



# LACUMBRE

---

## BANANO 2025



## AVANCES TECNOLÓGICOS EN VARIEDADES PARA MITIGAR LA AMENAZA DEL FOCR4T.

Dr Antonio Bustamante



| <b>Característica</b>             | <b>Williams</b>                                          | <b>Valery</b>               | <b>Gran Enano</b>                  |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| <b>Grupo Genético</b>             | Cavendish (AAA)                                          | Cavendish (AAA)             | Cavendish (AAA)                    |
| <b>Altura de la planta</b>        | Alta (2.5 – 3.0 m)                                       | Muy alta (2.8 – 3.5 m)      | Baja a media (1.8 – 2.4 m)         |
| <b>Ciclo de producción</b>        | Rápido (9–12 meses)                                      | Más largo (10–14 meses)     | Muy rápido (8–10 meses)            |
| <b>Tamaño del racimo</b>          | Grande                                                   | Muy grande                  | Medio a grande                     |
| <b>Número de manos por racimo</b> | 10–12                                                    | 10–14                       | 8–10                               |
| <b>Resistencia a vientos</b>      | Moderada                                                 | Baja (sensible al vuelco)   | Alta (por su menor altura)         |
| <b>Tolerancia a enfermedades</b>  | Moderada a baja (susceptible a Sigatoka negra y FOC TR4) | Baja (alta susceptibilidad) | Moderada a alta (mejor que Valery) |
| <b>Uso principal</b>              | Exportación fresca                                       | Exportación fresca          | Exportación fresca y procesado     |
| <b>Adaptabilidad climática</b>    | Tropical húmedo                                          | Tropical húmedo             | Tropical húmedo y cálido           |

| Material vegetal (clon)      | Técnica de fitomejoramiento                                           | País de Origen | Año reportado de prueba                                                                                                                                                                                | Nivel de resistencia                        | Referencia                                                                                                                                                      |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GCTCv 218 (Formosana)</b> | Variación somaclonal (Cavendish)                                      | Taiwán         | 5 años en Filipinas, se tienen 10000 ha cultivadas y para exportación a un mercado especial y restringido hacia Japón con otras especificaciones de calibración de fruta                               | Intermedio<br>( <i>Foc R4T</i> )            | Chih-Ping Chao TBRI<br>(Taiwán Banana Research Institute)                                                                                                       |
| <b>C4</b>                    | Variación somaclonal (Cavendish) en proceso de selección y evaluación | Taiwán         | 3 a 4 años en Filipinas R1, R2, R3                                                                                                                                                                     | Intermedio<br>( <i>Foc R4T</i> )            | Taiwán Banana Research Institute<br>Eli Khayat<br>Selección Empresa Raham Meristems)                                                                            |
| <b>Gal</b>                   | Desmetilación del DNA (Cavendish)                                     | Israel         | Pruebas de invernadero mostraron tolerancia a <i>Foc R4T</i> , se están haciendo pruebas en campo en Filipinas donde sembraron 2000 plantas de las cuales 1 presentó síntomas en el 1er año de prueba) | en desarrollo (campo)<br>( <i>Foc R4T</i> ) | Eli Khayat<br>(Empresa Raham Meristems)                                                                                                                         |
| <b>CJ19</b>                  | Mutagénesis (Cavendish)                                               | Australia      | En desarrollo                                                                                                                                                                                          | Resistente<br>( <i>Foc R4T</i> )            | <a href="https://betterbananas.com.au/2018/04/17/gctcv119-mutagenesis-work-2-2-2/">https://betterbananas.com.au/2018/04/17/gctcv119-mutagenesis-work-2-2-2/</a> |

