



Foro Mundial Bananero (FMB)
FAO Mesoamérica

Trabajando juntos por la producción y el comercio sostenibles de banano

SEMINARIO WEB

Variedades de banano resistentes a R4T: desde la selección hasta la demanda del mercado

Informe de la Red Global R4T

19 y 20 de enero de 2022

Moderador:

Víctor Prada, Secretario General del Foro Mundial Bananero (FMB), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Palabras de apertura:

Pascual Liu, Economista Senior y Líder del equipo de Cadenas de Valor Globales Responsables, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

Raixa Llauger, Oficial de Agricultura (Frutas Tropicales), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO/SLM)

Panelistas:

Adolfo Martínez, Director General, Fundación Hondureña de Investigación Agropecuaria (FHIA)

Agustín Gus Molina, Consultor de I+D en Banano, Asesoramiento Técnico, Departamento de Agricultura, Filipinas

Altus Viljoen, Profesor de Patología Vegetal, Universidad de Stellenbosch

Anker Sørensen, Vicepresidente de Nuevos Negocios, Keygene y Director de Yelloway

Eli Khayat, Director Científico, Rahan Meristem

Frederic Bakry, Investigador, Instituto AGAP, Mejoramiento Genético y Adaptación de Plantas Mediterráneas y Tropicales, Centro Francés de Investigación Agrícola para la Cooperación Internacional y el Desarrollo (CIRAD)

Gert HJ Kema, Jefe del Laboratorio de Fitopatología, Universidad de Wageningen

James Dale, Líder del Programa de Investigación de Banano en el Centro de Cultivos Tropicales y Biocommodities, Universidad Tecnológica de Queensland

Juhua Liu, Profesora e Investigadora, Academia China de Ciencias Agrícolas Tropicales (CATAS)

Leena Tripathi, Director del Centro de África Oriental y Líder del Programa de Biotecnología, Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA)

Miguel Ángel Dita Rodríguez, Científico Principal, Sanidad Vegetal para la Producción Sostenible de Banano, La Alianza de Bioversity International y CIAT

Shouxing Wei, Profesor e Investigador, Academia China de Ciencias Agrícolas Tropicales (CATAS); Jefe del Vivero de Recursos Genéticos de Banano en la Provincia de Hainan, República Popular China

Resumen

La serie de seminarios web, coorganizada por el Foro Mundial Bananero (WBF) y la FAO Mesoamérica, tuvo como objetivo brindar una descripción general de las variedades de banano tolerantes o resistentes a R4T, su desempeño agronómico y los desafíos relacionados con su introducción y aceptación.

Abordar R4T y otras enfermedades importantes del banano de manera eficiente es fundamental para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Por lo tanto, aumentar la conciencia y la comprensión de los aspectos relacionados con el uso de variedades resistentes, la implementación de prácticas integradas de manejo de enfermedades y los obstáculos y oportunidades para la introducción exitosa de nuevas variedades es clave para abordar estos desafíos.

El primer día del evento se centró en brindar una visión general sobre la cooperación internacional en mejoramiento, así como sobre la experiencia de introducción del somaclone Formosana (GCTCV-218) en Asia y África. El seminario web también proporcionó una descripción general de las iniciativas de mejoramiento realizadas por la Fundación Hondureña para la Investigación Agrícola (FHIA) y el Centro Francés de Investigación Agrícola para la Cooperación Internacional y el Desarrollo (CIRAD). El segundo día del evento se centró en brindar una visión general sobre la experiencia del desarrollo de variedades resistentes a R4T y su aplicación en el sur de China, así como las iniciativas de mejoramiento llevadas a cabo por la Universidad de Tecnología de Queensland, el Instituto Internacional de Agricultura Tropical y Rahan Meristem.

Las grabaciones del evento están disponibles en el sitio web: <https://www.fao.org/tr4gn/fao-en-accion/seminarios-web/es/>

Día 01

1. Bienvenida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

En nombre de la Secretaría del Foro Mundial Bananero (FMB), bajo los auspicios de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el **Sr. Pascal Liu**, Líder del Equipo de Cadenas de Valor Globales Responsables, **FAO**, dio la bienvenida a los participantes al seminario web sobre variedades de banano resistentes al R4T, organizado por el FMB y la Oficina Subregional de Mesoamérica de la FAO.

El FMB es una plataforma de múltiples partes interesadas creada en 2009 e incluye a todos los grupos de partes interesadas del sector bananero mundial, incluidas organizaciones de productores, importadores, exportadores, cadenas de supermercados, gobiernos, institutos de investigación, agencias de desarrollo, sindicatos de trabajadores, asociaciones de consumidores, asociaciones ambientales y otros organismos civiles. organizaciones de la sociedad.

El Foro opera en tres Comisiones de Trabajo que corresponden a los tres pilares de la sustentabilidad: social, económico y ambiental y en Fuerza Tareas dedicadas.

La Marchitez por Fusarium causado por Foc R4T, es una gran preocupación para el FMB, la enfermedad se ha estado propagando durante décadas desde el este y sureste de Asia hasta el Medio Oriente y el sur de África, llegando recientemente a las Américas y aumentando las preocupaciones de los productores y exportadores de banano. Como reacción a la propagación de la enfermedad, en 2013 el FMB creó una Fuerza Tarea en R4T formada por expertos de diferentes instituciones y grupos. Para fortalecer los esfuerzos y proporcionar una plataforma neutral para la colaboración inclusiva y abierta en todo el mundo con respecto a la enfermedad, la FAO y el FMB establecieron la Red Global sobre R4T en 2020.

Mr Liu mencionó que debido al comportamiento de la enfermedad, y a las fuertes, estrictas y costosas medidas y protocolos de bioseguridad que se requieren para contener y prevenir su introducción, su manejo representa un gran desafío, especialmente para los pequeños productores que carecen de recursos económicos y capacidad organizativa. En este contexto, Mr Liu concluyó mencionando que la implementación segura de variedades resistentes parece ser una de las soluciones más sostenibles para enfrentar la enfermedad en todo el mundo.

Sra. Raixa Llauger, Oficial de Agricultura (Frutas Tropicales), **FAO**, dio la bienvenida a los participantes al seminario web sobre variedades de banano resistentes a R4T: de la selección a la demanda del mercado. La raza 4 tropical del marchitamiento por Fusarium de musáceas es la enfermedad más desafiante que enfrenta la industria bananera en la región de América Latina y el Caribe, sin embargo, su ocurrencia brinda oportunidades para el desarrollo e implementación de innovaciones para la bioseguridad, el manejo integrado y el desarrollo de alternativas.


