



Modelo productivo de arracacha
(*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.)

Agrosavia La 22 para la región Andina de Colombia

Autores

Johanna Paola Garnica Montaña
Jorge Enrique Villamil Carvajal
Ángela María Vargas Berdugo
Oscar Jair Rodríguez Rodríguez
Liliana Margarita Atencio Solano

AGROSAVIA

EDITORIAL



Modelo productivo de arracacha
(*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.)

Agrosavia La 22 **para la región** **Andina de** **Colombia**

Autores

Johanna Paola Garnica Montaña
Jorge Enrique Villamil Carvajal
Ángela María Vargas Berdugo
Oscar Jair Rodríguez Rodríguez
Liliana Margarita Atencio Solano

AGROSAVIA
EDITORIAL



Modelo productivo de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.): Agrosavia la 22 para la región andina de Colombia / Johanna Paola Garnica Montaña [y otros cuatro] - El Espinal (Colombia) : AGROSAVIA, 2021.

126 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye fotos, gráficos, tablas

ISBN obra impresa: 978-958-740-449-4

ISBN E-book: 978-958-740-450-0

1. *Arracacia xanthorrhiza* 2. Apiaceae 3. Producción 4. Desarrollo de la semilla 5. Análisis económico 6. Variedades de alto rendimiento 7. Control de plagas 8. Control de enfermedades 9. Cosecha.

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 Nataima, kilómetro 9 vía El Espinal-Chicorral, Tolima. Código postal: 733520, Colombia.

Esta publicación es resultado de los proyectos "Una variedad de arracacha amarilla seleccionada por adaptación y productividad",

"Nuevos materiales de siembra, uso de diversidad genética y propagación de genotipos de arracacha" y "Un modelo productivo y una metodología para la producción de material vegetal de propagación para el sistema de producción de arracacha".

Fecha de recepción: 28 de junio de 2020

Fecha de evaluación: 15 de julio de 2020

Fecha de aceptación: 30 de julio de 2020

Colección Transformación del Agro
Publicado en Mosquera,
Colombia, enero 2021

Preparación editorial

Editorial agrosavia
editorial@agrosavia.co

Edición: Astrid Verónica Bermúdez Díaz, Diego Pérez Medina

Corrección de estilo: Alejandro Merlano Aramburo

Producción editorial



Dirección Editorial: Andrés Barragán

Coordinación Editorial: Pilar Pardo Herrero

Dirección de Arte: Mateo L. Zúñiga

Diseño y diagramación: Angélica Villate

ISBN impreso: 978-958-740-449-4

ISBN digital: 978-958-740-450-0

Impresión: Grupo 2D SAS

Línea de atención al cliente: 018000121515

atencionalcliente@agrosavia.co

www.agrosavia.co



DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7404500>

Citación sugerida: Garnica Montaña, J. P., Villamil Carvajal, J. E., Vargas Berdugo, A. M., Rodríguez Rodríguez, O. J., & Atencio Solano, L. M. (2021). *Modelo productivo de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancr.) Agrosavia La 22 para la región Andina de Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e 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, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con 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 hubieran vulnerado como resultado de su contribución.



https://co.creativecommons.org/?page_id=1



Modelo productivo de arracacha
(*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.)

Agrosavia La 22 **para la región** **Andina de** **Colombia**

Autores

Johanna Paola Garnica Montaña
Jorge Enrique Villamil Carvajal
Ángela María Vargas Berdugo
Oscar Jair Rodríguez Rodríguez
Liliana Margarita Atencio Solano

AGROSAVIA
EDITORIAL



Contenido

06

Lista de figuras

08

Lista de tablas

10

Los autores

12

Agradecimientos

14

Introducción

18

1. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.)

22 Origen

24 Distribución

30 Botánica

30

2. Características de Agrosavia La 22

- 34 Origen y obtención
- 37 Características varietales
- 43 Características morfológicas
- 57 Características productivas
- 64 Análisis económico

66

3. Prácticas agronómicas en la producción de Agrosavia La 22

- 70 Clima y relieve
- 72 Selección del lote
- 75 Preparación del suelo
- 76 Preparación de la semilla asexual o colino
- 79 Fertilización
- 83 Manejo de arvenses
- 96 Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)
- 115 Cosecha

116

Conclusiones

118

Referencias

126

Glosario

Lista de figuras

- Figura 1.** Diagramas incas que simbolizan posibles raíces tuberosas de arracacha **p. 21**
- Figura 2.** Morfología de la planta de *A. xanthorrhiza* Bancr. **p. 29**
- Figura 3.** Origen de Agrosavia La 22: planta madre (ILS 3915) y «plantas padre» (ILS 3915, ILS 3916 e ILS 3917) **p. 33**
- Figura 4.** Identificación de las fases fenológicas en plantas de arracacha Agrosavia La 22 **p. 37**
- Figura 5.** Fases fenológicas de Agrosavia La 22 **p. 38**
- Figura 6.** Crecimiento de las plantas de arracacha Agrosavia La 22 en diferentes rangos altitudinales **p. 40**
- Figura 7.** Planta completa de arracacha Agrosavia La 22 **p. 41**
- Figura 8.** Hojas de arracacha Agrosavia La 22 **p. 42**
- Figura 9.** Pecíolos de arracacha Agrosavia La 22 **p. 44**
- Figura 10.** Colinos de arracacha Agrosavia La 22 **p. 45**
- Figura 11.** Cepa de arracacha Agrosavia La 22 **p. 47**
- Figura 12.** Raíces tuberosas de arracacha Agrosavia La 22 **p. 48**
- Figura 13.** Floración en arracacha **p. 50**
- Figura 14.** Semillas de arracacha Agrosavia La 22 **p. 51**
- Figura 15.** Floración de plantas de arracacha en colino **p. 53**
- Figura 16.** Floración de plantas de arracacha en fase de formación de raíces tuberosas **p. 54**
- Figura 17.** Floración de plantas de arracacha después de la cosecha **p. 54**
- Figura 18.** Rendimiento total de nabos en parcelas experimentales con arracacha amarilla común y Agrosavia La 22 **p. 56**
- Figura 19.** Número de colinos y nabos comerciales en arracacha amarilla común y en Agrosavia La 22 **p. 57**
- Figura 20.** Rendimiento de nabos comerciales y no comerciales en arracacha amarilla común y en Agrosavia La 22 **p. 58**
- Figura 21.** Porcentaje de raíces tuberosas moradas y rajadas en arracacha amarilla común y en Agrosavia La 22 **p. 58**
- Figura 22.** Rendimiento de raíces tuberosas en lotes semicomerciales de Agrosavia La 22 **p. 60**
- Figura 23.** Rendimiento experimental en lotes florecidos de Agrosavia La 22 **p. 61**
- Figura 24.** Paisaje característico de la zona agroecológica donde se produce arracacha en Cajamarca e Ibagué **p. 68**
- Figura 25.** Plantas de Agrosavia La 22 con afectación de *Rosellinia* sp. en raíces tuberosas **p. 70**
- Figura 26.** Síntomas ocasionados por el hongo del suelo *Sclerotinia* spp. en plantas de arracacha **p. 71**
- Figura 27.** Larvas de chisa que afectan el cultivo de arracacha **p. 72**

- Figura 28.** Preparación manual del terreno para siembra de arracacha **p. 73**
- Figura 29.** Diferenciación en pigmentación de semilla asexual de Agrosavia La 22 **p. 75**
- Figura 30.** Proceso de preparación de semilla asexual de arracacha **p. 76**
- Figura 31.** Métodos de aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arracacha **p. 79**
- Figura 32.** Arvenses con mayor importancia en la zona agroecológica de 1800-2200 m.s.n.m. **p. 83**
- Figura 33.** Densidad y cobertura de arvenses de interés económico en la zona agroecológica de 1800-2200 m.s.n.m. **p. 84**
- Figura 34.** Arvenses con mayor importancia en la zona agroecológica de 2200-2700 m.s.n.m. **p. 84**
- Figura 35.** Densidad y cobertura de arvenses de interés económico en la zona agroecológica de 2200-2700 m.s.n.m. **p. 86**
- Figura 36.** Esquema para el manejo de arvenses en Agrosavia La 22, zona agroecológica de 1800-2700 m.s.n.m. **p. 88**
- Figura 37.** Lesiones ocasionadas por la infección del hongo *Colletotrichum* sp. (Corda) en arracacha **p. 97**
- Figura 38.** Lesiones mixtas en la lámina foliar causadas por los hongos de los géneros *Alternaria* sp. (Nees) y *Cercospora* sp. (Fresen. ex Fuckel) **p. 97**
- Figura 39.** Porcentaje promedio de severidad de lesiones en hoja ocasionadas por *Alternaria* sp. o *Cercospora* sp. en Agrosavia La 22 y cultivares regionales en cinco localidades **p. 99**
- Figura 40.** Porcentaje promedio de severidad de lesiones en pecíolos ocasionadas por *Colletotrichum* sp. en Agrosavia La 22 y cultivares regionales en cinco localidades **p. 100**
- Figura 41.** Progreso de daño en hojas por *Alternaria* sp. y *Cercospora* sp. durante los 200 primeros días de desarrollo vegetativo de las plantas **p. 100**
- Figura 42.** Progreso de daño en pecíolos por *Colletotrichum* sp. durante los 200 primeros días de desarrollo vegetativo de las plantas **p. 101**
- Figura 43.** Síntomas de distorsión foliar como consecuencia de la alimentación de un gran número de individuos de trips en folíolos jóvenes **p. 103**
- Figura 44.** Áfidos en planta de arracacha **p. 104**
- Figura 45.** Abundancia promedio de trips en Agrosavia La 22 y en cultivares regionales en cinco localidades **p. 105**
- Figura 46.** Abundancia promedio de áfidos en Agrosavia La 22 y en cultivares regionales en cinco localidades **p. 105**
- Figura 47.** Fluctuación en el número de adultos de trips por planta durante seis meses y medio de desarrollo vegetativo de las plantas **p. 106**
- Figura 48.** Fluctuación en el número de adultos de áfidos por planta durante seis meses y medio de desarrollo vegetativo de las plantas **p. 106**
- Figura 49.** Daño por ácaros en lote establecido con Agrosavia La 22 sembrado a 1796 m.s.n.m. **p. 107**
- Figura 50.** Lanza de aplicación en *drench* para manejo químico de chisas en el cultivo de arracacha **p. 111**
- Figura 51.** Nabos rajados por cosecha tardía **p. 113**
- Figura 52.** Nabos con rajado cicatrizado por cosecha tardía **p. 114**
- Figura 53.** Esquema del proceso de cosecha de Agrosavia La 22 en Cajamarca e Ibagué (Tolima) **p. 115**

Lista de tablas

- | | |
|--|--|
| Tabla 1. Producción de arracacha en América, 2017 p. 23 | Tabla 14. Variables de producción en arracacha Agrosavia La 22 p. 56 |
| Tabla 2. Producción de arracacha en Colombia, 2018 p. 24 | Tabla 15. Condiciones climáticas en lotes semicomerciales p. 60 |
| Tabla 3. Producción de arracacha en el departamento del Tolima, 2018 p. 25 | Tabla 16. Costos de producción para una hectárea de Agrosavia La 22 en las condiciones agroecológicas de Cajamarca e Ibagué (Tolima), 2019 p. 63 |
| Tabla 4. Veredas productoras de arracacha en Cajamarca, Tolima, 2018 p. 26 | Tabla 17. Análisis económico de Agrosavia La 22 vs. amarilla común, 2019 p. 64 |
| Tabla 5. Actividades desarrolladas para la obtención de Agrosavia La 22 p. 34 | Tabla 18. Fertilidad química media de los suelos de Cajamarca e Ibagué sembrados con Agrosavia La 22 p. 77 |
| Tabla 6. Distribución anual de las fases fenológicas de arracacha Agrosavia La 22 a 2000 m.s.n.m. p. 36 | Tabla 19. Abonado de plantas de Agrosavia La 22 para las condiciones de Cajamarca e Ibagué (Tolima) p. 80 |
| Tabla 7. Características morfológicas de la planta de arracacha Agrosavia La 22 p. 42 | Tabla 20. Arvenses de importancia económica en el sistema productivo de arracacha p. 82 |
| Tabla 8. Características morfológicas de la hoja de arracacha Agrosavia La 22 p. 43 | Tabla 21. Aspectos importantes para el manejo responsable de herbicidas en el cultivo de arracacha p. 91 |
| Tabla 9. Características morfológicas del pecíolo de arracacha Agrosavia La 22 p. 44 | Tabla 22. Orden de mezclas en el tanque de aplicación y formulación de plaguicidas p. 95 |
| Tabla 10. Características morfológicas del colino de arracacha Agrosavia La 22 p. 46 | Tabla 23. Eficiencia en el uso de plaguicidas y labores agronómicas en Agrosavia La 22 con respecto a materiales regionales p. 96 |
| Tabla 11. Características morfológicas de la cepa de arracacha Agrosavia La 22 p. 47 | Tabla 24. Manejo integrado de enfermedades foliares en el cultivo de Agrosavia La 22 p. 102 |
| Tabla 12. Características morfológicas de las raíces tuberosas de arracacha Agrosavia La 22 p. 49 | Tabla 25. Manejo integrado de plagas (MIP) en el cultivo de Agrosavia La 22 p. 108 |
| Tabla 13. Porcentaje de supervivencia y mortalidad de flores en el ciclo vegetativo de arracacha Agrosavia La 22 p. 52 | |



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

Los autores

Johanna Paola Garnica Montaña

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3051-809X>

Bióloga de la Universidad del Tolima y magíster en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, con conocimiento en conservación, manejo y uso de los recursos genéticos. Coautora de la primera variedad de arracacha amarilla para la zona andina colombiana, así como de manuales y folletos sobre esta especie. Cuenta con experiencia en investigación en bancos de germoplasma vegetal, mejoramiento genético, fisiología vegetal, caracterización de morfología y molecular, y regeneración y multiplicación de semilla de calidad sexual y asexual en diferentes sistemas de producción: frutales (mango, guanábana y guayaba), perennes (palma de aceite), transitorios (fríjol caupí, fríjol mungo, maíz, ajonjolí, algodón y arroz) y raíces y tubérculos (arracacha y achira). Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrita a la Red de Raíces y Tubérculos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

✉ jgarnicam@agrosavia.co

Jorge Enrique Villamil Carvajal

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0173-0921>

Ingeniero Agrónomo de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), con experiencia en investigación con Colciencias-UPTC y AGROSAVIA. Es autor de varios artículos científicos en la línea de control biológico en cultivos de cacao y papa, coautor de la primera variedad de arracacha amarilla para la zona andina colombiana, manuales y folletos en esta especie. Ha trabajado como extensionista rural en los sistemas productivos de cacao y papa; adicionalmente, cuenta con experiencia en el cultivo de arracacha y manejo de bancos de germoplasma vegetal. Actualmente, se desempeña como profesional de apoyo a la investigación adscrito a la Red de Raíces y Tubérculos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

✉ jvillamil@agrosavia.co



Ángela María Vargas Berdugo

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0671-3055>

Microbióloga de la Universidad de los Andes y magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitopatología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Cuenta con experiencia en diagnóstico de enfermedades, en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), y en la línea de enfermedades que afectan cultivos transitorios y frutales; en docencia, en la Facultad de Agronomía de Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y como investigadora de las universidades Estatal de Míchigan, Nacional de Colombia, sede Bogotá, y de los Andes. Actualmente se desempeña como investigadora máster adscrita a la Red de Cultivos Transitorios y Agroindustriales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

✉ avargas@agrosavia.co

Oscar Jair Rodríguez Rodríguez

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5430-5745>

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia, con maestría en Ciencias de Cultivo y énfasis en Fitomejoramiento de la Universidad de Hohenheim, Alemania. Cuenta con experiencia en manejo de bancos de germoplasma. Fue el investigador principal de los proyectos de evaluación y selección de materiales genéticos de arracacha durante el periodo 2015-2019, que dieron como resultado la obtención de la variedad Agrosavia La 22.

✉ oscar.rodriguez@ndsu.edu

Liliana Margarita Atencio Solano

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8425-1621>

Ingeniera agrónoma y magíster en Ciencias Agronómicas, con énfasis en Fisiología Vegetal, de la Universidad de Córdoba. Ha trabajado, en investigación, en las áreas de fisiología vegetal y mejoramiento genético de la planta, en los sistemas de producción de arracacha, maíz y gramíneas forrajeras. Cuenta con experiencia en trabajos sobre la producción de semilla sexual y asexual dirigida a productores agropecuarios de arracacha, cacao y maíz. Actualmente se desempeña como investigadora máster vinculada a la Red de Raíces y Tubérculos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

✉ latencio@agrosavia.co

Agradecimientos

Los autores expresan su total agradecimiento a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por brindar los recursos para el desarrollo del proyecto, a todo el personal técnico, administrativo y operativo que participó durante la ejecución de la investigación y contribuyó a la obtención de Agrosavia La 22 y a quienes aportaron recomendaciones en diferentes áreas del conocimiento, contribuyendo con herramientas técnicas, operativas, visuales y científicas para el alcance de este logro.

Al Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA) como fuente del ma-

terial biológico. Asimismo, a los productores de los municipios de Cajamarca e Ibagué, quienes permitieron la ejecución de proyectos de investigación y la obtención de resultados fundamentales en todo el proceso. Agradecemos a las entidades municipales que participaron en el proyecto: la Alcaldía Municipal de Cajamarca, la Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) y la Cooperativa Multiactiva Productores Agrícolas Cajamarca (CARC).

Especial agradecimiento a Walter Giraldo Moreno y Carlos Giovanni Díaz Cubides por su valioso trabajo, sus aportes técnicos y su dedicación y apoyo incondicional en las labores de campo durante los diferentes ciclos de evaluación del material.

A los productores de los municipios de Cajamarca e Ibagué, quienes permitieron la ejecución de proyectos de investigación y la generación de resultados fundamentales en todo el proceso para obtener la variedad Agrosavia La 22.



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

Introducción

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), a través de la ejecución de proyectos en mejoramiento genético de plantas, ha logrado impactar diferentes regiones del país, desde el Caribe colombiano, pasando por las regiones Andina y Pacífica, en el Cauca y sur de Nariño, hasta la altillanura de la Orinoquia y el piedemonte llanero, gracias al esfuerzo mancomunado de los investigadores, que ha llevado a la obtención de variedades vegetales pertenecientes a diferentes redes de innovación, entre ellas: Cacao, Hortalizas y Plantas Aromáticas, Cultivos Transitorios, Cultivos Permanentes, Frutales, y Raíces y Tubérculos. En esta última se encuentra inmerso el sistema productivo de arracacha, con capacidad de adaptación a diferentes zonas agroecológicas, con rangos entre 1600 y 3000 ms.n.m., y

conocido en Colombia principalmente por su consumo en fresco y por ser ingrediente principal del ajiaco santafereño, plato típico del país.

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) es un cultivo propio de los valles interandinos que necesita una tecnificación media, lo que la hace una opción eficiente para los pequeños productores. Además, es fundamental en la alimentación de comunidades gracias a sus propiedades funcionales, su óptima composición fisicoquímica y su alto grado de digestibilidad, por lo que es una gran alternativa para la elaboración de alimentos con aporte nutricional. Colombia es el segundo productor de arracacha en fresco, después de Brasil, y los departamentos de Tolima, Boyacá, Norte de Santander y Cundinamarca son los que presentan las mayores áreas de siembra.

Hasta 2019, en Colombia se sembraban cerca de siete cultivares regionales conocidos por los productores como arracacha amarilla, blanca de tarro, yema de huevo, yucatana, palinegra, palirrusia, paliverde o amarilla común; este último cultivar se destaca por su buena adaptación a diferentes zonas agroecológicas y por ser el material sembrado en más del 50% de las áreas de arracacha en el país.



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

Hasta 2019, en Colombia se sembraban cerca de siete cultivares regionales conocidos por los productores como arracacha amarilla, blanca de tarro, yema de huevo, yucatana, palinegra, palirusia, paliverde o amarilla común; este último cultivar se destaca por su buena adaptación a diferentes zonas agroecológicas y por ser el material sembrado en más del 50% de las áreas de arracacha en el país. Sin embargo, este material regional presenta pigmentaciones moradas aproximadamente hasta en un 10% de las raíces tuberosas, característica que es rechazada por los comercializadores y consumidores, quienes castigan el precio de la arracacha, y esto le genera menores ganancias al productor.

Adicionalmente, en los últimos años se ha evidenciado que la arracacha amarilla común ha disminuido de forma drástica sus rendimientos,

debido a su susceptibilidad a enfermedades, así como al uso de semilla de baja calidad (genética, física, fisiológica y sanitaria) y al desarrollo de prácticas agronómicas inadecuadas por parte de los productores, lo que ha llevado a que su sistema productivo sea poco competitivo.

Con base en estos antecedentes, AGROSAVIA, entre 2013 y 2019, realizó selecciones y evaluaciones de diferentes materiales vegetales de arracacha que dieron como resultado la obtención de la primera variedad de arracacha en Colombia, denominada Agrosavia La 22. Este logro se dio gracias a la ejecución del proyecto “Una variedad de arracacha amarilla seleccionada por adaptación y productividad”, que permitió responder a la demanda del sector agropecuario “obtención de variedades mejoradas que den respuesta a los requerimientos del mercado y a condiciones bióticas y



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

abióticas de la región” (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2019).

Agrosavia La 22 es una variedad de arracacha completamente amarilla, de alta producción y adaptada a las condiciones agroecológicas de la región Andina. Esta nueva variedad responde a las necesidades agronómicas, comerciales y económicas que tienen los productores del país con soluciones en rendimiento, precocidad, respuesta a plagas y enfermedades, calidad en poscosecha y oportunidad costo-beneficio. Las evaluaciones de Agrosavia La 22 se realizaron en los municipios de Cajamarca e Ibagué, ubicados en la cordillera Central del departamento del Tolima. Cajamarca es considerada la despensa agrícola de Colombia, además de que es el principal municipio productor de arracacha en el país, con siembras promedio

de 5000 ha/año (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTIC], 2018).

El presente manual se pone a disposición de todos los productores de arracacha de la zona andina colombiana, extensionistas agropecuarios, comunidad académica y público en general con interés en el cultivo, y sugiere las recomendaciones tecnológicas para el manejo agronómico de Agrosavia La 22 en tres capítulos que permiten tener conocimiento sobre la especie, su origen, su botánica, su potencial productivo y sus características morfológicas, agronómicas y productivas en los municipios de Cajamarca e Ibagué, además del proceso de obtención de la variedad. Finalmente, se dan a conocer las recomendaciones de manejo agronómico para obtener producciones económicamente sustentables.



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores



Modelo productivo de arracacha

(*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) Agrosavia La 22
para la región Andina de Colombia



Foto: Oscar Jair Rodríguez Rodríguez



1

Arracacha

(*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.)

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) es una raíz tuberosa originaria de los Andes, adaptada a diferentes zonas agroecológicas, cuya mayor área de siembra está en Brasil, Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia y Ecuador. En Colombia, esta especie se ha conservado gracias al cuidado que realizan las tribus indígenas de los recursos vegetales, lo cual ha permitido mantener el potencial genético de varios de sus cultivares.





Origen

La arracacha se registró por primera vez en 1533 cuando, en la época de la conquista, Diego de Molina colectó una planta andina en el nuevo mundo (Ecuador, Perú y Bolivia) y la entregó a Oviedo, un famoso cronista, quien la describió así: “unas raíces gruesas como el brazo y muy semejantes en sabor, olor y color a las zanahorias, salvo que no tienen medula dura, sino que todo el fruto o raíz se come muy bien”; doce años después, Juan Pérez de Guevara (1545) y Diego Palomino (1549), conquistadores del Perú, enviaron cartas a España mencionando un cultivo andino denominado *racacha*, pero fue tan poco popular que solo 300 años después, en 1825, fue descrita taxonómicamente por Edward Nathaniel Bancroft, un médico y naturalista inglés (Constance, 1949; Hodge, 1949; Leon, 1964; Mathias & Constance, 1950).

Históricamente, la arracacha ha estado ligada a las tribus indígenas que habitaron la zona andina en América, quienes se convirtieron en actores indispensables para

Foto: Oscar Jair Rodríguez Rodríguez



📌 **Figura 1.** Reproducción de diagramas incas que simbolizan posibles raíces tuberosas de arracacha
Fuente: Elaboración propia con base en Hodge (1949).

la conservación y supervivencia de la especie, desde América Central, extendiéndose en el norte de México, hasta Bolivia y el norte de Chile (Hermann & Heller, 1997). Sin embargo, fue tan poco popular que estuvo casi extinta, como las tribus que la sembraron. La arracacha puede asociarse al Imperio inca por los diagramas realizados que se asemejan a las raíces tuberosas de esta especie (figura 1). Por su parte, Hodge (1949) dio a conocer que los pueblos indígenas quechuas del Perú sembraban cerca de cuatro variedades.

En Colombia, Cárdenas (1969) y Mujica (1990) reportan que el

cultivo inició su desarrollo en la época preinca, cuando los chibchas de la meseta de Bogotá la utilizaban junto con la papa y el maíz. Existen también reportes sobre las tribus páez y monge, en la cordillera Central, y quillacingas, en la Oriental —lugar conocido como Valle del Sibundoy—, donde la denominaron *yengó* y cultivaron alrededor de once formas hortícolas (Hodge, 1949; Vélez, 1952); igualmente, en la vertiente norte de la Sierra Nevada de Santa Marta, la tribu kággaba o kogui mantiene la arracacha como cultivo primordial para su subsistencia (Hodge, 1949; Huertas Díaz et al., 2017).

Históricamente, la arracacha ha estado ligada a las tribus indígenas que habitaron la zona andina en América, quienes se convirtieron en actores indispensables para la conservación y supervivencia de la especie.



Distribución

El nombre científico *Arracacia xanthorrhiza* se deriva, la primera parte, de la palabra quechua *racacha* (Álvarez Vita, 1990), y *xanthorrhiza* significa “raíz amarilla” en griego. De acuerdo con Dos Santos y Do Carmo (1998), se le han asignado diferentes nombres según la procedencia, lenguaje, origen geográfico, pigmentación de la raíz o ciclo de vida; los más conocidos son: arracacha, *racacha*, apio, zanahoria blanca, *mandioquinha-salsa*, batata salsa y batata baroa.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (Codesan) (1998) reportan que en la región Andina las raíces y tubérculos más importantes son la papa, la oca, la mashua y la arracacha; esta última, cultivada y comercializada en Colombia, Brasil, Ecuador y Venezuela, y aunque la producción se hace con un grado de tecnificación media, se obtienen raíces tuberosas de calidad, lo que la hace una opción eficiente para los pequeños productores (Alvarado Gaona &

Ochoa, 2010). Estudios señalan que la comercialización se adapta a diversos mercados (Brasil, América Central, el Caribe, Estados Unidos y Australia), por cuanto existe interés y demanda del producto final (Alvarado Gaona et al., 2016).

De acuerdo con la información presentada durante 2018 en Pouso Alegre, Minas Gerais, Brasil, en el IX Encuentro Nacional de Mandioquinha-Salsa y I Encuentro Latinoamericano de Arracacha, desarrollado por la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), el primer productor de arracacha en el mundo es Brasil, con 109217 t, seguido por Colombia, con 74586,4 t, y Venezuela, con 58000 t. En la tabla 1 se muestran el área sembrada, la producción y el rendimiento de los países productores de arracacha en América.

En países como Venezuela y Bolivia, la arracacha se cultiva mayormente en la cordillera en pequeñas parcelas de monocultivo que no exceden las dos o tres hectáreas, aunque en ocasiones se encuentra asociada

El Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (Codesan) (1998) reportan que en la región Andina las raíces y tubérculos más importantes son la papa, la oca, la mashua y la arracacha.



📌 **Tabla 1.** Producción de arrachacha en América, 2017

* Departamento; ** estado; *** provincia; **** municipio.

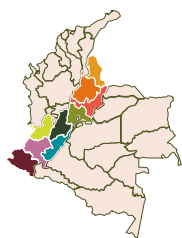
	País	Hectáreas	Toneladas	Toneladas por hectárea ⁻¹	Zonas con mayor producción
	Brasil	8168	109 217	13,37	Minas Gerais y Paraná**
	Colombia	8037	74 586	9,28	Tolima y Boyacá*
	Venezuela	4100	58 000	14,14	Mérida, Trujillo y Barquisimeto**
	Perú	4000	-	6,00	Cajamarca*
	Bolivia	2400	-	-	La Paz (El Alto)*
	Ecuador	500	300	0,60	Quito (San José de Minas)***
	Puerto Rico	82,5	-	-	Barranquitas y Orocovis****

Fuente: Elaboración propia con base en Embrapa (2018)

con otros cultivos (Morillo, 2006). La arrachacha crece en un rango altitudinal que va desde los 800 ms.n.m. (Minas Gerais, Brasil) hasta los 2750 ms.n.m. (Cajamarca, Colombia) (Constance, 1997; Hermann, 1997).

