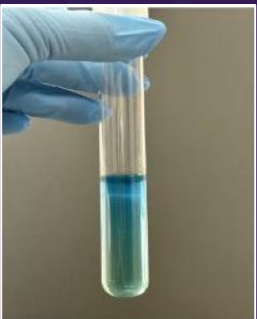




Modelo implementado por LAICA/DIECA con enfoque al desarrollo de biofertilizantes para el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica:

Avances y resultados en 6 años de investigación.

Kevin Núñez Chacón Julio César Barrantes Mora, Gerardo Fonseca Brenes, Javier Bolaños Porras, Hellen Moya Granados, Alejandro Rodríguez Morales



[arodriguez@laica.co.cr](mailto:arodriguez@laica.co.cr)

[www.panacana2025.com](http://www.panacana2025.com)



# LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR (LAICA)

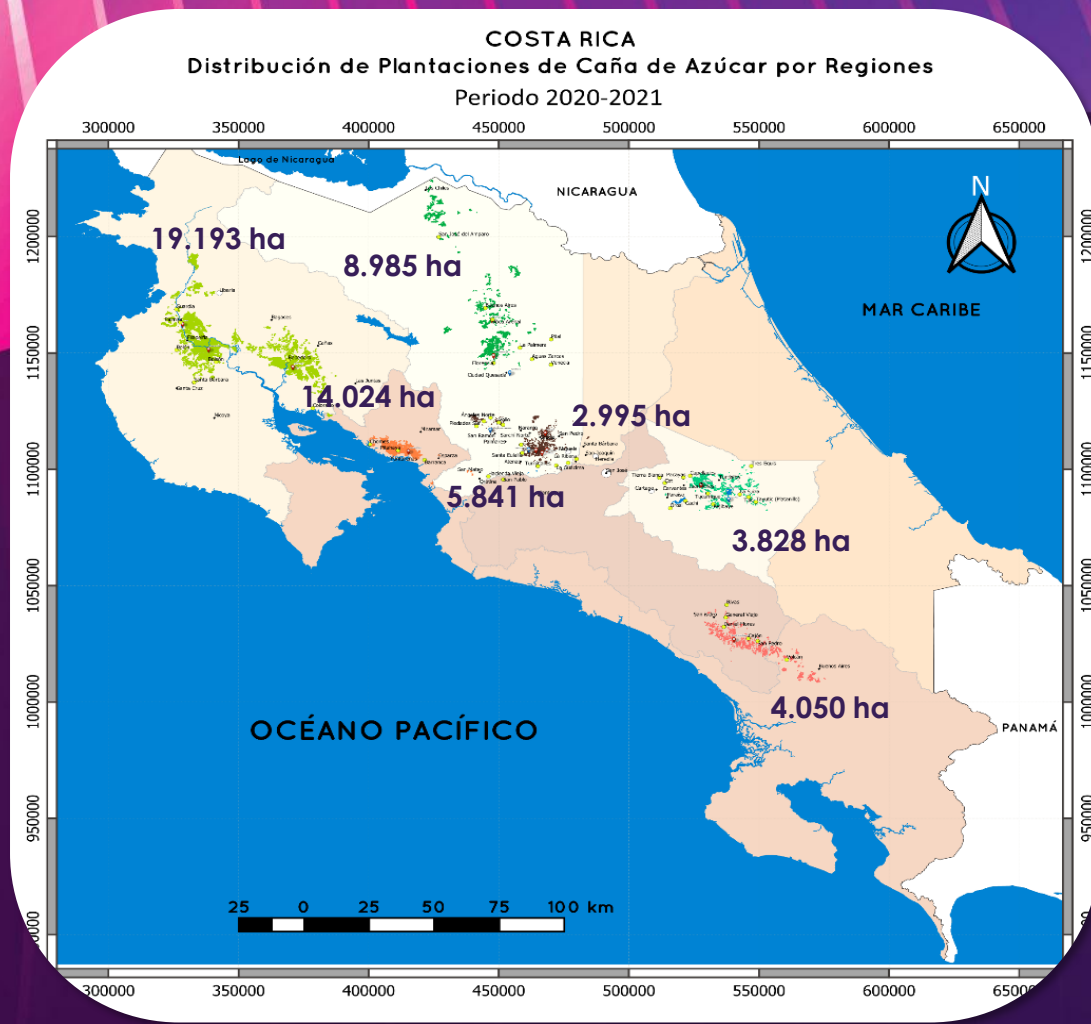
- Corporación de carácter público no estatal, Ley Orgánica de la Agroindustria de la caña No. 3579 (1965), y Ley No. 7818 (1998).
- Organizar, promover, tutelar y defender los intereses del Sector Cañero Azucarero Costarricense.
- Mantener un régimen equitativo de relaciones entre los productores e industriales, garantizando una participación racional y justa.
- Comercialización del azúcar y productos derivados de ésta.
- I & D en sistemas de producción buscando productividad, rentabilidad, competitividad, sostenibilidad y resiliencia de la actividad.
- Asistencia agrícola y transferencia tecnológica al productor.

