

**En busca de una solución  
para el problema de la  
pudrición del corno del  
apio amarillo  
(*Arracacia xanthorrhiza*)**

---

**Dra. Martha C. Giraldo-Zapata**



# EN BUSCA DE UNA SOLUCIÓN PARA EL PROBLEMA DE LA PUDRICIÓN DEL CORMO DEL APIO AMARILLO (*ARRACACIA XANTHORRHIZA*)

La pudrición del cormo, una enfermedad para la cual no se conoce un método de control o su origen, ha perjudicado de manera considerable a la industria agrícola puertorriqueña. La **Dra. Martha Giraldo** y su equipo de investigación de la Universidad de Puerto Rico colaboran con los agricultores locales para investigar la fuente de esta persistente plaga.

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) es una de las plantas tuberosas de cultivo más antiguas de Sudamérica. Parece una zanahoria, con tallos similares al apio, y llega a crecer hasta dos metros de alto. Esta planta perenne goza de alta demanda debido a que tiene un sabor agradable, es fácil de digerir, contiene almidones superiores con aceites minerales y altos niveles de P-caroteno, ácido ascórbico, vitamina A, fósforo y calcio.

El componente principal de la arracacha, o apio amarillo, consiste en un gran 'cormo', con varios brotes inmaduros mucho más pequeños que se arrancan para usarlos como semillas vegetativas o material de propagación en las prácticas de cultivo de la industria agrícola. El cormo yace en la frontera entre la tierra y el aire, mientras que las raíces comestibles crecen para abajo y el tallo similar al apio se eleva hacia el cielo.

Los habitantes de las montañas de Puerto Rico han cultivado el apio amarillo desde 1903, y se considera un cultivo tradicional a lo largo de la región. La comunidad agrícola disfrutó una época de prosperidad antes del 2004, gracias al continuo aumento en la demanda de apio amarillo tanto en el interior como en el exterior. Esto generó una riqueza y abundancia relativas, especialmente en la región central, donde la humedad y el terreno montañoso dificultan la producción de vegetales.

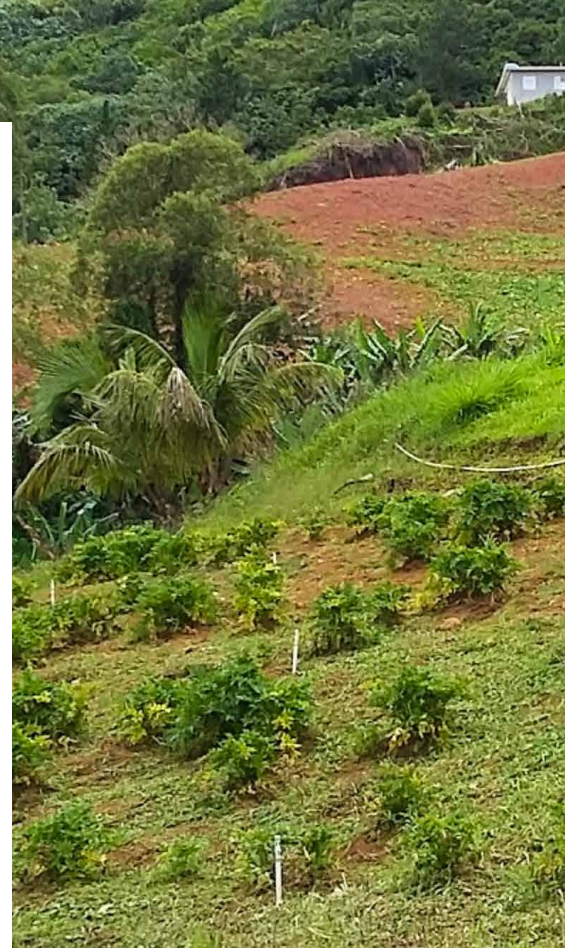
Sin embargo, a partir de 2004, los agricultores de apio amarillo han experimentado una caída descomunal en los ingresos, a causa de una enfermedad conocida como 'pudrición

del cormo'. Esta enfermedad como su nombre lo indica causa que el cormo y las raíces se pudran, y que los tallos se marchiten. Con pérdidas de producción de entre el 50 y el 100% para la mayoría de los agricultores de la zona, la pudrición del cormo ha ocasionado el mayor impacto negativo sobre el cultivo del apio amarillo en la última década. Cada año es más difícil tomar decisiones adecuadas tras la cosecha: ¿cuánto debe destinarse para la venta y cuánto para fines de propagación? Un pequeño error genera terribles consecuencias financieras al año siguiente.