En Colombia, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) reportó, en las Evaluaciones Agropecuarias Municipales de 2018 (EVA, 2018), para el cultivo de arrachacha, un área total sembrada de 9653 ha, con un rendimiento de 9,30 t ha⁻¹ y una producción de 110 058 t

(tabla 2). La especie se sembró en 15 departamentos, de los cuales Tolima fue el principal productor, con 5630 ha, que representaron el 58,79% de la producción nacional (tabla 3); esto se dio gracias al municipio de Cajamarca, que sembró, en 33 de sus 42 veredas, un total de 4521 ha en una extensión de 520 km² con rendimientos promedio de 12 t ha⁻¹ (tabla 4), con lo que obtuvo, de esta forma, el título de principal productor de arrachacha en Colombia (Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria [Umata], 2018).

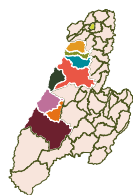


📌 **Tabla 2.** Producción de arracacha en Colombia, 2018

* Quindío, Antioquia, Casanare, Cesar, La Guajira y Risaralda.

	Departamento	Hectáreas	Toneladas	Toneladas por hectárea ¹
	Tolima	5630	67 586	10,95
	Boyacá	981	11 649	9,73
	Norte de Santander	821	12 179	12,90
	Cundinamarca	535	5201	10,70
	Huila	475	3878	6,96
	Cauca	349	3015	8,83
	Nariño	346	1210	3,75
	Valle del Cauca	289	3572	10,40
	Santander	119	922	9,40
	Otros*	108	846	6,78
	Total	9653	110 058	9,30

Fuente: Elaboración propia con base en MinTIC (2018)



📌 **Tabla 3.** Producción de arrachacha en el departamento del Tolima, 2018

Municipio	Hectáreas	Toneladas	Toneladas por hectárea ⁻¹
 Cajamarca	5000	60 000	12
 Ibagué	500	6250	12,5
 Murillo	50	500	10
 Santa Isabel	31	387	15,0
 Anzoátegui	25	225	9
 Roncesvalles	10	110	11
 Chaparral	10	70	7
 Casabianca	2	20	10
 San Antonio	2	24	12
Total	5630	67 586	10,95

Fuente: Elaboración propia con base en MinTIC (2018)

📌 **Tabla 4.** Veredas productoras de arracacha en Cajamarca, Tolima, 2018

Vereda	Hectáreas	Vereda	Hectáreas
El Águila	468	Cristales La Paloma	109
Potosí	432	La Despunta	90
Las Lajas	377	Ródano	81
La Leona	356	Rincón Placer	80
Recreo Alto	287	El Espejo	78
Plata Montebello	241	Pan de Azúcar	62
La Cucuana	199	San Lorenzo Alto	56
La Tigra	190	Altamira	54
La Judea	171	La Esperanza	43
Los Alpes	164	Santana	39
Recreo Bajo	164	Puente Hierro	34
Cedral	162	El Tostado	28
La Luisa	148	La Alsacia	25
Las Hormas	129	La Cerrajosa	7
Cajamarquita	127	Tunjos Altos	5
La Bolívar	115		

Fuente: Elaboración propia con base en Umata (2018)





Botánica

La arracacha es una planta herbácea (Higuera, 1977) con una altura que puede variar entre 0,5 y 1,5 m (Castillo, 1984). Se conoce por el color del follaje y su raíz tuberosa, denominada *nabo* o *apio*, que generalmente es de color amarillo, blanco o morado (Acosta, 1980; Rivera Varón et al., 2015).

1

LA PLANTA TIENE UN CICLO PROMEDIO DE 12 MESES EN ALTITUDES DE 1800-2200 m.s.n.m.;

sin embargo, en lugares con altitudes desde 2200 hasta 2700 m.s.n.m., el ciclo se puede extender desde 13 hasta 18 meses. La figura 2 muestra una planta de arracacha con sus partes diferenciadas: raíces reservantes, nabos o apios; corona, cepa o carrajola (tallo modificado); semilla, propágulo, rebrote o colino; pecíolo o palo; hojas; fruto y flor, y umbela.

2

LA PLANTA PRESENTA ENTRE 55 Y 95 HOJAS COMPUESTAS,

cada una con un pecíolo de forma semejante a una pajilla o pitillo hueco, engrosada, envainada, larga y generalmente con tonalidades color verde, verde-amarillo, amarillo, fucsia o púrpura en la base o en su totalidad (Mazón Ortiz, 1993; Mazón Ortiz et al., 1996; Mujica, 1990). La corona, también conocida como *cepa* o *carrajola*, perma-

nece en mayor proporción subterránea y tiene forma cilíndrica y carnosa. En la parte aérea de la corona se desarrolla la semilla asexual, también llamada *propágulo*, *rebrote* o *colino*, que es utilizada de forma vegetativa para la propagación del cultivo y produce plantas idénticas a la planta madre, o planta antecesora (Atencio Solano et al., 2019).



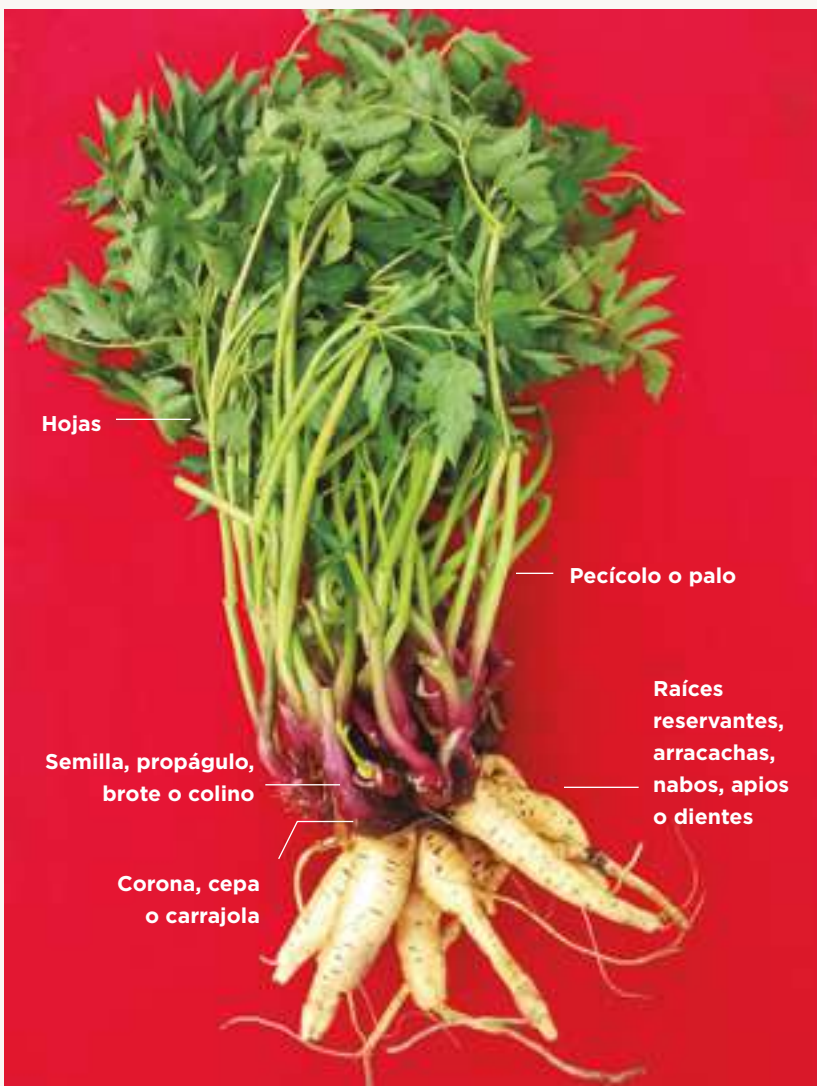


Figura 2. Morfología de la planta de *A. xanthorrhiza* Bancr.
Foto: Johanna Paola Garnica Montaña

3

LAS RAÍCES TUBEROSAS,

también conocidas como *raíces reservantes*, *apíos* o *nabos*, se desarrollan de forma subterránea en la parte inferior de la cepa, tienen forma ovoide, cónica, fusiforme o irregular, alcanzan longitudes de 8-20 cm, con 3-20 cm de diámetro, y el número de nabos por planta es de 3 a 10 (Mujica, 1990).

4

LA FLORACIÓN EN ARRACACHA ES ESCASA,

depende de cada genotipo, se presenta en condiciones ambientales especiales (latitud, temperatura, fotoperíodo, luz y sequía) y es atípica en el trópico, incluyendo Colombia (Knudsen et al., 2004). Algunos autores han identificado que se presenta en plantas provenientes de colinos centrales y almacenados por un tiempo prolongado (15-30 días) (Dos Santos et al., 2004).

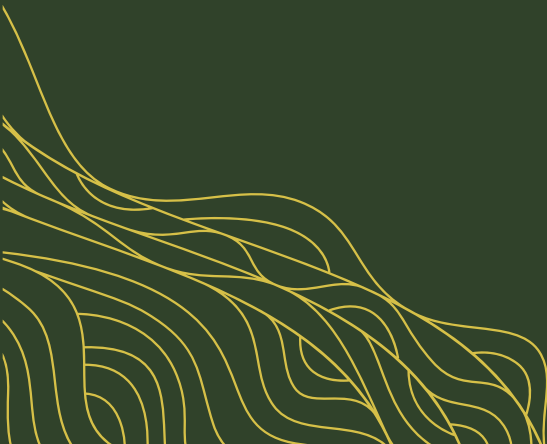
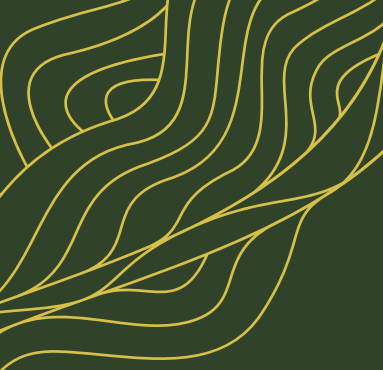


Modelo productivo de arracacha

(*Arracacia xanthorrhiza* Baner.) Agrosavia La 22
para la región Andina de Colombia



Foto: Johanna Paola Garnica Montaña



2

Características de Agrosavia La 22

Es importante que los agricultores interesados en la producción de **Agrosavia La 22** conozcan su comportamiento morfológico y productivo en diferentes zonas altitudinales, para que, de esta forma, puedan aplicar las recomendaciones según la zona productora y alcanzar los mejores beneficios de la nueva variedad.



Origen y obtención

En Colombia, la satisfacción de la demanda de los productores de un material de arracacha completamente amarillo y que supiera las necesidades del mercado generadas por las principales centrales de abastos se convirtió en uno de los objetivos de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), por lo cual, durante 2013, la corporación inició investigaciones a través del proyecto “Una variedad de arracacha amarilla seleccionada por adaptación y productividad”.

Agrosavia La 22 es la primera variedad de arracacha en Colombia, como resultado de la selección de plantas provenientes de semilla sexual, las cuales se generaron gracias al proceso de floración de accesiones conservadas en el Banco de Germoplasma de Arracacha de AGROSAVIA, ubicado en el Centro de Investigación La Selva (Rionegro, Antioquia); allí se seleccionaron 22 materiales que contaban con nabos completamente amarillos, que correspondieron a 21 accesiones provenientes de multiplicación vegetativa y un material de semilla sexual producto del cruce de la accesión número ILS 3915, como planta madre, con las accesiones ILS 3915, ILS 3916 o ILS 3917, que intervinieron como “plantas padre” (figura 3) (Rodríguez Rodríguez et al., 2019).

Los 22 materiales fueron llevados al municipio de Cajamarca para su establecimiento en campo, donde se evaluaron en conjunto con amarilla común, yema de huevo y cartagenera, materiales regionales comúnmente sembrados en la zona. El municipio se seleccionó teniendo en cuenta tanto las características climáticas y edafológicas como su condición de principal productor en Colombia. Estos 25 materiales se evaluaron durante dos años en dos localidades (La Despunta y La Leona), y de ellos se seleccionaron los 10 mejores en cuanto a producción, tonalidad del nabo y vigor vegetativo, entre otras características. Posteriormente, se realizó un tercer ciclo de producción en las localidades Potosí y La Leona, con condiciones altitudinales completamente diferentes. Con base en los resultados de esta evaluación, se resaltó el material número 22, posteriormente llamado Agrosavia La 22, por presentar plantas de mayor vigor, alto rendimiento y raíces tuberosas completamente amarillas.

Los resultados obtenidos en los ciclos de evaluación permitieron llevar a Agrosavia La 22 a la prueba de evaluación agronómica (PEA), que consiste en la evaluación experimental de un nuevo material que se compara con genotipos comerciales o regionales; este es un requisito del



Agrosavia La 22



ILS 3915



ILS 3915



ILS 3916



ILS 3917



➤ **Figura 3.** Origen de Agrosavia La 22: planta madre (ILS 3915) y “plantas padre” (ILS 3915, ILS 3916 e ILS 3917)

Fotos: : ILS 3915, ILS 3916 e ILS 3917: Maria Gladis Rosero Alapa; Agrosavia La 22: Johanna Paola Garnica Montaña

Fuente: Elaboración propia

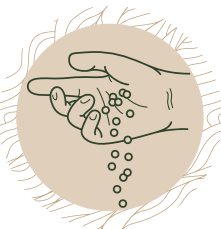
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para el registro de un nuevo material genético en el país. En la pea se comparó su comportamiento, adaptación y potencial productivo con dos cultivares regionales: amarilla común y yema de huevo, en cuatro localidades de Cajamarca (La Leona, La Alsacia, Las Hormas y El Águila) y una de Ibagué (Toche-Quebradas) (ICA, 2015). Los resultados estadísticos mostraron que Agrosavia La 22 se destacó por presentar los mejores valores de adaptación, producción de semilla asexual, color

(raíces tuberosas amarillas) y tolerancia a plagas y enfermedades en comparación con los testigos usados. Con lo anterior, el día 26 de septiembre de 2019, mediante la Resolución n.º 00015201, el ICA otorgó el registro del cultivar Agrosavia La 22 para la región natural Andina, con altitudes entre 1200-1800 ms.n.m., 1800-2200 ms.n.m. y mayor a 2200 ms.n.m. (ICA, 2019). La tabla 5 muestra un resumen de los proyectos ejecutados por AGROSAVIA que permitieron la obtención de la variedad por parte del ICA.

📌 **Tabla 5.** Actividades desarrolladas para la obtención de Agrosavia La 22

Año	Actividades	Vereda	Altitud (ms. n. m.)
2013	 Accesiones de arracacha amarilla establecidas y parcialmente caracterizadas	La Despunta	1985
2014	 Diez (10) clones amarillos evaluados y biología floral	La Leona	1955
2015	 Clones de arracacha amarilla, morada y blanca multiplicados y evaluados por calidad y rendimiento	Potosí	2800
		La Leona	2040
2017	 Pruebas de evaluación agro-nómica en clones seleccionados de arracacha amarilla	La Leona	2040
		La Alsacia	1796
		Las Hormas	2536
		Toche-Quebradas	2091
		El Águila	2063

Fuente: Elaboración propia



Luego de la PEA se continuó con la siembra de Agrosavia La 22 bajo las condiciones del productor, estableciendo en primera instancia el material en tres localidades:



La Leona, El Ródano y Toche-Quebradas, en un área de 0,5 hectáreas por localidad.



Los resultados confirmaron su comportamiento agronómico y su potencial productivo con la obtención de raíces tuberosas 100% amarillas.



Características varietales

La descripción completa de Agrosavia La 22 con los descriptores adecuados permitió determinar las características morfológicas, fisiológicas, fenológicas y productivas para distinguirla claramente. Por tanto, estas características son las bases para diferenciar esta variedad de otras, y la precisión de la caracterización hace eficiente su discriminación.



Desarrollo fenológico

La fenología relaciona los cambios biológicos que se dan durante el desarrollo de la planta, como la variación morfológica (cambio en las características físicas de la planta, momento de llenado de raíces tuberosas, entre otras) resultado de su interacción con las condiciones ambientales. Conocer el desarrollo fenológico de la arracacha se convierte en una herramienta de gran importancia para un pro-

ductor, ya que le permite programar las labores agrícolas de acuerdo con el estado del cultivo, identificar épocas críticas, establecer posibles métodos de control y manejar aspectos nutricionales de la planta, factores que determinarán la producción de su cultivo (Yzarra Tito & López Ríos, 2011).

Las investigaciones realizadas por AGROSAVIA en el cultivo de arracacha han permitido identificar algunas fases fenológicas por las cuales atraviesa el cultivo, como emergencia, formación de hojas, formación de raíces tuberosas, engrosamiento y madurez. El ciclo del cultivar más sembrado en la región tiene una duración de 12 meses, en comparación con Agrosavia La 22, que presenta un ciclo fenológico de entre 10 y 11 meses cuando se siembra a una altura entre 1800 y 2200 m.s.n.m., y de 12 a 13 meses a 2200-2700 m.s.n.m. (tabla 6). Es importante mencionar que las fases fenológicas propuestas están determinadas por las condiciones climáticas y el manejo agronómico que brinde el productor durante el ciclo del cultivo.



Foto: Diana De Mulder,
Puntoaparte Editores

📌 **Tabla 6.** Distribución anual de las fases fenológicas de arracacha Agrosavía La 22 a 2000 ms.n.m.

Fase fenológica	Mes										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Emergencia											
Formación de hojas											
Formación de hojas											
Engrosamiento											
Madurez											

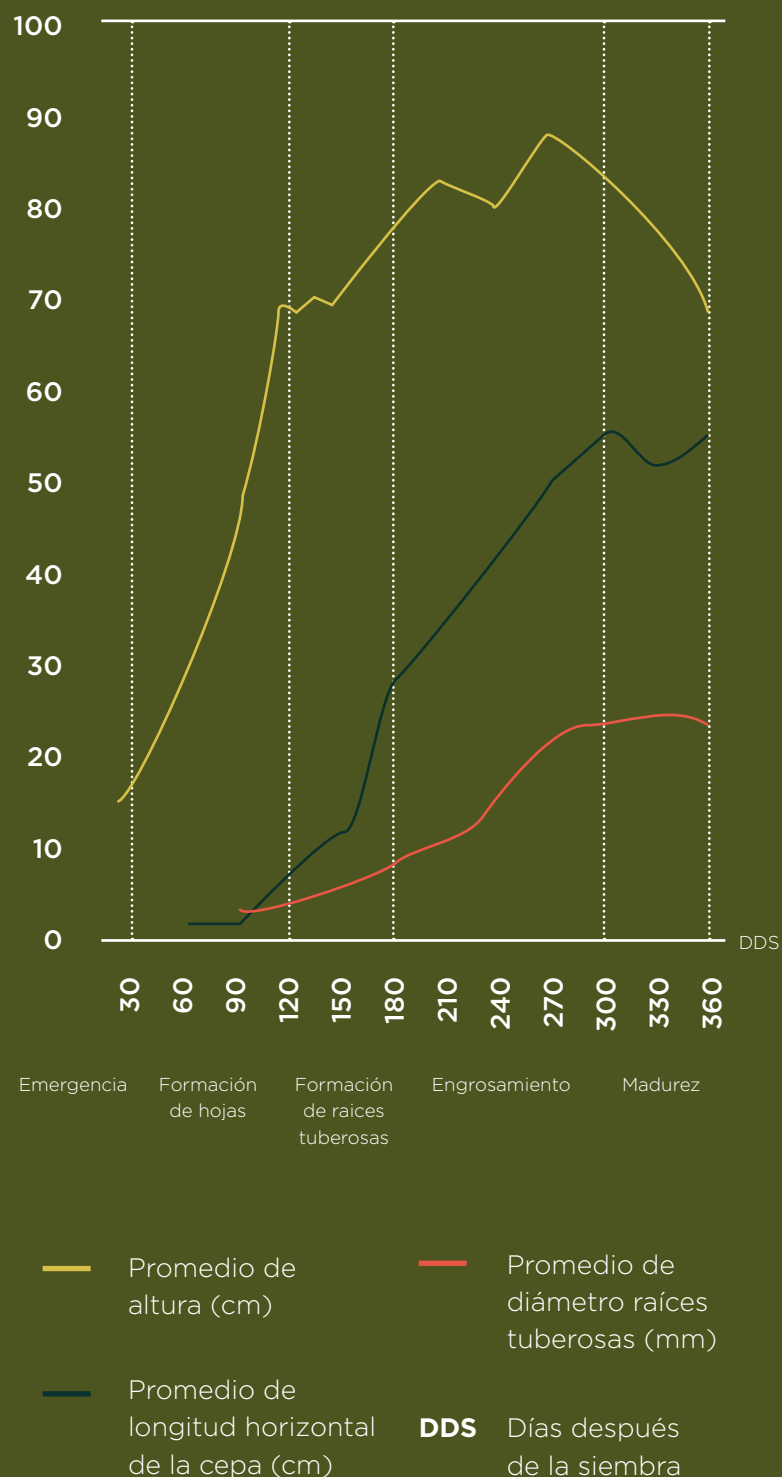
Fuente: Elaboración propia



Foto: Johanna Paola Garnica Montaña

Para la obtención de estas fases, en Agrosavia La 22 se tomaron como referencia la información y las observaciones realizadas en cinco ciclos productivos desarrollados en los municipios de Cajamarca e Ibagué en condiciones altitudinales diferentes. Durante el desarrollo del cultivo se determinaron variables de crecimiento, como altura, ancho de copa y número de hojas, además de variables de producción, como número y peso de raíces tuberosas comerciales y no comerciales, mediante muestreos destructivos que permitieron conocer la formación de cada órgano de la planta a través de su ciclo fenológico. La figura 4 muestra el desarrollo de las plantas de Agrosavia La 22 durante los 365 días del cultivo a una altura de 2000 m.s.n.m., además de la identificación de cada fase.

Figura 4. Identificación de las fases fenológicas en plantas de arracacha Agrosavia La 22



Durante el desarrollo del cultivo se determinaron variables de crecimiento, como altura, ancho de copa y número de hojas, además de variables de producción, como número y peso de raíces tuberosas comerciales y no comerciales.

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos, se logró la caracterización de las cinco fases diferenciadas para el cultivo de arracacha Agrosavia La 22: emergencia, formación de hojas, formación de raíces tuberosas, engrosamiento y madurez (**figura 5**):

Fases fenológicas de Agrosavia La 22

A FASE 1:

Emergencia, se observa entre los 0 y 30 días después de la siembra (DDS), cuando emergen yemas que se desarrollan como brotes o hijuelos, que dan paso a la formación de colinos; asimismo, aparecen las primeras 2-3 hojas, la planta tiene una altura de 15 cm y se evidencian las raíces absorbentes en forma de cabellera con una longitud de 16,9 cm en promedio.

B FASE 2:

Formación de hojas, se presenta entre los 30 y 120 DDS, y se caracteriza por la formación de hojas en la planta y de hijuelos alrededor del colino central; hay diferenciación de raíces tuberosas, y se da una posible emergencia del tallo floral. La planta alcanza una altura de 79 cm, 21 pecíolos y, en promedio, 5 hijuelos en desarrollo alrededor del colino central.

C Fase 3:

Formación de raíces tuberosas, se desarrolla entre los 120 y 180 DDS, la planta presenta un follaje frondoso, se generan colinos a partir de hijuelos, la cepa inicia su diferenciación y se da el engrosamiento de las raíces tuberosas. La planta alcanza una altura de 92 cm, 67 pecíolos y hasta 21 hijuelos, la cepa tiene un peso de 280 g y se observan entre 5 y 14 raíces tuberosas con un diámetro promedio de 1,66 cm.



Figura 5. Fases fenológicas de Agrosavia La 22

E FASE 5:

Denominada **madurez**, se da entre los 300 y 330 DDS, la planta está completamente desarrollada, las hojas comienzan a marchitarse (lo cual se evidencia con su amarillamiento), la cepa está formada, las raíces tuberosas adquieren su mayor diámetro y los colinos formados están listos para la nueva siembra. La planta presenta un máximo de 132 pecíolos y una altura de 98 cm, las raíces tuberosas pesan en promedio 2,13 kg y la cepa puede alcanzar los 3 kg.



E Madurez
(meses 11 y 12)



D Engrosamiento
(meses 7-10)

D FASE 4:

Engrosamiento, se da entre los 180 y 300 DDS, las plantas expresan su mayor potencial fisiológico con un follaje frondoso y colinos formados; la cepa adquiere su mayor tamaño y peso, y las raíces tuberosas se encuentran en engrosamiento. La planta tiene entre 60 y 120 pecíolos y 27 colinos, la cepa presenta un peso promedio de 1,6 kg, con una longitud horizontal (ancho) de 24,2 cm y una longitud vertical (alto) de 14 cm, y se observan en promedio 10 raíces diferenciadas con un peso total de 1,7 kg.



C Formación de raíces
tuberculosas
(meses 5 y 6)



Periodo vegetativo

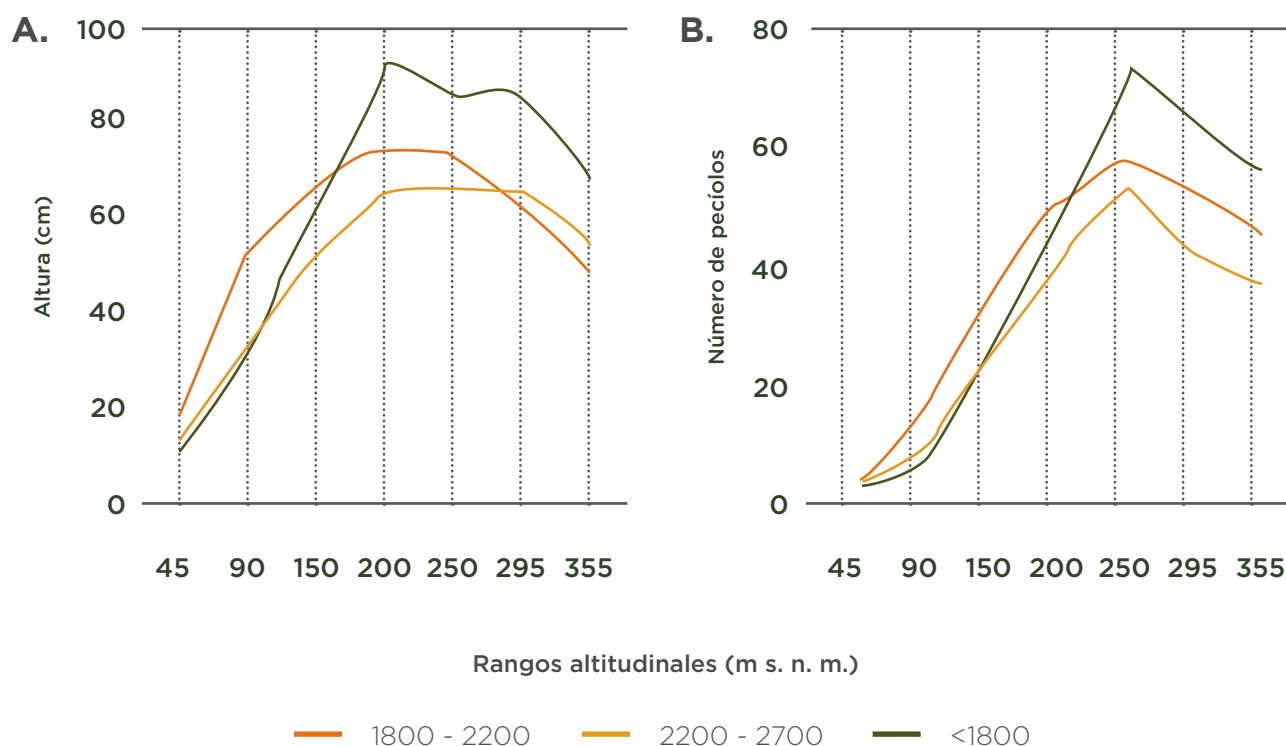
El desarrollo vegetativo y el comportamiento morfológico de una variedad permiten identificar sus características físicas en el tiempo, así como su proceso de crecimiento y adaptación a una zona en particular. Durante los ciclos productivos de Agrosavia La 22 se realizaron evaluaciones en cinco localidades de Cajamarca e Ibagué (El Águila, Toche-Quebradas, Las Hormas, La Leona y La Alsacia), las cuales fueron clasificadas en tres rangos altitudinales (<1800, 1800-2200 y 2200-2700 m.s.n.m.). Cada 45 días se registró información de variables vegetativas que permitieron ilustrar el crecimiento promedio de las plantas, entre ellas la altura (cm), el dosel o *canopy* (cm), la longitud

del pecíolo de la hoja bandera (cm), la longitud y el ancho de la hoja bandera (cm) y el número promedio de pecíolos.

La figura 6a presenta el crecimiento de las plantas reflejado en la variable altura, que muestra un ascenso a partir de los 45 y hasta los 200 DDS; luego, se mantiene estable entre los 200 y 295 DDS, y posteriormente descende hasta el final de su ciclo, atribuido a la pérdida de follaje y la marchitez de las hojas. En plantas sembradas por debajo de los 1800 m.s.n.m. se observa que la altura de la planta es mayor.