Es crucial fortalecer las instituciones responsables por el manejo de plagas y la participación del gobierno, sector privado y del público en general. Cientos de miles de familias dependen de la agroindustria del plátano y el banano a nivel mundial. Desde la confirmación del brote en Colombia y Perú se ha aumentado la probabilidad de su introducción en otras áreas. La FAO está trabajando con los gobiernos y las organizaciones nacionales de protección fitosanitaria a nivel regional y mundial para fortalecer la prevención, preparación, respuesta y recuperación con respecto a Foc R4T. La FAO está apoyando a los pequeños agricultores en la creación de soluciones para hacer que los sistemas agrícolas sean más resilientes, inclusivos y sostenibles.

El evento de dos días tiene como objetivo facilitar las discusiones y presentaciones de expertos internacionales en todo el mundo sobre el mejoramiento genético de Musáceas, agendas de investigación y opciones de germoplasmas promisoros con respecto a la resistencia a R4T. La FAO fortalece su compromiso de apoyo al sector, impulsando una agenda científica de innovación para enfrentar los desafíos que impone la presencia de Foc R4T, satisfaciendo las necesidades de todos los actores de la cadena de valor de las musáceas y apoyando el logro de los objetivos de desarrollo sostenible.

2. Cooperación internacional en mejoramiento de musáceas

En nombre del consorcio del proyecto Accelerated Breeding Better Bananas (ABBB), el **Sr. Gert Kema**, **Universidad de Wageningen**, presentó brevemente el proyecto, centrado en la mejora del banano para los pequeños agricultores en la Región de los Grandes Lagos de África. El proyecto en curso está financiado por la Fundación Bill & Melinda Gates y coordinado por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical y gira en torno al cultivo de bananos de las tierras altas, uno de los principales alimentos básicos en el este de África.

El Sr. Kema comentó que el mejoramiento clásico de bananos y plátanos es extremadamente importante para garantizar no solo altos rendimientos, sino también alta calidad. Los plátanos *Mattoke* y *Mchaare* cultivados en la región tienen un gran potencial para aumentar su rendimiento si mejorados. Las ventajas de utilizar tecnologías modernas de mejoramiento son la posibilidad de mejorar simultáneamente diferentes características, como el rendimiento, la calidad y la resistencia a enfermedades (no solo a la marchitez por Fusarium sino también a la Sigatoka negra (*Pseudocercospora fijiensis*)). El consorcio del ABBB involucra a una gran cantidad de socios, la



Universidad de Wageningen y KeyGene se unieron recientemente al consorcio con el papel de trabajar en la parte del programa de Pre-mejoramiento, más específicamente hacia la clasificación de germoplasma de banano basada en efectores. El cambio entre la clasificación física hacia la clasificación basada en efectores puede aumentar increíblemente el rendimiento. Eventualmente, esto apoyará el mapeo de genes, y después de conocer los genes y tener los marcadores, también se podrá evitar el proceso de fenotipado. KeyGene está trabajando en el mapeo de poblaciones previamente analizadas por WUR y en la identificación de marcadores moleculares.

Sr. Anker Sørensen, KeyGene y Yelloway, presentó las iniciativas llevadas a cabo por Yelloway, una empresa totalmente enfocada en el desarrollo de variedades novedosas para el mercado de banano orientado a la exportación. Existe una creciente necesidad de aumentar la diversidad genética del banano en el mercado global, el uso de un mismo clon o variedad no es sostenible, y la ocurrencia de las principales enfermedades que enfrenta la industria es una prueba de ello. Yelloway está formado por un consorcio entre KeyGene, Chiquita y MusaRadix que actualmente se enfoca en el desarrollo de cultivares con resistencia a la sigatoka negra y el marchitamiento por Fusarium del banano. El programa de mejoramiento de Yelloway se basa en el mejoramiento basado en el conocimiento, analizando los bancos de genes y germoplasmas de banano existentes para identificar genes de resistencia y desarrollar esquemas de cruzamiento que produzcan variedades élite de banano con excelente desempeño agronómico y resistencia a importantes enfermedades.


El mencionó que el desarrollo de poblaciones segregadas en bananos es bastante desafiante. Primero, se necesita cruzar poblaciones y luego multiplicar cada una de las progenies in vitro para tener suficientes plantas para realizar la selección. Una vez multiplicadas las plantas segregadas, se exponen al hongo de forma controlada y dependiendo de la resistencia o susceptibilidad del germoplasma, se analizan los genotipos y se identifican las localidades en las que el genotipo corresponde al fenotipo para el desarrollo de marcadores moleculares que se utilizarán en esquemas de cruce y segregación. La compañía también está trabajando en transcriptómica para identificar los genes expresados en las plantas cuando se exponen al hongo para identificación de los genes responsables por la reacción de resistencia. Para llevar a cabo esos experimentos, invernaderos tropicales fueran establecidos en los Países Bajos y experimentos de campo están siendo establecidos en Filipinas.

3. La Experiencia de Formosana en Asia

Sr. Agustín Molina, asesor técnico del **Departamento de Agricultura de Filipinas** y ex coordinador regional de Bioversity International para Asia y el Pacífico presentó las lecciones y resultados de la introducción y establecimiento del somaclone Formosana (GCTCV 218) desarrollado por el TBRI en las áreas afectadas por Foc R4T en el Filipinas.

La ocurrencia de la enfermedad fue confirmada en el país en 2006 por la Universidad de Stellenbosch y en 2011 se propagó a miles de hectáreas con mayor severidad en pequeñas fincas independientes. El uso de variedades resistentes se identificó como la mejor estrategia para el manejo de la enfermedad. Los ensayos iniciales con variedades resistentes de alto rendimiento derivadas de programas de mejoramiento convencionales fracasaron en la aceptación del consumidor, lo que aumentó la necesidad de una nueva variedad.

El **Sr. Molina** informó la audiencia que Bioversity-Asia adquirió somaclones seleccionados a partir de cultivo de tejidos de Giant Cavendish (GCTCV) de TBRI en el marco del programa de colaboración regional para probar los somaclones en Asia y particularmente en Filipinas, donde los problemas eran más serios. El proceso de selección participativo con agricultores llevado a cabo por TBRI seleccionó plantas sobrevivientes en punto críticos de Foc R4T que luego se multiplicaron y sembraron nuevamente para la selección en campo en suelos infestados por Foc R4T. Las líneas seleccionadas se sometieron a verificación de campo en cuanto a resistencia, rendimiento y características agronómicas. Los estudios de comparación de GCTCV 119 con cultivares locales de Filipinas (de 2006 a 2009) mostraron que algunas variedades locales como Carba (Saba) (BBB) y Klui Namwa (AAB) también tenían una buena resistencia contra R4T similar a GCTCV 119, sin embargo, las características agronómicas del GCTCV demostraron no ser aptas para la comercialización.