Los agricultores que siguen cultivando apio amarillo corren el riesgo de que la pudrición del cormo arrase con la cosecha. Incluso con el constante aumento en su precio y en su importación año tras año, el apio amarillo se ha convertido en un desafío para los agricultores puertorriqueños. Con una tasa de germinación menor al 45% en la región, el área de cultivo en el centro de Puerto Rico ha disminuido de 196.5 a 82.5 hectáreas entre 2002 y 2012.

## Angustia e incertidumbre

Decir que la investigación sobre la causa de la pudrición del cormo es escasa no le hace justicia a la situación. Como sólo se han publicado cuatro artículos del tema (en 1999), y los agricultores aun no cuentan con un método de control para esta enfermedad, la Dra. Martha Giraldo, de la Universidad de Puerto Rico, se propuso establecer una investigación rigurosa sobre los patógenos



que causan la pudrición del cormo, en un esfuerzo por dar estructura a esta urgencia agrícola.

Hasta ahora, se han propuesto varias conclusiones contradictorias en cuanto al agente que causa la enfermedad: algunos aseveran que es consecuencia de una combinación de oomicetos, como *Phytophthora palmivora*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*, mientras que otros afirman que las bacterias del género *Erwinia* actúan en solitario; estudios más progresistas muestran que dos tipos de nematodos, *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, son posibles instigadores. Las medidas preventivas óptimas difieren de manera considerable para cada conclusión, así que ¿cómo podemos actuar con tanta incertidumbre?

En este artículo describimos los esfuerzos del



## Un conjunto de tratamientos

Tras identificar a *R. reniformis* como agente causal de la pudrición del cormo, la Dra. Giraldo y sus colegas realizaron un experimento de manejo integral en los campos de Luis Rivera Berrios en Barranquitas. Aplicaron ocho tratamientos diferentes en partes específicas donde había imperado la pudrición del cormo en el pasado.

Los primeros involucraron la solarización previa a la introducción del apio amarillo: cubrir el terreno con una capa de polietileno para retener el calor. Esto constituyó un método económico para 'desinfectar' el suelo tratado, utilizando exclusivamente energía solar. La segunda estrategia de mejora del cultivo involucró aplicar productos biológicos y químicos como microbicidas agrícolas directamente sobre la capa superficial de la tierra de siembra. Para el tercer enfoque, el equipo llevó el protocolo de solarización al siguiente nivel: se incorporó composta al terreno antes de cubrirlo con el plástico antes de sembrar las plantas.

equipo de investigación de la Dra. Giraldo por producir semilla vegetativa sana mediante cultivos de tejidos e identificar el agente causal, una especie de nematodo abundante en los campos de apio amarillo afectados. Además de proveer material de propagación libre de enfermedades a los agricultores, el cultivo de tejidos permite conservar la diversidad genética del apio amarillo. Gracias a los estudios de patogenicidad, el equipo puede ofrecer orientación más precisa respecto a las prácticas agrícolas, y posiblemente volver a revolucionar el uso del apio amarillo como planta de cultivo sostenible en el centro de Puerto Rico.

### La caracterización de la causa

La Dra. Giraldo y su equipo recolectaron una serie de muestras (tejido sintomático, tejido asintomático y suelo) de cuatro granjas de apio amarillo en dos municipios montañosos de Puerto Rico: Barranquitas y Orocovis. Evaluaron la presencia de nematodos, bacterias y hongos, en especial las variedades patogénicas.