Departamento de Investigación y  
Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)





# Áreas de siembra y resultados agroindustriales ZAFRA 2023-2024



**SIEMBRA:**  
58.301 ha

**BULTOS:**  
8.479.340

**COSECHA:**  
53.414 ha

**Kg/t: 102,40**

**TMC:**  
4.139.275

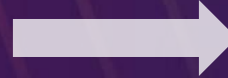
**TAH: 7,94**

**TCH: 77,49**

[www.panacana2025.com](http://www.panacana2025.com)



# Importancia socio-económica del cultivo de la caña de azúcar



10 ingenios

6.098  
productores

2,173  
productoras  
(31,1%)

PIB: 1,1%  
PIBA: 14,4%

Empleo:  
25 mil directos  
80 mil indirectos

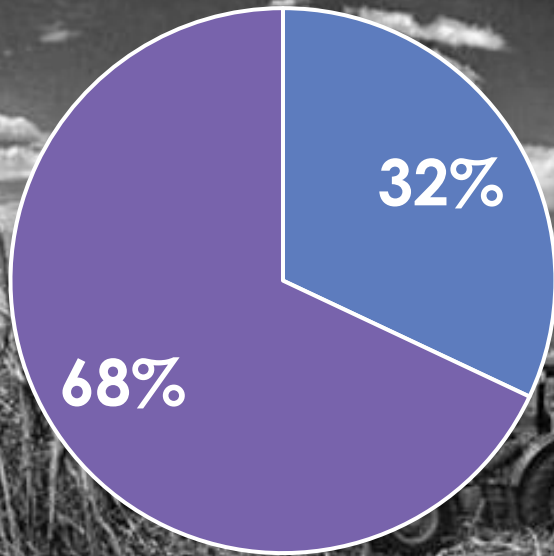
Consumo dom.: 60%  
Exportación: 40%



LAICA

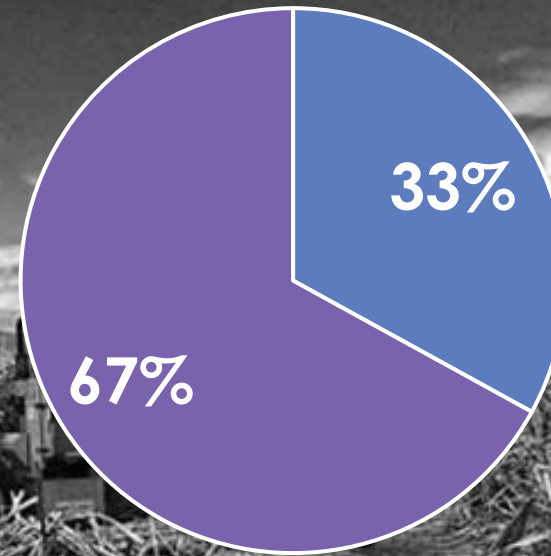
Nuestra producción  
ZAFRA 2023-2024

Toneladas de Caña Nacional



■ Ingenios ■ Productores

Bultos Nacional (POL\*96)