Los ensayos de seguimiento se realizaron entre 2012 y 2015 con los GCTCV 218 (Formosana) y 219. Estos estudios demostraron la alta resistencia del 219 y la buena tolerancia del somaclón 218. El GCTCV 218 mostró buen potencial para ser implementado comercialmente por su productividad y calidad de fruto y se realizaron ensayos semicomerciales con buenos resultados por parte de empresas como Lapanday, Mauro, Dole y TADECO.

Debido a la exitosa implementación del somaclone, en 2014 las empresas comerciales iniciaron la producción en masa de GCTCV 218 para sus programas de rehabilitación-expansión en Filipinas cubriendo casi la totalidad de las áreas de rehabilitación del país.

El somaclone ahora está siendo producido y seleccionado por diferentes compañías y recibió diferentes nombres como LFC-75, TDC-7, SF-100, UCL4, etc. Es importante hacer hincapié que cuando no bien seleccionado y manejado GCTCV218 presenta grandes variaciones en su genotipo, esto se observa principalmente en las zonas de pequeños productores.

TBRI está mejorando continuamente sus GCTCV derivados de Pei-Chiao. Un ejemplo es el GCTCV-218-3 o TC No.8 derivado de Formosana y lanzado en 2017 que tiene características agronómicas superiores, como cosecha más temprana, mejor configuración del racimo, menos susceptibilidad a la sarna corchosa, entre otros factores. Es importante destacar que la historia de éxito de GCTCV 218 fue el resultado de una asociación a largo plazo entre actores de la industria e institutos de investigación de diferentes países y regiones.

4. Desempeño de Formosana en el sur de África

Sr. Altus Viljoen, Universidad de Stellenbosch presentó la experiencia de implementación y ensayos de Formosana en Mozambique en asociación con la finca Jacaranda. Los bananos de cocción son el tipo de banano más importante cultivado en el continente africano. Cavendish cuenta solo con alrededor del 9 % del banano producido en África, con la mayoría de las plantaciones ubicadas en la región sur, la costa este y África occidental, donde se encuentran las principales plantaciones orientadas a la exportación.


Existen varias estrategias para mejorar la resistencia del banano a R4T que se pueden dividir en estrategias a corto, mediano y largo plazo. El uso de somaclones como el tipo Formosana Cavendish es una estrategia a corto plazo basada en el cruce de mutaciones que confiere resistencia parcial a la enfermedad. La ventaja de este método es el corto tiempo requerido y la ausencia de la necesidad de identificación de genes de resistencia.

El **Sr. Viljoen** mencionó que los ensayos con Formosana comenzaron en África hace casi 20 años, donde se probó la resistencia de una versión anterior de GCTCV-218 a la raza Subtropical 4 de Foc y, desde entonces, el somaclón se ha desarrollado y plantado en otros países. Después del brote de la Raza 4 Tropical en Mozambique, se realizaron ensayos de GCTCV para la resistencia a la enfermedad en la granja Matanuska (un sitio muy infestado) y se llevaron a cabo ensayos agronómicos para los mismos somaclones en la granja Jacaranda (un sitio no contaminado).

El estudio analizó diferentes somaclones manejados según los sistemas de producción existentes y en un diseño de bloques completos al azar. Los GCTCV 106, 119, 218, 247 y el DPM-25 (Dwarf Parfit) fueron enviados por TBRI y Du Rois los multiplicó in vitro para garantizar materiales libres de enfermedades. La variedad local de Cavendish *Nandi* se utilizó como control susceptible.

El desarrollo de la enfermedad se midió en dos ciclos de cultivo. La evaluación mostró que el GCTCV 119 tuvo mejor desempeño en presencia de la enfermedad seguido de Formosana (GCTCV 218). También se evaluaron características agronómicas relacionadas con el ciclo de cultivo, la morfología de la planta y la productividad. El cultivar *Nandi* mostró un crecimiento más rápido y un ciclo más corto en comparación con los somaclones, sin embargo, GCTCV 218 presentó un peso de racimo ligeramente superior.

En la anterior finca de Matanuska, se han replantado 750 ha con Formosana y otras 250 ha en la zona del río Lurio con el mismo somaclone. Las pérdidas debidas a la marchitez por *Fusarium* oscilaron entre el 5 y el 20 % y los



meristemas de TBRI se desempeñaron mejor que los retoños. Los mercados nacionales e internacionales aceptaron muy bien a Formosana y se la reselección está siendo continuada.

El número de plantas afectadas por hectárea en Matanuska se redujo en el segundo y tercer año y el personal de la finca está convencido de que esto se debe al manejo integrado de R4T (tratamiento de suelos con compost y microorganismos efectivos) que indicó que Formosana no es una solución única e independiente y que debe considerarse como parte de un sistema de manejo integrado.

5. Mejoramiento Genético del Banano en el CIRAD

Sr. Frederic Bakry, investigador del Instituto AGAP, **Centro Francés de Investigación Agrícola para el Desarrollo Internacional (CIRAD)** presentó los esfuerzos de mejoramiento genético del banano realizados por el CIRAD. Muchos desafíos rodean los sistemas de producción de banano en todo el mundo, como las restricciones ambientales (incluidas las plagas y enfermedades presentes y emergentes y el cambio climático), las expectativas de la cadena de suministro (de alta productividad y altos ingresos) y la demanda de los consumidores (de calidad de la fruta, producción orgánica y precios bajos).

De acuerdo con el **Sr. Bakry**, los objetivos del mejoramiento del banano son introducir diversidad genética en los sistemas de cultivo a través de nuevas variedades de bananos y plátanos derivados de los cruces. Los objetivos para los bananos de postre para exportación (AAA/mono) y mercados internos (AAB/constitución genómica interespecífica) son variedades con resistencia a enfermedades, calidad de fruta y productividad. Para los plátanos se necesita robustez, tolerancia a la sequía, resistencia a plagas y enfermedades, calidad de la fruta y capacidad de cocción.

