



**Recomendaciones tecnológicas  
para la producción de semilla de calidad de  
arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)**

# Recomendaciones tecnológicas para la producción de semilla de calidad de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft)

## Manejo fitosanitario de la semilla vegetativa de arracacha

**Juan José Rivera Varón**  
MSc Edafología, Corpoica  
CI Nataima. El Espinal, Tolima  
jrivera@corpoica.org.co

**Johanna Paola Garnica Montaña**  
Bióloga, Corpoica  
CI Nataima. El Espinal, Tolima  
jgarnicam@corpoica.org.co

**Sandra Liliana Rubio Bonilla**  
Administradora de negocios  
internacionales, Corpoica  
CI Nataima. El Espinal, Tolima  
srubio@corpoica.org.co

**María Denis Lozano Tovar**  
MSc Microbiología industrial, Corpoica  
CI Nataima. El Espinal, Tolima  
mlozano@corpoica.org.co

**Jhon Alexander Rosero Erazo**  
Ingeniero agrónomo

**Lady Yaneth Trujillo Callejas**  
Tecnóloga forestal

**Yurani Angélica Herrera Sánchez**  
Ingeniera agrónoma

Bogotá, Colombia 2015

Rivera Varón, Juan José; Garnica Montaña, Johanna Paola; Rubio Bonilla, Sandra Liliana; Lozano Tovar, María Denis; Rosero Erazo, Jhon Alexander; Trujillo Callejas, Lady Yaneth y Herrera Sánchez, Yurani Angélica. / Recomendaciones tecnológicas para la producción de semilla de calidad de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft): manejo fitosanitario de la semilla vegetativa de arracacha. Bogotá (Colombia): Corpoica, 2015. 72 p.

**Palabras clave:**

*Arracacia xanthorrhiza*, Anatomía de la planta, Propagación de plantas, Producción de semillas, Medidas fitosanitarias.

**Corpoica**  
EDITORIAL



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica -  
Línea de atención al cliente: 018000121515  
atencionalcliente@corpoica.org.co

[www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co)

ISBN: 978-958-740-202-5  
Primera edición: Diciembre 2015  
Tiraje: 2.000  
Editora: Liliana Gaona García

Impreso por Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.  
Impreso en Colombia  
Printed in Colombia

**DISEÑO&DIAGRAMACIÓN**

Oficina Asesora de Comunicaciones, Identidad y Relaciones Corporativas // **Corpoica**

La publicación puede ser reproducida parcialmente para fines no comerciales, siempre y cuando se cite la fuente.

# Contenido

Presentación	11
Introducción	12
Agradecimientos	14
<b>Capítulo I</b>	
<b>Morfología y formas hortícolas de la arracacha</b>	<b>15</b>
Morfología de la planta de arracacha	15
Formas hortícolas de arracacha	16
Variedades regionales de arracacha en Cajamarca, Tolima	18
<b>Capítulo II</b>	
<b>Selección y producción de semilla de calidad de arracacha</b>	<b>20</b>
Propagación de la planta de arracacha	20
Selección de semilla de calidad de arracacha	22
Protocolo 1. Selección de plantas madre de semilla de arracacha	22
Fichas técnicas para la clasificación de plantas madre de arracacha	25
Protocolo 2. Codificación de fichas de plantas madre de arracacha	25
Selección y corte de colino de arracacha para semilla	29
Clasificación de colinos en plantas de arracacha	29
Cortes de colinos en arracacha	30
Procedimiento	31
Preparación y manejo de suelo para la producción de semilla de calidad	35
Procedimiento	35

Recomendaciones para el seguimiento y la evaluación de cultivos	38
Recomendaciones técnicas en el desarrollo del cultivo de arracacha	39
<b>Capítulo III</b>	
<b>Aspectos fitosanitarios y cómo manejarlos</b>	<b>40</b>
Enfermedades que causan daños importantes en el cultivo de la arracacha	41
Recomendaciones para el manejo preventivo de enfermedades	44
Métodos biológicos de erradicación o reducción de enfermedades en la semilla	50
Métodos químicos de erradicación o reducción de enfermedades en la semilla	51
Insectos que causan daños importantes en el cultivo de arracacha	52
Métodos biológicos para el control de insectos	56
Métodos culturales para el control de insectos	56
Métodos químicos para el control de insectos	57
Uso, manejo y conservación de suelos en arracacha	60
Utilización y manejo de abono orgánico en suelos sembrados con arracacha	60
Utilización y manejo de micorrizas en suelos sembrados con arracacha	61
<b>Conclusiones</b>	<b>63</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>64</b>
<b>Glosario</b>	<b>68</b>

# Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Planta de arracacha con partes aéreas y subterráneas	<b>16</b>
<b>Figura 2</b>	Formas hortícolas de la arracacha	<b>17</b>
<b>Figura 3</b>	Variedades regionales municipio de Cajamarca, Tolima	<b>18</b>
<b>Figura 4</b>	Reproducción asexual de la arracacha	<b>21</b>
<b>Figura 5</b>	Procedimiento para selección de planta madre en cultivo de arracacha	<b>24</b>
<b>Figura 6</b>	Ubicación de colinos en la cepa de arracacha	<b>30</b>
<b>Figura 7</b>	Cortes del colino	<b>31</b>
<b>Figura 8</b>	Desinfección de colinos de arracacha	<b>32</b>
<b>Figura 9</b>	Colinos antes y después de corte basal, permite la exposición del cámbium vascular	<b>32</b>
<b>Figura 10</b>	Corte de colinos de arracacha	<b>33</b>
<b>Figura 11</b>	Procedimiento para el preenraizamiento de colinos	<b>34</b>
<b>Figura 12</b>	Manejo de almacigos para preenraizamiento	<b>36</b>
<b>Figura 13</b>	Ahoyado del terreno para siembra	<b>37</b>
<b>Figura 14</b>	Manejo de trampas amarillas en cultivo de arracacha	<b>38</b>
<b>Figura 15</b>	Enfermedades en arracacha	<b>41</b>
<b>Figura 16</b>	Planta de arracacha afectada por pudrición seca	<b>42</b>
<b>Figura 17</b>	Planta de arracacha afectada por hongo	<b>43</b>
<b>Figura 18</b>	Planta de arracacha afectada por bacterias	<b>44</b>

<b>Figura 19</b>	Semilla sin presencia de plagas y enfermedades	<b>44</b>
<b>Figura 20</b>	a. Desinfección de herramientas en campo; b. Desinfección de cuchillos; c. Desinfección de machetes.	<b>45</b>
<b>Figura 21</b>	Lote en barbecho municipio de Cajamarca, Tolima	<b>46</b>
<b>Figura 22</b>	Lote establecido con arracacha amarilla común y yema de huevo en Cajamarca, Tolima	<b>47</b>
<b>Figura 23</b>	Proceso de solarización del suelo	<b>48</b>
<b>Figura 24</b>	Preparación del caldo bordelés (cal viva y sulfato de cobre 1:1)	<b>49</b>
<b>Figura 25</b>	Daño causado por gusano viringo en colinos de arracacha	<b>52</b>
<b>Figura 26</b>	Áfidos en hojas y en raíz de un colino de arracacha	<b>53</b>
<b>Figura 27</b>	Gusano verde del follaje	<b>53</b>
<b>Figura 28</b>	Afectación de hojas por ácaro rojo del follaje	<b>54</b>
<b>Figura 29</b>	Afectación de follaje de arracacha por trips	<b>54</b>
<b>Figura 30</b>	Chisas en suelos sembrados con arracacha	<b>55</b>
<b>Figura 31</b>	Babosa adulta presente en cultivo de arracacha	<b>55</b>

# Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Caracterización cualitativa de materiales regionales de arracacha en el municipio de Cajamarca	<b>19</b>
<b>Tabla 2</b>	Caracterización cualitativa de materiales regionales de arracacha en el municipio de Cajamarca	<b>27</b>
<b>Tabla 3</b>	Control químico de plagas en el cultivo de arracacha	<b>58</b>



## Presentación

El proyecto “Producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y regionales para la disponibilidad de los pequeños productores agrícolas”, financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) y ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), con la colaboración del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), tiene como objetivo consolidar modelos locales de multiplicación de semillas de calidad mediante procesos participativos y el fortalecimiento de esquemas asociativos, que favorezcan la disponibilidad, permanente y eficiente en el tiempo, de la oferta de semilla para comunidades de agricultura campesina.

El documento *Recomendaciones tecnológicas para la producción de semilla de calidad de arracacha* (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*) está conformado por los elementos técnicos necesarios para la selección, producción y multiplicación de semilla vegetativa que demanda el sistema productivo del cultivo de arracacha.

Se tratan los temas del manejo sanitario de la semilla vegetativa, el manejo del suelo mediante la solarización para la reducción de la presencia de microorganismos que afectan a la semilla, la obtención de plantas madre con características fenotípicas de cada material, sanidad, producción y adaptación, codificación en fichas de plantas madre para el seguimiento de la progenie y selección y corte del colino.

Las recomendaciones propuestas son requisito para que los agricultores dispongan de material vegetal de propagación de buena calidad genética, fisiológica, física y sanitaria para el sistema de producción de arracacha.



## Introducción

El sistema productivo de arracacha no dispone de semilla con calidad física, genética, fisiológica ni sanitaria. La semilla se obtiene de cultivos comerciales caracterizados por mezcla de variedades regionales, con diferentes periodos de desarrollo por resiembras, originadas por pérdida de semillas de mala calidad, variabilidad en el estado sanitario, ataques de plagas y enfermedades, falta de uniformidad en el estado físico, por condiciones variables de suelos y múltiples estados fisiológicos de madurez y desarrollo por el uso de colinos sin homogeneidad en edad, tamaño y procedencia (Seminario 2004).

El suministro de semilla para el sistema de producción de arracacha no cuenta con talento humano capacitado para corte, selección, clasificación y transporte, ni con empresas, ni organizaciones que produzcan, multipliquen, proporcionen manejo sanitario, ni comercialicen semillas de buena calidad.

Por lo anterior, el sistema productivo de arracacha presenta bajos rendimientos, pérdida de plantas en etapa vegetativa, elevados costos para el control de plagas y enfermedades, alta contaminación por productos agroquímicos, erosión genética y bajos ingresos para los agricultores.

El propósito de este documento es suministrar la información y las recomendaciones para la obtención de semilla de arracacha con calidad genética, física, fisiológica y sanitaria, que será comercializada por los modelos locales asociativos de multiplicación de semilla.

La semilla de arracacha es atacada por enfermedades como el argeniado, la pudrición seca y acuosa por bacterias, entre otros.

Para establecer, multiplicar y entregar semilla de arracacha de calidad se requiere poner en práctica los protocolos de selección de plantas madre, ficha técnica de plantas madre, corte y selección del colino, tratamiento sanitario, solarización del suelo, empaque y transporte.

Las variedades regionales que demandan la producción y la comercialización de semilla de buena calidad son: la amarilla común, de la cual se siembra el 80% del área cultivada en Cajamarca, Tolima; amarilla yema de huevo, el 10% del área; y la cartagenera con el 10% del área. La semilla de buena calidad garantiza el desarrollo eficiente del cultivo, el mantenimiento de las características de interés del consumidor y los ingresos del agricultor.



## Agradecimientos

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria agradece al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por la financiación del “Programa Nacional Semillas: Producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales, para disponibilidad de los pequeños productores agrícolas” en el marco del proyecto “Consolidación del núcleo de producción de semilla seleccionada de arracacha de variedades mejoradas y regionales en el cañón del Anaime (Tolima) y otras regiones productoras”.

Queremos agradecer al equipo corporativo por su participación y aportes en la concepción y desarrollo del trabajo en semilla con lo que se fortaleció la producción, multiplicación y comercialización de semilla de buena calidad de arracacha.