En cuanto al número de pecíolos, este se reporta en la figura 6b, que evidencia una constante producción de hojas durante los primeros 200 DDS, con un pico máximo en los 250 DDS. Sin embargo, durante los primeros 45 DDS, la planta se mantiene con 2-3 pecíolos generados a partir del colino sembrado (Atencio Solano et al., 2019).

➡ **Figura 6.** Crecimiento de las plantas de arracacha Agrosavia La 22 en diferentes rangos altitudinales. **a.** Variable altura; **b.** Variable número de pecíolos.



Fuente: Elaboración propia



Características morfológicas

Se realizó la caracterización morfológica de Agrosavia La 22 para tres rangos altitudinales, lo que consistió en la obtención de datos con una serie de descriptores (caracteres) que ayudaron a identificar la variedad. A continuación, se describen la planta completa y sus órganos (hojas, pecíolo, semilla asexual, cepa y raíz tuberosa) para cada rango altitudinal, a los 365 DDS, así como la floración.

Planta completa

La planta posee un follaje con apariencia vigorosa, muy frondosa y con amplia cobertura del suelo. Tiene un diámetro promedio de copa de 93,7 cm y una altura de hasta 120 cm; sin embargo, en ocasiones se han encontrado plantas de mayor tamaño (tabla 7). El hábito de crecimiento de la planta es erecto-intermedio, y, en cuanto al color, muestra una tonalidad de color amarillo claro (figura 7).



📌 **Figura 7.** Planta completa de arracacha Agrosavia La 22

Fotos: Johanna Paola Garnica Montaña

Tabla 7. Características morfológicas de la planta de arracacha Agrosavía La 22

Características	Variable	Altitud (ms.n.m.)		
		<1800	1800-2200	2200-2700
Cuantitativas	Altura (cm)	66,96	47,72	54,76
	Dosel o canopy (cm)	104,64	89,88	94,23
	Peso total (kg)	5,31	4,68	4,31
Cualitativas	Hábito de crecimiento	Intermedio	Erecto	Erecto
	Conformación	Intermedia y compacta	Intermedia y compacta	Compacta

Fuente: Elaboración propia

Hojas

Las hojas son de color verde y verde amarilloso; el haz es verde claro, con nervaduras color amarillo verdoso, y el envés es verde sin coloraciones secundarias (figura 8). Las hojas son compuestas, y cada una está conformada por tres o cuatro pares de folíolos laterales opuestos y uno terminal. Un folíolo es un segmento individual, una “hoja simple”, que en conjunto con otros folíolos forma una sola unidad (Béliz & Moreno, 1987). Los folíolos de arracacha son alargados y acuminados (terminan en punta prominente). Las hojas tienen una longitud promedio de 23,88 cm desde el primer



Figura 8. Hojas de arracacha Agrosavía La 22

Foto: Johanna Paola Garnica Montaña

par de folíolos hasta el folíolo terminal y un ancho promedio de 22,66 cm en el par de folíolos más prominentes (basales) (tabla 8).

📌 **Tabla 8.** Características morfológicas de la hoja de arracacha Agrosavia La 22

Características	Variable	Altitud (m.s.n.m.)		
		<1800	1800-2200	2200-2700
Cuantitativas	Longitud de la hoja bandera (cm)	29,58	22,54	22,24
	Ancho de la hoja bandera (cm)	26,66	20,25	25,89
	Peso total (kg)	0,45	0,22	0,21
Cualitativas	Color del follaje	Verde amarilloso	Verde	Verde
	Color del envés		Verde	
	Color secundario del envés		Ausente	
	Color del haz		Verde claro	
	Color secundario del haz		Ausente	
	Color del borde del foliolo		Ausente	
	Bordes del foliolo	Medianos y profundamente incisos	Profundamente incisos	Profundamente incisos
	Pigmentación de interpinnas		Ausente/presente	

Fuente: Elaboración propia

Pecíolo

Cada hoja compuesta está adherida a un pecíolo prominente cilíndrico, tubular, succulento y hueco que asemeja un pitillo. El pecíolo presenta una coloración verde amarillosa y en la parte basal exhibe una coloración rojiza-púrpura. La parte externa presenta estrías muy delgadas convexas de color verde (figura 9).

Una planta tiene en promedio 46 pecíolos, con un peso fresco total promedio de 252,5 g; cada pecíolo inicia en la bifurcación del colino y se extiende hasta la base de la hoja, con lo que alcanza una longitud promedio de 27 cm (tabla 9).



Figura 9. Pecíolos de arracacha Agrosavía La 22

Fotos: Johanna Paola Garnica Montaña

Tabla 9. Características morfológicas del pecíolo de arracacha Agrosavía La 22

Características	Variable	Altitud (m s. n. m.)		
		<1800	1800-2200	2200-2700
Cuantitativas	Longitud del pecíolo (cm)	39,48	23,31	26,09
	Número promedio de pecíolos	61	45	37
	Peso total de los pecíolos (kg)	0,53	0,17	0,24
Cualitativas	Color externo	Verde-amarillo		
	Color secundario	Ausente/púrpura en la mitad	Ausente/rojo grisáceo	Ausente/rojo grisáceo
	Distribución del color secundario	Parte basal		

Fuente: Elaboración propia

Semilla asexual

Los propágulos (forma de reproducción asexual), denominados también *semillas*, *colinos* o *hijos*, inician desde la parte basal de los pecíolos (bifurcación) y se observan como ramificaciones adheridas a la cepa o tallo. Cuando estos se extraen de forma manual, se desprende una porción de cepa (una longitud promedio de 5-10 cm) denominada *troncho*. Los colinos presentan una coloración externa roja-púrpura, rosada y púrpura grisácea cuya pigmentación no supera o supera levemente la bifurcación con una base color rojo-púrpura oscuro. La pulpa de los colinos es de color ama-

rillo-amarillo oscuro, y en ella se evidencia la formación de un anillo cortical (figura 10a). Una planta posee un promedio total de 15 colinos, con un peso fresco de 223 g cada uno; cada colino tiene en promedio 5,8 cm de longitud, 2,91 cm de ancho y pesa 15,2 g (tabla 10). Alrededor de los colinos emergen brotes, también denominados *hijuelos* (figura 10b), que se diferencian de los colinos por ser de un menor tamaño, lo que se da debido a un proceso de madurez incompleto. El promedio por planta es de 6 hijuelos, con un peso de 56 g cada uno (Atencio Solano et al., 2019).

📌 **Figura 10.** Colinos de arracacha Agrosavia La 22. **a.** Colinos; **b.** Brotes o hijuelos



Fotos: Johanna Paola Garnica Montaña

Tabla 10. Características morfológicas del colino de arracacha Agrosavia La 22

Características		Variable	Altitud (m.s.n.m.)		
			<1800	1800-2200	2200-2700
Cuantitativas	Colinos	Número total/planta	16	14	13
		Peso total (kg)	0,28	0,19	0,25
		Longitud promedio (cm)	5,70	5,73	6,24
		Diámetro promedio (cm)	2,92	2,87	3,03
		Peso promedio (g)	16,87	13,38	19,26
	Brotes	Número total/planta	9	6	5
		Peso total (kg)	0,09	0,05	0,05
Cualitativas	Color externo		Rojo-púrpura y verde blanco	Rojo-púrpura y rosado	Rojo-púrpura y rosado
	Color externo de la base		Rojo-púrpura oscuro	Rojo-púrpura y rosado	Púrpura-rojizo oscuro
	Color de la pulpa		Amarillo	Amarillo-amarillo oscuro	Amarillo-amarillo oscuro
	Color secundario		Ausente		

Fuente: Elaboración propia

Cepa

El tallo o cepa es un tronco corto cilíndrico, vertical y rizomatoso que en promedio tiene una longitud horizontal de 21,2 cm, una longitud vertical de 12,9 cm y un peso de 1 kg (tabla 11). La cepa se forma por encima del suelo y da origen a la parte aérea de la planta (hojas y colinos) y a las raíces tuberosas. La parte externa es de color marrón oscuro, con textura rugosa, y forma anillos ascendentes, mientras que la parte interna presenta una coloración amarilla (figura 11).



📌 **Figura 11.** Cepa de arracacha Agrosavia La 22

Foto: Johanna Paola Garnica Montaña

📌 **Tabla 11.** Características morfológicas de la cepa de arracacha Agrosavia La 22

Características	Variable	Altitud (ms. n.m.)		
		<1800	1800-2200	2200-2700
Cuantitativas	Longitud horizontal (cm)	22,97	20,95	20,59
	Longitud vertical (cm)	14,06	12,90	11,75
	Peso total (kg)	1,37	0,98	0,96

Fuente: Elaboración propia

Raíz tuberosa

En la parte inferior de la cepa se desarrollan, de forma subterránea, las raíces tuberosas (raíces engrosadas y succulentas con sustancias de reserva), comúnmente llamadas *arracachas*, *nabos*, *apios* o *dientes*, que son de forma cilíndrica, cónica, fusi-forme, regular e irregular, similar a la de una zanahoria. La parte externa tiene una coloración desde amarillo claro hasta amarillo oscuro, y el color predominante de la pulpa es amarillo, sin tonalidades secundarias, con un anillo cortical muy delgado pero visible (figura 12a). Una planta puede generar en total hasta 27 nabos, de los cuales 17 son

comerciales y 10 no lo son, con un peso fresco total promedio de 5,2 kg. De acuerdo con la clasificación realizada en el municipio de Cajamarca, los nabos comerciales son completamente sanos y tienen una longitud ≥ 8 cm y un diámetro ≥ 3 cm (Cooperativa Multiactiva Productores Agrícolas Cajamarca [CARC], 2014), mientras que los nabos de menor tamaño son considerados como no comerciales (figura 12b). En Agrosavia La 22 se ha encontrado que los nabos comerciales presentan en promedio una longitud de 16,8 cm, un diámetro mayor de 5,1 cm y un peso de 266 g (tabla 12).

📌 **Figura 12.** Raíces tuberosas de arracacha Agrosavia La 22. **a.** Raíces tuberosas comerciales; **b.** Raíces tuberosas no comerciales.



Fotos: Johanna Paola Garnica Montaña

Tabla 12. Características morfológicas de las raíces tuberosas de arracacha Agrosavia La 22

Características		Variable	Altitud (ms.n.m.)		
			<1800	1800-2200	2200-2700
Cuantitativas	Total	Número total	8	13	11
		Peso total (kg)	1,8	3,3	2,1
		Nabo morado (porcentaje)	0	0	0
		Nabo rajado (porcentaje)	10,28	3,70	3,80
	Comercial	Número total	7	10	10
		Peso total (kg)	2,09	2,57	2,17
		Longitud promedio (cm)	16,40	17,31	16,01
		Diámetro promedio (cm)	5,52	5,07	5,07
		Peso promedio (g)	323,26	260,77	229,34
	No comercial	Número total	2	3	2
		Peso total (kg)	0,10	0,13	0,08
		Longitud promedio (cm)	8,31	9,24	8,66
		Diámetro promedio (cm)	3,82	3,03	3,03
		Peso promedio (g)	79,57	53,39	47,33
Cualitativas	Color externo		Amarillo claro y amarillo	Amarillo claro y amarillo	Amarillo y amarillo oscuro
	Color externo secundario		Ausente		
	Forma		Cónica, regular e irregular		
	Color de la pulpa		Amarillo		
	Color secundario de la pulpa		Ausente/naranja amarillento	Naranja amarillento	Ausente/naranja amarillento
	Distribución del color secundario de la pulpa		Ausente/anillo cortical (vascular)		

Fuente: Elaboración propia

Floración

Cuando existen condiciones óptimas para la floración, se observan plantas con tallos florales sobresalientes generalmente de color morado o verde oscuro, engrosados y diferenciados de los pecíolos por su longitud. Estos tallos poseen un conjunto de flores muy pequeñas que conforman la inflorescencia, denominada *umbela*, la cual se asemeja a una sombrilla. Cada planta presenta entre 15 y

20 umbelas (Castillo, 1984; Hermann, 1997; Higuita, 1977; Hodge, 1954), y en cada umbela se aprecian entre 13 y 24 flores, que son hermafroditas o masculinas (Hermann & Heller, 1997). Las flores son fecundadas por el polen producido en la misma flor o planta, en un proceso conocido como *autogamia*, o por el polen de otras plantas de arracacha que favorece la polinización cruzada (Béliz & Moreno, 1987). En la figura 13 se muestra la formación de flores y umbelas en el cultivo de arracacha.

📷 **Figura 13.** Floración en arracacha. **a.** Formación de inflorescencia; **b.** Formación de flores en umbelas; **c.** Umbelas diferenciadas.



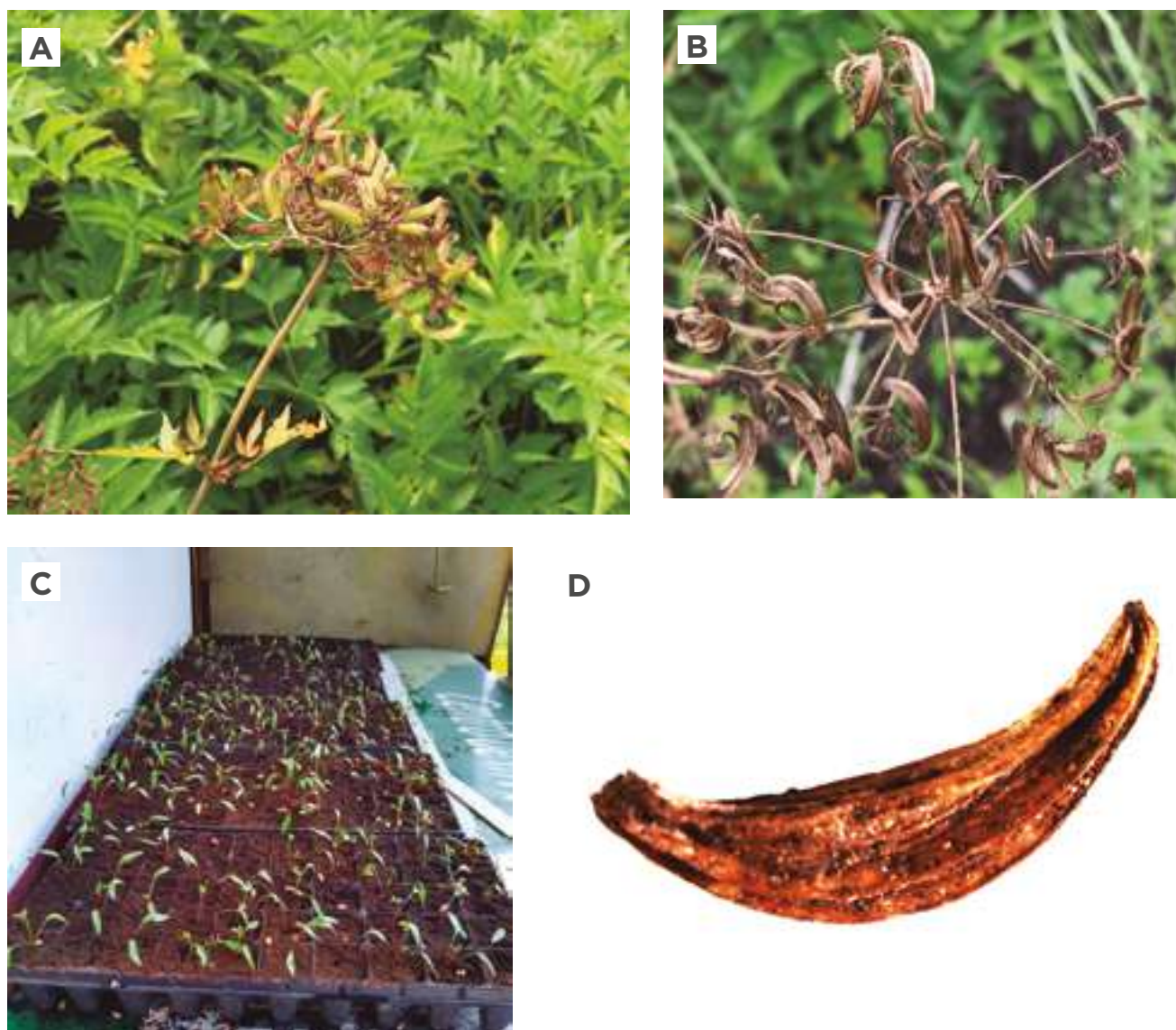
Fotos: a y b: José Jamir Londoño; c: Johanna Paola Garnica Montaña



En lotes florecidos de Agrosavia La 22, se han observado flores fecundadas que toman un aspecto globoso (figura 14a), lo que evidencia la formación inicial de la semilla, su secamiento y su desprendimiento (figura 14b).

Para observar el proceso de germinación, se recolectaron semillas y se sembraron en bandejas germinadoras; los resultados experimentales mostraron un porcentaje de prendimiento de hasta el **61%** (figura 14c), valor superior al **10%** reportado en Brasil en una germinación en un campo monoclonal (Sedimaya et al., 1990; Zanin & Casali, 1984). La figura 14d muestra una semilla de arracacha en el estereoscopio.

📌 **Figura 14.** Semillas de arracacha Agrosavia La 22. **a.** Flores fecundadas; **b.** Semillas formadas; **c.** Semillas germinadas; **d.** Semilla vista en el estereoscopio.



Fotos: a y b: Johanna Paola Garnica Montaña; c: Walter Giraldo Moreno; d: Oscar Jair Rodríguez Rodríguez

La plantas de arracacha florecen en diferentes estados de su ciclo de vida; en Brasil, Dos Santos y Do Carmo (1998) identificaron tres momentos (colino, fase vegetativa y cosecha), que fueron corroborados en lotes sembrados con la variedad Agrosavia La 22 en el municipio de Cajamarca a una altura de 2127 m.s.n.m. Los dos primeros

momentos se observaron en un lote de 0,5 ha con una población promedio de 7000 plantas, donde florecieron 266 plantas, es decir, el 3,8%; se realizó el seguimiento registrando el porcentaje de flores desarrolladas en colino y durante la fase vegetativa, así como su estado de supervivencia hasta la cosecha (tabla 13).

↙ **Tabla 13.** Porcentaje de supervivencia y mortalidad de flores en el ciclo vegetativo de arracacha Agrosavia La 22

Momento de floración	Edad de la planta (dds)				
	79	127	176	233	365
	Porcentaje de supervivencia				
En colino	1,97	1,45	0,28	0	0
En fase vegetativa	0	1,74	1,82	1,82	1,82
Porcentaje de mortalidad					
En colino	0	0,51	1,68	1,97	0
En fase vegetativa	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

Momentos de floración en Agrosavia La 22



1 Floración en colino

Se presenta durante el primer trimestre (hasta los 79 DDS). Se observa una planta con tres o cuatro hojas verdaderas y un tallo floral muy alargado con umbelas, y no hay formación de brotes laterales (futuros colinos), ni cepa, ni raíces tuberosas. Al gastar toda su energía en la formación de flores, la planta entra en senescencia y muere. En campo se evidenció que las plantas se mantuvieron vivas hasta los 233 DDS (figura 15). Si un lote presenta este tipo de floración, se recomienda eliminar las plantas; en caso de que se presente flo-

ración durante las primeras semanas del cultivo, se puede sembrar y, de esta forma, homogeneizar la población

📌 **Figura 15.** Floración de plantas de arracacha en colino. **a.** formación de tallo floral con umbela en planta de 60 DDS. **b.** Formación de tallo floral en planta de 45 DDS en condiciones controladas.

Fotos: a: Carlos Giovanny Díaz Cubides; b: José Jamir Londoño



2 Floración en fase de formación de raíces tuberosas

Se presenta durante el segundo trimestre. Se observan uno o varios tallos florales con umbelas de color verde-morado o verde amarillento y se pueden formar semillas viables, es decir, que pueden germinar. La planta completa su ciclo hasta los 365 DDS y forma brotes laterales, cepa y raíces tuberosas; sin embargo, la producción final se puede ver afectada (véase el apartado “Rendimiento en lotes florecidos”) (figura 16). Se ha observado que cuando se elimina el tallo floral en la planta, la producción puede llegar a incrementar hasta en un 14,7% con respecto a las plantas que llegan a cosecha con el tallo floral. Además, es recomendable revisar si el número de plantas afectadas en el lote justifica la labor. Se sugiere no colectar los colinos de las plantas que presentan floración, para disminuir el riesgo de tener plantas florecidas en los próximos ciclos.

📌 **Figura 16.** Floración de plantas de arracacha en fase de formación de raíces tuberosas.
a. Lote de arracacha amarilla con 270 DDS;
b. Lote de arracacha blanca con 365 DDS.

Fotos: a: Johanna Paola Garnica Montaña; b: Jorge Enrique Villamil Carvajal

3 Floración después de la cosecha

Ocurre cuando la planta ha completado su ciclo vegetativo y productivo. Generalmente se observa en plantas cosechadas después de los 15 meses de edad (figura 17).

📌 **Figura 17.** Floración de plantas de arracacha después de la cosecha.

Foto: Carlos Giovanni Díaz Cubides



Características productivas

Las características productivas de Agrosavia La 22 se generaron durante varios ciclos de siembra. A continuación se presentan los rendimientos experimentales resultado de ensayos establecidos en cinco localidades a través de la PEA, el rendimiento semicomercial en lotes de 0,5 ha con densidad de siembra de 20 000 plantas/ha y el rendimiento en lotes florecidos. La producción se muestra en función de las variables *rendimiento de nabos comerciales* ($t\ ha^{-1}$) y *no comerciales* ($t\ ha^{-1}$).



Rendimiento en parcelas experimentales

En ensayos experimentales establecidos durante 2016 en cinco localidades de Cajamarca e Ibagué (El Águila, Toche-Quebradas, Las Hormas, La Leona y La Alsacia), se evaluó el grado de adaptación de Agrosavia La 22, a través de una PEA. Los resultados de producción en las localidades evaluadas se organizaron en tres rangos altitudinales (<1800, 1800-2200 y 2200-2700 ms.n.m.).

Asimismo, se identificaron cinco variables que influyen en la producción de raíces tuberosas: número total de colinos/planta, número de nabos comerciales/planta, peso promedio de un nabo comercial (g), peso total de nabos comerciales (kg/planta) y rendimiento, expresado en peso total de nabos comerciales y no comerciales ($t\ ha^{-1}$) (tabla 14).



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

Tabla 14. Variables de producción en arracacha Agrosavia La 22

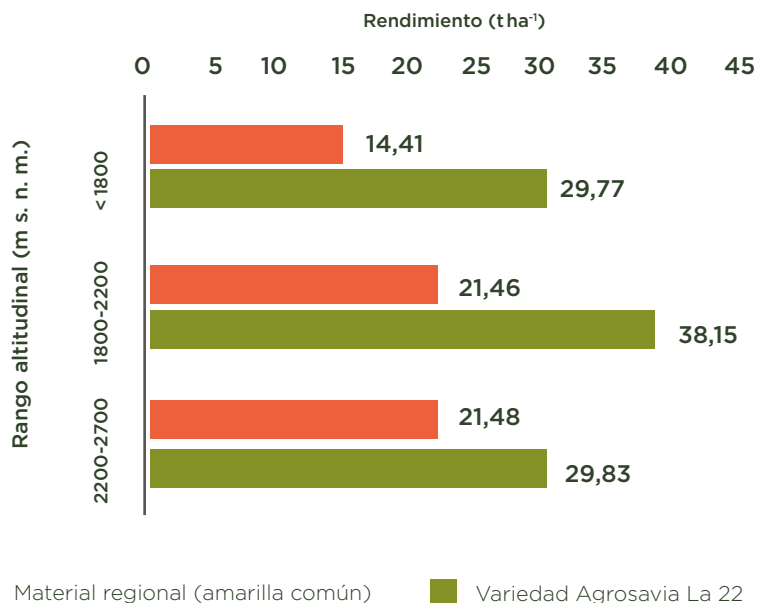
Variable		Altitud (m s.n.m.)			
		<1800	1800-2200	2200-2700	Promedio
Número total de colinos/planta		16	14	13	14
Número de nabos comerciales/planta		7	10	10	9
Peso promedio de un nabo comercial (g)		323,26	260,77	229,34	266,90
Peso total de nabos comerciales (kg/planta)		2,08	2,57	2,17	2,39
Rendimiento	Total (t ha ⁻¹)	29,77	38,15	29,83	32,58
	Nabos comerciales (t ha ⁻¹)	29,26	36,01	30,43	31,90
	Nabos no comerciales (t ha ⁻¹)	1,38	1,78	1,07	1,41

Fuente: Elaboración propia

La figura 18 muestra los resultados de rendimiento experimental total (sumatoria de nabos comerciales y no comerciales) en los tres rangos de altitud, <1800, 1800-2200 y 2200-2700 ms.n.m., con 29,77, 38,15 y 29,83 t ha⁻¹, respectivamente, comparados con el rendimiento total de arracacha amarilla común, el cultivar regional comúnmente sembrado en la zona. Es importante resaltar que Agrosavia La 22 mostró mejor comportamiento en el rango altitudinal de 1800 a 2200 ms.n.m., donde se encontró un rendimiento promedio de 38,15 t ha⁻¹.

Figura 18. Rendimiento total de nabos en parcelas experimentales con arracacha amarilla común y Agrosavia La 22

Fuente: Elaboración propia

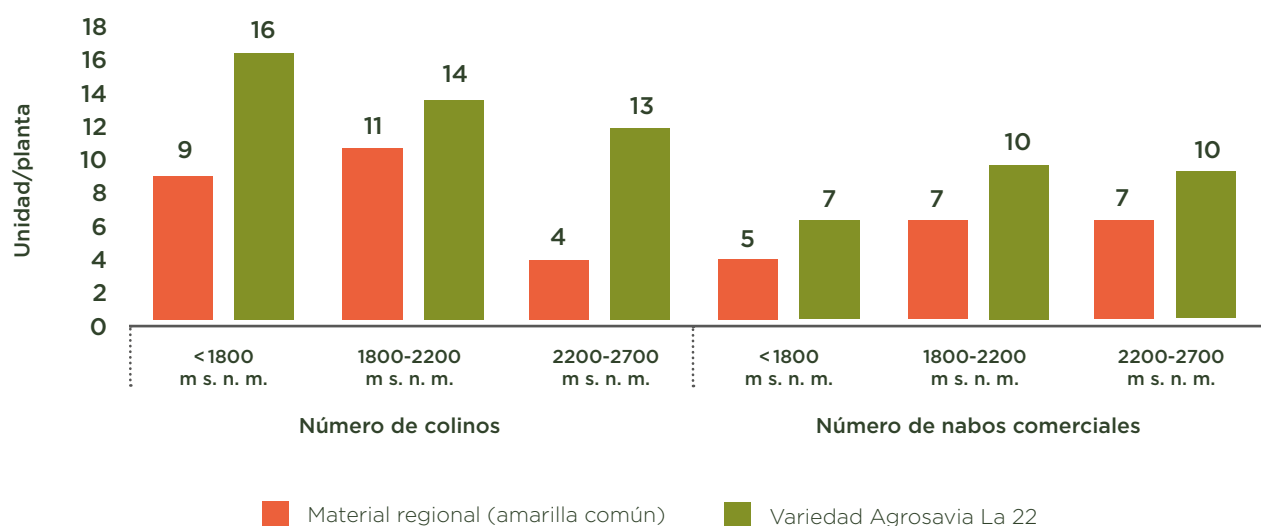


Dos variables que permiten inferir el nivel de producción de semilla y de la raíz tuberosa son el número total de colinos/planta y el número total de nabos comerciales/planta. La figura 19 muestra la producción de estos dos órganos en

las plantas; se observa que Agrosavia La 22 supera, en los tres rangos altitudinales, en número de colinos (41,4%) y en número total de nabos comerciales (33,3%), al testigo regional más utilizado en la zona.