El mejoramiento genético del banano del CIRAD tiene un enfoque holístico que incluye actividades científicas y de desarrollo. En la investigación preliminar, el CIRAD investiga la genómica y la genética considerando las barreras reproductivas y los conjuntos de semillas. El CIRAD realiza actividades de mejoramiento y selección de progenies, escalamiento y desarrollo de sistemas de producción adaptados; afinando sus hallazgos con los minoristas y compradores considerando las características post-cosecha y la adaptación al mercado.

Para el exitoso mejoramiento de bananos, se requiere adquirir conocimientos en varios aspectos del complejo de especies de banano considerando su diversidad, organización y domesticación para optimizar las estrategias de mejoramiento y las elecciones de los padres/madres. También se requiere integrar el conocimiento de la organización y dinámica del genoma considerando las variaciones estructurales, la estructura genómica en mosaico y su impacto en la recombinación y distribución cromosómica — teniendo en cuenta la base genética, los rasgos de transmisión y la dificultad para producir poblaciones segregadas en las variedades cultivadas.

El **Sr. Bakry** mencionó que Los bananos cultivados hoy en día son clones híbridos derivados de una multitud de ancestros silvestres, involucrando en muchos casos varias generaciones de recombinación meiótica. Es importante identificar las contribuciones de las subespecies silvestres a la arquitectura del genoma de las accesiones partenocárpicas híbridas y comprender los procesos de hibridación que conducen a los diferentes grupos *cv* para reproducir estos procesos en la reproducción reconstructiva.

Los esfuerzos del CIRAD en mejoramiento genético para resistencia a fusarium Raza 1 y R4T comenzaron con la evaluación de genitores en condiciones controladas. Se utilizó un acceso de Indonesia (IDN 110) como progenitor diploide o doble diploide en numerosos híbridos de bananos de postre del CIRAD debido a su resistencia a nematodos, sigatoka amarilla, enfermedad de la raya negra, Foc Raza 1 y R4T. Este acceso está siendo utilizado en un esquema de mejoramiento reconstructivo desarrollado por el CIRAD.

El investigador mencionó que CIRAD ha estado realizando detecciones temprana de híbridos seleccionados para Marchitez por Fusarium en asociación con WUR, y los estudios mostraron que los híbridos interespecíficos AAA

desarrollados por CIRAD tienen: CIRAD931 (R1: HR¹– R4T: HR), CIRAD938 (R1: R – R4T: R), PRAM01 (R1: HR – R4T:HR) mientras que el AAB X17 (R1: HR – R4T: HR). Los estudios realizados en campo en Australia también mostraron una alta resistencia de la variedad CIRAD924. El concluyó diciendo que CIRAD ha desarrollado una red de socios para evaluar varios aspectos de sus híbridos, como la resistencia a plagas y enfermedades, el rendimiento agronómico, los diferentes sistemas de producción y la aceptabilidad. CIRAD se ha asociado con WUR y la Universidad de Stellenbosch para la detección temprana de R4T y tiene ensayos de campo en curso en Martinica, Guadalupe, Australia y La Reunión y cuenta con sitios en preparación en Jamaica y Colombia. El CIRAD también lanzó la iniciativa World Musa Alliance enfocada en el desarrollo de variedades resistentes de banano de postre que está abierta a la colaboración.

6. Actividades de mejoramiento de FHIA en Musaceae

Sr. Adolfo Martínez, Director General de FHIA, Honduras, presentó las actividades de mejoramiento de Musáceas que realiza la Fundación. El programa de mejoramiento hondureño iniciado en 1959 se centró en el desarrollo de híbridos Gros Michel con resistencia a Foc Raza 1. El programa liderado por Chiquita trajo a Honduras una colección del sudeste asiático con más de 1000 variedades para estudiar su genética y desarrollar diploides para usar en el programa de mejoramiento de Gros Michel. Durante este proceso, Cavendish fue redescubierto y adoptado ampliamente debido a su resistencia a Fusarium R1; sin embargo, debido a su alta susceptibilidad a la sigatoka negra, el programa cambió su enfoque para desarrollar híbridos de Cavendish mejorados con resistencia a la enfermedad, ese proceso fue finalizado en 1984 cuando Chiquita ha decidido parar sus actividades de mejoramiento en Honduras y donó el programa resultando en la Fundación Hondureña para la Investigación Agropecuaria (FHIA) como una organización privada sin fines de lucro financiada por empresas privadas.

El Director General mencionó que durante casi 20 años, los donantes internacionales financiaron el programa de FHIA con un enfoque en bananos y plátanos para el mercado interno. En 2003, FHIA inició un nuevo programa con Chiquita para el desarrollo de bananos especiales más allá de Cavendish. Bajo este programa se desarrollaron ocho híbridos y Chiquita registró dos patentes derivadas del proyecto. Estas variedades produjeron bananos pequeños con resistencia a FoC 1 y Sigatoka Negra y buen sabor que demostraron tener alta aceptabilidad en los mercados internacionales.

En 2016 FHIA inició el consorcio con Agroamerica (Guatemala), Dole PLC y Mackays Marketing (Australia) para el desarrollo de bananos resistentes a R4T. El primer paso del programa fue el desarrollo de diploides mejorados (2n) para ser cruzados con madres Cavendish tetraploides (4N) para obtener híbridos (3n). Estos híbridos están siendo evaluados para desempeño agronómico en ensayos experimentales y enviados a las empresas del consorcio para pruebas de campo, evaluación de comercialización y desarrollo de patentes.

Los materiales tetraploides y diploides de la FHIA se están evaluando actualmente para determinar la resistencia a R4T. Los primeros resultados de los estudios muestran que los híbridos desarrollados por FHIA (como FHIA-01, FHIA-02, FHIA-03, FHIA-18 y FHIA-25) tienen resistencia a la Sigatoka Negra, TR1 y R4T.

El futuro del programa seguirá basándose en cruces de plantas madre diploides con tetraploides. Hasta el momento, la mayoría de los 38 híbridos desarrollados por FHIA mostraron resistencia a la sigatoka negra reduciendo la necesidad de fumigaciones y reduciendo los costos de producción. Esos híbridos también son aptos para la producción orgánica.

El Sr. Martínez hizo hincapié que se evaluaron 16 híbridos al respecto de resistencia frente al R4T y que 6 se consideraron altamente resistentes mientras que 2 se consideraron resistentes. Se están realizando estudios adicionales en Sudáfrica y ya se están plantando híbridos FHIA en granjas comerciales en Australia.