| Material vegetal (clon)          | Técnica de fitomejoramiento              | País de Origen   | Año reportado de prueba                                                                         | Nivel de resistencia             | Referencia                                                                                                                                          |
|----------------------------------|------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Transgénico</b>               | Incorporación de gen Foráneo (Cavendish) | Australia        | 3 ciclos de prueba de resistencia a Foc R4T en campo, pero no se reportan variables agronómicas | Resistente ( <i>Foc R4T</i> )    | (Dale et al., 2017)                                                                                                                                 |
| <b>GCTCV119</b>                  | Mutagénesis (Cavendish)                  | Taiwan-Australia | En desarrollo                                                                                   | Resistente ( <i>Foc R4T</i> )    | <a href="https://betterbananas.com.au/2018/04/17/gctcv119-mutagenesis-work/">https://betterbananas.com.au/2018/04/17/gctcv119-mutagenesis-work/</a> |
| <b>BRS Princesa y otros</b>      | Convencional (Banano Manzano)            | Brasil           | Comercial en Brasil                                                                             | Resistente ( <i>Foc raza 1</i> ) | EMBRAPA, Mandioca y Fruticultura Brasil                                                                                                             |
| <b>FHIA 25</b>                   | Cruzamiento, mejoramiento convencional   | Honduras         | El híbrido FHIA-25 es un banano de porte bajo, que fue seleccionado en 1997                     | Resistente ( <i>Foc Raza 1</i> ) | Fundación Hondureña de Investigación Agrícola                                                                                                       |
| <b>Ruby, CIRAD 924, 931, 938</b> | Mejoramiento convencional                | Francia          | Mejoramiento convencional; líneas utilizadas como parentales                                    | Resistentes ( <i>Foc R4</i> )    | CIRAD                                                                                                                                               |

# Australia

DR. Dale

- Material transgénico RGA2
  - Único resistente a nivel mundial
- Evaluación en campos de productor
- Tramites con el ministerio del Ambiente para su importación
- Material Gratis