➤ **Figura 19.** Número de colinos y nabos comerciales en arracacha amarilla común y en Agrosavia La 22

Fuente: Elaboración propia



En la figura 20 se evidencia un rendimiento promedio de 31,90 tha^{-1} de nabos comerciales en Agrosavia La 22. El rendimiento máximo (36,01 tha^{-1}) se encuentra en la franja altitudinal de 1800-2200 ms.n.m., y el mínimo (29,26 tha^{-1}), por debajo de los 1800 ms.n.m. La variedad supera entre el 44,55% y el 52,16% en rendimiento de nabos comerciales al material regional, que mostró de forma experimental 18,47 tha^{-1} . Lo anterior permite

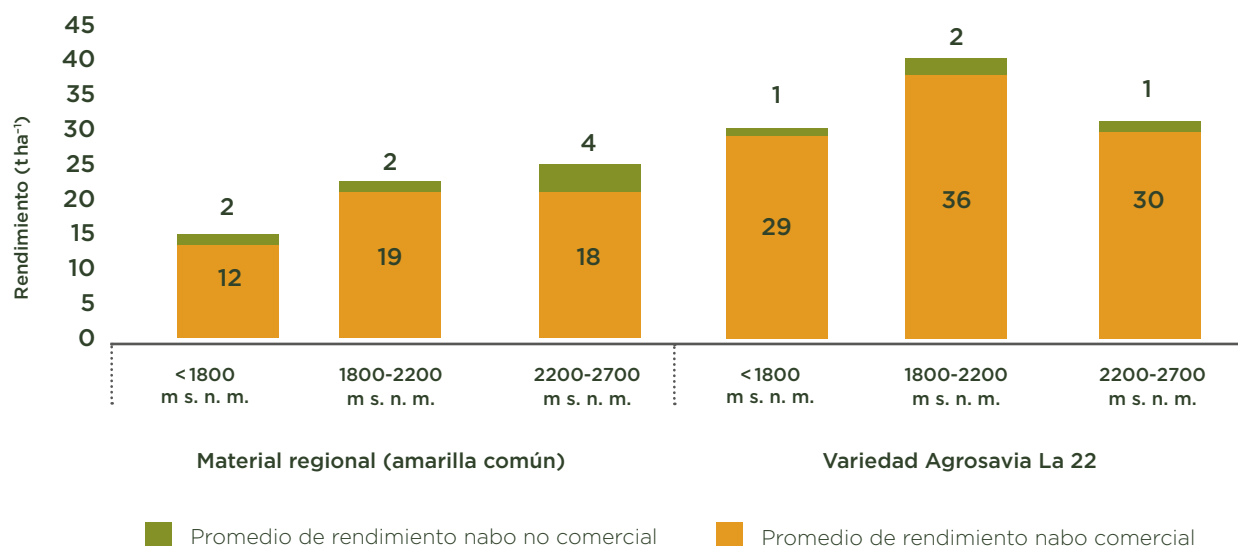
concluir que Agrosavia La 22 tiene un alto potencial productivo para el agricultor de arracacha en la zona andina del país y que se convierte en una oferta tecnológica que responde a las demandas del sector.

Una planta de Agrosavia La 22 produce en promedio nueve nabos comerciales, con un peso total de 2,39 kg y un peso promedio de 267 g cada uno, lo que expresa su alto potencial productivo.



Figura 20. Rendimiento de nabos comerciales y no comerciales en arracacha amarilla común y en Agrosavia La 22

Fuente: Elaboración propia

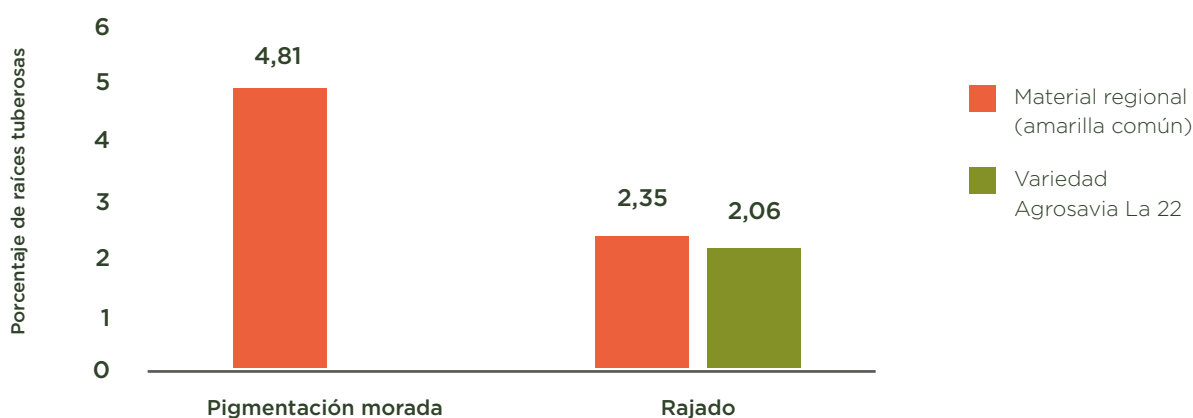


Una de las características distintivas de Agrosavia La 22 es la tonalidad de sus raíces tuberosas, que son completamente amarillas, por lo que brindan beneficios en comercialización y, por ende, una mayor oportunidad de mercado en fresco, en comparación con el material regional, que presenta en promedio un 4,81% de nabos morados (figura 21). Otra característica no deseada pero que se evidencia en todos los cultivares de arracacha es el rajado durante la formación de la raíz tuberosa, y es evidente en cosecha; en Agrosavia

La 22 se presenta en un 3,95% de los nabos, principalmente en los de mayor tamaño, pero este valor es inferior con respecto al material regional, que es del 4,92% de los nabos. Este rajado es consecuencia, en mayor parte, de la cosecha tardía del material, pero se puede reducir por medio de un óptimo manejo del sistema productivo, de una cosecha oportuna y de una correcta manipulación de las raíces comerciales (véase el capítulo 3 “Prácticas agronómicas en la producción de Agrosavia La 22”).

Figura 21. Porcentaje de raíces tuberosas moradas y rajadas en arracacha amarilla común y en Agrosavia La 22

Fuente: Elaboración propia





Rendimiento en lotes semicomerciales

Es importante aclarar que los datos aquí presentados corresponden a los resultados de investigaciones realizadas por el equipo técnico de AGROSAVIA en la zona productora de la especie. Para alcanzar el mejor potencial genético y productivo de la variedad, se aplicaron las siguientes recomendaciones: selección adecuada del lote, uso de estándares de calidad de semilla (genética, física, fisiológica y fitosanitaria), manejo agronómico y fitosanitario adecuado y oportuno, y cosecha en el momento ideal para conservar la calidad de las raíces comerciales en poscosecha. Adicionalmente, cada 30 días se evaluó el desarrollo vegetativo de las plantas con el registro de cinco variables: altura, ancho de copa (*canopy*), longitud del pecíolo de la hoja bandera, longitud y ancho de la hoja bandera y número de pecíolos.

Con el objetivo de determinar el comportamiento de la variedad en áreas de mayor extensión, se realizó la siembra en tres localidades: dos en el municipio de Cajamarca (La Leona, a 2062 ms.n.m., y El Ródano, a 2127 ms.n.m.) y una en Ibagué (Toche-Quebradas, a 2159 ms.n.m.). En cada localidad se estableció un área de 0,5 ha, con una densidad de siembra de 20 000 plantas/ha, a una distancia de 0,5m entre plantas y de 1m entre surcos. Las localidades fueron seleccionadas teniendo como referencia las condiciones climáticas (tabla 15) y la franja productora de los municipios, en un rango altitudinal de 1800-2200 ms.n.m., con la finalidad de conocer las diferentes respuestas productivas de la variedad.



Foto: Oscar Jair Rodríguez Rodríguez

Tabla 15. Condiciones climáticas en lotes semicomerciales

Localidad (m s. n. m.)	Altitud (m s. n. m.)	Humedad relativa (porcentaje)	Precipitación anual (mm/año)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)
La Leona	2062	81,9	777,8	28,7	8,6	18,7
Toche-Quebradas	2159	87,5	826,4	24,4	9,1	16,8

Nota: Los datos fueron obtenidos de la estación meteorológica automatizada Vantage Pro2 de AGROSAVIA.

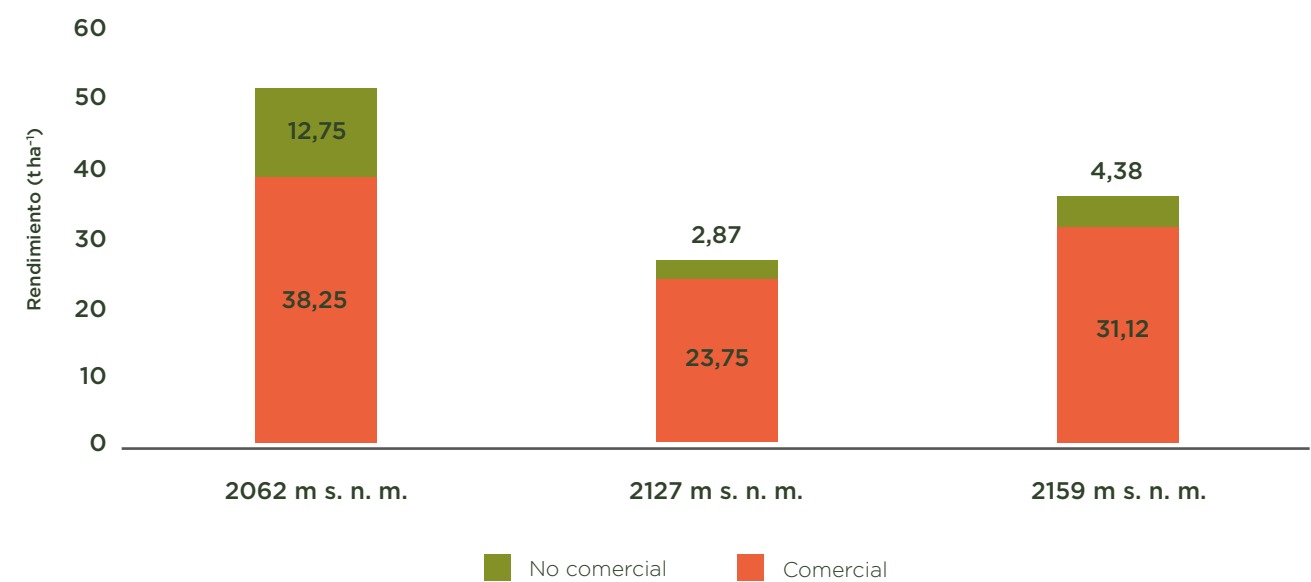
Fuente: Elaboración propia

Finalizado el ciclo productivo en la fase de *madurez*, las plantas fueron cosechadas y se evaluó el rendimiento comercial en 0,5 ha: se registró la producción total de nabos comerciales y no comerciales en 7000 plantas que llegaron con éxito a cosecha en cada una de las tres localidades. Los resultados indicaron que en la franja de 2062

a 2159 m.s.n.m. el rendimiento potencial promedio de Agrosavia La 22 fue de 31,04 tha¹ de nabos comerciales y 6,66 tha¹ de nabos no comerciales (figura 22). Es importante recordar que el rendimiento en nabos no comerciales fue favorecido por el porcentaje de nabos rajados, que se puede disminuir al realizar una cosecha oportuna del cultivo.

Figura 22. Rendimiento de raíces tuberosas en lotes semicomerciales de Agrosavia La 22

Fuente: Elaboración propia





Rendimiento en lotes florecidos

Durante el ciclo productivo de Agrosavia La 22, se observaron plantas florecidas en dos localidades de los lotes semicomerciales (La Leona, a 2062 m s. n. m., y El Ródano, a 2127 m s. n. m.). La floración en el lote ubicado a 2127 m s. n. m. se evidenció en dos momentos (véase el apartado “Floración”): floración en colino, que se observó en 138 plantas, y floración en fase de formación de raíces tuberosas, en 128 plantas, para un total de 266 plantas florecidas, que representaron el 3,8% de la población sembrada. Sin embargo, la localidad a 2062 m s. n. m. alcanzó un máximo de 0,53% de plantas florecidas.

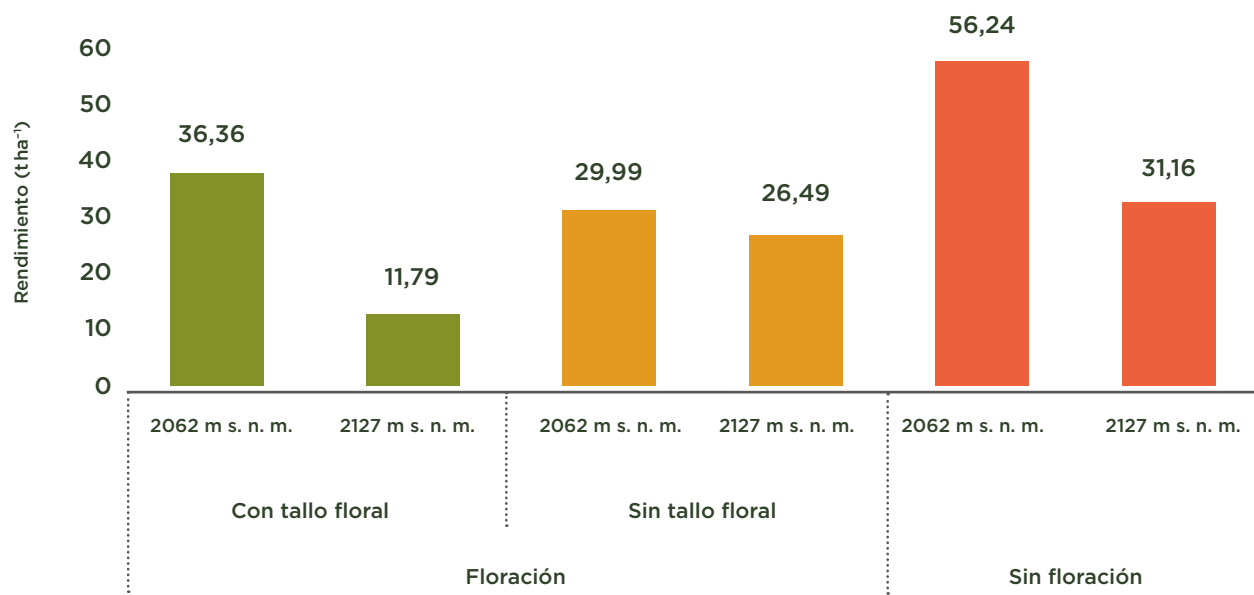
Las plantas que presentaron floración en colino no completaron su ciclo productivo. En el caso de las plantas con floración en fase de formación de raíces tuberosas, para realizar su seguimiento y conocer su efecto en la producción, se dividieron en dos grupos: en el primero, las plantas conservaron los tallos florales hasta cosecha, y en el segundo, fueron eliminadas las flores de

forma manual para evitar su generación nuevamente (Madeira et al., 2017). En el momento de la cosecha, se tomó la producción de las plantas sin florecer (gran parte de la población) contra la producción de las plantas que llegaron a cosecha florecidas y la producción de las plantas a las que se les eliminó el tallo floral.

Los resultados de rendimiento experimental para nabos comerciales (véase el apartado “Raíz tuberosa”) mostraron que las plantas que no presentaron floración durante su ciclo de vida alcanzaron en promedio 43,7 tha^{-1} , mientras que las plantas con floración (con y sin tallo floral) tuvieron en promedio 26,15 tha^{-1} , es decir, una reducción del 40,16% en producción. En este sentido, las plantas florecidas que mantuvieron el tallo floral hasta la cosecha presentaron en promedio 24,07 tha^{-1} , y las plantas con tallos florales eliminados, 28,24 tha^{-1} , para una disminución del 44,91% y el 35,37%, respectivamente, con respecto a las plantas no florecidas (figura 23).

Figura 23. Rendimiento experimental en lotes florecidos de Agrosavia La 22

Fuente: Elaboración propia





Análisis económico

El análisis económico se determinó con base en los costos de producción para una hectárea de arracacha amarilla común y de Agrosavia La 22 bajo las condiciones agroecológicas de Cajamarca e Ibagué. El análisis tuvo en cuenta los rendimientos promedio de raíces comerciales de amarilla común ($18,5 \text{ t ha}^{-1}$) y de Agrosavia La 22 ($31,9 \text{ t ha}^{-1}$) obtenidos en la PEA y en la prueba semicomercial exclusiva para la nueva variedad ($31,04 \text{ t ha}^{-1}$). El valor promedio del rendimiento obtenido en las dos pruebas para Agrosavia La 22 fue de $31,5 \text{ t ha}^{-1}$.

La estructura de costos para Agrosavia La 22 se fundamenta en los costos directos, que participan con el 84,81%, y los costos indirectos, con el 15,19%. Los primeros incluyen mano de obra (66,27%), insumos (12,13%) y equipos y herramientas (6,40%), y los segundos, arriendo del terreno (9,26%), costos financieros (4,24%) e imprevistos (1,70%) (tabla 16).

El análisis tuvo en cuenta los rendimientos promedio de raíces comerciales de amarilla común ($18,5 \text{ t ha}^{-1}$) y de Agrosavia La 22 ($31,9 \text{ t ha}^{-1}$) obtenidos en la PEA y en la prueba semicomercial exclusiva para la nueva variedad ($31,04 \text{ t ha}^{-1}$).

Tabla 16. Costos de producción para una hectárea de Agrosavia La 22 en las condiciones agroecológicas de Cajamarca e Ibagué (Tolima), 2019

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor por unidad (cop)	Valor total (cop)	Porcentaje
Costos directos				11908 387	84,81
Mano de obra de labores agrícolas					
Primer manejo químico de malezas (opcional)	Jornal	2	45 000	90 000	0,64
Preparación del terreno	Jornal	45	58 000	2 610 000	18,59
Corte de semilla (5 bultos/ha), 3500-4000 semillas	Bulto	5	42 500	212 500	1,51
Desinfección de semilla	Jornal	0,5	45 000	22 500	0,16
Producto desinfectante	Litro	3	2 100	6 300	0,04
Siembra y resiembra (pérdidas del 5 % en semilla)	Jornal	5	45 000	225 000	1,60
Manejo fitosanitario	Jornal	10,5	50 000	525 000	3,74
Fertilización edáfica (2 abonadas)	Jornal	8	45 000	360 000	2,56
Manejo químico de malezas en posemergencia	Jornal	6	45 000	270 000	1,92
Manejo manual de malezas	Jornal	13	45 000	585 000	4,17
Cosecha, acarreo, beneficio y empaque	Jornal	47	50 000	2 350 000	16,74
Transporte de diligencias de administración	Viaje	30	25 000	750 000	5,34
Transporte de flete de bestias	Carga	260	5 000	1 300 000	9,26
Subtotal				9 306 300	66,27
Insumos					
Fungicidas	Litro/kilo	1,18	No aplica	89 030	0,63
Insecticidas	Litro/kilo	2,64	No aplica	153 702	1,09
Fertilizantes edáficos	Bulto	13,74	No aplica	1 184 203	8,43
Herbicidas	Litro/kilo	8,34	No aplica	228 052	1,62
Coadyuvantes	Litro	2,21	No aplica	48 700	0,35
Subtotal				1 703 687	12,13
Equipos y herramientas					
Fumigadora manual*	Unidad	1	202 000	20 000	1,44
Fumigadora con motor*	Unidad	1	494 400	494 400	3,52
Palín	Unidad	1	17 000	17 000	0,12
Azadón	Unidad	5	25 000	125 000	0,89
Machete	Unidad	2	25 000	50 000	0,36
Lima	Unidad	2	5 000	10 000	0,07
Subtotal				898 400	6,40
Costos indirectos					
Arriendo del terreno (12-13 meses)	Hectárea/año	1	1 300 000	1 300 000	9,26
Costos financieros		0,05	595 419	595 419	4,24
Imprevistos		0,02	238 168	238 168	1,70
Subtotal				2 133 587	15,19
Costos totales				14 041 974	100

* Fumigadora manual, con depreciación a 5 años, y con motor, a 10 años. **Nota:** El valor del jornal fue asumido a todo costo según la labor agronómica. **Fuente:** Elaboración propia con base en Rodríguez Rodríguez et al. (2019)

Para producir una hectárea de Agrosavia La 22, se invierten en promedio 14 041 974 COP, y para amarilla común, 11 461 095 COP. Los costos de producción se incrementan en la nueva variedad en un 18,4% (2 580 880 COP) porque se hace una mayor inversión en los rubros de nutrición, cosecha y transporte, dado su rendimiento, que es superior al del material regional aproximadamente en un 41,3%. No obstante, al obtenerse mayor productividad por área, los costos de producción en toneladas/hectárea disminuyen en un 36,67% (257 358 COP) frente a la variedad amarilla común. De igual forma, se ha evidenciado

que los ingresos netos/hectárea para Agrosavia La 22 (26 829 402 COP) superan a los del material regional (12 542 730 COP), lo que genera una rentabilidad adicional del 13,39% dentro del sistema productivo, reflejada en una utilidad para el productor de 14 286 673 COP.

En comparación con la amarilla común, la arracacha Agrosavia La 22 requiere un menor costo unitario de producción, genera mayores ingresos y ofrece una mejor oportunidad costo-beneficio, por lo que representa una tecnología económicamente viable para el productor (tabla 17) (Rodríguez Rodríguez et al., 2019).

Tabla 17. Análisis económico de Agrosavia La 22 vs. amarilla común, 2019

Concepto	Amarilla común	Agrosavia La 22	Diferencia
Mano de obra (COP)	7 162 500	9 306 300	2 143 800
Insumos (COP)	1 435 450	1 703 687	268 237
Equipos y herramientas (COP)	898 400	898 400	0
Costos directos (COP)	9 496 350	11 908 387	2 412 037
Costos indirectos (COP)	1 964 745	2 133 587	168 842
Costos totales (COP)	11 461 095	14 041 974	2 580 879
Rendimiento (tha ⁻¹)	18,5	31,5	13
Costo de tha ⁻¹ (COP)	619 519	445 777	173 742
Precio de venta por tonelada (COP)	1 297 504	1 297 504	0
Ingreso bruto (COP)	24 003 824	40 871 376	16 867 552
Ingreso neto (COP)	12 542 730	26 829 402	14 286 672
Rentabilidad (porcentaje)	52,25	65,64	13,39
Punto de equilibrio (toneladas)	8,83	10,82	2,0
Relación costo-beneficio	2,09	2,90	0,81

Fuente: Elaboración propia con base en Rodríguez Rodríguez et al. (2019)



Foto: Jorge Enrique Villamil Carvajal



Modelo productivo de arracacha

(*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) Agrosavia La 22
para la región Andina de Colombia



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores



3

Prácticas agronómicas en la producción de Agrosavia La 22

Este capítulo presenta una serie de prácticas asociadas al manejo agronómico de **Agrosavia La 22**, en el cual se relacionan: selección del lote; preparación del terreno; selección; corte y desinfección de la semilla; fertilización del cultivo; control de arvenses; manejo integrado de plagas y enfermedades; y cosecha.



Clima y relieve

Agrosavia La 22 se sembró en los municipios de Cajamarca e Ibagué, localizados sobre la cordillera Central, en el occidente del departamento del Tolima (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2004), en áreas agroecológicas que presentan altitudes entre los 1800 y 2700 m.s.n.m., las cuales tienen un paisaje de montaña en clima frío húmedo y muy húmedo correspondiente a la zona de vida de bosque muy húmedo premontano y bosque húmedo montano bajo (Corporación Autónoma Regional del Tolima [Cortolima], 2006). Además, se presenta un relieve entre ondulado y fuertemente ondulado, entre quebrado y fuertemente quebrado, con pendientes superiores al 70 % y caracterizado por tener suelos derivados de ceniza volcánica, profundos, con buena permeabilidad y textura francoarenosa (figura 24) (IGAC, 2004). Agrosavia La 22 presentó adaptación en zonas con temperatura máxima de 27°C, temperatura mínima de 9,3°C, temperatura media de 18,1°C, humedad relativa promedio de 83,9 % y precipitación acumulada de 826,4 mm/año, con distribución bimodal (datos obtenidos de la estación meteorológica automatizada Vantage Pro2 de AGROSAVIA).

A continuación, se presentan prácticas de gran importancia para que Agrosavia La 22 tenga óptimos rendimientos. Las recomendaciones planteadas aseguran los resultados referenciados en este manual, por lo cual se hace hincapié en seguir lo sugerido.



↙ **Figura 24.** Paisaje característico de la zona agroecológica donde se produce arracacha en Cajamarca e Ibagué. **a.** Relieve ondulado y quebrado en la vereda Altamira (Cajamarca). **b.** Paisaje montañoso en la vereda Toque-Quebradas (Ibagué). **c.** Paisaje montañoso en el cañón de Anaime (Cajamarca).

Fotos: a. Carlos Giovanni Díaz; b y c. Diana De Mulder, Puntoaparte Editores



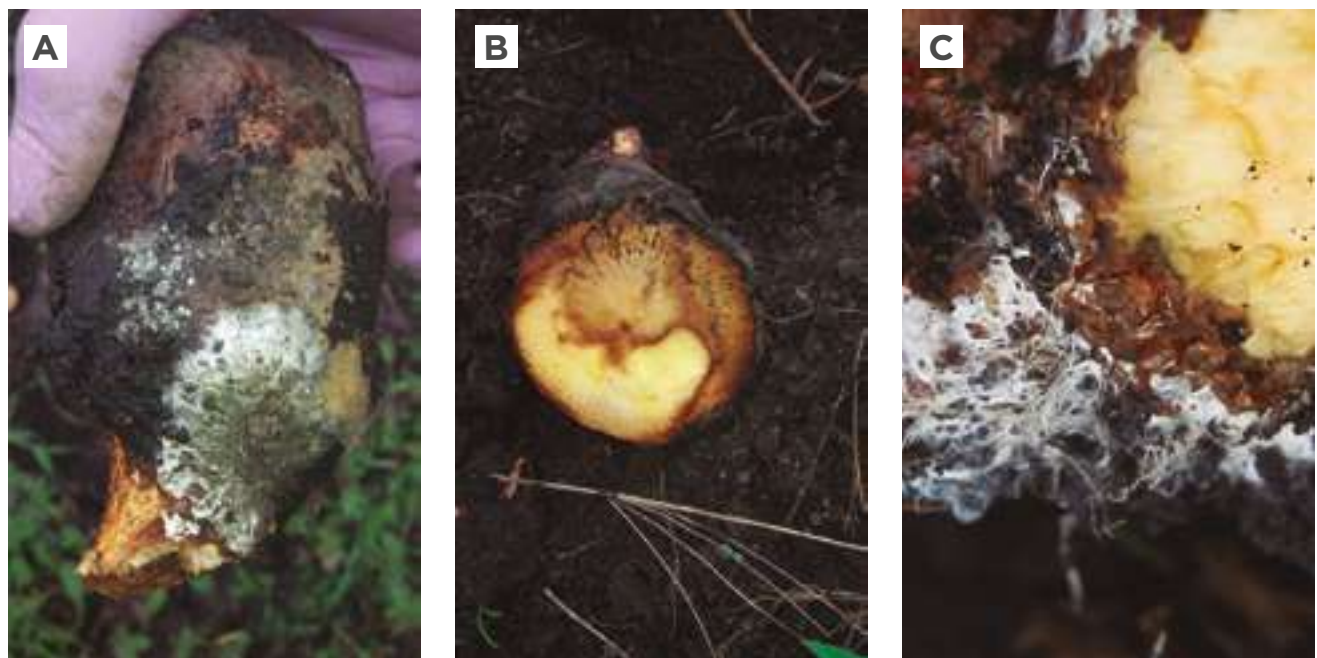


Selección del lote

Antes de iniciar la siembra de Agrosavia La 22, es importante tener información sobre el empleo dado anteriormente al terreno, así como sobre los cultivos que previamente hayan sido establecidos allí, con el fin de prevenir el incremento de patógenos y plagas encontradas en el suelo y que pudieran afectar el desarrollo normal del cultivo. Por esta razón, se recomienda la selección de lotes que no provengan de tala reciente

de árboles, pues promueven el incremento de hongos descomponedores, como *Rosellinia* sp., un hongo con apariencia de telaraña color blanco-grisáceo (figura 25c) que se observa en raíces tuberosas bien formadas (después de los 6 meses de edad) y que puede causar afectaciones, en promedio, al 30 % del área sembrada, con pérdidas hasta del 15 % de la producción de raíces comerciales (figuras 25a y 25b).

📌 **Figura 25.** Plantas de Agrosavia La 22 con afectación de *Rosellinia* sp. en raíces tuberosas. **a y b.** Raíces comerciales con afectación de *Rosellinia* sp.; **c.** Desarrollo de micelio blanco de *Rosellinia* sp. entre la cepa y la raíz.



Fotos: Ángela María Vargas Berdugo

En la selección de los lotes se pueden considerar terrenos ondulados o pendientes —evitando las zonas planas—, los cuales exigen una adecuación adicional consistente en la elaboración de zanjas de drenaje para disminuir la acumulación de humedad y, por lo tanto, el crecimiento

de hongos, como el moho blanco (*Sclerotinia* spp.), que causan pudrición en los colinos, la cepa y las raíces comerciales. En la figura 26 se observa la sintomatología de *Sclerotinia* spp. en Agrosavia La 22 y en cultivares sembrados en la zona (amarilla común y blanca).

📌 **Figura 26.** Síntomas ocasionados por el hongo del suelo *Sclerotinia* spp. en plantas de arracacha. **a y b.** Plantas de Agrosavia La 22 con marchitamiento y pudrición acuosa en cepa y desarrollo de estructuras del hongo de color negro; **c.** Arracacha amarilla común con pudrición acuosa en cepa y crecimiento del hongo en tonalidad blanca; **d.** Arracacha blanca con desarrollo del hongo de tonalidad blanca en colino y cepa.