El concluyó mencionando que FHIA tiene la capacidad de desarrollar musáceas a partir de diferentes madres tetraploides. Entre las posibilidades del programa de mejoramiento genético de banano y plátano de la institución,

¹HR: Alta resistencia: R: Resistencia

se destaca la posibilidad de: 1) desarrollo de un nuevo banano Cavendish; 2) desarrollo de un nuevo banano Gros Michel, 3) desarrollo de banano datil, 4) desarrollo de banano tipo manzano, 5) desarrollo de plátanos; 6) desarrollo de bananos de cocción y 7) desarrollo de plátanos con alto nivel de β -caroteno.

7. Palabras de cierre del Día 1

Sra. Raixa Llauger, FAO Mesoamérica presentó un resumen de las discusiones realizadas en el primer día del evento y brindó las palabras de clausura. La sesión tuvo un alto valor debido a los resultados científicos presentados y temas de alta relevancia relacionados con la mejora de tecnologías para el desarrollo de variedades de banano resistentes a varias enfermedades, incluyendo Fusarium R4T. El evento mencionó diferentes experiencias sobre el uso de germoplasmas promisorios en diferentes países y contextos considerando sus adaptaciones, características agronómicas, calidad de la fruta, proceso de selección e inclusión en programas de manejo integrado de enfermedades. Se presentó el comportamiento de Formosana en Asia y África, así como el comportamiento de otros materiales prometedores y resultados de ensayos realizados por Wageningen, CIRAD, Filipinas, Sudáfrica y Honduras. Es necesario discutir mejores enfoques para asegurar el uso adecuado de híbridos y variedades mejoradas. A partir de los diferentes programas y experiencias en el enfrentamiento de la marchitez por fusarium R4T en diferentes países del mundo se evidencian las posibilidades y alternativas para desarrollar y acceder a variedades mejoradas de manera segura.

Día 02

8. Mejoramiento de cultivares resistentes a R4T y su aplicación en el sur de China

Sra. Juhua Liu, con contribuciones del **Sr. Shouxing Wei** y en nombre de la **Academia China de Ciencias Agrícolas Tropicales (CATAS)** y el **Sistema de Investigación Agrícola de China (CARS)**, presentó los cultivares chinos resistentes a R4T y su implementación en el sur de China.

Para abordar el marchitamiento por Foc R4T en China, el gobierno ha creado el Sistema Chino de Investigación del Banano que es responsable de la promoción e implementación de cultivares y sistemas de producción resistentes. El sistema cuenta con 17 científicos líderes responsables de la recolección y evaluación de germoplasma, técnicas de mejoramiento, mejoramiento de variedades y desarrollo de sistemas integrados de manejo de enfermedades. Además, comprende 9 estaciones experimentales integradas que se encuentran dispersas por las principales regiones productoras de banano.

El mejoramiento y selección de cultivares resistentes a R4T en el país comprende diferentes técnicas y los principales cultivares resistentes implementados en China son el Zhongre No.1 (seleccionado de mutagénesis por radiación), el Baodao, Reke No.2, Nantianhuang (seleccionado a través de mutaciones naturales) y Fenza No.1 (criado por hibridación).

Las mutaciones naturales son la principal fuente de variación para generar nuevas variedades, la esencia de las mutaciones naturales reside en la mutación somática, sin embargo, la principal barrera es el tiempo necesario y la baja eficiencia de la técnica. Después de 12 años de investigación, CATAS desarrolló una nueva técnica para la mutagénesis por radiación y el mejoramiento direccional, mejorando la eficiencia de las mutaciones somáticas con un aumento de la tasa de mutación beneficiosa del 4%.

El proceso consiste en la regeneración de flores masculinas inmaduras de Cavendish en callos embrionarios y brotes adventicios que se irradian con Cobalto 60. El cultivo recuperado se infecta con una toxina cruda de Foc R4T y se selecciona de forma directa. La infección se realiza a través de un dispositivo de cultivo líquido diseñado para el cultivo de tejidos de plántulas y la selección directa se realiza utilizando el marcador TR4-GFP que garantiza homogeneidad, controlabilidad y alta eficiencia durante el proceso.

La **Sra. Liu** mencionó que para el desarrollo de Zhongre No.1, se plantaron un total de 44 mutaciones beneficiosas y se seleccionaron en ensayos de campo — en lugares con alta incidencia de R4T— y se compararon con el cultivar Cavendish *Baxi* como control. Zhongre No.1 tuvo una tasa de enfermedad muy baja (4 %) en comparación con *Baxi* (93,30 %) y fruta de alta calidad con una composición de nutrientes similar a la de *Baxi*. Como resultado de las pruebas de campo, en 2021 el Ministerio de Agricultura y Asuntos Rurales de la República Popular China otorgó la autorización oficial para su cultivo.

Ella entonces comentó que los cultivares tolerantes/resistentes no son una solución independiente y deben ser parte de un sistema de manejo integrado. CATAS ha desarrollado un sistema de control integrado “cinco-en-uno” que comprende: detección de patógenos del suelo (indicación del sistema de producción de cultivares de acuerdo con la concentración de esporas en el suelo), regulación del suelo (regulación del pH, desinfección del suelo y aumento de materia orgánica), cultivares resistentes, biofertilizantes (inoculación de *Lactococcus*, *Bacillus*, *Streptomyces* y *Pseudomonas* y eliminación o uso de labranza mínima (para evitar infecciones cruzadas y daños a las raíces).

La **Sra. Liu** concluyó que el sistema de gestión integrado se implementó con éxito en las provincias de Guangdong, Guanxi, Yunnan y Hainan en el sur de China, donde se realizaron 213 cursos de capacitación que beneficiaron a 14 199 empresas y/o agricultores. Como resultado, los cultivares resistentes se implementaron en 30 000 ha con una tasa de enfermedad inferior al 10%.

9. Cavendish genéticamente modificado y editado genéticamente con resistencia a R4T

Sr. James Dale, Universidad Tecnológica de Queensland (QUT), presentó los esfuerzos de QUT en el desarrollo de variedades resistentes a Cavendish a través de la modificación y edición de genes. La realidad del futuro de las variedades de banano para la exportación será una nueva variedad de banano cultivada convencionalmente diferente de Cavendish, pero con resistencia a enfermedades, alto rendimiento, transportabilidad y excelente sabor y textura o una Cavendish genéticamente modificada o editada genéticamente con múltiples resistencias a enfermedades.