Igualmente, a los señores Bernain Vargas Fandiño, por su contribución y esfuerzo al trabajo; Melquisedec García, por la participación y excelente disposición para compartir sus conocimientos; Geminiano González, por su dinamismo y empeño; Walter Giraldo, por su compromiso con el desarrollo integral del sistema productivo; y Jamir Londoño, por su disposición laboral y aguda observación artística en las fotos.

A todas aquellas personas que de una u otra forma participaron, apoyaron, acompañaron, aportaron y criticaron el camino emprendido, porque así hemos construido y construiremos juntos el bienestar de los agricultores del sistema productivo de arracacha.

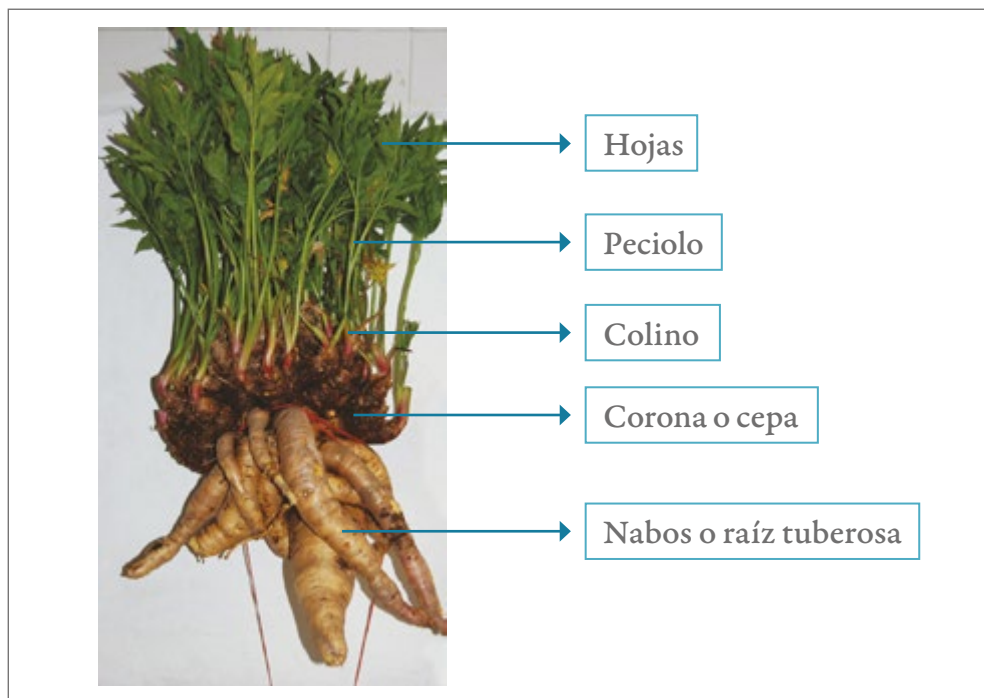
## Capítulo I

# Morfología y formas hortícolas de la arracacha

## Morfología de la planta de arracacha

“La planta de arracacha produce varias raíces laterales, que constituyen la parte comestible, un rizoma central y varios tallos laterales cortos o renuevos, que sirven como propágulos, así como un exuberante follaje. Es una especie perenne, pero se cultiva como anual” (Knudsen et al. 2006). De acuerdo con Amaya (2006), es una planta herbácea con una altura entre 50 cm y 120 cm, las hojas presentan de tres a cuatro folíolos laterales opuestos y uno terminal, que miden hasta 50 cm (figura 1). La coloración de las hojas y el peciolo cambia de verde a rojo, de acuerdo con la variedad (Barrera et al. 2004). La corona o cepa es un tronco corto, cilíndrico vertical, que da origen a la parte aérea de la planta y a las raíces tuberosas y se ubica entre los colinos y las raíces reservantes. En la parte superior de la corona se desarrollan los colinos utilizados para la propagación vegetativa; su número oscila entre 10 y 30. En la parte inferior de la corona se desarrollan las raíces fibrosas y tuberosas, su número varía entre 4 y 10. Las raíces reservantes o nabos son ovoides, cónicas o fusiformes, con una longitud de 5 a 25 cm y con un diámetro entre 3 y 8 cm (Hermann et al. 1997).





**Figura 1.** Planta de arracacha con partes aéreas y subterráneas.

Fuente: Corpoica 2014

## Formas hortícolas de arracacha

Según Higueta (1977), las diferentes formas hortícolas se reconocen por los colores del follaje y el externo e interno de la raíz y se agrupan en tres clases (figura 2).

- Blancas: en este grupo está la variedad blanca salamineña, cultivada en el departamento de Antioquia; tiene raíces de color blanco, follaje verde, ciclo vegetativo de diez meses y muy buena aceptación en el mercado.
- Amarillas: producen raíces amarillas y tienen el follaje de color verde; a este grupo pertenece la variedad yema de huevo, también conocida como calentana. Dentro de esta se presentan dos formas: una con color violeta en la base de los pecíolos y otra que presenta color rosado; en ambos casos el resto del pecíolo es de color verde claro.
- Violeta: tienen las raíces y cepas blancas o amarillas, pero con zonas violeta en el interior de las raíces reservantes.



**Figura 2.** Formas hortícolas de la arracacha. a. Nabos de arracacha blanca; b. Corte longitudinal en nabos blancos; c. Corte transversal en nabos blancos; d. Nabos de arracacha amarilla; e. Corte longitudinal en nabos amarillos; f. Corte transversal en nabos amarillos; g. Nabos de arracacha blanca con tinte violeta; h. Corte longitudinal en nabos blancos con tinte violeta; i. Corte transversal en nabos blancos con tinte violeta; j. Nabos de arracacha amarilla con tinte violeta; k. Corte longitudinal en nabos amarillos con tinte violeta; l. Corte transversal en nabos amarillos con tinte violeta.

Fuente: Corpoica 2014

## Variedades regionales de arracacha en Cajamarca, Tolima

El municipio de Cajamarca es el mayor productor de arracacha tanto en el departamento del Tolima, como en Colombia. Según cifras de Agronet (2013), se sembraron 2.991 hectáreas con 29.177 toneladas anuales y rendimiento de 9,75 toneladas/hectárea.







El 80 % del área sembrada se realiza con amarilla común de nabos amarillos y vetas violeta, el 10 % con amarilla yema de huevo con nabos amarillos y el 10 % con cartagenera o calentana de nabos amarillos (figura 3). La variedad amarilla común presenta crecimiento erecto, mientras que la yema de huevo y la cartagenera son de crecimiento intermedio (tabla 1). Las variedades yema de huevo y cartagenera presentan nabos color amarillo y los de variedad amarilla común presentan color amarillo claro con pigmentación violeta.



**Figura 3.** Variedades regionales municipio de Cajamarca, Tolima. a. Variedad yema de huevo, con peciolo color verde claro, base púrpura; b. Nabos totalmente amarillos; c. Colinos amarillos; d. Variedad cartagenera con peciolo violeta; e. Nabos totalmente amarillos; f. Colinos amarillos; g. Variedad amarilla común con peciolo verde, base rosada; h. Nabos con vetas violeta en el anillo vascular; i. Colinos con vetas violeta.

Fuente: Corpoica 2014

**Tabla 1.** Caracterización cualitativa de materiales regionales de arracacha en el municipio de Cajamarca

Nombre del material	Características	Nabo	Aspecto general de la planta
Común amarilla	<p>La variedad amarilla común tiene un crecimiento erecto, el color de los nabos es amarillo claro y, en ocasiones, presenta pigmentación violeta; en el haz predomina el color verde claro; las nervaduras no muestran coloraciones secundarias; el peciolo es estriado color verde claro con coloraciones secundarias rosadas a rojizas en la parte basal.</p>		
Yema de huevo	<p>Tiene un crecimiento intermedio; en su parte central, los nabos presentan un color amarillo predominante rodeado por un círculo del mismo color, aunque más claro, similar a una yema de huevo; las hojas tienen un color verde con bordes púrpura a rojizo en los folíolos y medianamente incisos; el peciolo es estriado de color verde con el tercio inferior rojizo.</p>		
Cartagenera	<p>Muestra un hábito de crecimiento intermedio y su color predominante es el verde púrpura en los peciolos, nervaduras y bordes de los folíolos. Las hojas son de color verde púrpuro, el envés es verde oscuro y los folíolos ampliamente aserrados y el peciolo liso. Los nabos son amarillos oscuros.</p>		

Fuente: Corpoica 2014

# Selección y producción de semilla de calidad de arracacha

La producción de semilla de arracacha es un proceso de multiplicación vegetativa, que utiliza los brotes o colinos de la parte aérea, que conservan los caracteres identificados en la planta madre con más del 90% de prendimiento, fáciles de enraizar e insumo útil para prevenir la diseminación de plagas y enfermedades. La tecnología para la producción, multiplicación y comercialización de semilla de arracacha, permitirá a las asociaciones de agricultores ofrecer a sus integrantes semillas de calidad genética, fisiológica, física y sanitaria.

El propósito de los procedimientos de selección y producción es el de aplicar conocimiento científico a la semilla como insumo base para consolidar los beneficios esperados por el agricultor en la actividad comercial agrícola.

## Propagación de la planta de arracacha

La propagación de la arracacha con fines comerciales se realiza vegetativamente (asexual), a partir de los brotes que crecen en la parte aérea de la planta. Al contrario de las semillas botánicas, mantienen uniformidad y las características del clon que las originó. Ellas no están en reposo absoluto, pues ocurren modificaciones bioquímicas y morfológicas desde su origen hasta su enraizamiento y producción de una nueva planta (Amaya y Julca 2006).

La reproducción asexual permite obtener, en poco tiempo, gran cantidad de descendientes sanos y propagar las características y cualidades que se quieren privilegiar, es necesario vigilar las condiciones generales de la planta para que las bondades priorizadas perduren en el tiempo.

En esta forma de reproducción, todas las plantas son homogéneas, los descendientes son idénticos, proceden de un mismo organismo, no presentan variabilidad y son muy sensibles a los cambios ambientales y de manejo. Los materiales están expuestos a desaparecer con mayor facilidad por el ataque generalizado de plagas y enfermedades, por lo tanto, requieren de seguimiento y monitoreo cuidadoso para asegurar el desempeño comercial. El proceso de producción de semilla implica el pleno conocimiento y selección de la planta madre, selección, corte, desinfección y embolsado de colinos (figura 4).



**Figura 4.** Reproducción asexual de la arracacha. a. Identificación de la planta madre; b. Selección de la planta madre; c. Selección de colinos; d. Corte de colinos; e. Desinfección; f. Embolsado.

Fuente: Corpoica 2014



## Selección de semilla de calidad de arracacha

Para lograr un cultivo mejorado de arracacha y con semilla de calidad, se inicia con la selección de plantas madre de las cuales se obtendrán los colinos para la siembra. Estas pueden ser plantas de parcelas en campos de agricultores o plantas preparadas exclusivamente para generar material de siembra.

La planta seleccionada para multiplicar vegetativamente debe reunir características y cualidades que el agricultor esté interesado en perpetuar como color, forma y sabor de la raíz, altura de la planta, contenido de almidón (Medina et al. 2008), proporción entre cepa y raíces comerciales, relación fuente y vertedero (parte aérea con parte subterránea), edad de la planta a cosecha y tolerancia a plagas y enfermedades. No obstante, cuando se identifican materiales con caracteres de interés es conveniente preservar el material genético para futuros procesos de reproducción sexual y obtención de nuevos materiales.