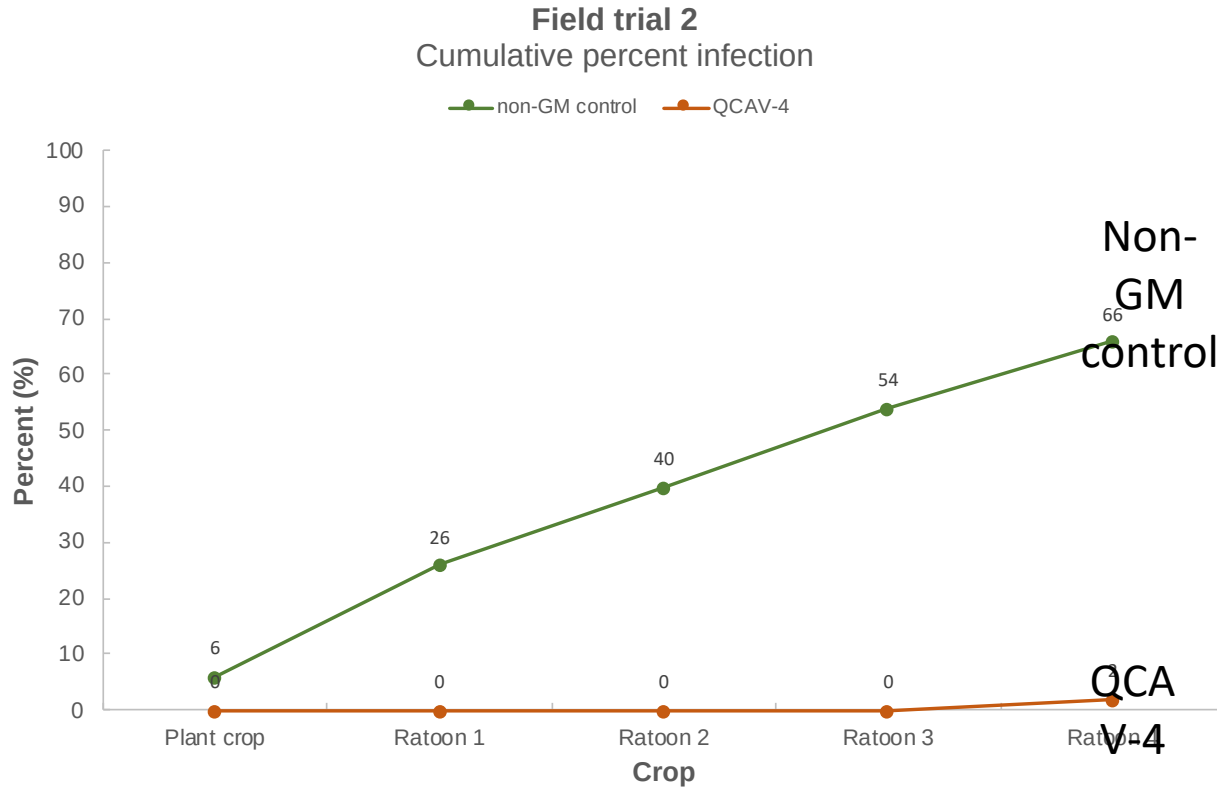
# Resultados

## 3.5 Años

| Line                       | % infection |
|----------------------------|-------------|
| Williams: control          | 92%         |
| Grand Nain: non-GM control | 70%         |
| RGA2-5                     | 40%         |
| QCAV-4                     | 4%          |
| RGA2-3                     | 6%          |
| RGA2-2                     | 22%         |

GM are Grand Nain with the RGA2 resistance gene

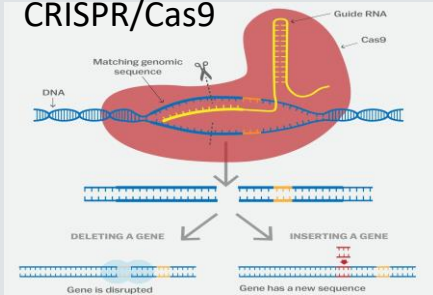
# QCAV-4: AFTER 5 CYCLES ONLY 2% INFECTION





# Edición de Banano

## 1. Tecnología de edición CRISPR/Cas9



3. "Donador"



5. Edición



## 2. Regeneración



4. "Receptor"

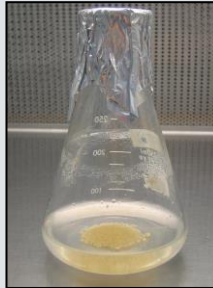
# Ciclo de Edición en Banano

Editing and  
plant  
regeneratio  
n

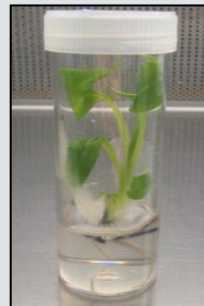


Flor

Suspensión  
Celular (cv.  
Williams)

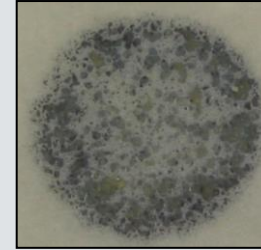


Edición en  
suspensión  
celular

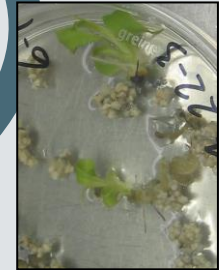


Planta editada

Selección



Embriogénesis



Plantas regeneradas



Identifying  
Cavendish  
genes to be  
edited for TR4  
resistance

Up-regulating  
or down-  
regulating  
Cavendish  
genes for TR4  
resistance

Regenerating  
non-GM edited  
plants and  
challenging in  
screenhouse

Progressing  
promising non-  
GM edited  
lines to the  
field at DFF

We have  
identified a panel  
of 24 candidate  
genes

Ongoing  
2021/22



Early/mid  
2022



2024/2025





## Gene edited Cavendish: 12 months in the field



First planting May 2024



Second planting February, 2025



# Colombia.



**Evaluación de materiales promisorios de banano por su potencial resistencia a *Foc R4T***



**Clon de banano con fuente de resistencia a *Foc R4T* con ascendencia a Cavendish**

# Dra Betancour



**Evaluación de la adaptación en diferentes ambientes de materiales de banano promisorios por resistencia a *Foc R4T* (somaclonales y tipos prata)**