Para el caso del complejo chisa, de la familia Melonithidae, es importante llevar a cabo muestreos para determinar su presencia, con el fin de evitar pérdidas de plantas durante la etapa de establecimiento. Para ello, se hace un recorrido en el lote en forma de zigzag, se seleccionan diez sitios por hectárea y en cada uno de ellos se cava una ca-

juela de 1 m² x 40 cm de profundidad (Vásquez & Sánchez, 2004). Otro momento para identificar los focos de chisa es el de preparación el terreno (ahoyado), que puede ser un buen indicativo para realizar su manejo oportuno (figura 27). Si en el muestreo se encuentra una alta población de larvas de chisa, se debe descartar ese lote.

📌 **Figura 27.** Larvas de chisa que afectan el cultivo de arracacha.



Fotos: Izquierda: Jorge Enrique Villamil Carvajal; derecha: Johanna Paola Garnica Montaña



Preparación del suelo

Cuando los lotes seleccionados para la siembra de Agrosavia La 22 provienen de hortalizas o cultivos como frijol, arveja o maíz, se recomienda no aplicar herbicidas y, en su lugar, reemplazarlos por una limpia con guadaña para facilitar la preparación del suelo. En terrenos establecidos con pastos y gramíneas, pueden usarse herbicidas generalmente a base del ingrediente activo glifosato con dosis de entre 7,5 y 12,5 ml/L de agua, y 30-45 días después se hace la preparación manualmente para disminuir las pérdidas de suelo por erosión hídrica y eólica. La siembra de las plantas de arracacha se realiza en caballones en forma de montículos de 0,5 m de alto x 0,5 m de ancho, formando surcos a través de la pendiente, con una distancia promedio de 1 m y 0,5 m entre plantas (figura 28).

📌 **Figura 28.** Preparación manual del terreno para siembra de arracacha. **a.** Surcos con curvas a nivel en zona ondulada. **b.** Montículos de suelo propios en la siembra de arracacha en Cajamarca e Ibagué (Tolima).

Fotos: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores





Preparación de la semilla asexual o colino

La semilla es un insumo clave para alcanzar rendimientos exitosos dentro del sistema productivo de arracacha; por lo tanto, es importante que el productor logre identificar semilla asexual con criterios de calidad genética, fisiológica, física y fitosanitaria para su posterior corte, desinfección y siembra.

Identificación, selección, corte y desinfección

De la adecuada selección de la semilla asexual (colino) depende el éxito del cultivo. Por tal razón, esta debe cumplir con características de calidad genética, fisiológica, física y fitosanitaria (Atencio Solano et al., 2019), para asegurar producciones rentables y una semilla de calidad en los siguientes ciclos. En la franja altitudinal de 1800 a 2200 m.s.n.m., el corte de la semilla se puede realizar a partir de los 10 meses, y entre los 2200 y 2700 m.s.n.m., después de los 11 meses. La figura 30 muestra el proceso de preparación de la semilla antes de la siembra en las cuatro siguientes fases:



A Identificación

En la zona de Cajamarca e Ibagué, generalmente la colecta de semilla para el siguiente ciclo inicia entre 15 y 30 días antes de la cosecha. La identificación inicia con la selección de las plantas madre, que deben tener hojas, colinos, cepa y raíces tuberosas totalmente libres de hongos, bacterias y daño por insectos, y no deben tener tallos florales vigorosos o secos.



B Corte

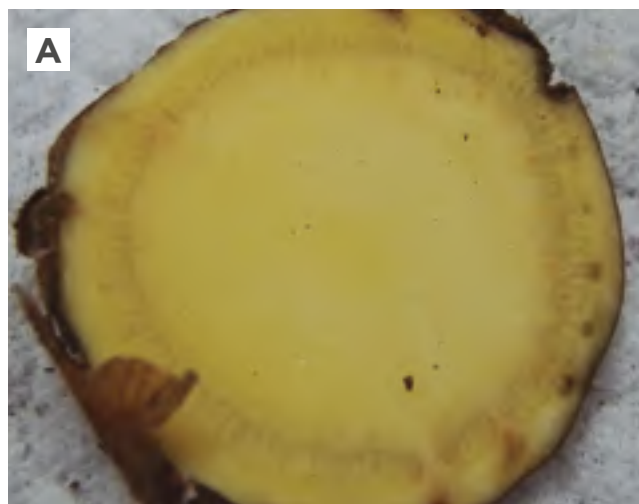
Los colinos se extraen de forma manual con la ayuda de elementos cortopunzantes (lámina delgada). Se recomienda asegurar dos anillos de cepa —la base en forma ovalada o redonda— y 4-6 cm de pecíolo. Para disminuir el porcentaje de floración en el siguiente ciclo, se sugiere descartar las dos o tres semillas dispuestas en la parte central y, una vez estén cortadas, no almacenarlas por más de 15 días.



C Selección

Se debe asegurar semilla asexual con buenas características genéticas (homogéneas), fisiológicas (con vigor y base ovalada o redonda), físicas (sin daños físicos) y fitosanitarias (sin síntomas de enfermedades y sin presencia de plagas). Es importante resaltar que una de las características de la semilla asexual de Agrosavia La 22 es el desarrollo de pigmentaciones de tono amarillo oscuro alrededor de los haces vasculares que no afectan la calidad de la semilla a propagar y son diferentes al desarrollo de síntomas de enfermedad (figura 29).

📌 **Figura 29.** Diferenciación en pigmentación de semilla asexual de Agrosavia La 22. **a.** Pigmentación uniforme del colino alrededor de los haces vasculares característica de la variedad; **b.** Semilla enferma con desarrollo de lesiones oscuras en diferentes puntos de la semilla



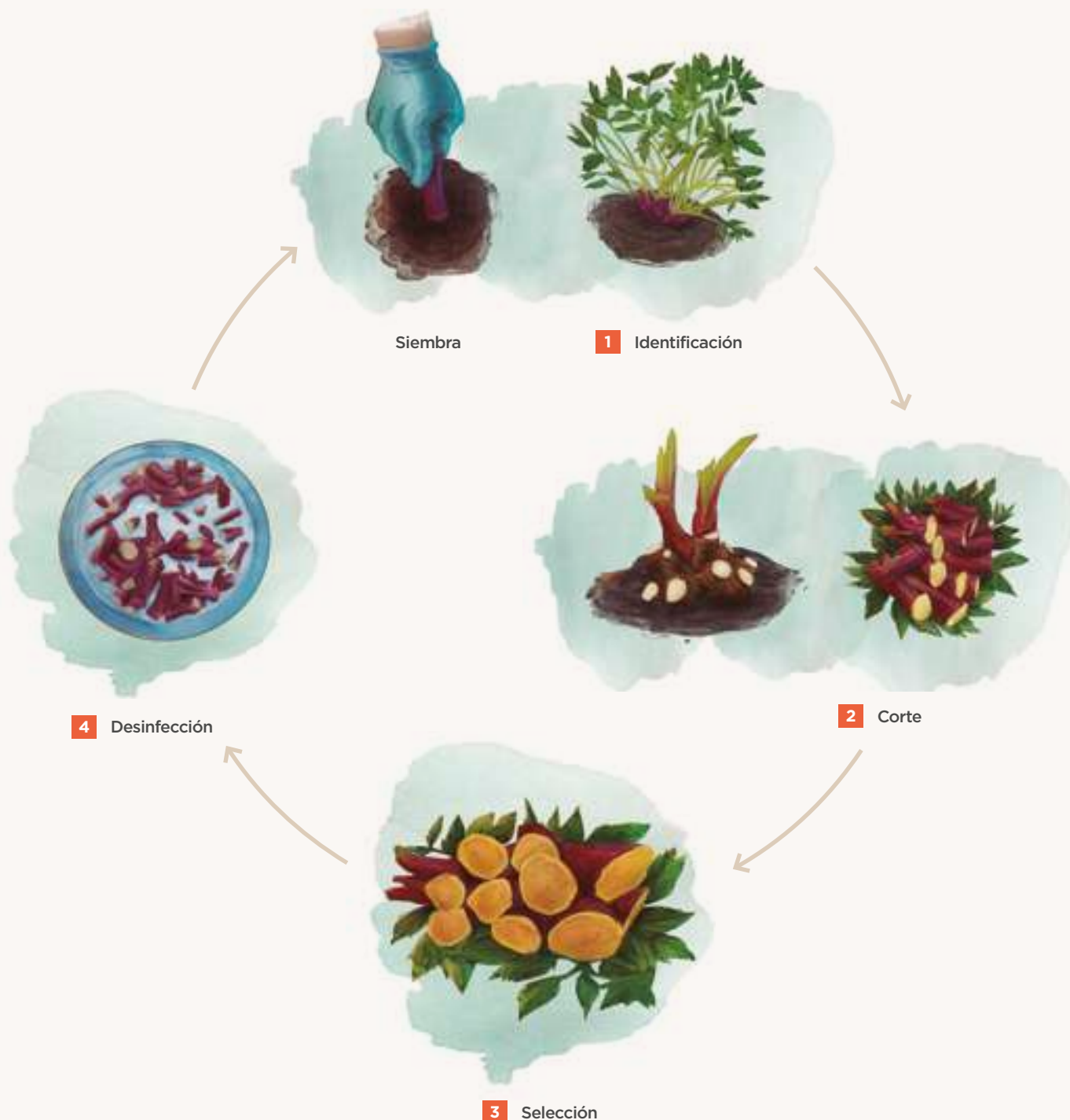
Fotos: Ángela María Vargas Berdugo



D Desinfección

inicialmente, las partículas de suelo adheridas a los colinos se retiran con agua limpia. Posteriormente, se sumergen los colinos durante 10 segundos en una solución de hipoclorito de sodio (blanqueador común) al 5% (dosis: 100 ml/L agua) o al 15% (dosis: 30 ml/L agua) y después se elimina el exceso con agua. Para que la desinfección tenga efecto sobre las plagas, se aconseja sumergir los colinos durante un minuto en una solución insecticida con clorpirifós (dosis: 2 g o ml/L de agua) o lambdacialotrina + tiametoxam (dosis: 0,5-1 ml/L agua). El tratamiento de la semilla disminuye los porcentajes de daño por chisa y trencilla, la propagación de áfidos y la afectación por enfermedades del suelo durante los primeros 15-30 días de desarrollo de la planta, y busca reducir las aplicaciones de fungicidas e insecticidas para hacer un uso racional dentro del sistema productivo.

Una vez se termina el proceso de preparación de la semilla, continua la siembra, que generalmente se practica de forma manual a una profundidad de **entre 2 y 3 cm** a partir del corte realizado en el pecíolo.



📌 **Figura 30.** Proceso de preparación de semilla asexual de arracacha

Fuente: Elaboración propia



Fertilización

Los planes de fertilización para el cultivo se deben elaborar con base en el análisis de fertilidad química de cada lote, los requerimientos nutricionales del cultivo, la zona altitudinal y las fuentes comerciales disponibles. Con base en lo anterior, el establecimiento de Agrosavia La 22 durante seis ciclos productivos (años 2013-2019) en Cajamarca e Ibagué, principalmente en la zona agroecológica ubicada entre 1800 y 2700 m.s.n.m., permitió la toma de muestras de suelos en diferentes lotes, las cuales fueron analizadas por el laboratorio de suelos y

aguas de AGROSAVIA, acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia [ONAC]. Los resultados de estos análisis permiten inferir una condición aproximada del estado actual de la fertilidad química de los suelos de la zona, caracterizados por presentar una reacción entre ligeramente ácida y moderada, porcentajes bajos-medios de materia orgánica, contenidos medios-altos de fósforo, bajos niveles de azufre, capacidad de intercambio catiónico baja, saturación de bases media-alta y fertilidad química moderada (tabla 18).

📌 **Tabla 18.** Fertilidad química media de los suelos de Cajamarca e Ibagué sembrados con Agrosavia La 22

Parámetro	Símbolo	Unidad	1800-2200 m.s.n.m.				2200-2700 m.s.n.m.	
			Cajamarca		Ibagué		Cajamarca	
			Valor	Interpretación	Valor	Interpretación	Valor	Interpretación
pH	pH	pH	6,29	Ligeramente ácido	6,00	Moderadamente ácido	5,84	Moderadamente ácido
Conductividad eléctrica	CE	dS/m	0,21	No salina	0,20	No salina	0,31	No salina
Materia orgánica	MO	Porcentaje	3,33	Bajo	4,29	Bajo	6,01	Medio
Fósforo* (Bray II)	P	mg/kg	66,39	Alto	27,72	Medio	20,58	Medio
Azufre*	S	mg/kg	3,23	Bajo	4,84	Bajo	5,73	Bajo
Acidez**	Al + H	cmol(+)/kg	0,00	Sin restricción	0,00	Sin restricción	0,00	Sin restricción

* Disponible; ** intercambiable.

Fuente: Elaboración propia con base en Castro y Gómez (2010)

Parámetro	Símbolo	Unidad	1800-2200 m.s.n.m.				2200-2700 m.s.n.m.	
			Cajamarca		Ibagué		Cajamarca	
			Valor	Interpretación	Valor	Interpretación	Valor	Interpretación
Aluminio**	Al	cmol(+)/kg	0,00	Sin restricción	0,00	Sin restricción	0,00	Sin restricción
Calcio**	Ca	cmol(+)/kg	7,68	Alto	8,13	Alto	5,99	Medio
Magnesio**	Mg	cmol(+)/kg	1,61	Medio	1,54	Medio	0,98	Bajo
Potasio**	K	cmol(+)/kg	0,43	Medio	0,33	Bajo	0,42	Medio
Sodio**	Na	cmol(+)/kg	0,10	Medio	0,15	Medio	0,10	Medio
Capacidad de intercambio catiónico	CICE	cmol(+)/kg	9,83	Bajo	8,99	Bajo	7,48	Bajo
Hierro* (Olsen)	Fe	mg/kg	209,43	Alto	78,74	Medio	188,02	Alto
Manganeso* (Olsen)	Mn	mg/kg	2,77	Bajo	2,40	Bajo	2,65	Bajo
Zinc* (Olsen)	Zn	mg/kg	3,20	Medio	1,64	Bajo	1,19	Bajo
Cobre* (Olsen)	Cu	mg/kg	2,66	Medio	1,29	Bajo	1,52	Bajo
Boro*	B	mg/kg	0,29	Bajo	0,31	Medio	0,21	Bajo

* Disponible; ** intercambiable.

Fuente: Elaboración propia con base en Castro y Gómez (2010)

La aplicación de fertilizantes para la nutrición del cultivo se realiza teniendo en cuenta el principio del manejo responsable de nutrientes, basado en cuatro requisitos (4R): fuente, dosis, momento (fase fenológica) y sitio correcto (International Plant Nutrition Institute [IPNI], 2013), enmarcados dentro del desarrollo de un sistema productivo sostenible que permita reducir el impacto sobre la calidad del suelo, el agua, el aire, las plantas y los animales.

En el cultivo de arracacha, el método de aplicación de los fertilizantes granulados se hace de

acuerdo con el relieve. En terrenos de ladera, se elabora una zanja en medialuna (figura 31a), y en terrenos planos, en corona (alrededor de la planta) (figura 31b), a una distancia y profundidad de 5 cm de la planta, y luego se cubre con suelo para disminuir las pérdidas por volatilización y lavado por lluvias; también se fertiliza de forma inyectada, por *drench*, que consiste en diluir el producto en agua de un día para otro y aplicarlo a 3 cm de la semilla durante las fases de emergencia y formación de hojas (0-120 días después de la siembra [DDS]) (figura 31c).

En el cultivo de arracacha, el método de aplicación de los fertilizantes granulados se hace de acuerdo con el relieve.

📌 **Figura 31.** Métodos de aplicación de los fertilizantes en el cultivo de arracacha. **a.** Fertilización en ladera; **b.** Fertilización en terrenos planos; **c.** Fertilización inyectada o *drench*.



Fotos: Carlos Giovanni Díaz Cubides

En la tabla 19 se sugiere un esquema para la fertilización edáfica de las plantas de arracacha en el que se incluye fase fenológica, fuente, porcentaje de la fuente y forma de aplicación en la planta. Si el productor decide abonar su cultivo con fertilizantes granulados, no es necesario el uso de abonos foliares, excepto cuando la planta presente deficiencias por elementos

secundarios como calcio, magnesio y azufre o deficiencias por elementos menores como manganeso, cobre, zinc y boro. Si se requiere su empleo, deben aplicarse cinco meses antes de la cosecha, con el fin de evitar un desbalance nutricional en la planta y el aumento de daños fitosanitarios en la semilla por el ataque de insectos plaga y enfermedades.

📌 **Tabla 19.** Abonado de plantas de Agrosavia La 22 para las condiciones de Cajamarca e Ibagué (Tolima)

Altitud (m s. n. m.)	Fase fenológica	DDS	Fuente	Porcentaje de la fuente	Método de aplicación
2200-2700	En el momento de la siembra	0	Cal dolomita, CaCO_3 (55%) y MgCO_3 (35%)	100 Ca + Mg	Corona o medialuna
	Emergencia	30-45	10-30-10/18-46-0		<i>Drench</i>
	Formación de hojas	90	18-46-0	80 N	Corona o medialuna
			40-0-0 + 6 (S)	70 P	
			0-0-60	40 K	
			Elementos menores	100	
	Formación de raíces tuberosas	180-210	18-46-0	20 N	
			0-0-60	30 P 60 K	
1800-2200	Emergencia	15-30	10-30-10/18-46-0		<i>Drench</i>
	Formación de hojas	60	10-30-10	80 N	Corona o medialuna
			40-0-0 + 6 (S)	70 P	
			0-0-60	40 K	
			Elementos menores	100	
	Formación de raíces tuberosas	150	10-30-10	20 N	
			0-0-60	30 P 60 K	

Fuente: Elaboración propia



Manejo de arvenses

El manejo de arvenses en el cultivo de arracacha debe integrar los controles manual y químico, con el fin de evitar el uso de herbicidas como única herramienta de control, pues, al ser empleados de forma indiscriminada, afectan la calidad de la semilla y causan impacto negativo sobre peces y otras especies animales, espejos de agua y el aire (Anzalone, 2008; Genta & Villamil, 1992; Ramos, 2012; Universidad Nacional Heredia de Costa Rica [UNA] & Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas [IRET], 2020).

Para conocer las arvenses asociadas al sistema productivo de arracacha, se adelantó un estudio de la población que crece de forma natural en las zonas agroecológicas de 1800-2200 ms.n.m. y 2200-2700 ms.n.m. La técnica de muestreo se realizó mediante la evaluación de densidad y cobertura, variables que permiten clasificar las

especies de arvenses según su nivel de importancia dentro de la población total. La primera fue definida como el número de individuos de una especie en un metro cuadrado, y la segunda fue expresada como el porcentaje de suelo cubierto por dicha especie en el metro cuadrado (Fuentes, 1986). La identificación de las arvenses se hizo con las claves taxonómicas del Herbario en línea del Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis (JJB, 2020), el compendio de especies invasivas del Centro de Biociencia Agrícola Internacional (CABI, 2020) y los estudios de Cayón Salinas y Mendoza (1989) y Reinoso et al. (2010). Los resultados evidenciaron cinco especies de importancia económica para la franja altitudinal de 1800-2200 ms.n.m. y siete especies para la de 2200-2700 ms.n.m. (tabla 20).

Para conocer las arvenses asociadas al sistema productivo de arracacha, se adelantó un estudio de la población que crece de forma natural en las zonas agroecológicas de 1800-2200 ms.n.m. y 2200-2700 ms.n.m.

Tabla 20. Arvenes de importancia económica en el sistema productivo de arracacha

Altitud (m.s.n.m.)	Nombre común	Nombre científico	Familia	Ciclo de vida
1800-2200	Batatilla	<i>Ipomoea</i> spp.	Convolvulaceae	Perenne
	Bledo	<i>Amaranthus</i> spp.	Amaranthaceae	Anual
	Cortadera	<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cyperaceae	Perenne
	Kikuyo	<i>Kikuyuochloa clandestina</i> (Hochst. ex Chiov.) H. Scholz	Gramineae (Poaceae)	Perenne
	Yaraguá	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	Poaceae	Perenne
2200-2700	Bledo	<i>Amaranthus</i> spp.	Amaranthaceae	Anual
	Bogotana	<i>Polygonum nepalense</i> Meisn.	Polygonaceae	Anual
	Cola de caballo	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	Equisetaceae	Perenne
	Cortadera	<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cyperaceae	Perenne
	Kikuyo	<i>Kikuyuochloa clandestina</i> (Hochst. ex Chiov.) H. Scholz	Gramineae (Poaceae)	Perenne
	Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i> L.	Polygonaceae	Perenne
	Plegadera	<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	Rosaceae	Perenne

Fuente: Elaboración propia

En el rango de 1800-2200 m.s.n.m., las arven- ses bledo, batatilla y cortadera presentaron la mayor densidad y cobertura, seguidas por ya- raguá y kikuyo (figuras 32 y 33). Estas espe- cies se caracterizan por tener un rápido creci- miento y por ejercer una fuerte competencia

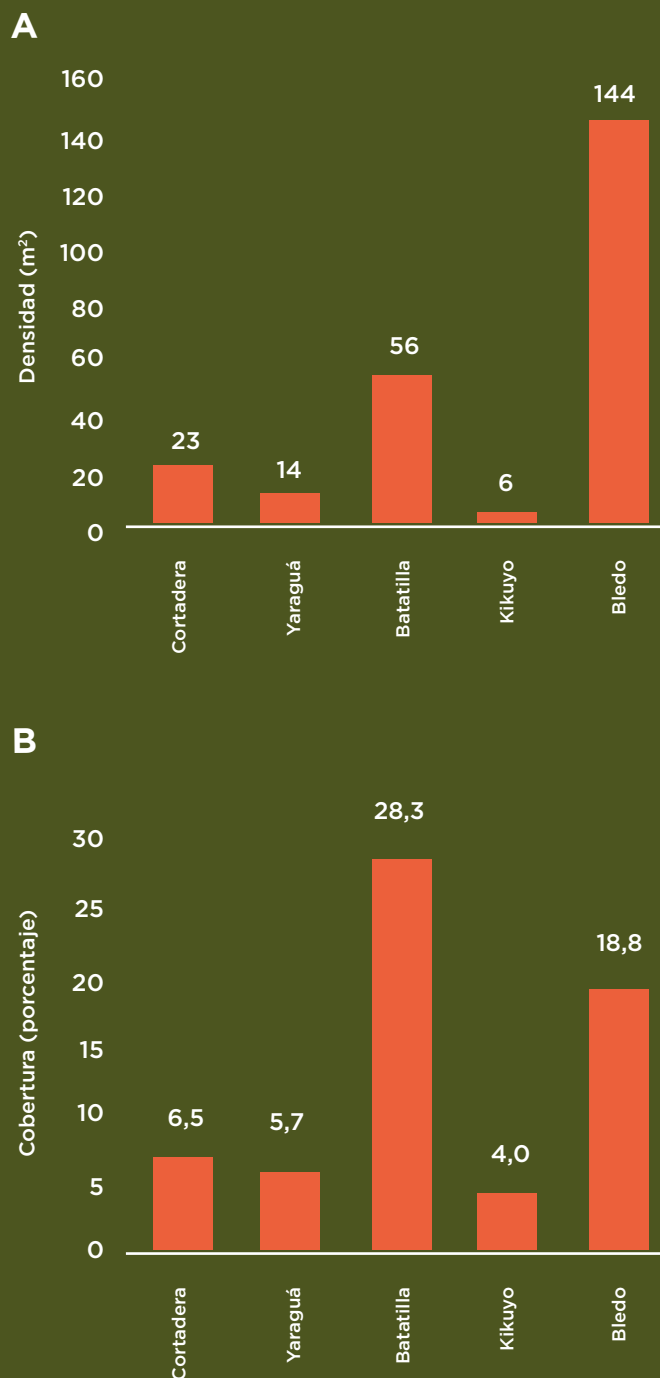
con el cultivo por agua, luz y nutrientes, lo que las convierte en limitantes durante las fases de emergencia, formación de hojas y formación de raíces tuberosas (0-180 DDTs); esta informa- ción es relevante en el momento de diseñar una estrategia de manejo.

Figura 32. Arvenses con mayor importancia en la zona agroecológica de 1800-2200 m.s.n.m. **a.** Cortadera (*Cyperus odoratus* L.); **b.** Kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina* [Hochst. ex Chiov.] H. Scholz); **c.** Yaraguá (*Melinis minutiflora* P. Beauv.); **d.** Batatilla (*Ipomoea* spp.); **e.** Bledo (*Amaranthus* spp.)



Fotos: a: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores b: Jorge Enrique Villamil Carvajal; c, d y e: Carlos Giovanni Díaz Cubides

Figura 33. Densidad y cobertura de arvenses de interés económico en la zona agroecológica de 1800-2200 m.s.n.m. **a.** Densidad; **b.** Cobertura



Fuente: Elaboración propia

En la franja altitudinal de 2200-2700 m.s.n.m., las especies bogotana, plegadera, kikuyo y cortadera representan el mayor daño económico en el cultivo, seguidas por bleado, cola de caballo y lengua de vaca (figuras 34 y 35). Para los dos rangos altitudinales existen tres especies en común (bleado, cortadera y kikuyo) que muestran gran capacidad de adaptación dentro del sistema productivo. Las especies bogotana, cola de caballo, plegadera y lengua de vaca, por el contrario, prefieren climas con menor temperatura y mayores precipitaciones para su óptimo desarrollo, por lo que son típicas de altitudes superiores a los 2200 m.s.n.m.

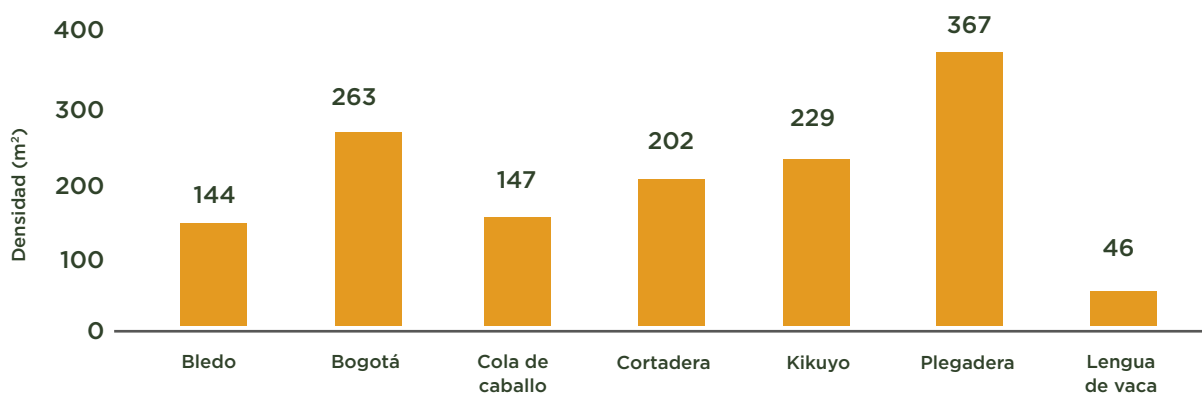
Figura 34. Arvenses con mayor importancia en la zona agroecológica de 2200-2700 m.s.n.m. **a.** Kikuyo (*Kikuyuochloa clandestina* [Hochst. ex Chiov.] H. Scholz); **b.** Cola de caballo (*Equisetum bogotense* Kunth); **c.** Cortadera (*Cyperus odoratus* L.); **d.** Bogotana (*Polygonum nepalense* Meisn.); **e.** Bleado (*Amaranthus* spp.); **f.** Plegadera (*Lachemilla orbiculata* [Ruiz & Pav.] Rydb.); **g.** Lengua de vaca (*Rumex crispus* L.)

Fotos: a, b y e: Carlos Giovanni Díaz Cubides; c y f: Jorge Enrique Villamil Carvajal; d y g: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

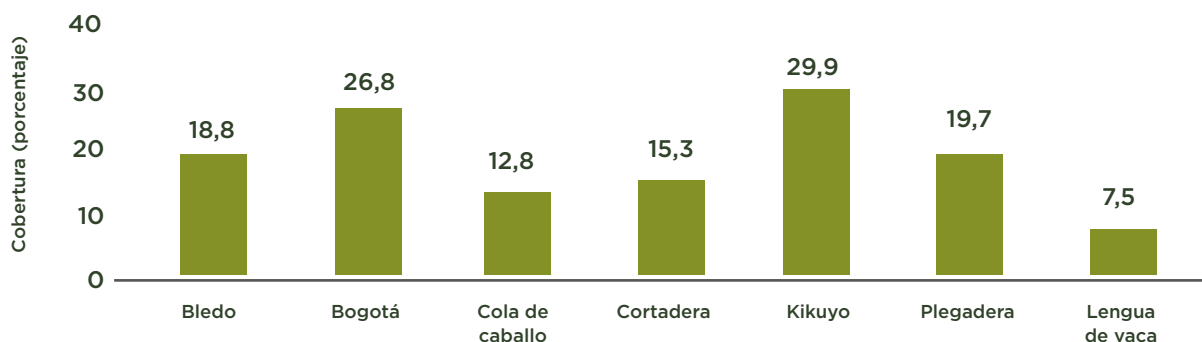


Figura 35. Densidad y cobertura de arvenses de interés económico en la zona agroecológica de 2200-2700 m.s.n.m. **a.** Densidad; **b.** Cobertura

A.