Para seleccionar la planta madre o donadora es preciso considerar el sitio donde se encuentre sembrada como garantía de la expresión genética; por lo tanto, se buscan plantas en lugares altos del microrrelieve (filo), ya que el colino será más compacto, menos hidratado, poco succulento y libre de patógenos; mientras que en lugares bajos (vagas) la planta es succulenta, muy hidratada y susceptible a plagas y enfermedades.

### **Protocolo 1. Selección de plantas madre para semilla de arracacha**

Los protocolos para semilla de arracacha son los instrumentos conceptuales y metodológicos que permiten, de manera integral, presentar las acciones que debe desarrollar la persona que adquiera compromisos en selección de plantas madre, selección de colinos, tratamiento, empaque y embalaje de semilla de buena de calidad de arracacha.

## Criterios de selección de la planta madre

Para lograr la mejor selección de las plantas madres, estas deben:

- Tener buen nivel nutricional y grado de desarrollo mayor de diez meses.
- Ser productivas (con número, tamaño y color del nabo requerido por el mercado).
- Estar libres de enfermedades e insectos plaga.
- No tener plantas enfermas a su alrededor.
- Tener características similares entre sí, sin mezcla de variedades para conseguir una descendencia uniforme.
- Proceder de cultivos entre 10 y 12 meses de edad para asegurar un mejor prendimiento del colino.
- Tener sanos sus tejidos internos, para esto se realiza una prueba de corte, la cual se lleva a cabo con una navaja o un cuchillo desinfectado; se corta un colino de la planta y, con la ayuda de una lupa, se inspecciona la superficie cortada.

## Materiales

Los materiales necesarios para hacer la colecta son:

- Fichas de colecta
- Marcadores permanentes
- Lápices de grafito
- Bolsas de malla de envasado en polietileno para empaclar individualmente el material
- Guantes
- Palas grandes y pequeñas
- Libro de recolección por zona
- Etiquetas
- Guía de campo (protocolo)
- Lupa
- Cámara fotográfica
- Tijeras podadoras
- Navajas
- Bolsas de tela (saco)
- Desinfectante
- Cajas de cartón para el transporte
- Cuerdas para amarrar



## Procedimiento

El procedimiento que se debe realizar consiste en:

- Localizar la finca y el lote de extracción del material vegetal que cumpla con las características óptimas de producción.
- Verificar que históricamente el cultivo no tenga anomalías de tipo sanitario o fisiológico y que no exista mezcla de variedades en el mismo lote.
- Una vez elegida la planta madre, se realiza la prueba de corte de tres colinos, al azar, para verificar, con la ayuda de una lupa, la sanidad de los tejidos internos.
- Luego, extraer toda la planta y se eliminan las hojas secas o con daños.
- Posteriormente, etiquetar asignándole un código y empacar en atados (figura 5)



**Figura 5.** Procedimiento para selección de planta madre en cultivo de arracacha.

Fuente: Corpoica 2014

## Fichas técnicas para la clasificación de plantas madre de arracacha

Las fichas técnicas se elaboran con el objetivo de registrar los caracteres fenotípicos básicos de una planta madre, su localización, características de producción, rendimiento económico, sanidad y manejo agronómico. Cada material se codifica para identificar las características originalmente seleccionadas; de esta forma, se asegura pleno conocimiento de la progenie y se pueden tomar decisiones sobre el mantenimiento y la permanencia de las características de interés del material vegetal propagado.

### Protocolo 2. Codificación de fichas de plantas madre de arracacha

Este protocolo permite clasificar de forma sistemática los materiales de arracacha amarilla común, cartagenera y yema de huevo pertenecientes a la zona de Cajamarca, así como tener conocimiento sobre el origen y las características de la progenie para lograr generaciones con atributos estables y deseados.

#### Materiales

Los materiales necesarios para hacer la codificación de fichas de plantas madre son:

- Fichas de colecta
- GPS
- Marcadores permanentes
- Lápices de grafito
- Bolsas de malla de envasado en polietileno para empacar individualmente el material colectado
- Etiquetas para codificación
- Guía de campo (protocolo)
- Cámara fotográfica



## Procedimiento

Una vez se identifica la planta madre es necesario asignar la codificación única que permita clasificar los materiales por características de interés. El código está conformado, en primera instancia, por las iniciales del nombre científico: *Arracacia xanthorrhiza* (AX), seguido por las iniciales de la variedad: amarilla común (AC), yema de huevo (YH) y cartagenera (C). A continuación, se establece una codificación para el carácter morfológico color del peciolo que permite clasificar nuevamente los materiales así: peciolo verde (PV), peciolo rojo (PR), peciolo violeta (PM). Luego, se asigna la numeración según el recorrido de la colecta para cada uno de los materiales, tal como se muestra en los siguientes ejemplos:

- AXYHPR100 = *Arracacia xanthorrhiza*, yema de huevo, peciolo rojo, numeración de planta colectada 100.
- AXCPM016 = *Arracacia xanthorrhiza*, cartagenera, peciolo violeta, numeración de planta colectada 016.


Para capturar la información sobre las características de la planta madre se propone una plantilla (tabla 3) que permite la toma, el registro y la organización de los datos en campo.

## Recomendaciones para la captura de información

Algunos aspectos a tener en cuenta en la ficha de captura son:

- La cantidad de colinos y de plantas obtenidas mediante reproducción asexual, así como las características que se desean mantener de la selección, esta información se registra en las fichas técnicas de cada generación.
- Se debe registrar el historial del cultivo, georreferenciación de la finca y descripción de las características de la zona, ubicación, tipo de suelo, pendiente, entre otros aspectos.
- La descripción morfológica de la planta contribuye a identificar la variedad que puede ser cartagenera, yema de huevo o amarilla común; así se logra evitar plantas atípicas.
- Se registran datos de densidad de siembra, tratamientos de semilla y estado fitosanitario de los parentales que serán de gran utilidad para obtener una mejor progenie.
- Se registran observaciones relevantes, como la asociación con otros cultivos, entre otras, así como los datos del recolector de la planta.

**Tabla 2.** Caracterización cualitativa de materiales regionales de arracacha en el municipio de Cajamarca

		<b>Ficha técnica para la recolección de semilla vegetativa de variedades de arracacha (<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft)</b>	
<b>Datos de localización</b>			
Número de la planta madre:			Código:
Fecha de recolección:	Día:	Mes:	Año:
Lugar de recolección:			
Municipio:			
Vereda:			Corregimiento:
Nombre de la finca:			
Coordenadas:			
Metros sobre el nivel del mar (msnm):			
Calidad del sitio:			
Ubicación geográfica	Filo:	Vaga:	
Tipo de suelo:			
Pendiente del lote:			
<b>Descripción de la planta</b>			
Nombre común:			
Procedencia de la semilla:			
Densidad de población:	Alta:	Intermedia:	Baja:
Tratamiento de semilla:	Sí:	No:	
	Cuáles:		
Número de foliolos:			
Color del peciolo:			



Color del colino:				
Cepa:	Diferenciada:	No diferenciada:		
Color del nabo:				
Tamaño del nabo:				
Forma del nabo:				
Índice biológico:				
Índice económico:				
Fecha de siembra:	Día:	Mes:	Año:	
Presencia de plagas:	Sí:	No:		
	Cuáles:			
Presencia de enfermedades:	Sí:	No:		
	Cuáles:			
Manejo del cultivo (labores realizadas):				
Prácticas de asocio o especies silvestres relacionadas:				
Fecha de cosecha:	Día:	Mes:	Año:	
Comercialización:	Buena:	Regular:	Mala:	Excelente:
Aceptación de mercado:				
Foto número:				
Observaciones:				
<b>Datos de recolectores:</b>				
Nombres completos:				
Información de ubicación:	Dirección:			
	Teléfono:			
Firma:				

## Selección y corte de colino de arracacha para semilla

La propagación y multiplicación de la arracacha se realiza comúnmente de forma asexual, de tal manera, que los colinos llamados también hijuelos de propagación o brotes vegetativos que se encuentran insertados en la cepa de la planta tienen una distribución según la ubicación y tiempo de maduración en la cepa. Es importante su reconocimiento, identificación y manejo para asegurar cultivos rentables y uniformes (Dos Santos 2004).

### Clasificación de colinos en plantas de arracacha

“La selección y corte de los colinos de arracacha para la obtención de semilla es un proceso importante para obtener una buena planta” (Dos Santos et al. 2004). De acuerdo con la experiencia en campo, los colinos son desgajados o cortados en la parte aérea de la planta y se clasifican según la posición, edad y tamaño. Se desarrollan en cada anillo de la cepa en forma intercalada y opuesta. Se establecen tres categorías de clasificación:

**Según la posición:** el colino denominado madre es la semilla vegetativa y permanece en la parte central de la cepa (ubicación cero “0”). A partir de allí, los colinos se clasifican según la cercanía al colino madre; de esta forma, los de posición 1 (uno) son contiguos y su ubicación incrementa de forma ascendente. Colinos ubicados en el anillo dos tienen una posición dos (2).

**Según la edad:** el punto de partida es el colino madre identificado con el número uno (1) y representa el primer colino formado, por consiguiente el más viejo. Los colinos emergen alrededor y se desplazan hacia la corona de la cepa. Colinos ubicados en la periferia tienen un valor de dos y representan los segundos en formarse; a partir de allí la clasificación es en forma descendente.

**Según el tamaño:** variables como grosor y vigor de los colinos permite la siguiente subdivisión:

- Tamaño 1. Colino madre ubicado en el centro de la cepa se identifica por el grosor y vigor, no son recomendables para la siembra porque pueden presentar floración en el segundo ciclo.



- Tamaño 2. Colinos ubicados en la periferia de la cepa. Ideales para siembra.
- Tamaño 3. Colinos dispuestos alrededor del colino madre y en proceso de formación, son menos vigorosos y de grosor medio. No recomendados para siembra por su corta edad.
- Tamaño 4. Denominamos yemas, agujas o retoños, se desarrollan adjunto a la cepa y al desgajarlos tienen forma de media luna.



**Figura 6.** Ubicación de colinos en la cepa de arracacha.

Fuente: Corpoica 2014

## Cortes de colinos en arracacha

Después de seleccionar los colinos, se eliminan las hojas y se realiza un corte en la zona apical dejando 5 cm de peciolo y, en la parte basal, un corte de tal forma que el cámbium vascular sea expuesto, pues allí es donde se originan las raíces. Esta práctica es recomendable en la preparación de las plántulas lo que genera una mayor producción de raíces y, consecuentemente, mayor rendimiento.

Los tipos de corte más comunes son:

- Corte horizontal: se hace el corte en un solo movimiento con la sección de contacto paralela a la superficie del suelo, dejando dos anillos en cada colino.

Este corte permite la distribución uniforme del látex, emergencia equilibrada de raíces, distribución y desarrollo parejo de raíces tuberosas, sin deformaciones y aprovechamiento del contorno productivo de la semilla (figura 7).

- Bisel simple: se hace el corte en un solo movimiento con la sección de contacto oblicua a la superficie del suelo dejando dos anillos en cada colino. Este corte concentra el látex en la porción más aguda de la sección oblicua, si se siembra inclinado el colino, solo se generaran raíces donde se concentra el látex, produce amontonamiento y deformación de nabos (figura 7).
- Corte horizontal con cruz, en punta, horizontal sin cámbium: no son recomendables porque incrementan los costos de producción y no contribuyen en el mejoramiento de las condiciones sanitarias ni en el rendimiento (figura 7).

Un estudio realizado por Rivera et al. (1994) indica que el corte transversal, recto y en punta con dos anillos, presenta el mayor número de raíces (75 a 80) a los 15 días de sembrado y el mayor desarrollo foliar (figura 7).



**Figura 7.** Cortes del colino. a. Recto horizontal con cruz; b. Recto horizontal; c. Bisel; d. Punta; e. Recto horizontal sin cámbium.