**Evaluación de la resistencia de clones de plátano colombianos frente a *Foc R4T***



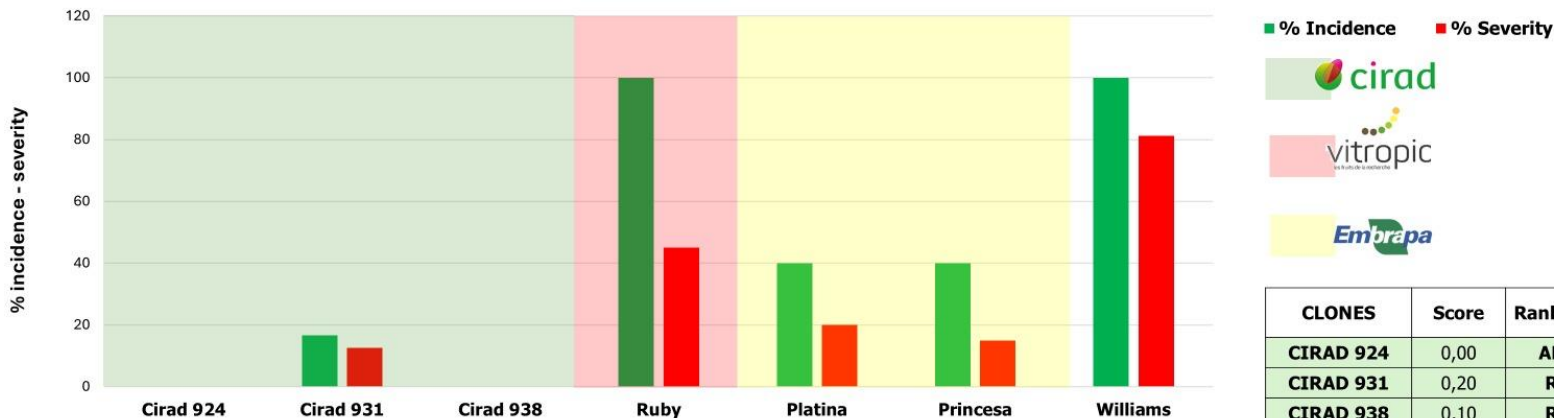
**Normatividad y modelos de producción de semilla certificada de musáceas en Colombia**



| OBJETIVO                                                                                                                                                                                            | ACTIVIDAD                                                                                                                                                                                                          | INDICADOR DEL ENTREGABLE                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Evaluar en viveros registrados para la producción de musáceas sus condiciones sanitarias y el riesgo de dispersión de Foc R4T, con énfasis en la zona caribe (Magdalena, La Guajira, Urabá )</b> | Análisis fitosanitario (Hongos, Bacterias, Virus, Nematodos) de viveros registrados para la producción de musáceas en los departamentos de Magdalena, La Guajira, Urabá, considerando sustratos y material vegetal | Un documento con resultados de investigación de la caracterización sanitaria de al menos 30 viveros de musáceas en los departamentos de: Magdalena, La Guajira, Urabá. |

| Departamento  | Municipio     | Finca/<br>Vivero       | Cultivar   | Edad    | No. Muestras |
|---------------|---------------|------------------------|------------|---------|--------------|
| La Guajira    | Riohacha      | La Esperanza           | Williams   | 2 sem   | 5            |
|               |               |                        |            | 5-6 sem | 5            |
|               |               |                        |            | 3-4 sem | 5            |
|               |               |                        |            | 6 meses | 5            |
|               | Riohacha      | Eva Norte              | Gal        |         | 5            |
|               |               |                        | Williams   | 2 sem   | 5            |
|               |               |                        |            | 3 sem   | 5            |
|               |               |                        |            | 4 sem   | 5            |
|               |               |                        | 5 sem      | 5       |              |
| Total         |               |                        |            |         | 45           |
| Magdalena     | Zona Bananera | Musagro, Santa Rosalía | Williams   |         | 5            |
|               |               |                        | Valery     |         | 5            |
|               |               |                        | Gal        |         | 5            |
|               |               |                        | Gran Enano |         | 5            |
|               | Zona Bananera | Agrososa, Varela       | Williams   |         | 5            |
| Zona Bananera | Gal           |                        |            | 5       |              |
| Total         |               |                        |            |         | 30           |