B.



Fuente: Elaboración propia

En el sistema productivo de arracacha, las arvenses juegan un papel muy importante, dada la presión que ejercen. Dentro de los costos totales de producción, el manejo de arvenses participa en promedio con el 8,4%. Cajamarca, por ser el principal productor a nivel nacional, establece grandes áreas bajo el sistema tradicional de monocultivo, lo que dificulta la aplicación de estrategias amigables con el me-

dio ambiente, como el control manual, labor que se hace económicamente insostenible por el elevado número de jornales, además de la escasez de mano de obra en la zona. Con base en estos antecedentes, los productores de la región han visto como alternativa de control el uso de herbicidas de síntesis química, pero no cuentan con asesoría especializada para hacer un uso racional y responsable de estos.



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

Las siguientes recomendaciones, acompañadas de tablas y esquemas prácticos e ilustrativos, se convierten en una herramienta de consulta como soporte al manejo integral de las arvenses, para ejercer un control eficiente en el lote con una mínima presión sobre el ambiente. En la figura 36 se muestra un esquema de manejo para arvenses en Agrosavia La 22 basado en la fenología del cultivo.

📌 **Figura 36.** Esquema para el manejo de arvenses en Agrosavia La 22, zona agroecológica de 1800-2700 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia



A FASE 1: Aplicación de productos selectivos + control manual

Este esquema presenta cinco fases

A FASE 1

Cuando las plantas se encuentran en emergencia (0-30 DBS), el control de arvenses inicia con el manejo químico, aplicando productos selectivos —como linurón (ingrediente activo)— de forma generalizada al lote; las arvenses que no respondan al herbicida deben ser eliminadas manualmente.



B FASE 2: Último control químico

B FASE 2

Cuando se evidencia la formación de hojas en la planta (30-120 DBS), se emplea el último control químico, que se hace con la mezcla de las moléculas diurón (ingrediente activo) y atrazina (ingrediente activo) en una relación 2:1, y si existe incidencia de pastos y gramíneas, se puede adicionar haloxyfop-R-metil (ingrediente activo) o fluazifop-P-butil (ingrediente activo) para evitar el empleo del glifosato.



C FASE 3: Control manual

C Fase 3

Cuando se da la formación de raíces tuberosas (120-180 DDS), se realiza manejo manual de arvenses hasta el cierre de calles del cultivo (5 a 7 meses); al respecto, otros materiales regionales lo hacen después de los 6-9 meses.



D FASE 4: Control manual

D FASE 4

Cuando las plantas inician el engrosamiento de nabos (180-300 DDS), se realiza un control manual para reducir la competencia con malezas y para que no se afecte su parte subterránea.



E FASE 5: Control natural

E FASE 5

Para la fase de madurez (300-330 DDS), las plantas han alcanzado buen vigor vegetativo, por lo cual se ejerce un control natural de las arvenses.

El control químico es una herramienta más en el manejo integrado de las malezas, y por lo tanto es de vital importancia conocer los herbicidas disponibles en el mercado, con el objetivo de darles un uso racional y responsable con el medio ambiente. Al utilizar esta estrategia de control, se deben tener en cuenta los siguientes criterios (Espinoza et al., 2013; Genta & Villamil, 1992):



Condiciones del clima: periodo (seco o lluvioso), temperatura y humedad relativa.



Tipo y humedad del suelo: franco, francolimoso, francoarenoso o francoarcilloso.



Especies de arvenses dominantes: hoja ancha (con nervadura como una red) o angosta.



Fase de desarrollo de las arvenses: vegetativa o floración.



Forma de reproducción: semilla, estolones, rizomas o bulbos.



Hospedero: huésped de plagas y enfermedades.

Con base en la experiencia en campo durante los seis ciclos productivos de Agrosavia La 22, se han logrado identificar algunos herbicidas de síntesis química con efecto sobre arvenses de impacto económico en el sistema productivo de arracacha bajo las condiciones de Cajamarca e Ibagué; sin embargo, la utilización de estos debe atender a las dosis recomendadas y a los tiempos establecidos por el equipo técnico.

La tabla 21 muestra una alternativa para el control de arvenses que, en conjunto con el control manual, hace un manejo integral y eficiente en el sistema productivo. Se muestran los ingredientes activos de herbicidas sistémicos probados con éxito en el cultivo según su fase fenológica; la dosis, expresada en ml/L o g/L de agua; la forma de aplicación; la residualidad en meses, relacionada con la acumulación de la molécula en las arcillas o la materia orgánica del suelo; el modo de acción del herbicida sobre la maleza, de acuerdo con los grupos químicos definidos por el Comité de Acción de Resistencia a Herbicidas [HRAC] como estrategia de rotación; el pH del agua para preparar la solución en tanque, y la categoría toxicológica del año 2000 según la Organización Mundial de la Salud [OMS] (Anzalone, 2008; Camacho Tamayo et al., 2003; Espinoza et al., 2013; Genta & Villamil, 1992; una & IRET, 2020).



Foto: Johanna Paola Garnica Montaña

📌 **Tabla 21.** Aspectos importantes para el manejo responsable de herbicidas en el cultivo de arracacha

Fase fenológica	Días	Ingrediente activo	Dosis/L de agua	Forma de aplicación	Residualidad en el suelo (meses)	Modo de acción (grupo del HRAC)	pH en agua	Categoría toxicológica
Preparación del suelo	30-60 días antes de la siembra	Glifosato**	7,5-12,5 ml	Lotes provenientes de pastoreo de ganado	1	Evita síntesis de aminoácidos aromáticos (grupo G)	4-5	
Emergencia	0-30 DDS	Linurón*	6-7,5 g	Aplicación generalizada (altura de las arvenses: <10 cm)	2-6	Inhibe el fotosistema II (grupo C2)	7	
Formación de hojas	30-120 DDS	Diurón*	4-5 g	En mezcla, previo a la floración de arvenses y en plantas de arracacha con un promedio de 7 hojas	3-12	Inhibe el fotosistema I/II (grupo C2)	7	III. Ligeramente tóxico
		Atrazina**	2-2,5 g		6-24	Inhibe el fotosistema II (grupo C1)	7	
		Fluazifop-P-butill*			1		4	
			2,5-3,75 ml			Impide síntesis de ácidos grasos (grupo A)		
		Haloxifop-R-metil*			1		5,5	II. Altamente tóxico

* Producto selectivo para arracacha; ** producto no selectivo para arracacha; pH en agua: pH para estabilidad del herbicida en agua.

Fuente: Elaboración propia

Recomendaciones generales para el manejo de herbicidas en arracacha

1. Controlar de forma manual las arvenses que no son eliminadas por los herbicidas después de los seis meses de edad.
2. Mantener una adecuada rotación de cultivos y eliminar arvenses de caminos y lugares que se puedan convertir en focos de reinfección, con lo cual se conservarán los niveles mínimos de semillas de arvenses (Genta & Villamil, 1992).
3. Realizar máximo dos aplicaciones de herbicidas en posemergencia durante el ciclo del cultivo.
4. No usar herbicidas excesivamente ni aplicarlos poco tiempo antes de la cosecha, pues esto podría provocar la pérdida en la calidad de la semilla, ya que estos son residuales en el suelo y se absorben por hojas y raíces. Además, la permanencia en el suelo facilita su arrastre por las lluvias (Anzalone, 2008), lo que exige conservar las distancias de aplicación terrestre con un mínimo de 10 m entre plantas y ríos, quebradas, lagos o cualquier otra fuente hídrica, para evitar su contaminación (Ramos, 2012).
5. Herbicidas como diurón y atrazina controlan principalmente arvenses de hoja ancha, pero no son selectivos para el cultivo, por lo que es importante evitar el contacto del producto con la planta de arracacha.
6. Los graminicidas haloxyfop-R-metil y fluazifop-P-butil son dos alternativas viables para el reemplazo del herbicida glifosato, dada su selectividad sobre el cultivo; sin embargo, no es recomendable su aplicación cerca de las plantas de arracacha, porque genera afectación media sobre el tejido foliar.



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

7. En suelos arenosos, utilizar las dosis bajas de los herbicidas, y en los arcillosos, las dosis altas.
8. Usar boquillas de abanico o cortina, pues producen gotas medianas-grandes. Se recomienda aplicar con vientos de 3,5 a 6 km/hora (la brisa se siente en la cara y las hojas de las plantas se mueven), evitando trabajar dentro de la nube de aspersión para reducir el riesgo de intoxicación y disminuir la deriva sobre cultivos vecinos o sobre la misma planta de arracacha con herbicidas no selectivos (Ramos, 2012).
9. Emplear agua limpia, ya que la materia orgánica y las arcillas presentes en esta bloquean el ingrediente activo y cortan la mezcla (Ramos, 2012).
10. En el momento de hacer la mezcla en el tanque, verificar en la etiqueta del herbicida el valor de pH. Si tiene un pH de 7, para su estabilidad en agua no requiere corrector de pH, pero si, por el contrario, el pH está entre 4 y 5,5, debe adicionarse al inicio de la mezcla para optimizar la aplicación (tabla 22). En los casos en los que no se corrige el pH, como alternativa se puede utilizar, al final de la mezcla, un producto tensoactivo para disminuir la tensión superficial de la gota de agua del asperjado y aumentar su cobertura sobre la superficie de la hoja.
11. Tener en cuenta el orden de la mezcla en el momento de incorporar el herbicida en el tanque, bajo el criterio de agregar al inicio los productos de menor solubilidad y al final los de mayor solubilidad (tabla 22) (Espinoza et al., 2013).
12. Efectuar la aplicación de los herbicidas en días poco soleados, ya que la mayoría de las arvenses cierran sus estomas para reducir la pérdida de agua, y con suelos húmedos, para que el producto se mueva hacia las arvenses.





Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)

El manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) es una herramienta que plantea el empleo de distintos métodos de control para su tratamiento en los cultivos. El MIPE no se limita únicamente al uso de plaguicidas; también hacen parte de este los recursos existentes en el campo, como organismos benéficos (Carrillo et al., 2012), la biología de la plaga, la rotación de cultivos y las labores culturales apropiadas, entre otros (Navarro Montes, 2010).

El control de plagas y enfermedades en el cultivo de arracacha depende de las condiciones climáticas existentes durante su ciclo. En Cajamarca e Ibagué, en los meses secos, las precipitaciones disminuyen y se incrementa la temperatura promedio por día, lo que aumenta las poblaciones de plagas asociadas a la parte aérea de la planta, entre ellas, chupadores, como ácaros y áfidos, y raspadores de hoja, como los trips, que crecen en las primeras etapas de desarrollo vegetativo sobre los brotes jóvenes generando el marchitamiento foliar prematuro y alteraciones en el desarrollo adecuado de las plantas. En épocas de lluvia se aumentan las afectaciones por hongo en las hojas causadas por los hongos *Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp. y *Cercospora* sp.

Dentro del MIPE está incluido el control químico, y por ello es importante tener claro que los

plaguicidas son productos de origen químico o biológico, se emplean para prevenir, repeler, controlar o destruir plagas y se agrupan con base en el blanco biológico que controlan: fungicidas (hongos), insecticidas (insectos), herbicidas (arvenses), acaricidas (ácaros), molusquicidas (caracoles y babosas), nematicidas (nemátodos) y rodenticidas (ratones). La formulación comercial de los plaguicidas está dada por el ingrediente activo (responsable del efecto biológico sobre la plaga) y el aditivo (coadyuvante), que puede ser una sustancia sólida, líquida o gaseosa y sirve para mejorar su acción, evitar la degradación, disminuir los riesgos de intoxicación y facilitar su uso. El ingrediente aditivo define la formulación comercial de los plaguicidas (Duwest Colombia, 2013; Ramos, 2012).

En las labores de control fitosanitario es común el uso de mezclas de plaguicidas para optimizar recursos y potencializar el efecto sobre las plagas. La tabla 22 muestra alternativas para su mezcla en el tanque de aplicación, con base en su formulación comercial, en aras de mejorar su compatibilidad química y física y, por ende, su efecto de control en campo. No obstante, si existen dudas sobre determinado producto o es la primera vez que se emplea, se sugiere consultar la ficha técnica del producto antes de realizar algún tipo de prueba de compatibilidad a pequeña escala.

📌 **Tabla 22.** Orden de mezclas en el tanque de aplicación y formulación de plaguicidas

Orden de la mezcla	Formulación	Código	Concepto
Primero	Regulador de pH	No aplica	Regula el agua para aplicación de plaguicidas cuando el pH* requerido es menor de 7.
Segundo: productos insolubles	Suspensión concentrada	SC	- Partículas sólidas dispersas en un líquido que no se disuelven en este. - El sólido se sedimenta, por lo que requiere agitación para su uso.
	Gránulos dispersables en agua	WG	
	Granulado	GR	
	Polvo mojable	WP	
	Microencapsulados	CS	
Tercero: productos emulsionables	Concentrado emulsionable	EC	- Líquido disperso en otro líquido: forman dos capas separadas (p. ej., leche + crema). - Agitar para su empleo. - Mezclados en agua, tienen apariencia de leche.
	Emulsión: aceite en agua	EW	
	Emulsión: agua en aceite	EO	
Cuarto: productos solubles	Polvo soluble en agua	SP	- Sustancia líquida o sólida que forma una sola fase con el agua (p. ej., sal diluida en agua). - La mezcla se observa transparente.
	Líquido concentrado soluble	SL	
Último	Surfactantes, adherentes y penetrantes	No aplica	- Surfactante: reduce la tensión superficial de la gota para mejorar su cubrimiento. - Adherente: retiene más producto sobre la hoja, disminuyendo el lavado. - Penetrante: aumenta la absorción de los plaguicidas sistémicos.

* El pH mide la acidez o la alcalinidad de una solución mediante una escala de 0 a 14.

Fuente: Elaboración propia con base en Compañía Nacional de Chocolates (2019), Espinoza et al. (2013) y Ramos (2012)

Para el manejo de las limitantes sanitarias que afectan a Agrosavia La 22 se requiere una menor cantidad de insumos químicos (tabla 23), en especial porque es una planta con buen vigor vegetativo, es menos atrayente de insectos plaga

como trips y áfidos y expresa un menor grado de afectación de enfermedades en hojas y pecíolos principalmente por los hongos *Alternaria* sp., *Cercospora* sp. y *Colletotrichum* sp. en comparación con otros materiales regionales.

📌 **Tabla 23.** Eficiencia en el uso de plaguicidas y labores agronómicas en Agrosavia La 22 con respecto a materiales regionales

Uso	Plaguicidas/actividad	Ahorro (porcentaje)
Plaguicidas	Fungicidas	30
	Insecticidas	21
	Herbicidas	25
Labores agronómicas del cultivo	Manejo manual de arvenses	14
	Manejo químico de arvenses	20
	Aplicación fitosanitaria	28

Fuente: Elaboración propia

Respuesta a enfermedades foliares

El manejo fitosanitario de los problemas localizados en hojas y pecíolos de la planta tiene una participación del 3,67% dentro del total de costos de producción para Agrosavia La 22. Tradicionalmente, los productores dirigen el control a un complejo de hongos conocidos comúnmente como *hielo* (*Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp. y *Cercospora* sp.). Este apartado del manual da a conocer los síntomas ocasionados en la planta, su forma de diseminación, la afección del área foliar y una propuesta de manejo integrado en aras de hacer un uso racional de los fungicidas.

Las especies de la familia Apiaceae o Umbelliferae, a la cual pertenece la arracacha, son comúnmente afectadas en su parte aérea (hojas y pecíolos) por tres diferentes hongos fitopatógenos: *Colletotrichum* sp., *Alternaria* sp. y *Cercospora* sp.

Agrosavia La 22 tiene mayor desarrollo vegetativo en comparación con los materiales regionales cultivados en las zonas agroecológicas de Cajamarca e Ibagué; por tanto, se podría pensar que este dosel genera condiciones adecuadas para el desarrollo de enfermedades foliares. Para corroborar esta hipótesis y entregar a los productores las recomendaciones específicas de la variedad, se realizó la medición de enfermedades durante el desarrollo vegetativo de esta y se comparó con cultivares regionales (amarilla común y yema de huevo); las plantas fueron sembradas en la PEA, en cinco localidades (El Águila, La Alsacia, La Leona, Las Hormas y Toche-Quebradas), con una diferencia altitudinal de 50m en promedio (tabla 5) y a una densidad de siembra de 20 000 plantas/ha.

Colletotrichum sp. (Corda) es causante de enfermedad en los pecíolos de las hojas (figura 37) y *Alternaria* sp. (Nees) y *Cercospora* sp. (Fresen. ex Fuckel) afectan las hojas (figura 38). En conjunto, los tres hongos causan síntomas que localmente se conocen como *hielo*.

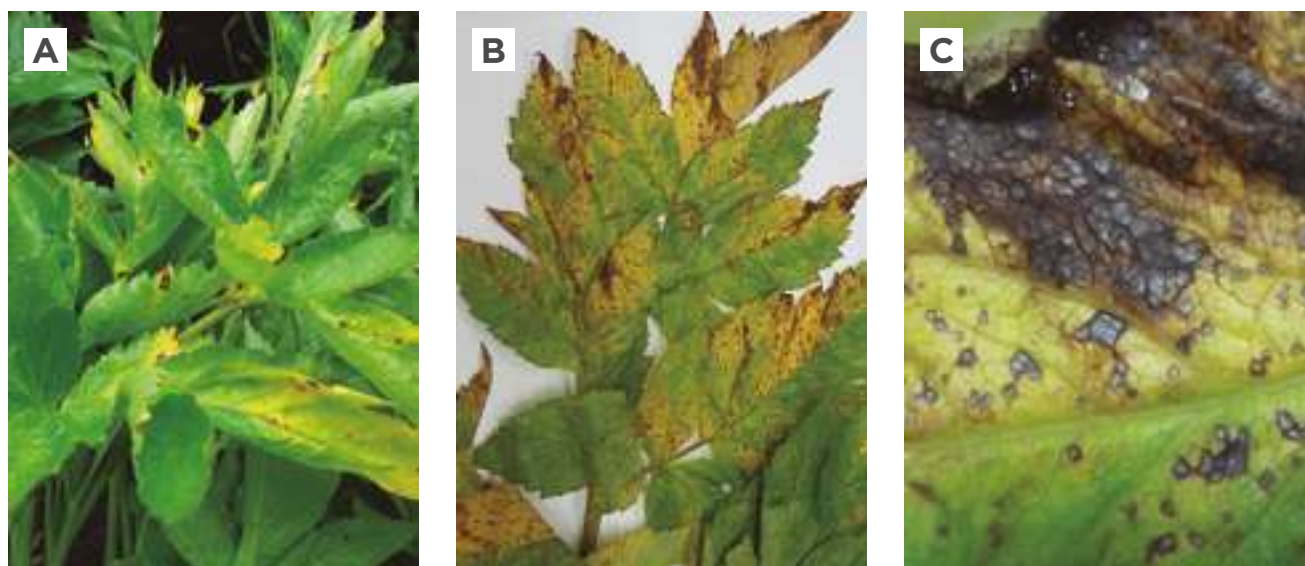
📌 **Figura 37.** Lesiones ocasionadas por la infección del hongo *Colletotrichum* sp. (Corda) en arracacha. **a.** Lesiones longitudinales en etapas iniciales en los pecíolos de las hojas; **b.** Lesiones avanzadas en un mayor número de pecíolos; **c.** Detalle de lesiones necróticas a partir de las cuales proliferan los propágulos del hongo.

Fotos: Ángela María Vargas Berdugo



📌 **Figura 38.** Lesiones mixtas en la lámina foliar causadas por los hongos de los géneros *Alternaria* sp. (Nees) y *Cercospora* sp. (Fresen. ex Fuckel). **a.** Etapas iniciales de desarrollo de las lesiones se evidencian en hojas no senescentes como puntos de color café rodeados por aclaramiento foliar; **b.** Etapa intermedia de la enfermedad en la que las lesiones oscuras se unen y se extiende el amarillamiento y senescencia foliar; **c.** Acercamiento de las lesiones que causan el marchitamiento temprano de las hojas.

Fotos: Ángela María Vargas Berdugo



Estos tres hongos proliferan en la medida en que se produce el desarrollo vegetativo de las plantas, principalmente en temporadas de lluvia y alta humedad relativa (Ekman & Tesoriero, 2015). Aun cuando se desarrollan de manera óptima a los 28 °C, los tres hongos pueden infectar la parte aérea de la planta en un amplio rango de temperatura que va desde los 13 hasta los 32 °C (Jain et al., 2019). El crecimiento vegetativo de las plantas se expresa en el aumento del dosel (área foliar), lo cual genera un microambiente favorable para el establecimiento de estos hongos, permitiéndoles el desarrollo de su ciclo de vida e infección, ya que se incrementa la humedad relativa y los protege de la desecación (Launay et al., 2014). Además, al aumentar

el contacto entre plantas, se favorece su diseminación, pues encuentran tejido susceptible a menor distancia.

Las enfermedades ocasionadas por estos tres hongos pueden ser controladas a través de la aplicación de fungicidas sistémicos o de contacto en aquellos casos en los que los niveles de la enfermedad o el porcentaje de severidad superan el 10%, a partir del cual es posible la afectación de la tasa fotosintética de la planta y, en consecuencia, de la calidad de la raíz comercial. No obstante, existen diferencias en los niveles de enfermedad causados por estos hongos, pues estos niveles están principalmente asociados a las características varietales de los materiales que se emplean en las diferentes zonas agroecológicas (Gugino et al., 2007).



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

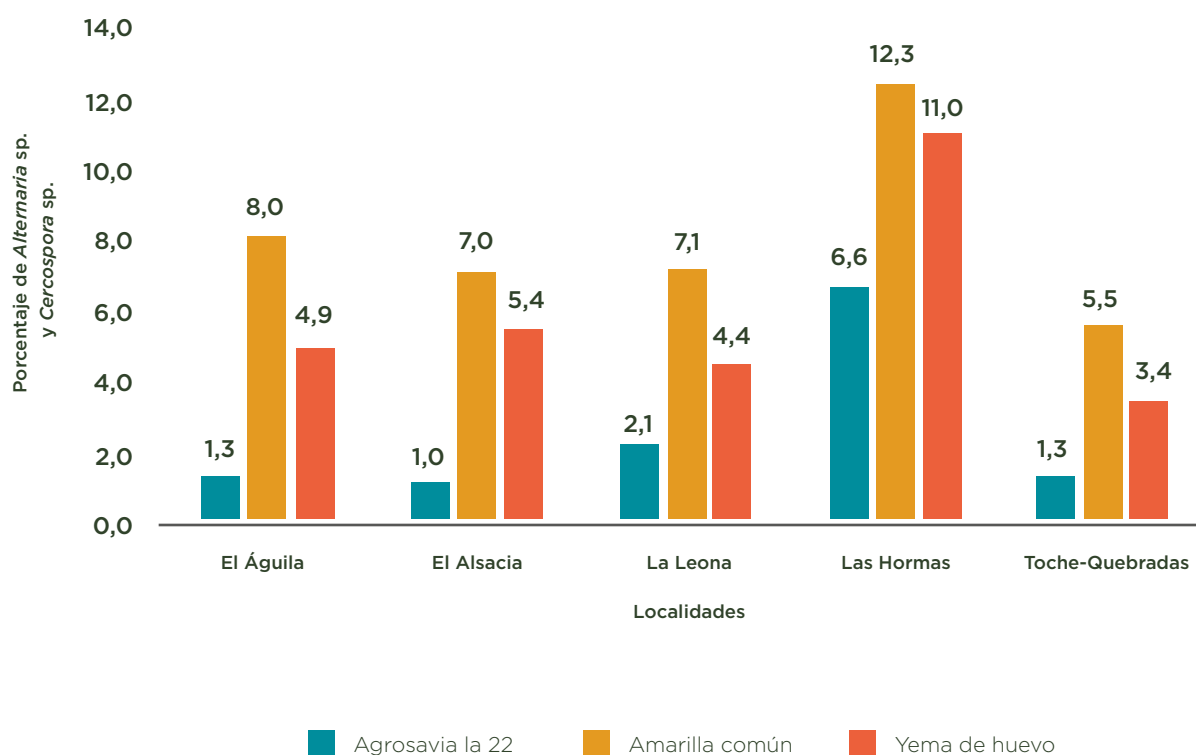
Evaluación de severidad de enfermedades foliares

Para conocer la respuesta de Agrosavia La 22 a estos hongos, se realizó el monitoreo del porcentaje de severidad o daño causado por *Colletotrichum* sp. en pecíolos y por *Alternaria* sp. o *Cercospora* sp. en hojas.

Los resultados evidenciaron que Agrosavia La 22 también es afectada por estos hongos, pero el porcentaje de daño es inferior al compararla con las variedades regionales en las diferentes localidades evaluadas (figuras 39 y 40). La localidad de Las Hormas, con una altitud de 2536 ms.n.m.

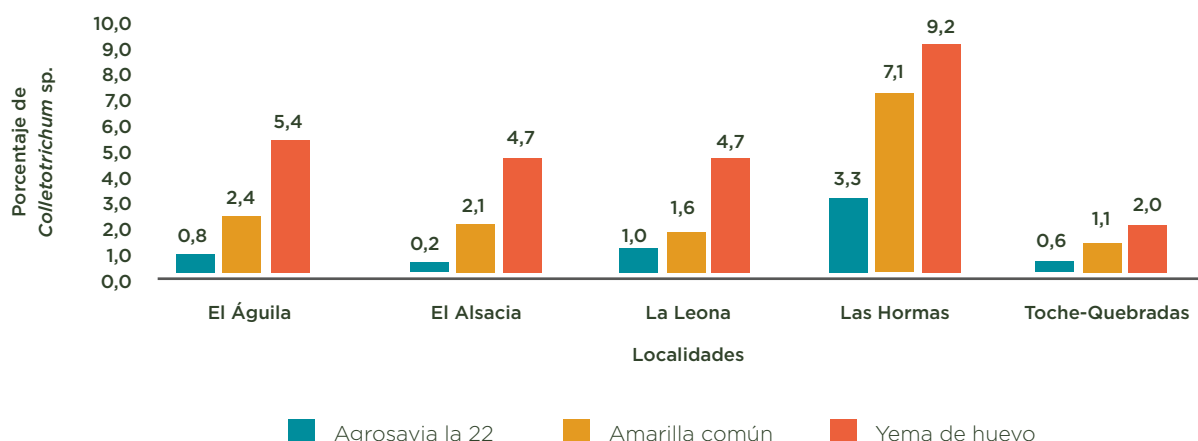
y condiciones conducentes de enfermedad, presentó el mayor porcentaje de severidad para todos los materiales en comparación con las demás localidades. A pesar de ello, Agrosavia La 22 no superó el 6% de afectación aérea en hojas y el 3,3% en pecíolos. Respecto a las cuatro localidades restantes, el porcentaje de severidad en hojas de Agrosavia La 22 no superó el 2,1%, y el daño en pecíolos no superó el 1%, por lo que la variedad mantuvo porcentajes inferiores de enfermedad en relación con los materiales regionales.

Figura 39. Porcentaje promedio de severidad de lesiones en hoja ocasionadas por *Alternaria* sp. o *Cercospora* sp. en Agrosavia La 22 y cultivares regionales en cinco localidades



Fuente: Elaboración propia

Figura 40. Porcentaje promedio de severidad de lesiones en pecíolos ocasionadas por *Colletotrichum* sp. en Agrosavia La 22 y cultivares regionales en cinco localidades

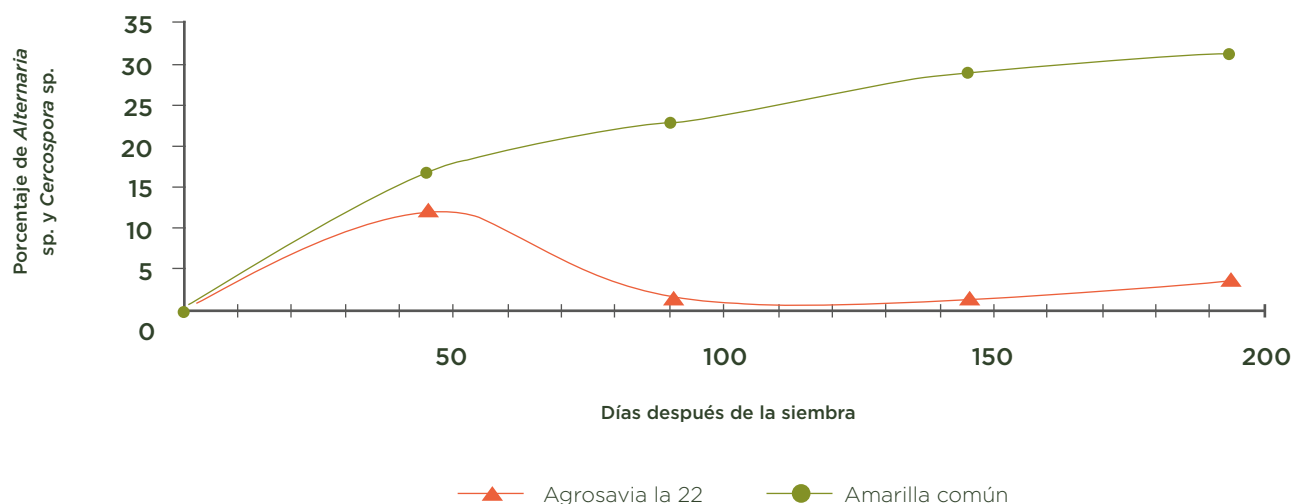


Fuente: Elaboración propia

Además del bajo porcentaje de severidad de las enfermedades foliares en la PEA en las diferentes localidades, también fue posible establecer su fluctuación en los primeros 200 días de la etapa vegetativa, momento en el que Agrosavia La 22 produce abundante desarrollo foliar, también en comparación con la respuesta de un material regional. En el experimento se siguieron las prácticas de manejo del productor. Durante los

primeros 50 días, en Agrosavia la 22 se produce un incremento de tizones foliares que alcanza un 10% de severidad; no obstante, posteriormente decrece y no supera el 5%, en contraste con la variedad regional, en la que el porcentaje de severidad aumenta progresivamente hasta el 30% (figura 41). Esta afección del área foliar puede comprometer la tasa fotosintética y, de manera indirecta, el llenado de la raíz comercial.