Fuente: Corpoica 2014

## Procedimiento

En el sitio de procesamiento de las semillas, las plantas madre se separan de acuerdo con la variedad y zona de extracción. Se inicia con un lavado para eliminar el suelo y la materia orgánica adherida, luego, se utiliza jabón detergente al 0,1 %, (1 ml de detergente/L de agua) para eliminar residuos.



Posteriormente, se cosechan las raíces tuberosas y luego se cortan los colinos de la cepa. Una vez seleccionados, estos últimos son codificados y clasificados por cada tipo; se introducen en recipientes con hipoclorito de sodio al 1 % y se sumergen durante 15 segundos para desinfectarlos (figura 8).



**Figura 8.** Desinfección de colinos de arracacha.  
Fuente: Corpoica 2014

La mezcla entre Chambuque® (Mancozeb 3 g/L) y Zellus® (Benomil 1g/L) con un tiempo de inmersión de diez minutos ofrece buenos resultados como tratamiento para reducir problemas fúngicos y pudrición del colino. Luego, se lavan con agua y se procede a realizar un corte basal de tal manera que el cámbium vascular quede expuesto, pues allí es donde se originan las raíces (figura 9).



**Figura 9.** Colinos antes y después de corte basal, permite la exposición del cámbium vascular.  
Fuente: Corpoica 2014

El corte de colinos se debe realizar con una cuchilla fina de grosor uniforme y desinfectada con alcohol etílico al 70 % y, cada vez que se corta el colino de una planta madre diferente, las herramientas se desinfectan nuevamente (figura 10). Es común utilizar cuchillos pequeños. El corte se debe realizar de una sola vez. Se registra el peso, número de colinos/planta y se disponen para el secado en un lugar con aireación y libre de humedad durante dos o tres días.



**Figura 10.** Corte de colinos de arracacha.

Fuente: Corpoica 2014

## Preenraizamiento de colinos

Los almácigos son similares a los utilizados en cultivos de hortalizas (Santos y Cámara 1995). El método consiste en localizar un sitio con acceso a riego, y es recomendable que también tenga sombra. Una vez se corten, se seleccionen y se desinfecten, los colinos se siembran en el almacigo a una distancia de 5-7 cm entre colinos y 15 cm entre hileras. Es recomendable que la profundidad de trasplante sea entre 2 y 3 cm a partir del corte realizado. Los sustratos que se utilizan son arena para camas de enraizamiento y el sustrato como se indica en el subcapítulo “Preparación del sustrato para preenraizamiento” (figura 11) (Terrazas e Iriarte 2012).



**Figura 11.** Procedimiento para el preenraizamiento de colinos.

Fuente: Corpoica 2014

Los colinos preenraizados como semilla de calidad proporcionan uniformidad a las plantas en el campo, escalonamiento de la siembra, facilidad en la eliminación de colinos con señales de floración, reducción del costo de producción por menor consumo de agua y energía, limitado uso de mano de obra en los primeros 45 a 60 días, reducido gasto en insumos químicos para el control de insectos (volumen y tiempo de aplicación), baja contaminación ambiental y mayor efectividad en el control de plagas y enfermedades.

## Preparación y manejo de suelo para la producción de semilla de calidad

El área destinada para producción de semilla de calidad debe contar con una fuente de agua limpia, suelos con características saludables (fértils, con buen drenaje, libres de enfermedades e insectos plaga), área disponible para rotaciones con plantas mejoradoras de suelo. La arracacha necesita suelos profundos y bien drenados y no tolera encharcamiento.

### Procedimiento

Se debe realizar un muestreo para el análisis de suelo y luego prepararlo. Según los agricultores, el suelo se debe preparar el tercer día de la luna menguante y el tercer día de la luna nueva.

### Solarización del suelo para preembraizamiento

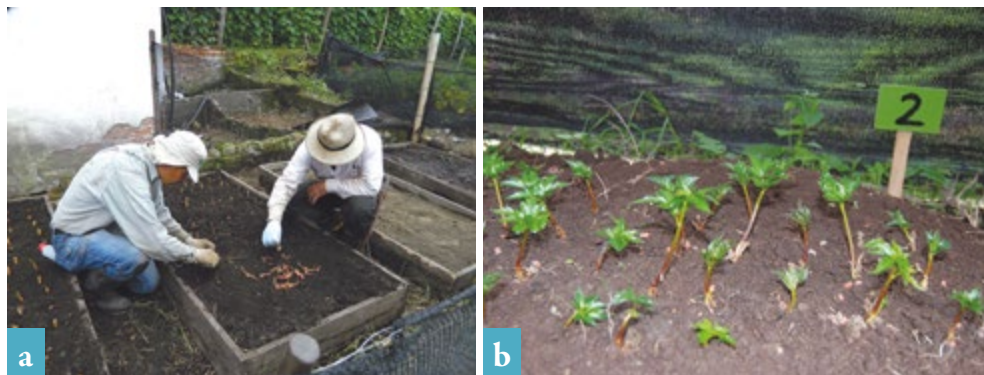
El área a solarizar debe estar preparada y libre de terrones (Stapleton 1990). El suelo utilizado para el establecimiento del almacigo se mezcla con caldo bordelés que tiene propiedades fungicidas y bactericidas. Luego se humedece el suelo y se cubre con plástico transparente por 30 días. Este proceso también se utiliza en la esterilización de arena.





## Preparación del sustrato para preenraizamiento

Se recomienda el laboreo del suelo con una mezcla de compost o lombricompuesto y micorrizas en cantidad de 7 kg/m<sup>2</sup> de cada una. La cama del almácigo debe tener 20 cm de suelo preparado. Se recomienda que el almácigo tenga un metro de ancho para facilitar la realización de las labores culturales (figura 12). Es conveniente el uso de N-P-K (10-30-10), en dosis de 100 g/m<sup>2</sup>.



**Figura 12.** Manejo de almácigos para preenraizamiento. a. Camas para preenraizamiento de colinos; b. Colinos preenraizados en almácigos.

Fuente: Corpoica 2014

Para una hectárea de arracacha se requieren 100 m<sup>2</sup> en camas de preenraizamiento con 10 kg de 10-30-10, 70 kg de micorrizas y 70 kg de lombricompuesto. En el momento de la preparación es importante incorporar productos (Raxter® W.P. y Cronox® W.P., 1 g/L de agua) a base de *Bacillus popilliae* y *Metarhizium anisopliae* para el control de chisas. Esto se debe hacer mínimo una semana antes de la siembra. Es importante que las camas de preenraizamiento tengan semisombra y que estén cerca de una fuente de agua.

## Manejo sanitario de colinos antes de la siembra

Se recomienda regar el lote seleccionado antes del trasplante de los colinos. En el momento de la siembra, los colinos se inyectan con una suspensión de conidias de *Trichoderma* (10<sup>6</sup> conidias/ml). Comercialmente se usa el producto Prqكتور® W.P. en dosis de 1 g/L con un bioestimulante que genere raíces absorbentes (por ejemplo, Extractum raíz 1,5 cc/L con solufos 2 g/L), esta mezcla se denomina solución arrancadora.

## Preparación de terreno

Una vez se cumplen de 45 a 60 días de establecidos los colinos en almácigos y han completado el ciclo de preembra, es necesario establecerlos en el sitio definitivo que se debe manejar agronómicamente e incorporarle materia orgánica (lombricompost, compost, micorrizas y hongos entomopatógenos) (Suquilanda 2015). Este proceso permite un alto índice de prendimiento, crecimiento uniforme de las plantas y producción de las raíces de reserva (figura 13).



**Figura 13.** Ahoyado del terreno para siembra.  
Fuente: Corpoica 2014

Al hacer surcos a través de la pendiente (ahoyado) de 40 a 50 cm de altura, se facilita el drenaje y mejora la aireación (las plantas absorben el 90 % del oxígeno por las raíces), además, se debe permitir que el suelo esté suelto para que las raíces se expandan.

La preparación de terreno también ofrece facilidad para realizar labores culturales porque permite la limpieza manual de arvenses, muestreos en el cultivo, fumigaciones, cosecha y aplicación de herbicidas en pre y posemergencia, contribuye a que los agricultores realicen trabajos rápidamente al desplazarse por la calle o zanja y reduce la compactación de la zona radicular.

Según Rivera et al. (1994), la distancia de siembra óptima en el cultivo de arracacha es 1 m entre surcos y 0,7 m entre plantas con un promedio de producción de 15.500 kg/ha. En áreas con pendientes fuertes, la distancia recomendada es de 1,2 m entre surcos y 0,6 m entre plantas, para una producción media de 12.700 kg/ha.

## Recomendaciones para el seguimiento y la evaluación de cultivos

Para obtener buenos resultados y controlar a tiempo los problemas fitosanitarios, es importante tener un sistema de monitoreo y seguimiento del proceso productivo de semilla de calidad, de esta forma, se previenen enfermedades y se controlan eficientemente los insectos que ocasionan pérdidas.

Es aconsejable evaluar semanalmente la incidencia de insectos y enfermedades. Como mecanismo de control, se utilizan trampas cromáticas amarillas y azules que funcionan como atrayentes de insectos. Las trampas se elaboran con platos plásticos o plástico amarillos sujetados a estacas permanentes y dispuestas a la altura de las plantas; estas se impregnan con aceite vegetal, miel, valvulina, pegamento o productos comerciales especializados, con el objetivo de monitorear y controlar las poblaciones de insectos como trips y mosca blanca. Al mismo tiempo, se utilizan dos litros de agua con una cucharada de jabón líquido distribuidos entre los surcos sembrados para potencializar el controlar insectos plaga (figura 14).



**Figura 14.** Manejo de trampas amarillas en cultivo de arracacha. a. Trampa con plato plástico amarillo; b. Trampa amarilla con plástico y estacas fijas.

Fuente: Corpoica 2014

## Recomendaciones técnicas en el desarrollo del cultivo de arracacha

El aporque se realiza aproximadamente 60 días después del trasplante apilando la tierra alrededor de las plantas; se aconseja aplicar hongos entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae*) para el control de chisas (Lozano et al. 2000).

La deshierba del cultivo se realiza a partir del tercer día de luna menguante hasta el tercer día de luna nueva, es decir, cuando las hierbas indeseadas han agotado las reservas concentradas en las raíces y, al cortarlas, tardarán en recuperarse.

Para áfidos, cochinillas y mosca blanca son oportunas las aplicaciones de soluciones de jabón potásico (5 ml/litro de agua), cada tres días. El jabón potásico es un producto certificado para agricultura ecológica conforme a los requisitos del reglamento europeo vigente.

Para trips se utiliza extracto de Neem 7 cc/litro de agua. Los comedores de follaje son controlados con Thuricide®, Dipel® o Javelin® (*Bacillus thuringiensis*, 6 gramos/litro de agua); igualmente, para gusanos trozadores se utilizan cebos con base en estos productos (*Bacillus thuringiensis*, 6 gramos/litro de agua más 200 cc de melaza/litro de agua más 4 kg de salvado de trigo).

La fertilización granulada se fracciona en tres aplicaciones durante el año y las dosis y fuentes dependen fundamentalmente de los análisis de suelos. Según Rivera et al. (1994), las raíces principales inician su crecimiento cuando el colino se encuentra en condiciones favorables presentando un promedio de 24 raíces con una longitud de 0,58 cm, valores que se triplican en los 15 días siguientes con 75 raíces y una longitud de 5,32 cm. Por esta razón, la primera fertilización se debe aplicar en el momento de la siembra o en los primeros 15 días de establecido. Los resultados indican el cambio morfofisiológico que tienen las raíces tuberosas durante la acumulación de nutrientes que se presenta entre 80 y 90 días después de la siembra, periodo en el cual se debe concentrar la fertilización.