## Evaluación de la Resistencia en materiales de CIRAD y Embrapa en vivero en La Guajira



| CLONES    | Score | Ranking |
|-----------|-------|---------|
| CIRAD 924 | 0,00  | AR      |
| CIRAD 931 | 0,20  | R       |
| CIRAD 938 | 0,10  | R       |
| PLATINA   | 0,0   | R       |
| PRINCESA  | 0,5   | I       |
| RUBY      | 1,22  | S       |
| Williams  | 1,67  | MS      |

## INTRODUCCIONES EN COLOMBIA: ESTADO ACTUAL

| ORIGEN | MATERIAL VEGETAL         | TÉCNICA DE FITOMEJORAMIENTO                                             | Fecha de ingreso             | CLONES y No. DE PLANTAS INTRODUCIDAS                                         | Pruebas de evaluación de resistencia                                                                                                                                                                                                                                               | Tipo de material                                                                    |
|--------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | CIRAD 924, 931, 938      | Mejoramiento convencional<br><b>CRUZAMIENTOS</b>                        | Agosto/21                    | Híbridos: 938, 924, 931, 938<br><b>No son Cavendish</b>                      | <b>Vivero: Los 3 materiales resistentes</b><br><b>Campo controlado (inoculado):</b> Sin síntomas, primer ciclo.<br><b>Campo infectado naturalmente:</b> Sin síntomas, primer ciclo.                                                                                                |  |
| 2      | Vitropic                 | Ruby, LothaR4<br>Selecciones en campo de Formosana                      | Agosto del 2021<br>Mayo 2023 | Ruby<br>LothaR4                                                              | <b>Vivero: Materiales susceptibles</b><br><b>Campo controlado (inoculado):</b> 100% de infección primer ciclo (Ruby)<br><b>Campo infectado naturalmente:</b> 1,4% de incidencia primer ciclo (Ruby) 2,2% de incidencia primer ciclo (LothaR4)                                      |  |
| 3      | BRS Princesa y diploides | Mejoramiento Convencional<br><b>CRUZAMIENTOS</b><br>Diploides mejorados | Febrero/22<br>Diciembre/22   | 49 materiales<br>2 comerciales: Princesa y Platina<br>20 diploides mejorados | <b>Vivero: Princesa y Platina: RESISTENTES</b><br><b>Campo controlado (inoculado):</b><br><b>Princesa:</b> Intermedio, <b>Platina:</b> Resistente<br><b>Campo infectado naturalmente:</b><br>Primer ciclo 1. Princesa: 4%, Platina: Sin síntomas<br><b>Diploides en evaluación</b> |  |
| 4      | GCTCv 218 (Formosana)    | <b>VARIACIÓN SOMACLONAL</b><br>(Cavendish)                              | Septiembre/2023              | 1000 plantas                                                                 | <b>Vivero:</b> Susceptible<br><b>Campo controlado inoculación: Susceptible?</b><br><b>Campo infectado naturalmente:</b><br>Primero ciclo: 0,49%,                                                                                                                                   |  |



- Materiales libres
  - Princes
  - Platino
  - Belluna
  - Caipira.
- Tipo Prata y manzano, resistentes a Sigatoka y a fusarium Raza 1
- Coordinación con Bioversity para inportar y evaluar los materiales