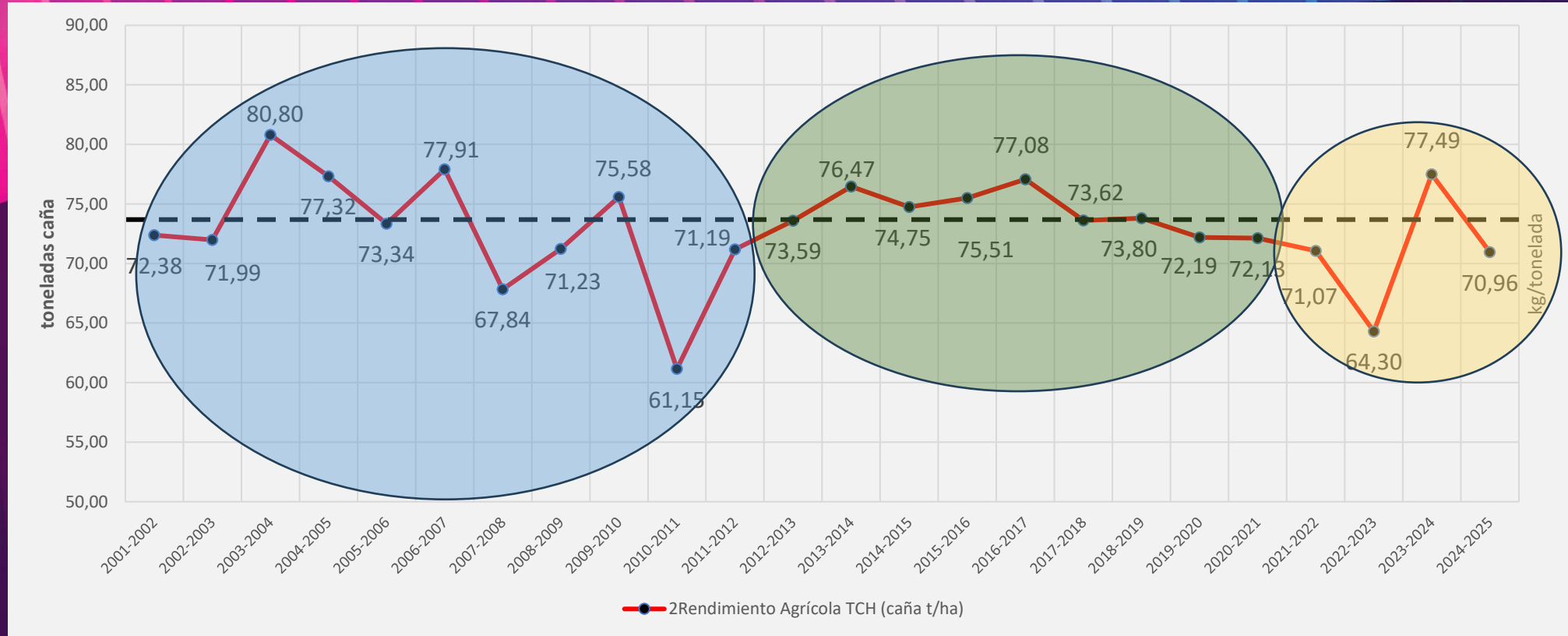


■ Ingenios ■ Productores



LAICA

# TCH promedio nacional últimas 24 zafras



TCH  
73,16

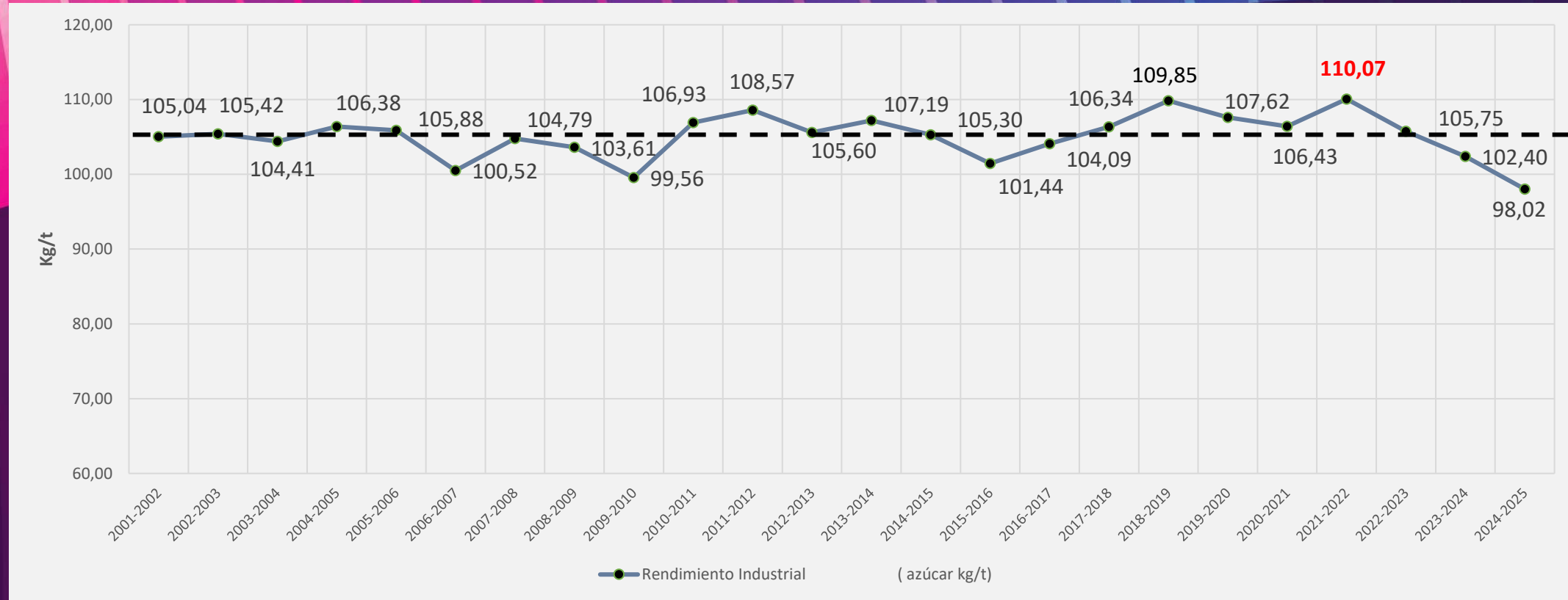
CV  
5,92%

FUENTE: Departamento Técnico y DIECA, LAICA.



LAICA

# Rendimiento industrial (kg/t) ZAFRA 2023-2024



105,4  
Kg/t

CV  
2,85%

FUENTE: Departamento Técnico, LAICA.

# Amenazas sobre el cultivo de la caña de azúcar.

- Fluctuación de precios internacionales
- Importación de azúcar
- Altos costos de producción
- Mano de obra escasa
- Cambio generacional y áreas de siembra.
- Cambio climático
- Deterioro del suelo



- ❖ I + D TECNOLÓGICO
- ❖ TRANSF. Y ASISTENCIA TÉCNICA
- ❖ APOYO FINANCIERO



# ¡NUEVAS FORMAS DE HACER LAS COSAS!





# ESTRUCTURA ORGANIZATIVA Y FUNCIONAL DIECA

4 Programas Nacionales

Dirección Ejecutiva LAICA

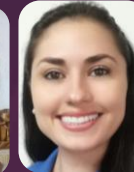
3 Departamentos