Rivera et al. (1994) indican que el mayor número de hojas verdes se presenta a los 9 meses, la menor a los 10 y el máximo peso de las raíces tuberosas se logra de los 10 a 11 meses, razón por la cual la última fertilización se debe realizar en el periodo de los 6 a 7 meses después de la siembra.

# Aspectos fitosanitarios y cómo manejarlos

El sistema productivo de arracacha interactúa, en todo el ciclo de vida, con enfermedades causadas por hongos y bacterias, que impiden el desarrollo de la arracacha, generan altos costos de producción por la utilización de productos químicos y biológicos, hasta el uso de productos tóxicos para el ser humano, animales domésticos y silvestres. De igual forma, el complejo de insectos plagas, genera pérdidas económicas por daño físico a la producción, altos costos de adquisiciones, aplicación de agroquímicos y bajos rendimientos.

Aguirre et al. (2000) señala el argeniado como la principal enfermedad presente en la zona productora de Cajamarca, Tolima, causada por más de un patógeno; se expresa en pudrición seca de colinos y nabos, y pudrición acuosa de cepa y raíces reservantes. Se disemina por semilla asexual y los materiales que se siembran son susceptibles a la enfermedad.



## Enfermedades que causan daños importantes en el cultivo de la arracacha

El cultivo de la arracacha es afectado por varias enfermedades que limitan la producción, y perjudican el follaje, la corona, los colinos y las raíces de esta planta (Ames 1997), entre las cuales se destacan:

**Argeniado.** Es una enfermedad que afecta a colinos y nabos de las plantas de arracacha en la zona productora de Cajamarca. Se transmite por semilla asexual (colinos). Al parecer, es causada por varios agentes patógenos (hongos y bacterias) que presentan síntomas diferentes; los más comunes son manchas marrón claro y oscuro en los haces vasculares de los colinos, luego se tornan intensos e invaden totalmente el colino, con lo que se produce la muerte total de las plantas (figura 15).



**Figura 15.** Enfermedades en arracacha. a. Síntomas iniciales de argeniado; b. Sintomatología avanzada de argeniado en colinos; c. Pudrición acuosa por bacterias.

Fuente: Corpoica 2014



**Pudrición seca.** El colino (semilla asexual) presenta un estriado color marrón oscuro a medida que la severidad aumenta, las estrías se convierten en manchas irregulares de gran tamaño. Las plantas se caracterizan por achaparramiento, descomposición de las raíces reservantes y muerte. El posible agente causal es el hongo *Fusarium* sp., típico del suelo y cuyas especies pueden sobrevivir varios años en este, pero el inóculo primario (formas de multiplicación del hongo) se mantiene generalmente en la parte superior de los nabos; a partir del inóculo se contaminan recipientes, herramientas (cuchillo o navaja) y materiales de almacenamiento utilizados en la recolección de semillas de arracacha.

Según Acuña (2014), “la pudrición seca se desarrolla bajo condiciones de alta humedad relativa y temperatura entre 15 y 20 °C. La humedad relativa por encima del 70 % no altera el desarrollo de la enfermedad, pero con menor humedad la infección y el desarrollo disminuyen” (figura 16).



**Figura 16.** Planta de arracacha afectada por pudrición seca.

Fuente: Corpoica 2014

**Pudrición acuosa por hongo.** Se observa una clorosis tenue de las hojas y peciolo; luego, las hojas se vuelven flácidas, los peciolo caídos presentan una coloración rosada; sin producir mal olor, las raíces se descomponen y tienen una consistencia acuosa; además, se observa presencia de micelio (tejidos del hongo) y esclerocios (estructuras del patógeno). El posible agente causal es el hongo *Sclerotinia sclerotiorum* Lib. (figura 17).



**Figura 17.** Planta de arracacha afectada por hongo.  
Fuente: Corpoica 2014

**Pudrición acuosa por bacteria.** Los primeros síntomas se manifiestan con el debilitamiento de una o varias hojas de la planta, seguidos de una marchitez total, ablandamiento, decoloración de los peciolo y, finalmente, la planta muere. Las raíces afectadas producen mal olor. Las bacterias invaden las raíces. La forma de propagación de la arracacha facilita la infección porque, al separarse,



en la raíz principal de los colinos (semilla) se producen lesiones o heridas en las cuales penetran hongos y bacterias con facilidad. La enfermedad parece ser causada por *Erwinia chrysanthemi* Burk. (figura 18).



**Figura 18.** Planta de arracacha afectada por bacterias.  
Fuente: Corpoica 2014

## Recomendaciones para el manejo preventivo de enfermedades

**Uso de semilla sana.** Las semillas deben provenir de plantas sanas, de buen follaje y mayor tamaño, vigorosas y que no presenten síntomas de enfermedades, ni malformaciones en hojas y nabos. En lo posible, no almacenar los colinos por periodos mayores de diez días (figura 19).



**Figura 19.** Semilla sin presencia de plagas y enfermedades.  
Fuente: Corpoica 2014

**Uso de desinfectante en la herramienta de corte de colinos.** La navaja o cuchillo para corte de colino se debe desinfectar antes de utilizarse en otras plantas madre con el objetivo de evitar la diseminación de cualquier enfermedad fúngica o bacteriana (Agrios 1998).

Al cortar colinos en una planta madre diferente, se recomienda rociar la navaja con una solución de amonio cuaternario (Fitosan® 2 cc/L de agua), yodo agrícola (Agrodyne® 2 a 3 cc/L de agua), alcohol etílico con 70% de pureza o hipoclorito de sodio al 5% en una relación 9:1 (9 litros de agua x 1 litro de hipoclorito de sodio) (figura 20).



**Figura 20.** a. Desinfección de herramientas en campo; b. Desinfección de cuchillos; c. Desinfección de machetes.

Fuente: Corpoica 2014



**Rotación.** Es una práctica que consiste en cambiar de cultivo de una campaña agrícola a otra. Es de importancia sanitaria y se recomienda especialmente para control de enfermedades causadas por patógenos que habitan el suelo.

“Usualmente los agricultores hacen rotaciones de esta raíz tuberosa con cultivos como maíz, papa y leguminosas como fríjol, arveja y garbanzo, o dejan descansar el terreno con pastos” (Alvarado y Ochoa 2010).

**Barbecho.** Consiste en dejar en descanso el área de cultivo para que recupere sus condiciones físicas, químicas y biológicas (figura 21).



**Figura 21.** Lote en barbecho municipio de Cajamarca, Tolima.  
Fuente: Corpoica 2014

**Selección de variedades resistentes y variedades precoces.** El material yema de huevo es más precoz, con 12 a 15 meses del plantío a la cosecha. Amarilla común: de 12 a 18 meses, lo mismo que la variedad cartagenera; pueden llegar a cosecharse a los 24 meses en alturas superiores a 2.600 msnm.

La variedad yema de huevo es más susceptible al ataque de nematodos, enfermedades foliares y plagas con relación a la variedad amarilla común, la cual, es muy resistente a estrés hídrico, poco exigente en fertilización y de alto rendimiento, pero su aceptación en el mercado es menor debido a la manifestación de coloraciones violeta en los nabos.

Las variedades reaccionan de forma diferente frente a los patógenos, el conocimiento de esta característica permite identificar materiales promisorios (figura 22).



**Figura 22.** Lote establecido con arracacha amarilla común y yema de huevo en Cajamarca, Tolima.  
Fuente: Corpoica 2014

**Cuarentena.** Sirve para evitar el ingreso de enfermedades en zonas libres de estas. Es necesario impedir que se lleve de un lugar a otro material sospechoso de contaminación, para evitar la introducción y diseminación de fitopatógenos en áreas donde anteriormente no estaban presentes.

Las leyes nacionales regulan las condiciones bajo las cuales ciertos cultivos se pueden establecer y distribuir en las diferentes regiones de cada país. Dicho método regulatorio de control se aplica mediante cuarentenas, inspecciones de plantas en el campo o almacenes y, en ocasiones, erradicación voluntaria u obligatoria de ciertas plantas contaminadas con enfermedades nuevas de la zona (Agrios 1998).

**Solarización.** Se refiere a la desinfección del suelo por medio del calor generado por la energía solar capturada. La técnica de solarización consiste en cubrir el suelo húmedo con plástico transparente de baja densidad a fin de incrementar las temperaturas alrededor de 40 a 60 °C, hasta una profundidad de 10 cm, lo que permite controlar a la mayoría de los fitopatógenos. La radiación solar pasa a través del plástico transparente, se convierte en calor e induce cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo asociados con el calentamiento solar y tiene valor como una alternativa al uso de ciertos productos químicos (Abu-Irmaileh 2004). Muchas plagas del suelo se controlan con cuatro a ocho semanas de solarización en la capa de 10 a 30 cm (zona radical).



La efectividad de la solarización se debe, principalmente, al incremento de la temperatura del suelo a niveles letales para los organismos que ahí viven; los gases y otros productos resultantes de la biodegradación de las enmiendas orgánicas y residuos agroindustriales funcionan como fumigantes para el control de los organismos patógenos de vegetales (Pullman et al. 1981, citado por Bello et al. 2001).

La solarización del suelo reduce el hongo *Verticillium dahliae* Kleb. en profundidades de 70 a 120 cm; este efecto se debe a los gases liberados durante el proceso pero no es letal ante el hongo. Horiuchi et al. (1982) observaron que la eficacia de la solarización es mayor cuando se incorporan abonos verdes de nabo. Munnecke (1984) indica que la solarización es eficaz en el control del hongo *Fusarium oxysporum* Schltdl., cuando se añaden coles debido a los gases fitotóxicos que se producen en su descomposición.

La cubierta del suelo debe ser plástica y transparente esto permite el paso de la radiación solar que calentará el suelo; se debe formular con inhibidores ultravioleta (UV) para evitar el deterioro rápido del polietileno a fin de permitir que el suelo se solarice por más tiempo. El plástico debe tener un grosor delgado (0,025 a 0,050 mm = 25 a 50 micras) equivalente a un calibre 100 por su economía y efectividad para calentar el suelo (figura 23).



**Figura 23.** Proceso de solarización del suelo.

Fuente: Corpoica 2014

El suelo se debe mantener húmedo durante el periodo de tratamiento para incrementar la sensibilidad de los patógenos y mejorar la conductividad térmica del mismo. Antes de la instalación del plástico, se aplica una mezcla de caldo bordelés al 50 %, producto de la reacción que se produce entre el hidróxido de calcio y el sulfato de cobre. Este último, es el fungicida de cobre que se utiliza en todo el mundo (Agrios 1998).

El caldo bordelés se prepara mezclando sulfato de cobre y cal viva en cantidad de 250 g de cada uno, de forma separada se disuelve la cal viva en 18 L de agua y el sulfato de cobre en 2 L de agua, todo se prepara en un recipiente plástico para obtener un total de 20 L de bordelés que se utilizan por cada metro cúbico de tierra (figura 24).



**Figura 24.** Preparación del caldo bordelés (cal viva y sulfato de cobre 1:1).  
Fuente: Corpoica 2014

Después de disolver la cal viva y el sulfato de cobre, se mezclan vertiendo el sulfato a la cal viva. Posteriormente, se procede a equilibrar la mezcla adicionando 40 L más de agua y se agita. Se verifica que el caldo bordelés esté bien preparado introduciendo en este un elemento metálico con oxidación (por ejemplo, un machete) y al transcurso de 15 minutos el objeto debe estar completamente limpio. En caso contrario, se adiciona mayor cantidad de cal viva.



El tiempo de tratamiento debe ser suficientemente prolongado: por lo general, de cuatro a ocho semanas para lograr el control de patógenos, malas hierbas e insectos en la capa de 10 a 30 cm equivalente a la zona radical (Abu-Irmaileh 2004). El plástico se debe remover después del tratamiento de solarización.