# Cruces – semillas

## Hibridos Cavendish

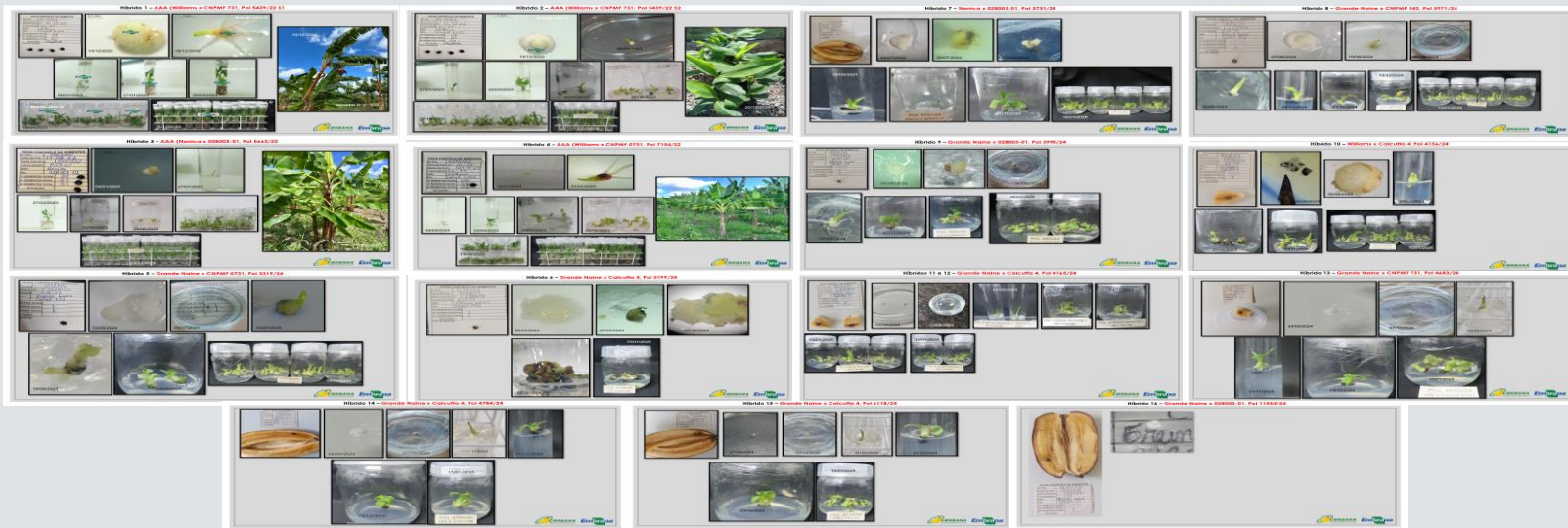


Fase I: 2020-2025

Fase II: 2025-2030

# Cruces – semillas

## Híbridos Cavendish



Hasta el momento 16 híbridos

# Cruces – semillas

## Hibridos Cavendish

**AGROSAVIA**

Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Fase I: 2021-2026



# Cruces – semillas

## Híbridos Cavendish

Híbrido 01 – Williams x Calcutta 4, Pol 0866/24

| FICHA CONTROL DE SEMENTES |            |
|---------------------------|------------|
| Pol                       | 0866/24    |
| DATA DA POL               | 13/08/24   |
| DATA COLHEITA             | 24/08/24   |
| LOCALIZAÇÃO               | 19-4-43    |
| NOME                      | Williams   |
| PAI                       | Calcutta 4 |
| Nº SEMENTES RUINS         |            |
| Nº SEMENTES BOAS          | 1          |
| Nº SEMENTES TOTAL         |            |
| SITUAÇÃO                  |            |
| Foto da semente           |            |



AG

Híbrido 02 – Williams x CNPMF 519, Pol 1705/24

| FICHA CONTROL DE SEMENTES |           |
|---------------------------|-----------|
| Pol                       | 1705/24   |
| DATA DA POL               | 27/08/24  |
| DATA COLHEITA             | 12/09/24  |
| LOCALIZAÇÃO               | 1-3-3     |
| NOME                      | Williams  |
| PAI                       | CNPMF 519 |
| Nº SEMENTES RUINS         |           |
| Nº SEMENTES BOAS          | 1         |
| Nº SEMENTES TOTAL         |           |
| SITUAÇÃO                  |           |
| Foto da semente           |           |