Se extrajeron poblaciones de nematodos individuales con el embudo de Baermann, una versión científica elegante de un filtro. Entonces, el equipo extrajo nematodos vivos del suelo, los examinó y los identificó bajo

el microscopio. En una de las granjas, el equipo recolectó una selección más amplia de muestras de suelo. Los investigadores no sólo evaluaron nematodos, sino también otros posibles patógenos como bacterias, oomicetos y hongos. Se cultivaron colonias de estos organismos microbianos en el laboratorio, y el equipo de científicos de la Dra. Giraldo determinó la densidad de cada uno y su relación con la pudrición del cormo.

El equipo identificó poblaciones de nematodos en las cuatro granjas: *Rotylenchulus reniformis* (85.6%), *Helicotylenchus multincinctus* (8.2%) y *Pratylenchus coffeae* (0.7%). La especie *Rotylenchulus reniformis* estuvo presente particularmente en la granja de Luis Rivera Berrios en Barranquitas y en la granja de Luz Torres en Orocovis. Ambas granjas también experimentaron las pérdidas de producción más devastadoras, al evaluar la densidad de cada posible patógeno se determinó que el nematodo Fitoparásito *R. reniformis* era el agente causal de la enfermedad, haciendo el primer daño en el tejido sano permitiendo la entrada de otros hongos y bacterias oportunistas que causan la pudrición final del cormo.

El cuarto tratamiento se aplicó al material de propagación. Se empleó Vydate-L (una sustancia que mata insectos y nematodos) 24 horas antes de la siembra. Esto dio tiempo a la sustancia para asentarse y estimular los brotes con mayor eficacia. Tagetes, un antagonista de plagas y patógenos, se combinó como abono verde para el quinto tratamiento. Tras aplicarlo, el equipo esperó dos meses antes de la siembra del apio amarillo. En el sexto grupo de tratamiento, el equipo usó maíz dulce por ser un cultivo de ciclo corto y tolerante a nematodos entre cada cosecha de apio amarillo. Esta técnica es similar a la rotación de cultivos, con la presencia periódica del maíz dulce como mitigador de los patógenos específicos de la pudrición del cormo.

El séptimo tratamiento involucró un sistema de manejo integral para el control de la enfermedad, con una combinación del segundo, tercero, cuarto y quinto tratamientos que se mencionaron anteriormente. El octavo grupo constituyó un control para fines de comparación: el estilo tradicional de cultivo, que consistió simplemente en fertilización del cultivo y desyerbe periódico. Este grupo de control fue esencial para que los científicos determinaran la efectividad de cada tratamiento que implementaron.



El equipo calculó la efectividad de cada uno de los siete tratamientos en comparación con sus observaciones del octavo grupo de control. Utilizaron herramientas estadísticas para analizar todos los factores relevantes: presencia de poblaciones patógenas, frecuencia de la enfermedad, peso promedio del cormo y masa total del material comerciable. El equipo realizó muestreos de suelo con cada grupo antes de aplicar los tratamientos, el día de siembra, a mediados del ciclo de cultivo y durante la cosecha. Con esto, la Dra. Giraldo logró obtener un panorama de las fluctuaciones en la presencia de la enfermedad para cada método investigado, con el fin de recomendar qué tratamientos eran más eficaces en el control.

### Protocolo de propagación

El cultivo de tejidos involucra el crecimiento de materia vegetal a partir de muestras de tejido recolectadas directamente en el campo. Para que el proceso tenga éxito, se requieren cuatro pasos diferentes: desinfección y establecimiento (se aíslan tejidos específicos de una planta madura que no presente la enfermedad), multiplicación (crecimiento en un medio con hormonas, rico en nutrientes), pretrasplante (estimulación del crecimiento de las raíces en plántulas inmaduras) y aclimatación (preparación de la planta para las condiciones de crecimiento reales). Hasta ese punto, la planta no habrá interactuado con la tierra, la luz solar o el clima, y la etapa final de aclimatación representa el desafío más complejo.