## Métodos biológicos de erradicación o reducción de enfermedades en la semilla

“El control biológico de los patógenos, es decir, la destrucción total o parcial de las poblaciones de patógenos por medio de otros organismos ocurre frecuentemente en la naturaleza” (Agrios 1988). El género *Trichoderma* está compuesto por hongos que se encuentran presentes en forma natural en casi todos los suelos y otros hábitats del planeta. Entre los hongos micoparásitos más comunes destacan *Trichoderma* sp., principalmente *T. harzianum*, que se ha mostrado parásita; el micelio de *Rhizoctonia* y *Sclerotium* inhibe el crecimiento de muchos otros hongos, como *Phythium*, *Fusarium* y *Fomes*, y reduce la magnitud de las enfermedades causadas por la mayoría de estos patógenos en suelo (Agrios 1998).

El desarrollo de dichos microorganismos benéficos se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente por estos (Domsch et al. 1980). Algunas cepas son componentes importantes de la rizosfera. “Aparte de su facilidad para colonizar las raíces de las plantas, *Trichoderma* ha desarrollado mecanismos para atacar y parasitar a otros hongos y así, aprovechar una fuente nutricional adicional” (Grondona et al. 1997; Altomare et al. 1999; Carsolio et al. 1999; Kullnig et al. 2000). Las especies de *Trichoderma* son ampliamente usadas en la agricultura como bioplaguicidas; la mayoría son productoras de metabolitos secundarios que son eficientes en el control de microorganismos patógenos.

Se recomienda realizar inyecciones dirigidas al tallo y la raíz en el momento de la siembra y ocho días después de sembrar los colinos con productos a base de *Trichoderma harzianum* en (dosis de 1 g/L de agua). Se recomienda, la noche anterior a la aplicación, mezclar 20 gramos del hongo controlador en 200 cc de leche o suero para activar las esporas; esta es la dosis para una bomba de 20 L de agua.

## Métodos químicos de erradicación o reducción de enfermedades en la semilla

Generalmente, las semillas, colinos, tubérculos, bulbos y raíces de las plantas se tratan con compuestos químicos para prevenir su descomposición después sembrados o que ocurra un brote de ahogamiento de las plántulas jóvenes, a fin de controlar los patógenos que portan o habitan en el suelo donde serán plantados (Agrios 1998). Recientemente, las semillas se han tratado con fungicidas sistémicos para desactivar los patógenos presentes. Una mezcla eficaz para el control de enfermedades consiste en usar un fungicida sistémico como el benomyl que tiene efecto inhibidor de las infecciones ocasionadas por *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis*, *Ceratocystis*, *Fusarium* y *Verticillium*, en dosis de 1 g/L de agua, y uno preventivo como Mancozeb® en dosis de 3 g/L de agua.

Si el problema sanitario se manifiesta en el semillero y es de origen fúngico se controla con una inyección dirigida al tallo y la raíz con Predostar® (propamocar y metalaxil) en dosis de 1 g/L, Mertec® (tiabendazole), 1 cc/L. En el caso de estar asociado con bacterias, es necesario usar Kasumin® (kasugamicina), 1,5 cc/L con oxiclورو de cobre, 2 g/L.



## Insectos que causan daños importantes en el cultivo de arracacha

El cultivo de la arracacha es afectado por varios insectos que limitan la producción, entre los cuales se destacan:

**Gusano viringo** (*Agrotis ipsilon*, Hufnagel). Conocido también como tierrero o rosquilla, ataca el cultivo durante los primeros 10 a 15 días de emergencia; troza las plántulas atacando el tallo del colino, lo cual ocasiona resiembras y retraso en el desarrollo del cultivo (figura 25).



**Figura 25.** Daño causado por gusano viringo en colinos de arracacha.

Fuente: Corpoica 2014

**Áfido del tallo y la raíz** (*Brevicorynae brassicae*, L.). Es un insecto chupador de color verde claro o marrón oscuro a negro. Se localiza en raíz y tallo subterráneo, causa debilitamiento de la planta, está asociado con hormigas y causa daños especialmente en épocas secas. El insecto se localiza en el envés de la hoja y presenta formas con y sin alas. Es controlado especialmente con parasitoides (figura 26).



**Figura 26.** Áfidos en hojas y en raíz de un colino de arracacha.  
Fuente: Corpoica 2014

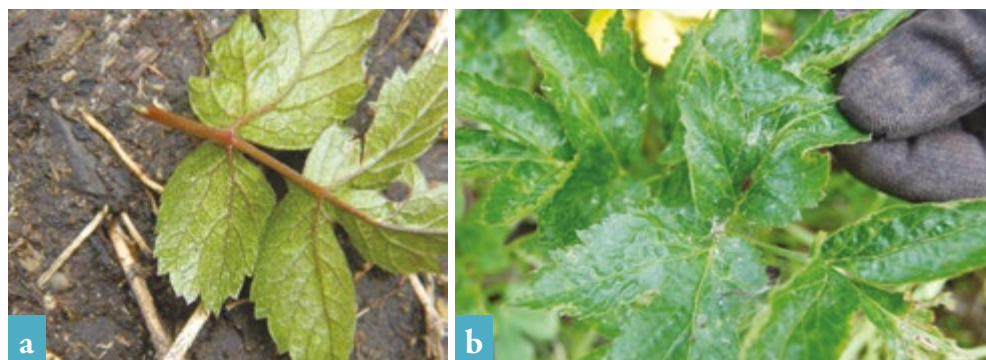
**Gusano verde del follaje** (*Papilio polyxenes asterius*, Stoll). Es una mariposa del orden Lepidoptera que deposita los huevos en el follaje de la planta, la larva sale y consume total o parcialmente el follaje; a veces daña varias plantas. Sin embargo, su daño no es de importancia económica (figura 27).



**Figura 27.** Gusano verde del follaje.  
Fuente: Corpoica 2014



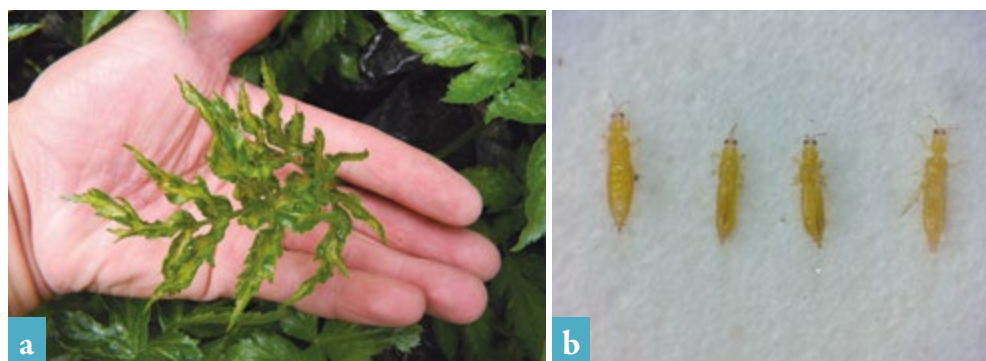
**Ácaro rojo del follaje** (*Tetranychus urticae* Koch). Es de color rojo, se localiza en el envés de la planta donde raspa y succiona la savia, esto ocasiona un plateado en la hoja. Cuando el ataque es severo, puede producir secamiento del follaje y retarda el desarrollo de la planta. Para su control se utilizan productos acaricidas (figura 28).



**Figura 28.** Afectación de hojas por ácaro rojo del follaje. a. Hojas afectadas por araña; b. Adulto de ácaro rojo.

Fuente: Corpoica 2014

**Trips del follaje** (*Thrips* sp.). Insecto que raspa la hoja para succionar la savia, lo que produce un plateado similar al ataque de ácaros. La población aumenta en épocas de verano y, en ocasiones, causa defoliación severa. Tiene una gran capacidad de reproducirse. Cuando los daños son severos, estos parches ocupan la mayoría del área foliar, por lo que la planta no realiza el proceso de fotosíntesis y pierde más agua de lo normal por las heridas a través de las cuales los patógenos penetran fácilmente a los tejidos (figura 29).



**Figura 29.** Afectación de follaje de arracacha por trips. a. Hojas jóvenes severamente afectadas por ataque de trips; b. Morfología del insecto trips.

Fuente: Corpoica, 2014

**Chisas** (*Melolonthidae* sp.). Insectos responsables de la pérdida de alrededor de 15.000 t de arracacha/año. El ataque se inicia desde el momento de la siembra; las larvas dañan el colino, de modo que producen retraso en el desarrollo y aumento de los costos por resiembra (Vásquez y Sánchez 2004). Cuando la raíz de absorción se convierte en raíz de acumulación, el daño impide que se formen arracachas comerciales y, cuando el cultivo está próximo a la cosecha, el daño de la chisa puede producir la pérdida total del producto (figura 30).



**Figura 30.** Chisas en suelos sembrados con arracacha.  
Fuente Corpoica 2014

**Babosas** (*Vaginulus plebeius* Fischer, *Limas maximus* L. y *Deroceras agreste* L.). Moluscos que causan daños importantes en el cultivo. Son de hábitos nocturnos y cortan las plántulas desde el suelo. Las babosas adultas consumen raíces, tubérculos, tallos y hojas. Las babosas ponen entre 100 y 500 huevos (figura 31).



**Figura 31.** Babosa adulta presente en cultivo de arracacha.  
Fuente Corpoica 2014



## Métodos biológicos para el control de insectos

En general, los insectos son afectados por enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus. Cuando las poblaciones de larvas de lepidópteros son altas, se manejan con aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* (bacteria) en dosis de 500 g/ha. Las chisas se pueden eliminar progresivamente mediante el incremento de la enfermedad lechosa, la cual es producida por *Bacillus popilliae*.

Las larvas enfermas se reconocen por su color blanco lechoso causado por la proliferación de esporas en la hemolinfa. El diagnóstico se puede confirmar perforando la cápsula cefálica con un alfiler, lo que permite que salga una gota de hemolinfa con apariencia de leche en la larva enferma o transparente-amarillenta en las larvas sanas. Las larvas se infectan cuando ingieren alimento contaminado con esporas de la bacteria. Las esporas tienen capacidad para sobrevivir muchos años en el suelo y, al entrar al tracto digestivo, germinan e infectan a la larva (Hidalgo 2001).

El control biológico de insectos también se puede realizar con cepas de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*, que actualmente se encuentran en el mercado como insumos biológicos.

## Métodos culturales para el control de insectos

La recolección manual de adultos de coleópteros (cucarrones), rotación de cultivos con plantas repelentes de insectos, entre ellas, rábano, caléndula y ruda permite controlar la maleza cerca de la planta. Un método eficaz para el control de chisa es el manejo de la maleza con machete y dejarla sobre el terreno como alimento distractor del insecto. La utilización de trampas de luz negra y violeta permite capturar mariposas y cucarrones (Rivera et al. 1994).

Para el control de babosas, se utilizan cebos de lechuga embebidos con cerveza o cebos de salvado de arroz o maíz y melaza en una proporción de 5:1. También se organizan trampas colocando un poco de cerveza en envases plásticos y se entierran dejando la parte superior sin cubrir. Las babosas son atraídas por el olor y caen dentro del recipiente. Los cebos, como las trampas, se deben colocar en los bordes de los lotes, revisar cada tres días y eliminar las babosas. Un cebo químico con base en carbaril con 25 kg de salvado de trigo y 20 L de

melaza, cantidad recomendada para tratar una hectárea (Centro Internacional de Agricultura Tropical 1980). De igual forma, los extractos de plantas como ají, ajo y cebolla tienen efectos sobre la incidencia de áfidos y trips en el cultivo.