Empresa

AGROSAVIA

Augura

# BRS Platina



**Resistente:**

Foc R1

Foc STR4

Sigatoka negra



# BRS Princesa



**Resistente:**

Foc R1 y STR4

Sigatoka negra

Tolerante a sequía

Tolerante al frío



1er híbrido tipo Manzano (Silk) resistente Foc R4T del mundo

# Venezuela Ing. ROCIO DEL PILAR

## AVANCES Y ADAPTACION DE VARIEDADES TOLERANTES AL FOC R4T

ROCIO DEL PILAR ESTRADA C  
ING. AGROPECUARIA  
GERENTE DE PRODUCCION MUSACEAS  
AGROPECUARIA PUNTA LARGA  
VENEZUELA



RUBI

LOTHAR 4

CLONES DE GAL (GAL1 – GAL2-GAL3- CLON C4)

FORMOSANA 218

FHIA -18

Condiciones agroecológicas

Resistencia a enfermedades y plagas

Precocidad: Semanas a parición

Tamaño y calidad de los racimos: edad de cosecha, peso promedio racimos, número de manos, calibre de los dedos, largo de los dedos.

Rendimiento: toneladas / ha promedio.

Características físico – químicas y gustativas en la maduración

# China

## CATAS CM256

altura de 2,4-2,6 m  
circunferencia de la base es de 80-90 cm  
diámetro del pseudotallo está a 60-70 cm  
espacio entre las hojas es de 6-10 cm  
el pecíolo mide 22-35 cm de largo,  
las hojas son oblongas, 180-220cm de largo, 55-70cm de ancho,  
numero de dedos por mano 5-9  
Largo de dedo 25-28 cm  
la circunferencia de la fruta 15-17cm



# Universidad Tecnológica de Guangdong

## Materiales ZJ4 y ZJ6

|                                 | Zhongjiao No.6 (ZJ6) | Zhongjiao No.4 (ZJ4) | Baxi           |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| Production cycle                | 360~380 d            | 340~350 d            | 340~360 d      |
| Plant height                    | 2~3 m                | 2~3 m                | 2~3 m          |
| Bunch weight                    | 24.7 kg              | 26.2 kg              | ~25 kg         |
| Yield per hectare               | 44.4 T               | 47.2 T               | ~45 T          |
| Number of hands per bunch       | 6~8                  | 6~8                  | 6~8            |
| Number of fingers per bunch     | 148                  | 139                  | ~145           |
| Fruit (finger) weight           | 176                  | 177                  | ~175           |
| Fruit length                    | 23.6                 | 25.5 cm              | ~25            |
| Fruit diameter                  | 12.5                 | 12.74                | ~12.5          |
| Pulp colour at maturity         | Ivory                | Ivory                | Ivory          |
| Mature fruit peel colour        | Bright yellow        | Bright yellow        | Bright yellow  |
| Predominant taste               | Sweet                | Sweet                | Sweet          |
| <b>Infection rate (Foc TR4)</b> | <b>5~15%</b>         | <b>0~5%</b>          | <b>&gt;50%</b> |

Comparison of plant characteristics and Infection rate of ZJ4, ZJ6 and 'baxi' to Foc TR4



ZJ4 (LEFT) and ZJ6 (RIGHT) are selection of somaclonal variation from 'Baxi' that are highly resistant to Foc TR4, have good bunch, hand, finger shape, and superior fruit quality and taste.



Por que nuestros materiales no  
son una alternativa ??????