Comité Asesor

Gerencia DIECA

Asistente Adm. Y Técnico



Variedades

Fitosanidad

Productividad Agrícola

NAMA Caña de Azúcar

Unidad Biotecnológica

Transferencia Tecnológica y Clima

Regiones

MIP y Enfermedades

Agronomía

Salud del Suelo

Programa Yemas

Microbiología Agrícola Cañera y CC

Biología Molecular



Biocarbón

Biofertilizantes

Planta de Sustratos

Control Biológico

Cultivo de Tejidos

BioEconomía



44

colaboradores



Unidad Biotecnológica  
2023

**“La Biotecnología como herramienta fundamental para aumentar la productividad, sostenibilidad y resiliencia del cultivo de caña de azúcar”**



[www.panacana2025.com](http://www.panacana2025.com)



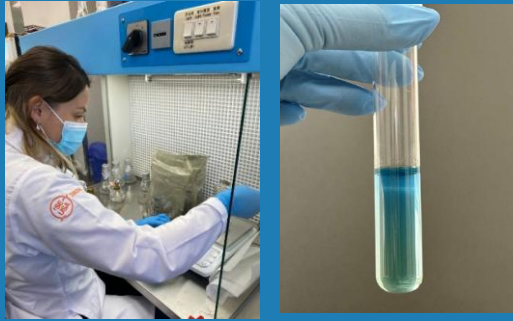
LAICA

Proyectos de Investigación y Servicios de la Unidad Biotecnológica.

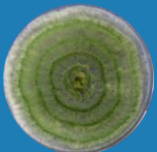
## Microbiología Cañera



Hellen Moya G.