El programa de mejoramiento para resistencia de Cavendish al R4T de QUT ha identificado el gen de resistencia RGA2² a partir del banano silvestre (*Musa acuminata ssp malaccensis*) y transferido usando modificación genética (a través de agrobacterium) en Cavendish Grand Nain. La variedad modificada se probó en ensayos de campo a pequeña escala en el sitio de ensayos de campo de Darwin Fruit Farm. El sitio de prueba se encuentra junto a plantaciones comerciales y es un área gravemente afectada por R4T durante más de 10 años. En el sitio se recopila un historial completo de cada planta y todas las infecciones se confirman mediante PCR (y secuenciación en muchos casos). Los resultados de la Fase 1 del ensayo, después de 3 años y 5 ciclos de producción, mostraron que las líneas RGA2-2, RGA2-3, RGA2-4 y RGA2-5 tenían una alta resistencia a la enfermedad en comparación con los controles y el RGA-2-3 fue la línea con mejor desempeño sin que se observaran infecciones.

El mencionó que la segunda fase del programa se centró en ensayos de campo a gran escala durante cinco años en el Territorio del Norte, diseñados para *mimetizar* una plantación comercial. Los ensayos se realizaron en un diseño de bloques aleatorios y evaluaron las 4 líneas Grand Nain RGA2 originales. Los resultados fueron casi idénticos a los de la Fase 1. En este ensayo también se recopilaron datos sobre rendimiento, tiempo de ciclo e historial de cada planta. Los resultados después de 3 años de siembra indicaron que las líneas con el gen de resistencia RGA2, QCav-4 y QCav-3 tenían la tasa más baja de infección (0% y 6% respectivamente) y los controles no GM de Williams y Grand Nain (68% y 58% respectivamente). Después de seis ciclos de cultivo, el QCav-4 tuvo solo dos cosechas de un total de 300 que se perdieron debido a la infección por R4T, el peso del racimo fue equivalente a del control Grand Nain y la duración del ciclo más corta.

²El gen RGA2 se encuentra de forma natural en prácticamente todos los bananos domesticados.

De acuerdo con el investigador, la modificación genética (transgénica, cisgénica) consiste en la adición de nuevo ADN a una planta mediante transformaciones que casi siempre incluyen ADN "nuevo o extraño". La edición de genes (no GM) es una modificación precisa y dirigida del ADN de una planta que incluye eliminaciones, sustituciones y adiciones de genes completos. Para la edición que no sea GM, no debe agregarse ADN "extranjero".

QUT ha desarrollado un sistema de edición de genes GM eficiente para el banano Cavendish utilizando CRISPR/Cas9 capaz de producir líneas transgénicas transformadas de manera estable con una proporción muy alta de líneas que contenían una secuencia editada. La siguiente etapa de la investigación se centra en el desarrollo de una tecnología de plataforma para regenerar bananos Cavendish que han sido editados. La plataforma de edición no-GM para bananos Cavendish consta de cuatro pasos: Edición y regeneración de plantas; confirmación de ediciones por secuenciación de Sanger; Confirmación por PCR de la ausencia de ADN integrado; y secuenciación y mapeo del genoma completo.

La siguiente fase del programa ha identificado un panel de 24 genes candidatos para ser editados para la resistencia a R4T y actualmente se están editando células de Cavendish con genes de regulación identificados, regenerando las células hacia plantas y seleccionándolas. El Sr. Dale entonces concluyó diciendo que a mediados o finales de 2022, las líneas prometedoras no modificadas genéticamente se evaluarán en pruebas de campo.

10. Técnica CRISPR/CAS9 en el desarrollo de bananos resistentes a R4T


Sra. Leena Tripathi, Instituto Internacional de Agricultura Tropical, proporcionó una descripción general de la técnica CRISPR/CAS9 en el desarrollo de bananos resistentes a R4T. La edición del genoma es una técnica utilizada para realizar cambios específicos en el ADN de una célula u organismo de manera precisa y eficiente. Una enzima corta el ADN en una secuencia específica, y cuando la célula lo repara, se realiza un cambio o 'edición' en la secuencia. La edición del genoma se puede usar para agregar, eliminar o alterar el ADN del genoma.

La **Sra. Tripathi** mencionó que no todos los tipos de edición de genes (GE) pueden considerarse como no OGM, por esta razón es importante comprender el tipo de edición para cumplir con las regulaciones que difieren entre países. Después de la rotura del ADN de doble cadena por las nucleasas dirigidas al sitio (SDN), hay dos vías posibles, la unión de extremos no homólogos (NHEJ), una vía que repara las roturas de doble cadena en el ADN que pueden crear alguna mutación — o la reparación dirigida por homología (HDR) donde puede ocurrir la inserción de un gen.

El NHEJ puede fomentar mutaciones aleatorias que permiten el silenciamiento de genes, la eliminación de genes o un cambio en la actividad de un gen (SDN1). La vía HDR a su vez puede permitir la introducción de la(s) mutación(es) en el sitio objetivo (SDN2) o la introducción de un gen o elementos genéticos en el sitio objetivo (SDN3) que pueden considerarse plantas GM.

El IITA utiliza diferentes herramientas de mejoramiento de cultivos de banano. IITA tiene un fuerte programa de mejoramiento convencional — con las ventajas de ser de bajo costo y sin problemas regulatorios, las barreras son el largo tiempo para desarrollar un cultivar (10 a 15 años) y la imposibilidad de agregar un rasgo que no está presente en el germoplasma. La modificación genética a su vez permite la introducción de un rasgo que no está presente en el genoma, requiere de un tiempo medio para el desarrollo de los cultivares, tiene un costo elevado y está sujeta a normas de seguridad. La edición del genoma también permite el desarrollo de un nuevo rasgo y requiere poco tiempo para el desarrollo, un costo de bajo a mediano y sin problemas regulatorios, sin embargo, las regulaciones dependen de las políticas del país.

El IITA aplica la modificación genética para el desarrollo de cultivares con resistencia al marchitamiento por *Xanthomonas* del banano, nematodos y control del virus *bunchy top* del banano. El instituto utiliza técnicas de edición de genes para el desarrollo de variedades de banano con resistencia al virus del rayado del banano, el marchitamiento por *Xanthomonas*, el marchitamiento por *Fusarium* y la sigatoka negra.



La **Sra. Tripathi** mencionó que el IITA ha desarrollado protocolos para la edición del genoma de varios grupos genómicos de banano y se espera que se realicen pruebas de campo este año para los bananos editados con genoma con resistencia a la marchitez bacteriana en Kenia. El IITA está desarrollando una variedad resistente a R4T eliminando el gen susceptible candidato mediante CRISPR/Cas9 e integrando la edición del genoma basada en CRISPR/Cas9 en el programa de mejoramiento para obtener una resistencia duradera a R4T.