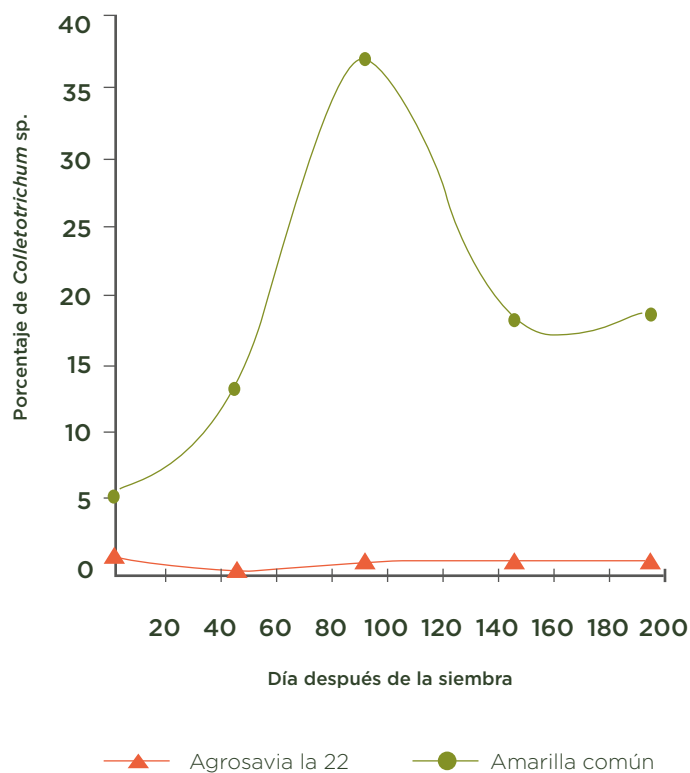
Figura 41. Progreso de daño en hojas por *Alternaria* sp. y *Cercospora* sp. durante los 200 primeros días de desarrollo vegetativo de las plantas



Fuente: Elaboración propia

En relación con el porcentaje de daño en los pecíolos, Agrosavia La 22 tiene un comportamiento diferencial respecto a la variedad regional. En este caso, en el material regional se produce un incremento gradual del porcentaje de daño que alcanza, a los 90 días, un 35 %, se reduce al 15 % en el día 150 y permanece constante. En contraste, Agrosavia La 22 no supera el 5 % de daño durante los 200 días (figura 42).

Figura 42. Progreso de daño en pecíolos por *Colletotrichum* sp. durante los 200 primeros días de desarrollo vegetativo de las plantas



Fuente: Elaboración propia

De esta manera, es posible afirmar que Agrosavia La 22, a pesar de tener plantas con abundante vigor vegetativo, expresa tolerancia a *Alternaria* sp., *Cercospora* sp. y *Colletotrichum* sp. de manera diferencial con respecto a las variedades regionales, lo cual fue corroborado en cinco localidades a diferentes alturas.



Foto: Oscar Jair Rodríguez Rodríguez

Control de enfermedades foliares

El manejo de las enfermedades ocasionadas por los hongos *Alternaria* sp., *Cercospora* sp. y *Colletotrichum* sp. en el cultivo de arracacha se hace de manera integral, involucrando las prácticas de control cultural, el uso de bioextractos en plantas con bajo porcentaje de severidad de daño y, como última alternativa, la opción química. Los fungicidas se rotan con base en el grupo químico del ingrediente activo, teniendo en cuenta su modo de acción sobre el blanco biológico y

siguiendo la clasificación del Comité de Acción de Resistencia de Fungicidas España (FRAC España, 2019) (tabla 24). Los fungicidas se aplican teniendo en cuenta las siguientes premisas:

1. Productos protectantes o de contacto, cuando se alcanza el 2% de afectación en el tejido foliar.
2. Fungicidas sistémicos, cuando las condiciones del clima provocan afectaciones superiores al 10 %

📌 **Tabla 24.** Manejo integrado de enfermedades foliares en el cultivo de Agrosavía La 22

Cultural	Biológico	Químico			
Práctica	Extracto	Movimiento en la planta	Ingrediente activo (modo de acción)	Dosis baja/L*	Dosis alta/L*
• Selección y desinfección de semilla • Control de arvenses • Eliminación de hojas senescentes • Nutrición con niveles ideales de calcio y boro • Drenaje en zonas planas • No pasar de lotes afectados a lotes sanos • Desinfección de herramientas • Eliminación de residuos de cosecha	• Arbusto japonés (<i>Reynoutria sachalinensis</i>) (grupo P5) • Producto protectante (3-4 ml/L)	Protectante o contacto	Oxicloruro de cobre (grupo M01)	2 g	3 g
			Mancozeb (grupo M03)	1,5 g	2 g
			Clorotalonil (grupo M05)	1 ml	2 ml
		Sistémico	Difenoconazol (grupo G1)	0,75 ml	1,25 ml
			Azoxistrobina + difenoconazol (grupo C3+G1)	0,75 ml	1 ml
			Carbendazim (grupo B1)	0,75 ml	1,5 ml

* Dosis bajas para *Alternaria* sp. y *Cercospora* sp. y altas para *Colletotrichum* sp.; las dosis son por litro de agua.

Fuente: Elaboración propia con base en Regalia Maxx (2020) y Vargas Díaz (2009)

Abundancia de adultos de trips y áfidos

Trips

Los trips hacen parte del orden Thysanoptera. Esta plaga tiene, por lo general, alta fecundidad y un ciclo de vida corto, lo que conlleva la sobreposición de generaciones y un incremento de individuos en un periodo de tiempo muy corto (Wu et al., 2018). Los trips se alimentan de las plantas perforando y succionando savia del tejido vegetal joven con sus órganos bucales, y como consecuencia generan la distorsión de las hojas (figura 43) y senescencia prematura en los brotes. Adicionalmente, estos insectos han sido reportados como vectores efectivos de un amplio número de especies de virus patógenos de plantas (Rotenberg et al., 2015).

Uno de los mayores problemas con estos insectos plaga es la resistencia gradual que han adquirido a los plaguicidas, por lo que su manejo integrado también contempla la introducción de materiales con relativa tolerancia (Díaz-Montano et al., 2011). De ahí la importancia de vigilar la presencia de estos insectos plaga en el cultivo y la necesidad de un monitoreo riguroso en las primeras etapas de desarrollo de las plantas de arracacha para poder controlar sus poblaciones.

📌 **Figura 43.** Síntomas de distorsión foliar como consecuencia de la alimentación de un gran número de individuos de trips en folíolos jóvenes. **a.** Lesiones en plantas de cuatro meses; **b.** Adultos de trips.

Fotos: a. Ángela María Vargas Berdugo; b. Diana De Mulder, Puntoaparte



Áfidos

Al igual que los trips, los áfidos son insectos chupadores que a través de sus órganos bucales perforan el tejido vegetal y se alimentan de este succionando la savia de las plantas. En este proceso, los áfidos poseen, más frecuentemente que los trips, la capacidad de ser vectores de un gran número de virus patógenos de plantas (Byers, 2008). Su ciclo de vida es complejo, ya que pueden de manera alternada reproducirse de forma sexual y asexual (Loxdale et al., 2020), por lo que se propagan de forma constante durante todo el ciclo del cultivo e incrementan sus poblaciones de forma exponencial (Dixon, 2012).

De manera similar a los trips, estos insectos también han presentado resistencia a los insecticidas (Foster et al., 2007). De acuerdo con su comportamiento, en arracacha se han identificado dos especies que afectan el cultivo: el áfido del tallo y la raíz (*Brevicorinae brassicae* L.) (figura 44) y el pulgón verde o áfido del follaje (*Myzus persicae* Sulzer). El primero de ellos no tiene un efecto significativo sobre el cultivo, pero el segundo se caracteriza por causar deformaciones foliares similares a las ocasionadas por los trips (Sánchez Gutiérrez & Vásquez Acosta, 1996).

📍 **Figura 44.** Áfidos en planta de arracacha. **a.** Áfidos de la hoja. **b.** Áfidos del tallo y la raíz



Fotos: a. Diana De Mulder, Puntoaparte Editores; b. Johanna Paola Garnica Montaña

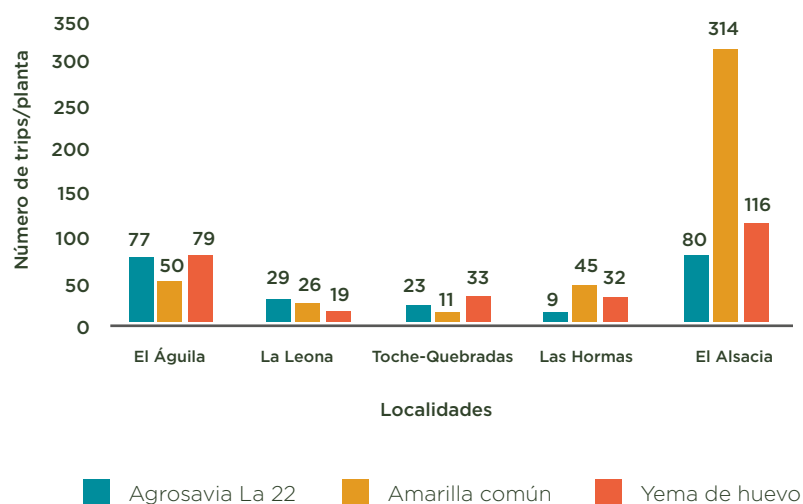
Evaluación de trips y áfidos

En la PEA, en las diferentes localidades, se determinó el promedio de individuos adultos de trips y áfidos por planta en Agrosavia La 22 y en los cultivares regionales amarilla común y yema de huevo (figuras 45 y 46). Con base en las evaluaciones, se estableció que el promedio de individuos de trips en estado adulto es menor en Agrosavia La 22 en las localidades de Las Hormas, a 2536 ms.n.m., y La Alsacia, a 1796 ms.n.m. Por el contrario, en altitudes menores a los 2200 ms.n.m., en las localidades de El Águila, La Leona y Toche-Quebradas, la abundancia de trips por planta en Agrosavia La 22 fue superior a la presentada en amarilla común, a pesar de que estadísticamente no existieron diferencias (figura 45).

En las evaluaciones del promedio de áfidos adultos por planta, Agrosavia La 22 presenta en las localidades evaluadas los valores más bajos, incluso en Toche-Quebradas, donde el nivel poblacional fue el más alto de todas las localidades evaluadas (figura 46).

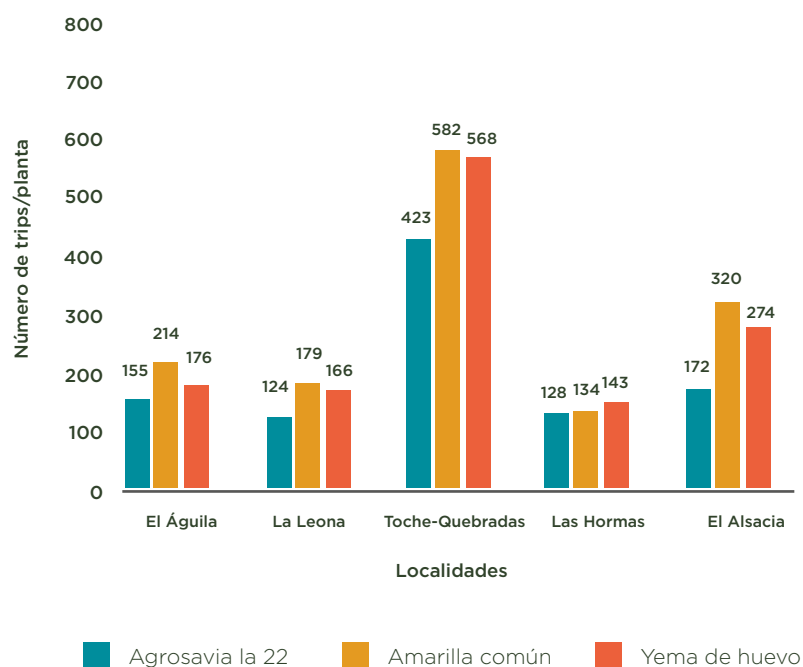
Con base en las evaluaciones, se estableció que el promedio de individuos de trips en estado adulto es menor en Agrosavia La 22 en las localidades de Las Hormas y La Alsacia.

Figura 45. Abundancia promedio de trips en Agrosavia La 22 y en cultivares regionales en cinco localidades



Fuente: Elaboración propia

Figura 46. Abundancia promedio de áfidos en Agrosavia La 22 y en cultivares regionales en cinco localidades

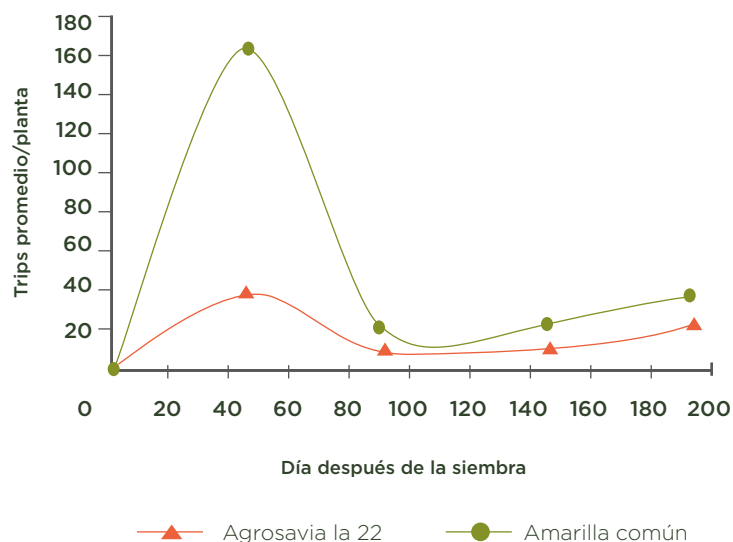


Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se realizó el seguimiento de los individuos de trips y áfidos en los primeros seis meses y medio de desarrollo vegetativo (200 DDS) de arracacha Agrosavia La 22 y amarilla común en una de las localidades productoras del municipio de Cajamarca, donde se siguieron las mismas condiciones de manejo de plagas para los dos materiales. Como resultado del seguimiento a través del tiempo de los individuos adultos de trips, fue posible corroborar que es en las primeras etapas de desarrollo vegetativo de la arracacha cuando el cultivo es más vulnerable al ataque de estos insectos plaga, ya que en los primeros 40 DDS se produjo un incremento de su población en los dos materiales, y posteriormente, a través del tiempo, con un manejo adecuado, las poblaciones disminuyeron. No obstante, para el caso específico de Agrosavia La 22, el número de individuos por planta en este periodo de susceptibilidad es menor en comparación con la variedad regional (figura 47). Superada esta etapa, los dos materiales muestran el mismo comportamiento respecto a la abundancia de adultos por planta.

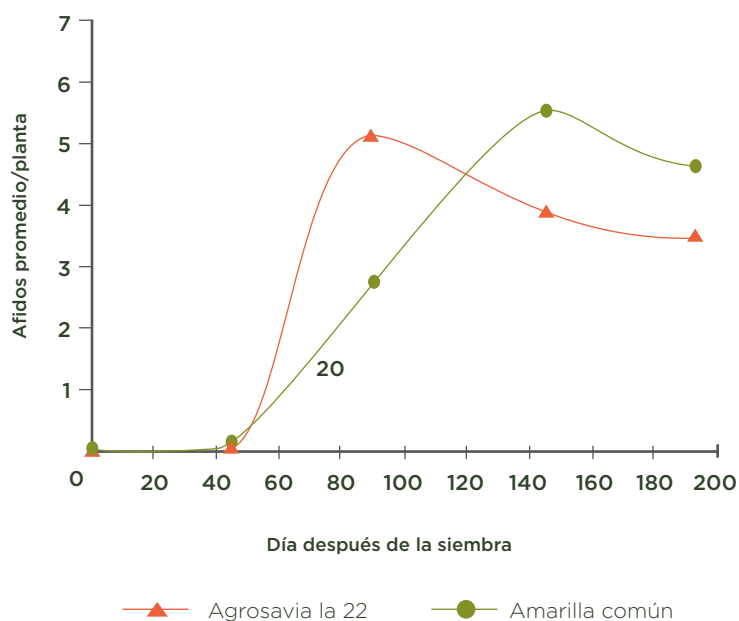
Los resultados arrojados por el seguimiento de adultos de áfidos evidencian que bajo una misma condición de manejo no existen diferencias entre el material regional y Agrosavia La 22 en la fluctuación de los individuos por planta (figura 48), por lo que posiblemente un mismo esquema de manejo de áfidos sea adecuado para evitar que las poblaciones presenten un crecimiento exponencial. De esta forma, no se expresa una ventaja varietal entre los materiales evaluados.

Figura 47. Fluctuación en el número de adultos de trips por planta durante seis meses y medio de desarrollo vegetativo de las plantas



Fuente: Elaboración propia

Figura 48. Fluctuación en el número de adultos de áfidos por planta durante seis meses y medio de desarrollo vegetativo de las plantas



Fuente: Elaboración propia

Ácaros

Son arañas diminutas (menores de 0,4 mm) favorecidas por condiciones de sequía. Atacan en cualquier etapa de desarrollo de la planta y afectan tejidos nuevos y nervaduras centrales de la hoja, con lo que llegan a provocar defoliaciones severas y la posterior muerte de la planta. Dos de las familias con mayor importancia económica para los cultivos son: Tetranychidae (arañas rojas y pardas) y Tarsonemidae (arañas blancas)

(Vélez Ángel, 1997). Esta plaga no fue objeto de investigación en la PEA dada la existencia de bajas poblaciones durante el periodo de evaluación de los dos materiales regionales y de Agrosavia La 22. No obstante, en ensayos posteriores se han identificado ataques severos después de los cuatro meses (figura 49) y cerca de la cosecha, por lo cual se relacionan dentro del manejo integrado de plagas (MIP).

Figura 49. Daño por ácaros en lote establecido con Agrosavia La 22 sembrado a 1796 m.s.n.m.
a. Ácaro en hoja de arracacha. **b.** Daño en hoja por ataque de ácaro. **c.** Daño severo en planta de arracacha por ataque de ácaro.



Foto: a y b. Diana De Mulder, Puntoaparte Editores. c. Johanna Paola Garnica Montaña

Control de plagas

El control de plagas está basado en el MIP —de interés económico en el cultivo de Agrosavia La 22— mediante el uso de herramientas de fácil adopción, como las prácticas de manejo cultural, el control etológico, los biopreparados a base de extractos vegetales, el control biológico ejercido por enemigos naturales como hongos entomopatógenos, parasitoides y depredadores en el entorno natural y, como último recurso, el control químico, representado por los ingredientes activos de insecticidas y acaricidas con su respectivo modo de acción (punto de la plaga sobre el cual el producto ejerce

la acción de control) (tabla 25). Para conocer los nombres comerciales, se recomienda consultar con el asistente técnico de la zona.

La rotación de los insecticidas y acaricidas está en función de su modo de acción para optimizar su eficacia y disminuir los problemas de resistencia de los insectos plaga y ácaros por el uso continuo de ingredientes activos que pertenecen a grupos químicos con igual modo de acción. Para aplicar esta norma, existe el Comité de Acción contra la Resistencia a Insecticidas. (Comité de Acción contra la Resistencia a Insecticidas [IRAC], 2019)

Tabla 25. Manejo integrado de plagas (MIP) en el cultivo de Agrosavia La 22

Nombre común	Daños que ocasiona	Tipo de control	
		Cultural	Etológico
Chisa (<i>Melolonthidae</i> sp.)	Ataca colinos, raíces absorbentes y nabos durante todo el ciclo del cultivo.	- Siembra entre marzo y mayo - Distancia de siembra de 1 m × 0,5 m - Eliminación de residuos de cosecha - Manejo manual de arvenses	Trampas de luz negra con insecticida en la base (0,5-1 ml/L) entre las 6 y 7 p.m. en época de mayor emergencia de adultos
Trips (<i>Thrips</i> sp.)	- Raspan el envés de la hoja para alimentarse de savia. - Ocasionan encrespamiento de las hojas.	- Cultivo y bordes libres de arvenses - Riego por aspersión - Rotación de cultivos - Siembra de plantas repelentes en bordes (perejil, menta, ortiga y ruda)	Trampas azules durante los primeros 3 meses del cultivo
Áfidos o pulgones (<i>Brevicoryne brassicae</i> L. o <i>Myzus persicae</i>)	- Chupan la savia. - Las hojas se encrespan y amarillan. - Favorecen el hongo de la fumagina (<i>Capnodium</i> sp. y <i>Cladosporium</i> sp.), que es vector de virus.	- Eliminación de residuos de cosecha - Rotación de cultivos - Desinfección de semilla con hipoclorito e insecticida - Nutrición balanceada (no excederse en nitrógeno) - Eliminación de plantas muy afectadas - Riego con tiempos cortos y frecuentes - Limpieza manual de arvenses	- Trampas amarillas - Bandejas amarillas con agua jabonosa
Ácaros (<i>Tetranychus urticae</i> Koch)	- Succionan las hojas para alimentarse de savia. - Causan defoliación severa.		Trampas blancas

* Bioextractos para utilizar en mezcla con insecticidas; ** dosis bajas para afectaciones menores y altas para afecciones severas; ml/L: mililitros por litro de agua.

Tipo de control					
Biológico			Químico		
Biopreparados	Dosis (ml/L)	Enemigos naturales	Ingrediente activo (modo de acción)	Dosis baja ml/L**	Dosis alta ml/L**
Hidrolato de zarcillejo	150	Aplicación en <i>drench</i> de los hongos <i>Metarhizium anisopliae</i> y <i>Beauveria bassiana</i> en el momento de siembra, 60 y 150 DBS (5 g/L), o en la base de la trampa de luz negra (3 g/L)	Clorpirifos + creolina (grupo 1B)	2 + 1,5	5 + 1,5
Hidrolato de ajo-ají	5		Tiametoxam + lambdacialotrina (grupo 4A + 3A)	1,5	1,5
Hidrolato de anón rugoso	5		Fipronil (grupo 2B)	1	1,5
Hidrolato de guanábana	5				
Extracto de <i>Stemona</i> spp. + <i>Tea</i> spp.	1,5	Parasitoides: <i>Ceranisus</i> sp. y <i>Goetheana</i> sp. Depredadores: <i>Orius</i> sp. y <i>Chrysoperla carnea</i> Hongos entomopatógenos: <i>M. anisopliae</i> y <i>Lecanicillium lecanii</i>	Spinetoram o spinosad (grupo 5)	0,5	0,75
Extracto de ajo-ají	3		Pyriproxifen (grupo 7C)	1	1,25
Extracto de neem	1,5		Bifentrina + imidacloprid (grupo 3A + 4A)	1,25	1,5
Extracto de ajo-ají*	1				
Extracto de neem*	0,5				
Hidrolato de tabaco	3	Parasitoides: <i>Aphelinus</i> sp. y <i>Lysiphlebus testaceipes</i> Depredadores: <i>Chrysoperla externa</i>, <i>Chrysopa formosa</i> y <i>Eriopsis connexa</i> Hongos: <i>L. lecanii</i>	Clorpirifos (grupo 1B)	1,5	1,5
Dilución de jabón neutro	20		Imidacloprid (grupo 4A)	0,6	1
Hidrolato de ortiga	0,2				
Extracto de <i>Tea</i> spp.	1				
Extracto de ajo-ají*	3	Depredadores: <i>Phytoseiulus persimilis</i>, <i>Neoseiulus californicus</i> y <i>Chrysoperla</i> spp. Hongos: <i>L. lecanii</i> Bacterias: <i>Bacillus thuringiensis</i>	Abamectina (grupo 6)	0,4	0,75
Extracto de <i>Ammothamnus</i> spp. y <i>Cadia</i> spp.	1,4		Propargite (grupo 12C)	1,8	2,5
Dilución de jabón neutro	20		Cyflumetofen (grupo 25A)	0,5	0,75

Fuente: Elaboración propia con base en Castresana et al. (2008), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) et al. (2018), Jaramillo-Noreña et al. (2014), Toledo (2008), Vásquez y Sánchez (2004) y Vélez Ángel (1997)



Recomendaciones generales para el MIPE

1. Los elementos de protección personal (EPP) para el uso seguro y responsable de plaguicidas son: visor, respirador y máscara, protección de la cabeza, vestido de dos piezas u overol, delantal, guantes y botas de caucho (Ramos, 2012).
2. La aplicación de productos fitosanitarios se realiza con base en el monitoreo del cultivo y no según el calendario. La vigilancia se hace semanalmente durante los primeros tres meses del cultivo, y a partir del cuarto y hasta el séptimo mes, de forma quincenal.
3. Se debe hacer un seguimiento enfocado en plagas y enfermedades del follaje y del suelo. Este aspecto es relevante dentro del MIPE ya que contribuye al beneficio económico del productor, reduce costos de producción por el uso eficiente de plaguicidas, maximiza la calidad de las raíces comerciales y ayuda a desarrollar un sistema productivo ecológicamente sustentable (Castresana et al., 2008; Rivera Varón et al., 2015; Toledo, 2008).
4. El uso racional de fungicidas, insecticidas y acaricidas permite la acción de los enemigos naturales de las enfermedades, los insectos plaga y los ácaros (ICA et al., 2018; Jaramillo Noreña et al., 2014; Toledo, 2008; Vélez Ángel, 1997) mediante:
 - aprovechamiento de su selectividad para el blanco biológico indicado en la etiqueta (hongo, bacteria, insecto plaga o ácaro),
 - época oportuna para su empleo y
 - dosis, áreas tratadas y sitios de aplicación en la planta.

Foto: Oscar Jair Rodríguez Rodríguez

5. La aplicación de fungicidas, insecticidas y acaricidas se lleva a cabo con boquillas de cono hueco o sólido para generar gotas medianas y pequeñas, y se realiza con equipos terrestres manuales o motorizados.
6. Los plaguicidas sugeridos para trips, áfidos, ácaros y hongos deben ser dirigidos al envés de la hoja (por debajo) y a los pecíolos. En ataques severos de trips, es viable asperjar el insecticida al plato de la planta para disminuir la población de pupas que se esconden en el suelo (ICA et al., 2018; Toledo, 2008).
7. El daño por chisas se evidencia en las plantas desde la siembra hasta la cosecha. Los géneros de estas se distribuyen en el perfil del suelo entre los 10 y 46 cm de profundidad, lo que dificulta su control con insecticidas, por lo cual se realiza mediante inyección en *drench* bajo condiciones de humedad usando lanzas que permiten ajustar la profundidad deseada. La aplicación inicial se sugiere a 10 cm, y si se requieren aplicaciones adicionales, a 30 y 50 cm, para un control efectivo (figura 50) (Vásquez & Sánchez, 2004).

📷 **Figura 50.** Lanza de aplicación en *drench* para manejo químico de chisas en el cultivo de arracacha



Fotos: Carlos Giovanni Díaz Cubides

8. La emergencia de adultos de chisa se relaciona con los periodos de lluvia en la zona: la primera, de marzo a mayo, según el ciclo de vida de las chisas en campo, corresponde al periodo con menor población de larvas dañinas (en meses de máximo llenado de raíces), y la segunda es en septiembre (Vásquez & Sánchez, 2004).
9. La instalación de trampas plásticas y su eficiencia dependen del color: azul para trips, amarillo para mosca blanca y áfidos y blanca para ácaros; estas trampas previenen la entrada de plagas al lote y facilitan su monitoreo para planificar la estrategia de manejo. Se deben ubicar a la altura de las plantas de arracacha y en la entrada, los bordes y los caminos del lote. Las medidas para su elaboración son: 1m de largo×0,5 m de alto, con adherentes a base de aceite vegetal o mineral y valvulina (Castresana et al., 2008; Rivera Varón et al., 2015; Toledo, 2008).