La investigación sobre el desarrollo de protocolos completos para la propagación de apio amarillo por cultivo de tejidos es escasa. Con su labor en la Estación Experimental Agrícola de Corozal, la Dra. Giraldo se propuso establecer un protocolo completo para identificar las mejores prácticas del cultivo de tejidos del apio amarillo. Su objetivo era proveer variaciones de métodos específicos para considerar las diferencias observadas entre las variedades locales, como medio para

generar una mayor disponibilidad de material de propagación libre de enfermedades.

El desafío principal que la Dra. Giraldo y sus colegas tuvieron que superar fue la variación en el comportamiento de diferentes variedades locales de apio amarillo. Otros factores que obstaculizaron su progreso incluyeron la estimulación del crecimiento de las raíces antes de trasplantar las plántulas y su aclimatación.

Con pruebas de patogenicidad para fines de validación, los investigadores pudieron establecer un protocolo práctico para producir, multiplicar y cultivar con éxito un volumen adecuado de apio amarillo. Lograron esto empleando etanol, Clorox (un blanqueador casero) y Tween (un emulsionante) para esterilizar el tejido, seguido del establecimiento y la multiplicación en un medio de cultivo general llamado 'Murashige y Skoog'.

Una vez establecido, este método permitió al equipo aislar con uniformidad tejido libre de enfermedades, multiplicarlo a una tasa de 3.5-4 brotes nuevos cada tres semanas y producir plántulas con un 95% de enraizamiento. La meta primordial de la Dra. Giraldo es proveer material de propagación de arracacha derivado de esas plántulas que no presente la enfermedad, para que pueda cultivarse con éxito y de manera constante en las granjas de Puerto Rico.

### Difusión y perspectiva

Tras un exhaustivo proceso de investigación, experimentación y análisis, la Dra. Giraldo y su equipo obtuvieron una serie de soluciones para sus preocupaciones principales. Organizarán talleres para agentes de extensión agrícola y agricultores locales como medio para difundir los sistemas integrales de gestión de cultivo con el fin de controlar la enfermedad eficazmente. Estos talleres también proveerán información detallada sobre la pudrición del cormo en su totalidad, lo cual permitirá que los agricultores tomen decisiones mejor informadas respecto al cultivo del apio amarillo en sus tierras. Se han organizado sesiones de capacitación y jornadas agrícolas para los agricultores locales, con miras a promover una mayor producción del apio amarillo.

A pesar de estos avances positivos, aún hay varias preguntas sin respuesta. La Dra. Giraldo se rehúsa a finalizar su labor de investigación sin antes superar cada obstáculo y romper todas las barreras.

Las deficiencias actuales recaen en el diseño de procedimientos de cultivo de tejidos que tengan éxito para las diferentes variedades de apio. Dos de las prioridades del equipo incluyen el desarrollo de metodologías específicas a la medida para considerar las diferencias entre las variedades de apio amarillo locales, y la estimulación del crecimiento de las raíces antes de trasplantar las plántulas. El equipo también se encuentra trabajando en un método de aclimatación más eficiente.

Las preguntas que han surgido a lo largo del proyecto han llevado a la Dra. Giraldo a embarcarse en investigaciones adicionales paralelas a sus estudios en curso. Un objetivo nuevo gira en torno al diseño de un protocolo de descontaminación para los agricultores cuyo material de propagación se encuentra afectado. Esto podría constituir un medio para restituir la situación y permitir que los puertorriqueños pongan fin a la pudrición del cormo.

# Conoce al investigador



**Dra. Martha C. Giraldo-Zapata**  
Laboratorio de Fitopatología y Cultivo de Tejidos Vegetales  
Estación Experimental Agrícola de Corozal  
Departamento de Ciencias Agroambientales  
Colegio de Ciencias Agrícolas  
Universidad de Puerto Rico – Recinto de Mayagüez  
Puerto Rico