11. Mutación inducida para resistencia a R4T

Sr. Eli Khayat, Raham Meristem, presentó la variedad GAL y las técnicas de mejoramiento por mutación inducida utilizadas para producir bananos con resistencia a R4T por Raham Meristem. Las variedades de Raham Meristem pasaron por diferentes niveles de validación para asegurar su resistencia contra Foc R4T, primero hubo una prueba molecular de mutagénesis inducida, seguida de experimentos de inoculación ex vitro en invernadero. Las siguientes etapas de validación fueron la secuenciación del genoma completo comparando el tipo salvaje con la variedad GAL seguida de pruebas de campo en tres sitios fuertemente infectados en Filipinas y se espera que se realice una prueba de campo en una plantación infectada en La Guajira, Colombia en 2022.

De acuerdo con el **Sr. Khayat**, Raham Meristem realiza mutagénesis mediante la activación de elementos retrotransponibles que existen en el genoma — la activación y amplificación de estos elementos se logra mediante la desmetilación del ADN. Raham Meristem creó una biblioteca de mutantes en la que pudo demostrar que cada planta individual es diferente de sus hermanas debido a los diferentes niveles de amplificación y posiciones de los elementos transponibles en los cromosomas.


Las mutaciones demostraron no afectar los componentes de rendimiento (peso del racimo, número de dedos y tiempo de ciclo) ni los componentes de calidad (maduración adecuada, vida útil y valor Brix). El desarrollo de las nuevas variedades comenzó con el clon GAL donde se realizó mutagénesis in vitro para cultivo de tejidos con la adición de TDC (una citoquinina fuerte) para activar la división celular y las mutaciones. En el paso final del cultivo de tejidos, las poblaciones se dividieron en grupos y se seleccionaron para la inoculación y selección en el laboratorio y para el análisis del genoma completo.

El informó a la audiencia que alrededor de 10 000 plantas mutadas fueron evaluadas con respecto a resistencia contra Marchitez por Fusarium causada por la Raza 1 y R4T y alrededor del 4 % de las plantas mostraron ser asintomáticas después de la inoculación. Esos clones asintomáticos fueron seleccionados y propagados por la Universidad de Wageningen y probados en el ensayo de campo de Filipinas con un alto porcentaje de plantas asintomáticas (> 96%).

Durante el proceso de selección de Raham Meristem, para evitar plantas tolerantes, solo se multiplicaron los clones que tenían 0% de infección; si una planta derivada del clon presentaba algún síntoma, el clon completo se descartaba del programa. El siguiente paso del proceso de selección fue identificar, seleccionar y multiplicar solo los clones que estaban rodeados de plantas que murieron debido a R4T. El entonces concluyó mencionando que se seleccionaron otros mutantes y todo el germoplasma promisorio será evaluado en ensayos de campo en la Guajira.

12. Marchitez por Fusarium R4T: Desafíos y oportunidades para la diversificación de cultivares de banano

Sr. Miguel Dita, La Alianza de Bioersity International y CIAT, presentó los obstáculos y oportunidades para la diversificación de cultivares de banano. Los temas principales a considerar para la diversificación de cultivares podrían resumirse en: desarrollo de cultivares y oportunidades más allá de un Cavendish mejorado; Propiedad intelectual, incluido el proceso de negociación y el acceso de los pequeños agricultores; Movimiento de germoplasma y cuarentena posterior a la entrada, instalaciones y capacidades de diagnóstico; evaluaciones de campo en multi-sitio aplicando protocolos confiables, comparables y de bioseguridad; multiplicaciones y distribuciones a gran escala considerando certificaciones y sistemas de semillas.



De acuerdo con el científico, el primer y principal desafío para la diversificación de cultivares de banano a gran escala a través de canales de exportación es un mercado globalmente orientado a Cavendish. Una serie de aspectos deben ser tomados en consideración durante el desarrollo del cultivar tales como herramientas, necesidades y normativas y la necesidad de un mejor conocimiento de las variedades disponibles con tolerancia de resistencia parcial a la enfermedad. Una cartera diversificada de bananos Cavendish está llegando al mercado, sin embargo, hay oportunidades para pensar fuera de la caja y promover diferentes tipos de banano en los mercados de exportación, asegurando que ningún agricultor se quede atrás durante el proceso. En cuanto a la resistencia a R4T, es importante entender que la mayoría de los clones presentan resistencia cuantitativa, lo que significa que no son inmunes y pueden infectarse,

Otro desafío que enfrenta la diversificación de cultivares está relacionado con la propiedad intelectual, el proceso inicial puede ser difícil debido a las barreras del idioma, la necesidad de respaldo legal y claridad con respecto a las leyes nacionales e internacionales sobre recursos genéticos. Las capacidades y la agilidad de las Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria para satisfacer las necesidades y deseos de los productores también son un tema importante que debe tenerse en cuenta para la diversificación de cultivares; y el acceso del germoplasma patentado para los pequeños agricultores debe ser discutido desde el principio.

Otro punto importante, ya mencionado por el Sr. Khayat, está relacionado con el proceso de importación de cultivares prometedores resistentes a R4T. Se pueden considerar cinco aspectos principales en América Latina y el Caribe, la cuarentena posterior a la entrada y los roles institucionales (de la institución nacional de investigación y la organización nacional de protección fitosanitaria); la adecuación de las instalaciones nacionales para la aclimatación y cuarentena de materiales vegetales; las capacidades nacionales de diagnóstico multiplagas e indexación de plantas; los métodos de muestreo para auditorías y control de calidad; y los protocolos para la liberación de cultivares para el fenotipado de campo.

El **Sr. Dita** mencionó que existen experiencias exitosas para el movimiento seguro de germoplasma de Musa, desarrolladas por Bioversity International y MusaNet que pueden ser adaptadas. Existe un centro de tránsito internacional en Bélgica donde se envían los materiales siguiendo protocolos de bioseguridad. La Alianza de Bioversity International y el CIAT también planean lanzar iniciativa *semillas del futuro* en ALC enfocada en el movimiento y comercio seguro de germoplasma.

Para las evaluaciones de campo de cultivares resistentes, es importante realizar ensayos en múltiples sitios en diferentes condiciones climáticas y en sitios infectados y libres de R4T. Como se mencionó anteriormente, es fundamental contar con protocolos confiables y comparables para las pruebas de campo que aseguren que los “sobrevivientes” estuvieron en contacto con el hongo; y que las medidas de bioseguridad estén implementadas (en países donde las áreas afectadas están bajo control oficial).