## Métodos químicos para el control de insectos

La aplicación de insecticidas químicos se realiza según los resultados de monitoreos en el cultivo. El uso innecesario de agroquímicos contamina el ambiente, disminuye las poblaciones benéficas presentes, propicia el desarrollo de nuevas plagas, aumenta el riesgo de enfermedades y eleva los costos de inversión, lo que trae como consecuencia bajas utilidades en la producción (tabla 3).

El agua a utilizar en las aplicaciones y dilución de productos químicos debe ser completamente cristalina (limpia), porque el agua turbia tiene arcilla en suspensión y los químicos se adhieren a esta, desactivándose y perdiendo su efectividad.

El pH del agua en la dosificación de los plaguicidas es importante por la condición ácida de estos últimos; con lo anterior, se recomienda evitar el uso de aguas alcalinas o neutras para evitar una reacción de hidrólisis. Un ejemplo de plaguicidas con pH 7 en agua neutra presenta una vida media de 12 minutos, lo cual significa que en este tiempo se tiene solamente la mitad de la dosis deseada, pero a un pH de 5,6 tiene una vida media superior a 30 horas. Algunos productos utilizados para reducir el pH del agua son: ácido fosfórico, ácido sulfúrico, ácido cítrico. Se recomienda la utilización de humectantes, dispersantes, penetrantes o adherentes en cada aplicación de agroquímicos, lo cual contribuye en la eficacia de los plaguicidas.





Tabla 3. Control químico de plagas en el cultivo de arracacha

Nombre común	Nombre científico	Daño que ocasiona	Control químico
Trips	<i>Thrips</i> sp.	Raspador que se alimenta de savia en el envés de las hojas	Fentopen® 500 Ec (fentoato), 1 cc/L; Ecxal® (spinetoranj + spinetoranl) 0,5 cc/L; Cigarral® 35 sc (imidacloprid) 0,5 cc/L; Geminis® (landacialotrina + imidacloprid) 0,7 g/L; Sunfire® 24 sc (clorfenapir) 0,5 cc/L.
Ácaros	<i>Tetranychus urticae</i>	Raspador que se alimenta de savia en el envés de las hojas	Vertimec® (avamectina) 0,5 cc/L; Azuco® (azufre coloidal) 2,5 cc/L; Santimec® (pyridaben y abamectina) 0,6 cc/L; Abbra® (bifenthrin, amitraz) 2 cc/L.
Áfidos	<i>Brevicorynae brassicae</i> , <i>Myzus persicae</i>	Chupador de savia	Agrixon® o Sistemin® 40 EC (dimetoato) 1 cc/L; Cigarral® 35 sc (imidacloprid) 0,5 cc/L; Fentopen® 500 Ec (fentoato) 1 cc/L.
Lepidópteros	<i>Spodoptera</i> , <i>Noctuidae</i> , <i>Papilionidae</i>	Masticadores de follaje, trazadores de tejidos blandos	Cipermetrina® 20 % 1 cc/L; Decis Fluxx® (deltametrina) 0,3 cc/L; en suelo Lorsban® 48 EC (clorpirifos) 1 cc/L.
Chisas, nematodos, otros	<i>Melolonthidae</i> sp., <i>Meloydogine</i> sp.	Afectan directamente a la estructura radicular de la planta	Lorban® 48 EC (clorpirifos) 1 cc/L; Regent® (fipronil) 1cc/L; Actara® 25 WG- (thiamethoxam) 0,1 g/L.

Fuente: Corpoica 2014

## Control de trips, áfidos y ácaros

Para el control de trips, áfidos y ácaros, se necesita:

- Muestreo una vez por semana.
- Usar riego por aspersión.
- Mantener los alrededores sin malezas de hoja ancha.
- No realizar siembras escalonadas.
- En invierno son menos agresivos por control de la lluvia.
- Cuidar que la aplicación tenga total cobertura de la hoja, principalmente por el envés.
- En cuanto a aplicación de insecticidas, rotar los ingredientes activos de estos, que tengan buena cobertura y aplicar siempre en las horas frescas de la mañana, tarde o noche.

## Control de lepidópteros

Para el control de lepidópteros, se necesita:

- Monitorear en busca de hospederos alternos en los alrededores del cultivo, especialmente gramíneas y verdolagas, para detectar signos de alimentación.
- El control se debe realizar en los primeros estadios.
- Hacer muestreo dos veces por semana.
- Aplicación preventiva de *Bacillus thuringiensis* (bacteria)
- Aplicación de un insecticida y rotar los ingredientes activos.

## Control de plagas de suelo (chisas, nematodos, babosas)

Para el control de plagas de suelo, se necesita:

- Hacer muestreo del suelo antes de la siembra.
- Aplicar cebos (matababosas).
- Rotación con cultivos no atractivos para chisas y nematodos, como leguminosas (frijol, alverja) y gramíneas (maíz, pasto).
- Mantener los campos libres de malezas gramíneas antes y durante el cultivo.
- Evitar aplicar en exceso insecticidas y rotarlos; garantizar la cobertura total y aplicar en las horas frescas de la mañana, tarde o noche.



## Uso, manejo y conservación de suelos en arracacha

Es conveniente racionalizar el uso de fertilizantes, aplicarlos teniendo en cuenta la recomendación según el análisis de suelos, así como aplicar materia orgánica cuando se requiera.

“El suelo es un recurso fundamental en la producción agropecuaria. Está expuesto a diversos elementos naturales y antrópicos que pueden causar su degradación o ser vectores de contaminación de la producción” (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2008). “Un buen suelo es un sistema vivo donde habitan macroorganismos (insectos, lombrices, bichos bolita, isópodos, roedores) y microorganismos (algas, hongos y bacterias), que están íntimamente asociados a la fracción orgánica del suelo, el cual representa, para la mayoría de ellos, una fuente de alimentos (energía y nutrientes)” (Casas 2008).

Una de las principales causas de la degradación del suelo es la erosión hídrica. La lluvia, al impactar en una superficie de terreno desnudo o poco protegido por la vegetación, separa las partículas de los agregados del suelo, las que posteriormente son arrastradas por el escurrimiento superficial de las aguas (Pérez y González 2001).

Si se protege la superficie del suelo con restos vegetales (rastrajos), se disminuyen los efectos del impacto de la lluvia y el viento; esto además permite aumentar el aprovechamiento del agua. Todos los suelos se mejoran con la aplicación de residuos orgánicos, abonos verdes o cultivos de cobertura, residuos de cosecha o rastrajos, reducción de labranzas y siembra directa.

### Utilización y manejo de abono orgánico en suelos sembrados con arracacha

Los abonos orgánicos provienen de los organismos vivos. Se caracterizan porque contienen nitrógeno y, además, actúan beneficiosamente sobre la física del suelo con lo que se mejora la estructura. Se elaboran con la mezcla de restos orgánicos (por ejemplo, residuos de cocina, yuyos, pajas, estiércoles, ceniza, entre otras) y tierra (Castro 2005).

Hay varios métodos para preparar el abono compuesto. El ideal consiste en apilar distintos materiales en capas, intercalando restos de vegetales verdes, residuos de cocina, de paja, de estiércol, tierra y así sucesivamente. Hay que regar la pila para asegurar que cuente con una buena cantidad de humedad y protegerla con algún material (plástico o chapa) para evitar que las lluvias perjudiquen la fermentación del preparado. La lombriz roja californiana acelera el proceso de transformación, pues algunas de sus fuentes de alimentación se componen de cáscaras de frutas, desechos de cocina, cáscaras de huevo, hierba, té, café, huesos molidos y hojas (Castro 2005). Este sistema es apto para las zonas secas, pero para las zonas húmedas se recomienda solamente en verano, ya que en invierno un exceso de humedad pudre el preparado.

Los estiércoles compostados de vacunos, caballos, aves, cabras o residuos vegetales tratados con lombrices, enriquecen el suelo. Al aplicar cualquiera de estos abonos es esencial verificar que el compost esté maduro, que no presente olores desagradables ni altas temperaturas que perjudiquen el desarrollo del sistema radicular del cultivo de arracacha. La aplicación del compost orgánico se realiza preferiblemente en el momento de la siembra mezclado con micorrizas donde la proporción por ahoyado depende de los resultados de análisis de suelos, pero generalmente se aplican 200 g/planta con el objetivo de conservar la humedad y facilitar el prendimiento del colino en sus estados iniciales y reducir la mortalidad en esta etapa.

## **Utilización y manejo de micorrizas en suelos sembrados con arracacha**

“La inmensa mayoría de las plantas que crecen sobre la corteza terrestre viven asociadas, en forma de simbiosis mutualística, con ciertos hongos del suelo, lo que da lugar a las llamadas micorrizas (hongo-raíz)” (Barea 1999). El hongo coloniza la corteza de la raíz, sin causar daño a la planta y llega a ser, fisiológica y morfológicamente, parte integrante de dicho órgano. El hongo también desarrolla un micelio externo que, a modo de sistema radical complementario y altamente efectivo, coloniza el suelo que rodea la raíz y ayuda a la planta a adquirir nutrientes minerales y agua (Barea 2003). De hecho, esta simbiosis se considera la parte metabólicamente más activa de los órganos de absorción de nutrientes de las plantas. A su vez, la planta hospedadora proporciona al hongo compuestos carbonados procedentes de la fotosíntesis, así como un nicho ecológico protegido (Smith y Read 1997). Las micorrizas juegan un papel clave en el desarrollo de las plantas y en el ciclado de nutrientes en el ecosistema.



Las hifas del hongo crecen extensivamente desde la raíz hacia el suelo, donde desarrollan una red tridimensional de micelio, especializado en colonizar y explorar muy eficazmente para captar elementos minerales y agua. Las hifas externas del hongo actúan realmente como ‘puentes’ que superan la zona de ‘agotamiento’ en nutrientes que rodea la raíz y llegan a distancias incluso de varios centímetros de la superficie de la misma. La función del micelio externo es muy importante para la captación de nutrientes poco móviles, como son fósforo, nitrógeno y algunos micronutrientes (Maldonado y Ramírez 1997).

De acuerdo con Barea (1999), los principales efectos demostrados de la inoculación con micorrizas arbusculares en hortofruticultura son:

- Estimula el enraizamiento y el crecimiento de las plántulas.
- Mejora el enraizamiento de los esquejes y colinos.
- Mejora la supervivencia y el desarrollo durante la aclimatación de plantas micropropagadas.
- Reduce los requerimientos externos en fósforo.
- Incrementa la resistencia de las plantas al ataque de patógenos que afectan a la raíz.
- Mejora la tolerancia a estreses abióticos.
- Precocidad en la floración y fructificación.
- Incremento en la producción de frutos.

La colonización interna de las raíces por los hongos micorriza, junto con el aporte de nutrientes y agua a la planta, provocan cambios en la fisiología de esta. Tales cambios permiten que las plantas micorrizadas se desarrollen mejor y respondan al estrés ambiental de forma diferente que las plantas no micorrizadas (Barrer 2009).

Concretamente, en la arracacha, la micorrización aumenta la tolerancia de las plantas a la salinidad y a la sequía y las hace más resistentes a los ataques de patógenos que infectan a la planta por sus raíces; además, es imprescindible tener en cuenta que el rendimiento está determinado por la cantidad de raíces de almacenamiento generadas en los primeros tres meses de crecimiento del cultivo, por lo que se recomienda adicionar 40 gramos de micorrizas en el momento de la siembra, de tal forma, que tengan contacto directo con las raíces para obtener una simbiosis oportuna.

## Conclusiones

Los procesos establecidos en el presente documento hacen énfasis en la incorporación del conocimiento, ciencia y tecnología para la producción y multiplicación del insumo semilla del sistema productivo arracacha.