*Azospirillum* spp



## Cultivo de Tejidos



Mariel Villalobos A.



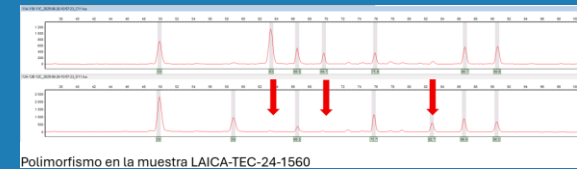
## Mutagénesis

RB 86-7515  
NA 85-1602  
LAICA 08-309

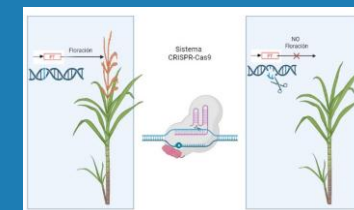
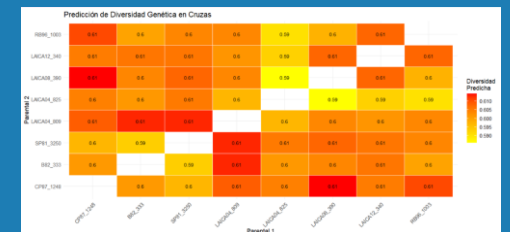
## Biología Molecular



Ana María Conejo B.