Desde que obtuvo su título en Biología de la Universidad del Valle en 1996, la Dra. Martha Giraldo ha mostrado una constante pasión por el desarrollo de soluciones en el ámbito de la fitopatología agrícola. Desde entonces, ha sido asistente de investigación en el Centro Internacional de Agricultura Tropical, en el 2010 obtuvo un doctorado en Fitopatología en Kansas State University y actualmente funge como catedrática en el Departamento de Ciencias Agroambientales de la Universidad de Puerto Rico. Las valiosas contribuciones de la Dra. Giraldo a la comunidad científica la han hecho acreedora a muchas certificaciones internacionales, como el Premio de Eukaryotic Cell “Outstanding Young Investigator” por la Sociedad Americana de Microbiología. Ha servido como revisora de cinco revistas científicas de alto impacto, oradora invitada en varios congresos y seminarios internacionales y autora de artículos en revistas de amplia incidencia para la comunidad científica los aportes de la Dra. Giraldo a la ciencia agrícola son significativos.

## CONTACTO

**Correo:** martha.giraldo@upr.edu

**Teléfono:** (+1) 787 859 3075

**Sitio web:** <http://uprm.academia.edu/MarthaCGiraldoZapata>

## COLABORADORES CLAVE

Agenol González Vélez, Catedrático - Horticultor en la Estación Experimental Agrícola de Corozal, Universidad de Puerto Rico, [agenol.gonzalez@upr.edu](mailto:agenol.gonzalez@upr.edu)

José A. Chavarría, PhD, Catedrático - Nematologo en la Universidad de Puerto Rico, [jose.chavarría@upr.edu](mailto:jose.chavarría@upr.edu)

Raúl E. Macchiavelli, PhD, Catedrático - Estadístico en la Universidad de Puerto Rico, [raul.macchiavelli@upr.edu](mailto:raul.macchiavelli@upr.edu)

Mayra Cathme, exalumna de maestría en Protección de Cultivos de la Universidad de Puerto Rico, [mayra.cathme@upr.edu](mailto:mayra.cathme@upr.edu)

Paulina Andrea Cevallos, alumna de maestría en Protección de Cultivos de la Universidad de Puerto Rico, [paulina.cevallos@upr.edu](mailto:paulina.cevallos@upr.edu)

Carmen M. Alicea, Agente Agrícola de Extension para Barranquitas, Universidad de Puerto Rico, [carmenm.aliceazayas@upr.edu](mailto:carmenm.aliceazayas@upr.edu)

David Matos, Agente Agrícola de Extension para Orocovis, Universidad de Puerto Rico, [david.matos4@upr.edu](mailto:david.matos4@upr.edu)

Manuel Cordero, Agente Agrícola de Extension para Jayuya, Universidad de Puerto Rico, [manuel.cordero@upr.edu](mailto:manuel.cordero@upr.edu)

## FINANCIAMIENTO

HATCH, USDA-NIFA

## REFERENCIAS

M Cathme, MC Giraldo, JA Chavarria-Carvajal, A Gonzalez Velez, Plant-parasitic nematode associated to corm rot disease of apio (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) in Puerto Rico, *Phytopathology*, 2017, 107, 10.

MC Giraldo, L Sanchez, Establishment of disease free propagation material for Apio (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) by tissue culture in Puerto Rico, *Phytopathology*, 2017, 107, 21.

H Zheng, S Chen, X Chen, S Liu, X Dang, C Yang, MC Giraldo, E Oliveira-Garcia, Z Wang, J Zhou, B. Valent, The Small GTPase MoSec4 Is Essential for the Vegetative Development and Pathogenicity by Regulating the Extracellular Protein Secretion in *Magnaporthe oryzae*, *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7, 1458.

MC Giraldo, B Valent, Filamentous plant pathogen effectors in action, *Nature Review Microbiology*, 2013 11, 800.

MC Giraldo, YF Dagdas, YK Gupta, TA Mentlak, M Yi, AL Martinez-Rocha, H Saitoh, R Terauchi, NJ Talbot, B Valent, Two distinct secretion systems facilitate tissue invasion by the rice blast fungus *Magnaporthe oryzae*, *Nature Communications*, 2013, 4, 1996.



United States  
Department of  
Agriculture

National Institute  
of Food and  
Agriculture