10. El jabón actúa sobre estados inmaduros y adultos de insectos de cuerpo blando, por lo que generalmente se recomienda para manejo de trips y áfidos. Se aconseja la aplicación foliar de jabones neutros o biodegradables con dosis que no excedan los 20 g/L de agua (tabla 25) para evitar toxicidad en las plantas (Toledo, 2008).
11. Para reducir las poblaciones de insectos plaga y ácaros que se hospedan en las arvenses y dentro del cultivo, es clave el control manual de estas, puesto que se exponen las pupas de algunas plagas que viven temporalmente en el suelo mientras pasan a su estado adulto (Castresana et al., 2008; ICA et al., 2018; Madeira et al., 2017).
12. Los bioextractos irritan la cutícula y afectan el sistema nervioso del insecto plaga o ácaro, y esto se traduce en repelencia e inhibición en la alimentación, crecimiento y ovoposición (ICA et al., 2018; Toledo, 2008). Para potenciar su efecto de control, se mezclan con los insecticidas o acaricidas, pues así se expone la plaga al ingreso del producto. Los bioextractos se trabajan de forma independiente en bajas poblaciones de la plaga. Actualmente se consiguen comercialmente para facilitar su uso y aplicación en campo (Bernal et al., 2014; Celis et al., 2018; Jaramillo Noreña et al., 2014; Monje et al., 2012; Montes et al., 2013; Salamanca et al., 2001).
13. Es primordial hacer la aplicación de hongos entomopatógenos como *M. anisopliae*, *B. bassiana* y *L. lecanii* cuando el suelo esté húmedo y la humedad relativa sea mayor del 50%, en horas de la mañana o de la tarde, para agilizar su penetración y evitar la destrucción por la radiación solar (ICA et al., 2018; Toledo, 2008; Vásquez & Sánchez, 2004).



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores



Cosecha

En los diferentes ensayos realizados con Agrosavia La 22 se observó que esta variedad tiene un ciclo más corto en comparación con los materiales regionales, por lo cual se recomienda hacer muestreos a partir de los diez meses de edad para la franja altitudinal entre 1800 y 2200 m.s.n.m. y a los once meses para 2200-2700 m.s.n.m. Si la cosecha se hace de manera tardía, aumenta el porcentaje de rajado de raíces comerciales con va-

lores superiores al 10%. Las plantas de arracacha Agrosavia La 22 se caracterizan por tener raíces tuberosas más delicadas que la amarilla común; por lo tanto, para asegurar la calidad del producto en fresco al consumidor, las plantas deben extraerse, ubicarse sobre los surcos y sin hacer montones y empacarse en costales evitando golpes fuertes para disminuir su porcentaje de rajado y quebramiento (figura 51).

📌 **Figura 51.** Nabos rajados por cosecha tardía



Foto: Jorge Enrique Villamil Carvajal

Las raíces se comercializan en costales blancos con capacidad de 62,5kg (Cajamarca, Tolima). Para su embalaje, los productores de la zona las separan en dos clases: comerciales (nabos cero) y no comerciales (musagos). Las primeras tienen una longitud de 8cm con un diámetro superior a 3cm, y las segundas tienen valores inferiores (Rodríguez Rodríguez et al., 2019); adicionalmente, en la categoría no comercial entran nabos excesivamente pesados (>1,5 kg) y grandes (diámetro >15 cm)

que generalmente presentan un rajado cicatrizado (figura 52). Se recomienda, además de los costales, utilizar canastillas plásticas, que pueden disminuir los daños mecánicos durante el transporte de las raíces (Gobernación del Tolima et al., 2017).

Actualmente, AGROSAVIA adelanta estudios para la zona agroecológica de 1800-2700 ms.n.m., con el objetivo de definir la época óptima de cosecha con base en la acumulación de almidones en la raíz comercial.

 **Figura 52.** Nabos con rajado cicatrizado por cosecha tardía



Foto: Jorge Enrique Villamil Carvajal

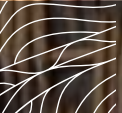
La figura 53 muestra un esquema de cosecha y comercialización de arracacha en el municipio de Cajamarca: inicia con lotes que presentan plantas con llenado de nabos y follaje senescente, que es indicativo de la edad óptima de cosecha; la extracción de la planta se realiza

de forma manual, ubicando los nabos sobre los surcos, para luego ser empacados en costales de 62,5kg y transportados en animales de carga (mular) hasta la vía interveredal, donde se transbordan a camiones que hacen la disposición final en los centros de acopio.

📌 **Figura 53.** Esquema del proceso de cosecha de Agrosavia La 22 en Cajamarca e Ibagué (Tolima)

Fuente: Elaboración propia





Modelo productivo de arracacha

(*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) Agrosavia La 22
para la región Andina de Colombia



Foto: Diana De Mulder, Puntoaparte Editores

Conclusiones

Agrosavia La 22 es una variedad de arracacha con grandes ventajas comparativas frente a materiales de uso regional, pues se caracteriza por presentar raíces comerciales 100% amarillas, precocidad en su ciclo de cultivo, vigor vegetativo —que favorece el control de las arvenses—, tolerancia a plagas y enfermedades, rendimiento en producción con valores superiores al 40% en comparación con otros materiales regionales, calidad en

poscosecha, menor costo unitario de producción y mayor oportunidad de costo-beneficio, por lo que representa una tecnología económicamente viable para el productor.

El modelo productivo para el manejo agronómico de Agrosavia La 22 permite orientar a los productores en la obtención de rendimientos comerciales con viabilidad económica y la producción de semilla con calidad genética, física, fisiológica y sanitaria.

Agrosavia La 22 se caracteriza por presentar raíces comerciales 100% amarillas, precocidad en su ciclo de cultivo, vigor vegetativo —que favorece el control de las arvenses—, tolerancia a plagas y enfermedades, rendimiento en producción con valores superiores al 40% en comparación con otros materiales regionales.

Referencias

- Acosta, S. (1980). Tubérculos, raíces y rizomas cultivados en el Ecuador. En Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Espoch) & Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) (eds.), *II Congreso Internacional de Cultivos Andinos* (pp. 175-214).
- Alvarado Gaona, Á. & Ochoa, L. (2010). Tecnologías locales de producción de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en el municipio de Boyacá, departamento de Boyacá. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(1), 125-133. <https://doi.org/10.31910/rudca.v13.n1.2010.716>
- Alvarado Gaona, A. E., Muñoz, A. L. & Adame, O. F. (2016). Una aproximación al desarrollo rural, caso el cultivo de arracacha, en el departamento de Boyacá. *Ingeniería y Región*, 16(2), 57-63. <https://doi.org/10.25054/22161325.1299>
- Álvarez Vita, J. (1990). *Diccionario de peruanismos*. Librería Studium.
- Anzalone, A. (2008). *Herbicidas: modos y mecanismos de acción en plantas* (1.^a ed.). Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. <https://www.researchgate.net/publication/259175751>
- Atencio Solano, L. M., Garnica Montaña, J. P., Vargas Berdugo, A. M., Villamil Carvajal, J. E. & Cañar Serna, D. Y. (2019). *Manual técnico para la producción de colinos de arracacha bajo condiciones agroecológicas del municipio de Cajamarca, Tolima*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35505>
- Béliz, T. & Moreno, N. P. (1987). Glosario botánico ilustrado. *Taxon*, 36(2). <https://doi.org/10.2307/1221476>
- Bernal, J., Díaz, C., Osorio, C., Tamayo, Á., Osorio, W., Córdoba, O., Tamayo, P., Kondo, T., Carabalí, A., Varón, E., Caicedo, A., Sandoval, A., Forero, F., García, J. & Londoño, M. (2014). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12616>
- Blas, R., Hermann, M. & Baudoin, J.-P. (2008). Analysis of the geographic distribution and relationships among Peruvian wild species of *Arracacia*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55, 643-655. <https://doi.org/10.1007/s10722-007-9267-9>
- Byers, J. A. (2008). Aphids as crop pests [reseña]. *Crop Science*, 48(3), 1219-1220. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.02.0001br>
- Camacho Tamayo, J. H., Herrera Vivas, P. P. & Montenegro Ramos, O. (2003). *Manejo y calibración de aspersoras para la aplicación de agroquímicos* [boletín divulgativo]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria; Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Cárdenas, M. (1969). *Manual de plantas económicas de Bolivia*. Imprenta Metodista Ichthus.
- Carrillo, D., Howard Frank, J., Rodrigues, J. C. & Peña, J. E. (2012). A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Experimental and Applied Acarology*, 57(3-4), 347-360. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9499-4>
- Castillo, R. (1984). La zanahoria blanca: otro importante alimento andino. *Desde El Surco*, 42, 39-41.

- Castresana, J., Gagliano, E., Puhl, L., Bado, S., Vianna, L. & Castresana, M. (2008). Atracción del trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) con trampas de luz en un cultivo de *Gerbera jamesonii* (G.). *Idesia*, 26(3), 51-56. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292008000300006>
- Castro, H. & Gómez, M. (2010). Fertilidad de suelos y fertilizantes. En H. Burbajo Orjuela, & F. Silva Mojica (eds.), *Ciencia del suelo: principios básicos* (pp. 213-303). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.
- Cayón Salinas, D. G. & Mendoza, A. (1989). *Manual de semillas de malezas que afectan la calidad de las semillas certificadas en Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario; Servicio Nacional de Aprendizaje.
- Celis, A., Mendoza, C. & Pachón, M. E. (2018). Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas Agrarios*, 14(1), 5-16. <https://doi.org/10.21897/rta.v14i1.1205>
- Centro de Biociencia Agrícola Internacional. (2020). *Invasive Species Compendium*. www.cabi.org/isc.
- Centro Internacional de la Papa & Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina. (1998). *Raíces y tubérculos andinos: informe sobre la colaboración en investigaciones de biodiversidad*, 1993-97.
- Comité de Acción contra la Resistencia a Insecticidas. (2019). *Clasificación del modo de acción de insecticidas y acaricidas*. <https://www.google.com/search?q=Folleto+de+clasificaci%C3%B3n+del+modo+de+acci%C3%B3n+de+insecticidas+y+acaricidas&oq=Folleto+de+clasificaci%C3%B3n+del+modo+de+acci%C3%B3n+de+insecticidas+y+acaricidas&aqs=chrome..69i57j324j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8#>
- Comité de Acción de Resistencia de Fungicidas España. (2019). *Clasificación de fungicidas y bactericidas según el modo de acción* (1.ª ed.). <https://www.syngenta.es/sites/g/files/zhg516/f/2019/04/clasificacion-fungicidas-bactericidas-segun-modo-accion.pdf>
- Compañía Nacional de Chocolates. (2019). *Manejo integrado de agroquímicos en el cultivo de cacao* (*Theobroma cacao* L.). <https://www.chocolates.com.co/wp-content/uploads/2019/04/manejo-integrado-agroquimicos.pdf>
- Constance, L. (1949). The South American species of Arracacia (Umbelliferae) and some related genera. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 76(1), 39-52. <https://doi.org/10.2307/2481888>
- Constance, L. (1997). An instance of East-West confusion in Chinese Umbelliferae, or Arracacia out of Asia! *Edinburgh Journal of Botany*, 54(1), 99-104. <https://doi.org/10.1017/S0960428600003899>
- Cooperativa Multiactiva Productores Agrícolas Cajamarca. (2014). *Ficha técnica de selección de arracacha*.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2006). *Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica mayor del río Coello*. https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_coello/diagnostico/q4.pdf
- Díaz-Montano, J., Fuchs, M., Nault, B. A., Fail, J. & Shelton, A. M. (2011). Onion thrips (Thysanoptera: Thripidae): A global pest of increasing concern in onion. *Journal of Economic Entomology*, 104(1), 1-13. <https://doi.org/10.1603/EC10269>
- Dixon, A. F. G. (2012). Aphid ecology: An optimization approach. *Springer Science & Business Media*. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-5868-8>
- Dos Santos, F. F. & Do Carmo, C. A. S. (1998). *Mandioquinha-salsa: manejo cultural*. Embrapa.
- Dos Santos, F. F., Salas, S., Flores Salgado, D., Guananga, A., Coronado, G. & Villaroel, T. (2004). *Manejo de semilla y uso de almacigo en el cultivo de la arracacha* (*Arracacia xanthorrhiza*). Centro Internacional de la Papa.
- Duwest Colombia. (2013). *Manual de seguridad en el uso de plaguicidas* (SO-M-01). <https://es.scribd.com/document/447510633/SO-M-01MANUAL-PARA-EL-USO-SEGURO-DE-PLAGUICIDAS-ANEXO-C-pdf>
- Ekman, J. & Tesoriero, L. (2015). *Pests, diseases and disorders of carrots, celery and parsley: A field identification guide*. Horticulture Innovation Australia. <http://ahr.com.au/wp-content/uploads/2015/08/Carrot-Celery-and-Parsley-Pest-and-Disease-Guide.pdf>

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2018). *IX Encontro Nacional de Mandioquinha-Salsa e I Encontro Latino-Americano de Arracacha*. https://www.google.com/search?q=embrapa&rlz=1C1G-CEU_esCO887CO887&oq=EMBRAPA&aqs=chrome.0.69i59j69i57j69i60l3.1506j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Espinoza, G., Hernández, C. & Morales, J. (2013). *Manual de malezas y catálogo de herbicidas para el cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar.
- Foster, S. P., Devine, G. & Devonshire, A. L. (2007). Insecticide resistance in aphids. En H. F. van Emden, & R. Harrington (eds.), *Aphids as crop pests* (pp. 261-285). CAB International.
- Fuentes, C. L. (1986). Metodología y técnicas para evaluar poblaciones de malezas y su efecto en cultivos. *Revista Comafi*, 13, 29-50.
- Genta, H. & Villamil, J. M. (1992). *Manual de control de malezas en hortalizas*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.
- Gobernación del Tolima, Universidad de Ibagué, Universidad del Tolima & SENA Regional Tolima. (2017). *Protocolo de buenas prácticas para la poscosecha de arracacha (Arracacia xanthorrhiza)*. Business Outsourcing.
- Gugino, B. K., Carroll, J. E., Widmer, T. L., Chen, P. & Abawi, G. S. (2007). Field evaluation of carrot cultivars for susceptibility to fungal leaf blight diseases in New York. *Crop Protection*, 26(5), 709-714. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.06.009>
- Hermann, M. (1997). *Arracacha. Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. En M. Hermann, & J. Heller (eds.), *Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon* (pp. 75-172). Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research; International Plant Genetic Resources Institute.
- Hermann, M. & Heller, J. (eds.). (1997). *Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon*. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research; International Plant Genetic Resources Institute.
- Higuita, F. (1977). La horticultura en Colombia. En Instituto Colombiano Agropecuario (ed.), *Manual de Asistencia Técnica No. 5* (pp. 37-41).
- Hodge, W. H. (1949). La arracacha comestible. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 10, 232-254.
- Hodge, W. H. (1954). The edible arracacha — A little-known root crop of the Andes. *Economic Botany*, 8(3), 195-221. <https://doi.org/10.1007/BF02984890>
- Huertas Díaz, O., Esmeral Ariza, S. J. & Sánchez Fontalvo, I. M. (2017). Realidades sociales, ambientales y culturales de las comunidades indígenas en la Sierra Nevada de Santa Marta. *Producción + Limpia*, 12(1), 10-23. <https://doi.org/10.22507/pml.v12n1a1>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2015). Resolución 003168 de 2015. “Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones”. <https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2019). Resolución 00015201 de 2019. “Por la cual se otorga el registro del cultivar de arracacha Agrosavia - La 22 de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales del ICA para la región natural”.
- Instituto Colombiano Agropecuario, Asociación Colombiana de Exportadores de Flores, Centro de Innovación de la Floricultura Colombiana & Instituto Entoma. (2018). *Manejo integrado de trips plaga de las flores*. Produmedios.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). Capítulo III. Descripción de suelos. En Autor, *Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento del Tolima* (pp. 29-110).

- International Plant Nutrition Institute. (2013). *4R de la nutrición de plantas. Un manual para mejorar el manejo de la nutrición de plantas*.
- Jain, A., Sarsaiya, S., Wu, Q., Lu, Y., & Shi, J. (2019). A review of plant leaf fungal diseases and its environment speciation. *Bioengineered*, 10(1), 409-424. <https://doi.org/10.1080/21655979.2019.1649520>
- Jaramillo Noreña, J. E., Aguilar, P. A., Espitia Malagón, E. M., Tamaño Molano, P. J., Argüello, O. & Guzmán Arroyave, M. (2014). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. (2020). *Herbario JBB*. <http://colecciones.jbb.gov.co/herbario>
- Knudsen, S. R., Hermann, M., Dos Santos, F. & Sorensen, M. (2004). Inducción de floración en el cultivo de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). En J. Seminario (ed.), *Raíces andinas: contribuciones al conocimiento y a la capacitación. N.º 6 de la serie Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)* (pp. 197-214). Universidad Nacional de Cajamarca; Centro Internacional de la Papa; Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
- Launay, M., Caubel, J., Bourgeois, G., Huard, F., Garcia de Cortazar-Atauri, I., Bancal, M.-O. & Brisson, N. (2014). Climatic indicators for crop infection risk: Application to climate change impacts on five major foliar fungal diseases in Northern France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 197, 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.07.020>
- León, J. (1964). *Plantas alimenticias andinas*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas Zona Andina.
- Loxdale, H. D., Balog, A. & Biron, D. G. (2020). Aphids in focus: Unravelling their complex ecology and evolution using genetic and molecular approaches. *Biological Journal of the Linnean Society*, 129(3), 507-531. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blz194>
- Madeira, N. R., Ferreira de Carvalho, A. D., da Silva, G. O., Borges Pinheiro, J., Borges Pereira, R., Michereff Filho, M., Pires Feldberg, N., Moreira, S. O., Ribeiro Silveira, G. S. & Cássia, R. M. (2017). Proposição de um sistema de produção de mudas de mandioquinha-salsa. *Circular Técnica*, 161. https://www.researchgate.net/publication/321907164_Proposicao_de_um_Sistema_de_Producao_de_Mudas_de_Mandioquinha-salsa
- Mathias, M. E. & Constance, L. (1950). Four new American Umbelliferae. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 77(2), 133-139. <https://doi.org/10.2307/2482273>
- Mazón Ortiz, N. (1993). *Análisis de la variación morfológica e isoenzimática de la colección ecuatoriana de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Mazón Ortiz, N., Castillo Torres, R., Hermann, M. & Espinosa, P. (1996). *La arracacha o zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) en Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador; Centro Internacional de la Papa.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). *Siembra - Demandas en el sector agropecuario y agroindustrial - Cultivo Arracacha*. <http://www.siembra.co/>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2018). Evaluaciones Agropecuarias Municipales EVA. Datos Abiertos. <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Evaluaciones-Agropecuarias-Municipales-EVA/2pnw-mmge/data>
- Monje, B., Delgadillo, D., Gómez, J. C. & Varón, E. H. (2012). Manejo de *Neohydatothrips signifer* Priesner (Thysanoptera: Thripidae) en maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) en el departamento del Huila (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(1), 21-30. <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/236/241>

- Montes, C., Peña, C. S. & Gutiérrez, V. (2013). Efecto insecticida del extracto de *Bocconia frutescens* L. sobre larvas de chisas. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 19-28. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n2/v11n2a03.pdf>
- Morillo, E. (2006). *Origine de la diversité de plantes domestiquées par la reproduction végétative en Amérique du Sud: reproduction sexuée résiduelle et introgression d'espèces sauvages éloignées: exemples de l'arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancr., Apiaceae) et du manioc (Manihot esculenta Crantz, Euphorbiaceae)*. École Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010038684>
- Mujica, A. (1990). *La arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) en el Perú*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Agroindustrial.
- Navarro Montes, D. A. (2010). *Manejo integrado de plagas*. College of Agriculture, University of Kentucky. <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/ID/ID181/ID181.pdf>
- Ramos, A. (2012). *Uso responsable de productos plaguicidas*. Cámara de Procultivos, Asociación Nacional de Empresarios.
- Regalia Maxx. (2020). *Regalia Maxx. Máxima prevención con tu Aliado Natural* (folleto). <http://www.fmcagroquimica.com.mx/producto/regalia-maxx/>
- Reinoso, G., Villa, F., Losada, S., García, J. & Vejarano, M. (2010). *Biodiversidad faunística de los humedales del departamento del Tolima* (informe técnico). Corporación Autónoma Regional del Tolima; Universidad del Tolima.
- Rivera Varón, J. J., Garnica Montaña, J. P., Rubio Bonilla, S. L., Lozano Tovar, M. D., Rosero Erazo, J. A., Trujillo Callejas, L. Y. & Herrera Sánchez, Y. A. (2015). *Recomendaciones tecnológicas para la producción de semilla de calidad de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft): manejo fitosanitario de la semilla vegetativa de arracacha*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://doi.org/10.21930/978-958-740-202-5>
- Rodríguez Rodríguez, Ó. J., Garnica Montaña, J. P., Carvajal Villamil, J. E., Atencio Solano, L. M. & Martínez Reina, A. (2019). *Agrosavia La 22. Primera variedad de arracacha en Colombia. Amarilla, de alta producción y adaptada a condiciones agroecológicas de la zona Andina*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35649>
- Rotenberg, D., Jacobson, A. L., Schneeweis, D. J. & Whitfield, A. E. (2015). Thrips transmission of tospoviruses. *Current Opinion in Virology*, 15, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2015.08.003>
- Salamanca, C., Jaramillo, M. C., Arango, G. J., Londoño, M. E., Tobón, J. A. & Henao, A. (2001). Evaluación de la actividad biológica de extractos vegetales sobre *Phyllophaga obsoleta* Blanchard (Col: Melolonthidae). *Actualidades Biológicas*, 23(75), 5-11. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/329593>
- Sánchez Gutiérrez, G. & Vásquez Acosta, N. C. (1996). *Manejo de plagas en el sistema de producción de arracacha en el departamento del Tolima*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria; Instituto Colombiano Agropecuario; Fondo de Desarrollo Rural Integrado; Alcaldía Municipal de Cajamarca.
- Sedimaya, M. A., Casali, V. W., Cardoso, A. A., Monteiro da Silva, E. A. & da Silva, R. F. (1990). Germinação de sementes de mandioquinha-salsa tratadas com fungicidas, nitrato de potássio e ácido sulfúrico. *Horticultura Brasileira*, 8(2), 26-27.
- Toledo, J. (2008). *Manejo integrado de plagas*. Trillas.
- Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria. (2018). *Censo de producción de arracacha del municipio de Cajamarca, Departamento del Tolima 2018* [documento no publicado].
- Universidad Nacional Heredia de Costa Rica & Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. (2020). *Manual de plaguicidas de Centroamérica*. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>

- Vargas Diaz, A. A. (2009). *Alternativas naturales para el control de Alternaria chrysanthemi Simmons & Crosier* [tesis de maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.]. CICY Repositorio. https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/397/1/PCBP_M_Tesis_Arely_Vargas.pdf
- Vásquez, N. & Sánchez, G. (2004). Propuesta de manejo integrado de las chisas (Coleoptera: Melonthidae) en el cultivo de arracacha. En J. Seminario (ed.), *Raíces andinas: contribuciones al conocimiento y a la capacitación. N° 6 de la serie Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: una década de investigación para el desarrollo (1993-2003)* (pp. 127-148). Universidad Nacional de Cajamarca; Centro Internacional de la Papa; Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
- Vélez, G. (1952). *El cultivo de la arracacha en el Oriente Antioqueño*. Universidad Nacional de Colombia.
- Vélez Ángel, R. (1997). *Plagas agrícolas de impacto económico en Colombia: bionomía y manejo integrado*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Wu, S., Tang, L., Fang, F., Li, D., Yuan, X., Lei, Z. & Gao, Y. (2018). Screening, efficacy and mechanisms of microbial control agents against sucking pest insects as thrips. *Advances in Insect Physiology*, 55, 199-217. <https://doi.org/10.1016/bs.aiip.2018.07.005>
- Yzarra Tito, W. J. & López Ríos, F. M. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Zanin, A. & Casali, V. (1984). Efeitos climáticos sobre a mandioquinha-salsa. *Informe Agropecuario*, 10(120), 13-15.



Foto: Jorge Enrique Villamil Carvajal

Glosario

A

Accesión: Grupo de plantas de una especie con características idénticas que han sido recolectadas y conservadas en un banco de germoplasma.

Aguja, hijuelo o brote: Colino que no ha completado su proceso de formación y se caracteriza porque el corte basal presenta forma de medialuna (Atencio Solano et al., 2019).

Ahoyado: Preparación de suelo utilizada en Cajamarca (Tolima), para la siembra de arracacha. Consiste en la remoción de suelo formando montículos de 50 cm de alto x 50 cm de ancho, aproximadamente, en forma de cono inverso. Los montículos se realizan en contra de la pendiente para formar los surcos de siembra.

Autogamia: Modo de reproducción sexual consistente en la fusión de gametos femeninos y masculinos producidos por el mismo individuo.

B

Brote: Nuevos crecimientos en la planta de arracacha, que incluyen yemas y hojas.

C

Campo monoclonal: Lote sembrado con individuos de la misma variedad, cultivar o clon.

Colino: También llamado *semilla vegetativa*, es la parte de la planta que se utiliza para hacer su propagación.

Colino central: Colino o colinos (3) que se encuentran en la parte central de la cepa; también conocidos como *colinos madre*, usualmente tienden a ser los primeros en formarse en la planta. Estos colinos, al ser más antiguos, presentan mayor probabilidad de floración.

Control etológico: Estudio del comportamiento de los insectos, de manera natural, en relación con su entorno.

D

Depredadores: Insectos que matan a las plagas de los cultivos para luego consumirlas. Durante su vida, pueden matar varios individuos de diferentes especies.

Diferenciación: Desarrollo de un órgano de la planta que le permite su plena identificación. Ejemplo: nabos, cepa o colinos.

Dosel: Conjunto de hojas que forman la copa de la planta o *canopy*.

E

Engrosamiento: Momento en el cual la raíz tuberosa aumenta su tamaño como resultado de la acumulación de agua y nutrientes.

Erosión eólica: Levantamiento y transporte de partículas de suelo por efecto del viento.

Erosión hídrica: Arrastre de las partículas del suelo por acción del agua en zonas de ladera cuando no existe cobertura vegetal.

F

Fertilización edáfica: Aplicación de abonos granulados al suelo.

Fungicida de contacto: Producto que actúa en el nivel de las hojas de las plantas sin ingresar a estas.

Fungicida sistémico: Producto absorbido por la planta a través de raíz, hojas o semillas y movido en el interior de esta.

H

Herbicida sistémico: Producto que puede moverse desde las raíces hacia las hojas o en sentido contrario.

Hoja bandera: Hoja caracterizada por tener mayor altura, ancho y largo, lo que le permite sobresalir dentro de la planta.

Hongos entomopatógenos: Grupo de microorganismos biocontroladores capaces de infectar insectos y causarles la muerte.

M

Musagos: Nabos que no se consideran comerciales ya que son muy pequeños; según la Cooperativa Multiactiva Productores Agrícolas Cajamarca (CARC), estos nabos tienen una longitud menor de 8 cm y un diámetro menor de 3 cm.

N

Nabo: Raíz tuberosa generada por el cultivo de arracacha; este es el producto comercializable de esta especie.

P

Parasitoides: Insectos que matan a sus hospedadores y completan su desarrollo dentro o sobre estos.

Propágulo: Parte de una planta u hongo capaz de originar vegetativamente otro individuo como mecanismo de multiplicación.

V

Volatilización: Proceso a través del cual un fertilizante pasa de sólido a gaseoso sin pasar por el estado líquido debido al aumento en las temperaturas.







La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA, luego de seis años de investigaciones y gracias a la ejecución de proyectos entorno al sistema productivo de arracacha, puso a disposición de los productores del país la primera variedad de arracacha en Colombia, denominada Agrosavia La 22, la cual cuenta con registro ICA para la región natural Andina. Esta variedad se convierte en la quinta a nivel mundial con óptimos rendimientos en producción y raíces tuberosas o arracachas completamente amarillas. Además, representa beneficios a nivel agronómico, comercial y económico para los productores del país, con soluciones en rendimiento, precocidad, respuesta a plagas y enfermedades, calidad en poscosecha y oportunidad costo-beneficio.

El presente modelo productivo tiene por objetivo dar a conocer Agrosavia La 22 a todos los sectores interesados. Expone las características de la especie, abordando su origen y la importancia de los cultivos andinos, el proceso de obtención de Agrosavia La 22 y sus características varietales, morfológicas, productivas y económicas; además, se presenta un apartado completo sobre las prácticas asociadas al manejo agronómico del cultivo.



Este documento hace parte de las estrategias de transferencia del proyecto “Vinculación de ofertas tecnológicas del sistema productivo de Arracacha para el desarrollo tecnológico del cultivo en la región andina de Colombia”, desarrollado por AGROSAVIA.