| <b>Característica</b>             | <b>Williams</b>                                          | <b>Valery</b>                            | <b>Gran Enano</b>              |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|
| <b>Grupo Genético</b>             | Cavendish (AAA)                                          | Cavendish (AAA)                          | Cavendish (AAA)                |
| <b>Altura de la planta</b>        | Alta (2.5 – 3.0 m)                                       | Muy alta (2.8 – 3.5 m)                   | Baja a media (1.8 – 2.4 m)     |
| <b>Ciclo de producción</b>        | Rápido (9–12 meses)                                      | Más largo (10–14 meses)                  | Muy rápido (8–10 meses)        |
| <b>Tamaño del racimo</b>          | Grande                                                   | Muy grande                               | Medio a grande                 |
| <b>Número de manos por racimo</b> | 10–12                                                    | 10–14                                    | 8–10                           |
| <b>Resistencia a vientos</b>      | Moderada                                                 | Baja (sensible al vuelco)                | Alta (por su menor altura)     |
| <b>Tolerancia a enfermedades</b>  | Moderada a baja (susceptible a Sigatoka negra y FOC TR4) | Moderada a baja (susceptible a Sigatoka) | Baja (alta susceptibilidad)    |
| <b>Uso principal</b>              | Exportación fresca                                       | Exportación fresca                       | Exportación fresca y procesado |
| <b>Adaptabilidad climática</b>    | Tropical húmedo                                          | Tropical húmedo                          | Tropical húmedo y cálido       |

| <b>País</b>         | <b>Superficie estimada de Formosana (GCTCV-218) (2017)</b> | <b>Comentarios</b>                                                         |
|---------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Taiwán</b>       | 3,500 ha                                                   | País de origen, uso principal en exportaciones y consumo interno.          |
| <b>Filipinas</b>    | 2,000 ha                                                   | Adaptada en zonas afectadas por TR4 en Mindanao.                           |
| <b>Australia</b>    | 100 ha                                                     | Plantaciones en Queensland como parte de pruebas contra TR4.               |
| <b>China</b>        | 1,000 ha                                                   | Implementación limitada en regiones subtropicales.                         |
| <b>Mozambique</b>   | 700 ha                                                     | Proyecto comercial impulsado para reemplazar Cavendish en zonas afectadas. |
| <b>Israel</b>       | 150 ha                                                     | Pequeñas áreas en el Valle del Jordán como medida preventiva.              |
| <b>Vietnam</b>      | 120 ha                                                     | Uso creciente en áreas afectadas por TR4.                                  |
| <b>Otros países</b> | 150 ha                                                     | Incluye ensayos en Tailandia, Laos, Myanmar, Sudáfrica.                    |

| Aspecto                                    | Problemas que conlleva el cambio de variedad                                                                                                                   |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Adaptación agroclimática</b>            | La nueva variedad puede no adaptarse bien a las condiciones de suelo, temperatura o precipitación locales.                                                     |
| <b>Rendimiento productivo</b>              | Pérdida de productividad inicial hasta ajustar prácticas agronómicas específicas para la nueva variedad.                                                       |
| <b>Costo de establecimiento</b>            | Altos costos de inversión para replantar áreas extensas: compra de plantas, preparación de suelos y riego.                                                     |
| <b>Periodo improductivo</b>                | Tiempo sin cosecha durante el establecimiento de la nueva variedad, afectando el flujo de caja del productor.                                                  |
| <b>Manejo agronómico</b>                   | Necesidad de capacitación técnica para el manejo de nuevas plagas, podas, fertilización y control de enfermedades.                                             |
| <b>Mercado y aceptación comercial</b>      | Riesgo de que el nuevo banano no cumpla con los estándares de calidad (sabor, tamaño, resistencia al transporte) exigidos por los compradores internacionales. |
| <b>Certificaciones y normativas</b>        | Pérdida temporal de certificaciones (orgánico, GlobalG.A.P., comercio justo) que requieren validaciones por variedad.                                          |
| <b>Resistencia a enfermedades</b>          | Aunque una nueva variedad pueda ser resistente a una enfermedad específica (como TR4), puede ser más susceptible a otras plagas o enfermedades locales.        |
| <b>Impacto social</b>                      | Reducción temporal de empleo rural durante el periodo de reconversión productiva.                                                                              |
| <b>Costo de investigación y validación</b> | Necesidad de ensayos de campo locales para validar rendimiento y resistencia, lo que implica tiempo y recursos.                                                |







**Antonio Bustamante, PhD**  
Gerente General – MIKROO  
BIOINSUMOS S.A.S.  
mikroobioinsumos@gmail.com  
☎ +593 99 116 0672



**LACUMBRE**  
BANANO 2025

**GRACIAS**