proyectos relacionados con modelos de bioeconomía integral, economía circular, bioprospección, análisis bioquímico y fisicoquímico de potenciales materias primas y la generación de productos bioinspirados a partir de matrices de la diversidad y agrobiodiversidad colombiana.

Jaison Martínez-Saldarriaga

Correo electrónico: jmartinezs@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4314-4384>

Ingeniero biológico con una línea de profundización en alimentos, magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Se desempeña como Profesional de Apoyo a la Investigación en el C. I. La Selva de AGROSAVIA, en las áreas de bioprospección, agre-

gación de valor, transformación de matrices agroalimentarias, generación de prototipos y productos naturales, bajo los principios de la bioeconomía y la economía circular. Actualmente, pertenece a la Red de Innovación de Hortalizas y al grupo de investigación en Ingeniería Agrícola.



El valor de lo singular
(caso *Daucus carota* L.)

Catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño

Mateo Londoño Valencia

Correo electrónico: mateolon98@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-1597-3832>

Ingeniero químico y magíster en Alimentos, actualmente investigador de I+D+i en Tecnas S. A. BIC. Se especializa en la ingeniería de matrices alimentarias complejas y la funcionalización avanzada de mezclas proteicas y sistemas estabilizantes, aplicando diseños experimentales para la modulación reológica y la mejora de textura. Se destaca por la generación de conocimiento técnico aplicado y secretos industriales, enfocados en la innovación de producto y la optimización de formulaciones. Cuenta con tra-

yectoria en transferencia tecnológica y escalado de procesos, gestionando el ciclo integral desde la formulación en laboratorio hasta la validación en producciones industriales a gran escala y el soporte técnico en plantas productivas. Lidera la articulación transversal de proyectos de economía circular y valorización integral de materias primas agroindustriales (especialmente en pet food), garantizando la sinergia estratégica entre las áreas de abastecimiento, manufactura y gestión comercial.

Gleyder Yeraldin

Bedoya Vélez

Correo electrónico: gbedoya@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-0484-3964>

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional sede Medellín. Actualmente, se desempeña como Profesional de Apoyo a la Investigación en el C. I. La Selva de AGROSAVIA, donde pertenece

a la Red de Innovación de Hortalizas. Tiene experiencia en manejo integrado de plagas y enfermedades y en el área de agregación de valor y transformación de matrices agroalimentarias.

Cristian Domínguez Pulgarín

Correo electrónico: cdominguez@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5830-7107>

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia. Tiene trayectoria en el manejo agronómico de sistemas productivos de hortalizas y frutales, con énfasis en fitopatología, así como en la planificación y ejecución de ensayos

de campo y en el trabajo de laboratorio en fitopatología. Actualmente, se desempeña como Profesional de Apoyo a la Investigación en el C. I. La Selva de AGROSAVIA, donde está adscrito a la Red de Hortalizas y Plantas Aromáticas.

Daniela Ortiz-Quintero

Correo electrónico: dortizq@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-1554-5806>

Bióloga de la Universidad CES de Medellín. Actualmente, colabora en el C. I. La Selva de AGROSAVIA, donde apoya actividades de investigación y desarrollo tecnológico en el sector agroalimentario. Su experiencia abarca procesos de bioprospección,

análisis fisicoquímico, transformación agroindustrial, manejo de matrices vegetales, desarrollo de prototipos y productos, y caracterización funcional de hortalizas, bajo los lineamientos de la bioeconomía y la economía circular.

Melisa Andrea

Castañeda-Urrego

Correo electrónico: macastaneda@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-3753-2023>

Tecnóloga en química aplicada a la industria, con experiencia en análisis fisicoquímicos, desarrollo de metodologías y diseño de montajes analíticos para productos naturales, prototipos y matrices agroalimentarias. Ha participado en procesos de generación y validación de prototipos con enfoque en agregación de valor y transformación de materias primas bajo principios de bioeconomía y aprovechamiento sos-

tenible. Cuenta con trayectoria como analista fisicoquímica, técnicas instrumentales, control de calidad y caracterización de propiedades multidimensionales en diferentes matrices de la agrobiodiversidad colombiana. Actualmente, se desempeña como Asistente de Investigación en AGROSAVIA, donde apoya actividades relacionadas con el laboratorio y prototipado de productos naturales.

Edison Osorio

Correo electrónico: edison.osorio@udea.edu.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9821-3420>

Químico farmacéutico y magíster en Química Farmacéutica de la Universidad de Antioquia, y doctor en Farmacia de la Universidad de Barcelona. Actualmente, es profesor titular e investigador de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias de la Universidad de Antioquia. Sus áreas de experticia están relacionadas con el análisis químico y metabólico de productos naturales y

matrices biológicas, la funcionalidad de sustancias bioactivas y nutrientes, así como con el desarrollo de sustancias valorizadas para la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética y el sector agroindustrial. Cuenta con 20 años de experiencia como docente e investigador, más de 60 publicaciones escritas en revistas internacionales indexadas y más de 10 tesis de maestría y doctorado dirigidas.





Consulte el libro

Carota 360°: modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente del departamento de Antioquia



Conozca el recetario

Desde la raíz. Cocina singular: creaciones a base de zanahorias de la agrobiodiversidad presente en el Oriente Antioqueño





La obra *El valor de lo singular (caso *Daucus carota* L.): catálogo de materiales y excedentes de zanahoria con calidad diferencial para la bioeconomía del Oriente antioqueño* terminó de imprimirse en Bogotá D. C., Colombia, en abril de 2026.

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Hay una sabiduría secreta en las zanahorias diferenciales y en los excedentes productivos de ellas: una verdad silenciosa que no siempre cabe en los estándares del mercado, pero que la tierra pronuncia con paciencia y se traduce en cada forma inesperada, en cada color, en cada textura. Lo que alguna vez fue apartado por no parecer común o perfecto, respira aquí como memoria de un territorio, belleza y como posibilidad de prosperidad.

Estas páginas son un convite de arte y ciencia que invitan a mirar con otros ojos: a descubrir en la materia rechazada un pulso vivo, una historia por escribir, una forma distinta de abundancia. Así, este catálogo utiliza la zanahoria como un símbolo que demuestra que la naturaleza no se equivoca cuando diversifica, que no falla cuando desborda los moldes de las percepciones humanas, que no deja de crear, aun cuando el mundo insiste en no comprenderla.

Esta obra existe porque, tal vez, en los materiales diferentes o en los excedentes desperdiciados habite una de las lecciones más tangibles que nos dé la tierra: que lo verdaderamente valioso no siempre es lo uniforme, sino aquello que conserva el coraje de ser distinto.

www.agrosavia.co



BAC

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

Correo: bac@agrosavia.co

Teléfono: (+57 601) 4227300 ext. 1257 o 1274

Skype: biblioteca.agropecuaria

ISBN: 978-958-740-899-7



Distribución gratuita
Prohibida su venta