En el pasado, MusaNet tenía un marco de colaboración global para la investigación relacionada con Musa con el objetivo de garantizar la conservación a largo plazo y un mayor uso de la diversidad de Musa. Esto podría brindar lecciones para posibles programas regionales de colaboración para la evaluación y distribución de variedades resistentes a R4T. Con respecto a los ensayos de campo, el año pasado se publicó una guía enfocada en brindar información y protocolos comparables para la evaluación de campo del banano contra el marchitamiento por Fusarium, las manchas foliares por Pseudocercospora y la sequía.

Después del desarrollo de un cultivar resistente, existen desafíos relacionados con la multiplicación y distribución a gran escala. Se debe incentivar el cultivo de tejidos para la multiplicación segura de las plantas, sin embargo, no es una garantía “per se” de material de siembra libre de enfermedades — se deben tomar en consideración otros factores como el agua, el sustrato y el transporte. Para el intercambio informal de materiales vegetales, es crucial recolectar retoños de áreas sin síntomas. El **Sr. Dita** concluyó diciendo que luego de la consolidación de un cultivar resistente adaptado al ambiente local y al mercado, existen desafíos adicionales en cuanto a los sistemas de producción que deben ser considerados.

13. Discusiones

Sr. Adolfo Martinez, FHIA, mencionó que la mayoría de las variedades presentadas durante el webinar estarán patentadas y muy probablemente bajo pago de regalías, lo que puede dificultar su disponibilidad para los pequeños agricultores, a menos que los gobiernos y/o entidades internacionales decidan apoyar. Probablemente los únicos que estarán disponibles para los pequeños agricultores son los presentados por el IITA. Para FHIA esto no será posible, y muy probablemente ocurra lo mismo con Israel, Francia y Australia, ya que se necesita recuperar los costos de inversión para su desarrollo. El costo de desarrollar una nueva variedad en FHIA es de alrededor de 3 millones de dólares estadounidenses (considerando su amplia experiencia y el bajo costo de mano de obra en Honduras).

Sr. Miguel Dita, Bioversity International y CIAT, mencionó que los consorcios privados están trabajando actualmente en el desarrollo de variedades resistentes o mejoradas y destacó las oportunidades para el desarrollo de consorcios público-privados que podrían asegurar el acceso de los pequeños agricultores a los materiales mejorados. El cultivo del banano demanda mano de obra y es importante para el desarrollo económico de muchos países, por lo que es importante discutir estos aspectos, incluido el aspecto legal de la propiedad intelectual, de manera de no dejar a nadie atrás. Es crucial encontrar situaciones en las que todos ganen donde los investigadores y desarrolladores puedan sacar provecho de sus inversiones e incluir a los pequeños productores en sus estrategias de distribución.

Sr. Adolfo Martinez, FHIA, mencionó que respecto al consorcio FHIA, las empresas tienen permitido multiplicar y utilizar los materiales en sus plantaciones sin restricciones, y en caso de querer abastecer a terceros, cobrarán una regalía por caja de banano producida – justificada por la reducción de costos de producción derivados de la resistencia a la Sigatoka, por cubrir los costos de desarrollo del híbrido mejorado y por reinversión en desarrollos de pedidos.

Sr. Eli Khayat, Rahan Meristem, afirmó que, como cualquier otra tecnología, es importante proteger los derechos del desarrollador y del obtentor, ya que las variedades mejoradas beneficiarán tanto a las empresas como a los productores. Para su variedad resistente a R4T, Rahan Meristem tiene patentes de utilidades en todo el mundo que garantizan la protección del método de cultivo.

Sr. Anker Sørensen, Keygene, comentó que el sector bananero puede aprender de otros sectores agrícolas donde los derechos de los obtentores han proporcionado innovaciones constantes y son la mejor garantía de un entrega constante y sostenible de innovaciones para una oferta diversificada de banano en el mercado.

Sr. Frederic Bakry, CIRAD, destacó la necesidad de financiar las actividades de mejoramiento y los diferentes arreglos que se pueden implementar. Debido a la fácil propagación vegetativa de las plantas de banano, es muy difícil garantizar los derechos de obtentor de banano en muchos países productores de todo el mundo. Un escenario posible sería el establecimiento de un sistema de asociación, con muchas partes interesadas de la industria y los institutos de investigación, para financiar el desarrollo de cultivares resistentes y una vez que se desarrollan los materiales, los miembros de la asociación tienen prioridad para acceder a él, y por consecuencia, una ventaja comercial.

14. Comentarios finales

Sra. Raixa Llauger, Oficial Agrícola (Frutas Tropicales), **FAO** agradeció a todos los panelistas y asistentes por la participación en el evento, y destacó el trabajo continuo que realiza la FAO en alianza con el Foro Mundial Bananero para el fortalecimiento de capacidades frente a la enfermedad. Los seminarios web de dos días cubrieron temas bajo las prioridades de la agroindustria bananera, incluidas las tecnologías de edición de genes y la investigación y el desarrollo de vanguardia de variedades resistentes de banano. Es importante resaltar la importancia de la introducción segura de germoplasma protegiendo los países de la introducción de plagas y enfermedades vegetales cuarentenarias a nivel mundial y la importancia de la capacitación y capacitación de los productores en cuanto a los sistemas de producción y manejo de variedades parcialmente resistentes y/o tolerantes al R4T.

Es importante alinear las agendas científicas con el trabajo realizado por diferentes instituciones públicas y privadas para desarrollar una estrategia común sobre el manejo de la enfermedad. Se presentaron oportunidades para la diversificación de variedades de banano más allá de Cavendish y el acceso a variedades mejoradas por parte de todos los interesados. Las instituciones y organizaciones deben fortalecer su rol en el movimiento e intercambio seguro de germoplasma siguiendo protocolos de bioseguridad. Para los países que aún no tienen presencia de la enfermedad es crucial continuar con todos los esfuerzos realizados hasta ahora en materia de prevención y los que ya la tienen, deben continuar los esfuerzos en la contención.

To discover the benefits of becoming a member of the World Banana Forum and to take an active role towards a sustainable banana sector, please visit:

www.fao.org/world-banana-forum

World Banana Forum Secretariat
Trade and Markets Division

Food and Agriculture Organization of the United Nations
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome, Italy

WBF@fao.org | **www.fao.org/wbf** | **@FAOwbf**



Red global sobre R4T

<http://www.fao.org/TR4GN>

**Oficina Subregional de la FAO para
Mesoamérica**

<https://www.fao.org/americas/mesoamerica>