Los agricultores del municipio de Cajamarca requieren semilla de arracacha de buena calidad física, fisiológica, genética y sanitaria para mantener y mejorar su rendimiento y productividad.

Los procesos de selección de plantas madre y colinos en la producción y multiplicación de semilla de arracacha que se utilizan en Cajamarca (Tolima) garantizan la conservación y aprovechamiento del potencial genético de las variedades utilizadas.

La falta de atención e inversión de recursos para el mantenimiento de la calidad física, fisiológica, genética y sanitaria de la semilla de arracacha en Cajamarca (Tolima) genera erosión genética, desaprovechamiento del potencial de la biodiversidad y bajos ingresos para el productor. El sistema de producción de arracacha requiere del compromiso social y colectivo para la producción y multiplicación de semillas de buena calidad como condición fundamental para mejorar la producción y productividad.



## Bibliografía

- Abu-Irmaileh B. 2004. Solarización del suelo. En: Labrada R, editor. Manejo de malezas para países en desarrollo. Addendum I. Roma: FAO; [consultado 2014 ago 10]. <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0g.htm>.
- Acuña I, Tejada P. 2014. Enfermedades causadas por hongos. Crece ideas. [consultado 2014 dic 13]. <http://creceideas.cl/web/papa/?page=manejo&ctn=215>.
- Agrios G. 1998. Fitopatología. 3.<sup>a</sup> edición. México: Limusa.
- Agronet. 2013. Bogotá: Sistema de Estadísticas agropecuarias SEA. [consultado 2015 jul 16]. <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%C3%ADsticas.aspx>.
- Aguirre MC, Vásquez NC. 2000. Evaluación de plantas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bonero) provenientes de semilla sana y afectada por argeniado. Revista Nataima. 5:65-72.
- Altomare C, Norvell WA, Björkman T, Harman GE. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Appl Environ Microbiol. 65(7):2926-2933.
- Alvarado A, Ochoa L. 2010. Tecnologías locales de producción de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) en el municipio de Boyacá, departamento de Boyacá. Rev UDCA Actual Divulg Cient [consultado 2015 jul 10]; 13(1):125-133. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262010000100014&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262010000100014&lng=en&tlng=es).
- Amaya J, Julca J. 2006. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Trujillo: Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente.
- Ames T. 1997. Enfermedades fungosas y bacterianas de raíces y tubérculos andinos. Lima: Centro Internacional de la Papa.
- Barea J. 1999. Potencialidad de las micorrizas como biofertilizantes y bioprotectores en eco-agrosistemas degradados. En: Martínez C, Romero MR, Corlay L, Trinidad A, Ramírez LF. Lombricultura y abonos orgánicos. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Unidad de Identificación y Promoción de Mercados. pp. 39-46.
- Barea JM. 2003. Interés y aplicación de las micorrizas en hortofruticultura. En: Congreso Mundial del Aguacate V. Resúmenes. A-128. pg. 306-307.

- Barrer SE. 2009. El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 124 7(1):123-132.
- Barrera VH, Tapia CG, Monteros AR. 2004. Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Serie: Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). N.º 4. Quito-Lima: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Centro Internacional de la Papa, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación.
- Bello A, López-Pérez JA, Díaz L. 2001. Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo. AEC Científicos; [consultado 2014 ago]. [http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/presentacion/documentos/biofumigacion\\_solarizacion.pdf](http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/presentacion/documentos/biofumigacion_solarizacion.pdf).
- Carsolio C, Benhamou N, Haran S, Cortés C, Gutiérrez A, Chet I, Herrera-Estrella A. 1999. Role of *Trichoderma harzianum* Endochitinase gene, *ech42*, in Mycoparasitism. Appl Environ Microbiol. 65(3):929-935.
- Casas RR, Gil RC, Irurtia CB, Michelena RO, Mon R, Noailles EE, Da Veiga A, Di Giacomo RM. 2008. El suelo y su conservación. Módulos de conocimientos orientados a docentes de las escuelas secundarias y técnicas. Castelar: INTA-Instituto de Suelos
- Castro MA. 2005. Importancia de los abonos orgánicos. Infoagro; [consultado 2009 mar 10]. [http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm).
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1980. Descripción y daños de las plagas que atacan al frijol. Cali: CIAT.
- Domsch KH, Gams W, Traute-Heide A. 1980. Compendium of Soil fungi. Vol. 1. Londres: Academic Press.
- Dos Santos F. 2004. Producción de arracacha en Brasil. En: Seminario J, editor. Raíces andinas. Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Lima: Centro Internacional de la Papa. pp. 279-284.
- Dos Santos FF, Salas S, Flores D, Guamanga A, Coronado G, Villaroel T. 2004. Manejo de semilla y uso de almácigo en el cultivo de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). Lima: Centro Internacional de la Papa.



- Grondona I, Hermosa R, Tejada M, Gomis MD, Mateos PF, Bridge PD, Monte E, Garcia-Acha, I. 1997. Physiological and biochemical characterization of *Trichoderma harzianum*, a biological control agent against soilborne fungal plant pathogens. *Appl Environ Microbiol.* 63(8):3189-3198.
- Hermann M, Heller J. 1997. Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. Roma: IPGRI.
- Hidalgo E. 2001. Uso de microorganismos para el control de Phyllophaga spp. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. N.º 60. Turrialba: Catie.
- Higuitia M. 1977. La horticultura en Colombia. Bogotá: ICA.
- Horiuchi S, Hori M, Takashi S, Shimuzu K. 1982. Factors responsible for the development of clubroot-suppressing effect in soil solarization. *Bull Chugoku Nat Agric Exp Sta.* E20:25-48.
- Knudsen S, Orting B, Sorensen M. 2006. Multiplicación y conservación de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.) y ajipa (*Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi). En: Moraes M, Ollgaard B, Kvist LP, Borchsenius F, Balslev H, editores. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. pp. 483-508.
- Kullnig C, Mach RL, Lorito M, Kubicek CP. 2000. Enzyme diffusion from *Trichoderma atroviride* (= *T. harzianum* P1) to *Rhizoctonia solani* is a prerequisite for triggering of *Trichoderma ech42* gene expression before mycoparasitic contact. *Appl Environ Microbiol.* 66(5):2232-2234.
- Lozano MD, Rodríguez MN, Vásquez NC, Sánchez G. 2000. Efecto de *Metarhizium anisopliae* sobre plagas rizófagas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) en Colombia. *Manejo Integrado de Plagas.* 56:58-64.
- Maldonado JM, Ramírez GA. 1997. Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos en almácigos de café (*Coffea arabica*) variedad Colombia [tesis de grado]; [Medellín]: Universidad Nacional de Colombia.
- Medina JA, Salas JC. 2008. Caracterización morfológica del gránulo de almidón nativo: apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de Ingeniería.* 27:56-62.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2008. Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA). San José: MAG.

- Munnecke DE. 1984. Establishment of microorganisms in fumigated avocado soil to attempt to prevent reinvasion of the soils by *Phytophthora cinnamomi*. *Trans Br Mycol Soc.* 83:287.
- Pérez C, González J. 2001. Diagnóstico sobre el estado de degradación del recurso suelo en el país. Chillán: Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu.
- Rivera JJ, Vásquez NC, Carvajal AM, Vera LF, García RE, Urquijo C, Segura F, Sánchez G, Gutiérrez D, Arce C, et al. 1994. Programa de Investigación en el cultivo de arracacha. Cajamarca: Corpoica.
- Santos FF, Câmara FLA. 1995. O cultivo da mandioquinha-salsa *Arracacia xanthorrhiza* Botucatu: Unesp/Embrapa CNPH.
- Seminario J. 2004. Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Lima: CIP. Capítulo 1. Origen de las Raíces Andinas; p. 1-38.
- Smith SE y Read DJ. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. San Diego: Academic Press.
- Stapleton JJ. 1990. Physical effects of soil solarization-thermal inactivation of crop pests and pathogens and other soil changes caused by solarization. En: DeVay JE, Stapleton JJ, Elmore CL editores. Proc. of the First Int. Conference on Soil Solarization. Roma: FAO.
- Suquilanda MB. 2015. Producción orgánica de cultivos andinos. Manual técnico. Lima: FAO, Unocanc, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca; [consultado 2015 jul 16]. [http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/produccion\\_organica\\_de\\_cultivos\\_andinos.pdf](http://www.infoandina.org/sites/default/files/publication/files/produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf).
- Terrazas F, Iriarte V. 2012. Almacigo de propágulos (k'ukus) para mejorar el cultivo de arracacha. Bolivia. Folleto para agricultores No. 3. Papas nativas y raíces andinas. Cochabamba: Proinpa.
- Vásquez N, Sánchez G. 2004. Propuesta de manejo integrado de chisas (Coleóptera, Melolonthidae) en el cultivo de arracacha. En: Seminario, J. editor. Raíces andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación. Lima: Centro Internacional de la Papa. p. 127-147.



## Glosario

**Agroquímicos sintéticos:** sustancias químicas utilizadas para la nutrición, protección y producción agropecuaria. Incluyen fertilizantes, plaguicidas, aceites, atrayentes, coadyuvantes, estimulantes, material inerte, reguladores y hormonas.

**Bioinsumos:** insumos utilizados en la nutrición y protección de las plantas o animales; se originan mediante extracción o cultivo de fuentes naturales y son biodegradables; por ejemplo: abonos orgánicos, abonos foliares, bioplaguicidas, sustratos.

**Bioplaguicidas:** productos cuyos ingredientes activos son de origen orgánico, como microorganismos, plantas, enzimas y extractos.

**Buenas prácticas agropecuarias:** prácticas aplicadas en la producción agropecuaria para evitar o reducir daños ambientales, procurar la adecuada productividad y obtener productos inocuos para el consumidor. Se deben aplicar desde la finca, pasando por la fase de producción, cosecha, transporte, acopio, clasificación, lavado, empaque, almacenamiento y distribución al consumidor.

**Ficha de recolección:** documento que, en forma ordenada y concisa, recopila la información del origen de la muestra. Por seguridad, la ficha debe ser en papel y diligenciada a mano.

**Germoplasma:** estructura que porta la suma total de las características de la planta, es decir, estructura que da origen a una nueva generación y le transmite sus características genéticas. Consiste en semillas, tejidos, bulbos, yemas, polen y células.

**Humedad relativa:** medida de la cantidad de vapor de agua en el aire comparada con la cantidad de agua que el aire mantiene a una temperatura determinada.

**Libro de campo:** herramienta usada por investigadores de varias áreas para hacer anotaciones cuando ejecutan trabajos de campo. Son normalmente blocs de notas en que los investigadores escriben o dibujan sus observaciones.

**Material genético:** todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo que contenga unidades funcionales de la herencia.

**Planta madre:** la que da origen a material vegetativo para emplear en la siembra.

**Trasplante:** proceso por el cual se traslada la plántula del semillero o sitio de enraizamiento a sitio definitivo.

**Tubérculo:** tallo subterráneo engrosado, corto y carnoso, como el de la papa (*Solanum tuberosum*), capaz de germinar y producir nuevas plantas.

Impresión y encuadernación:  
Carvajal Soluciones de Comunicación S.A.S.



[www.carvajalsolucionesdecomunicacion.com](http://www.carvajalsolucionesdecomunicacion.com)

Terminó de imprimirse

Diciembre de 2015, Bogotá, DC, Colombia



Correo: [bac@corpoica.org.co](mailto:bac@corpoica.org.co)  
Teléfono: (57 1) 4 227300 ext. 1257 o 1274  
Skype: biblioteca.agropecuaria

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA  
PROHIBIDA SU VENTA**

**Corpoica**  
EDITORIAL

[www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co)

ISBN: 978-958-740-202-5



9 789587 402025