Polimorfismo en la muestra LAICA-TEC-24-1560

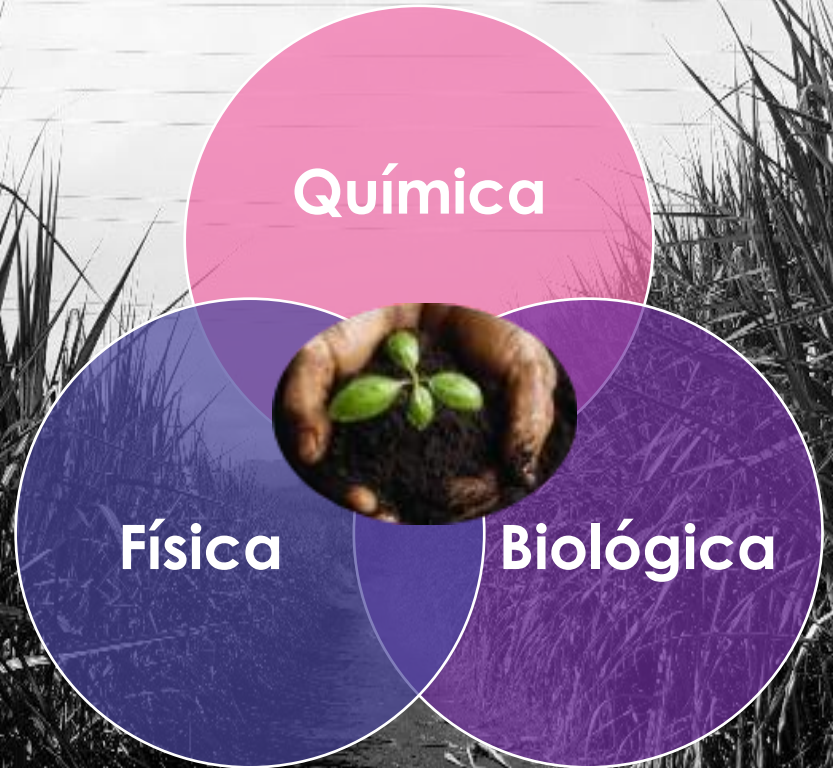


Edición genética CP 72-2086

FT4 gen



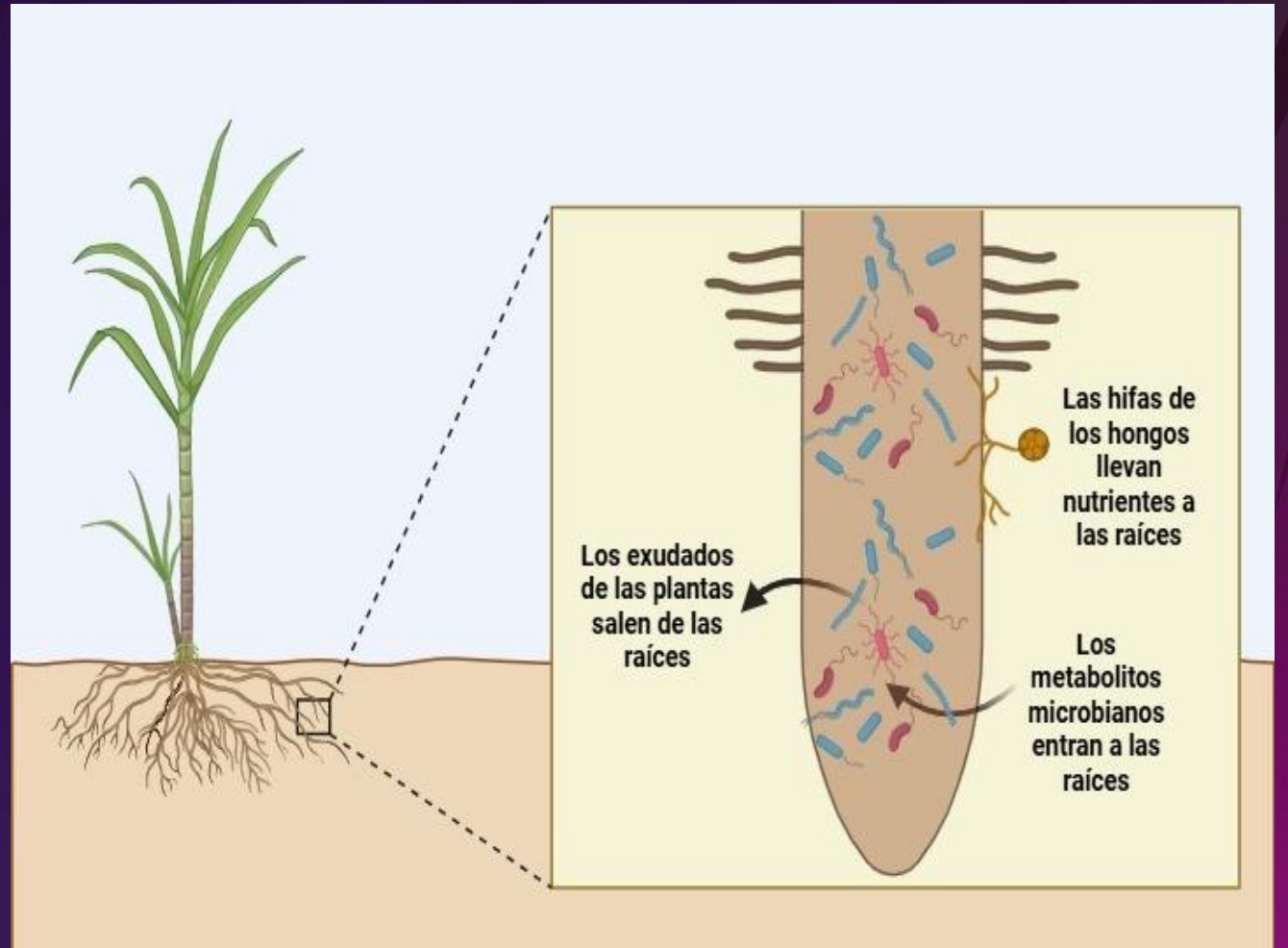
# Fertilidad Integral del Suelo





LAICA

# La rizósfera: interacción de la planta con el suelo y microorganismos





## LOS BIOINSUMOS

Son productos de origen biológico que se utilizan en la agricultura para mejorar la salud del suelo, promover el crecimiento de las plantas y protegerlas contra plagas y enfermedades. Estos incluyen microorganismos como bacterias, hongos y virus, así como extractos de plantas, insectos benéficos, y productos derivados de residuos orgánicos.

### BIOFERTILIZANTES

Bacterias promotoras de crecimiento vegetal.

Micorrizas.

Bacterias biodegradantes MO.

### BIOPLAGUICIDAS

Hongos y bacterias entomopatógenas.

Bio-fungicidas.

Bio-nematicidas.

Bio-herbicidas.

Extractos botánicos (repelentes y biocidas)

### BIOESTIMULANTES

Ácidos húmicos y fúlvicos.

Extractos de algas marinas.

Aminoácidos.

Activadores de resistencia sistémica (ácido salicílico, ácido jasmónico).

### BIOACTIVADORES DEL SUELO

Compost

Bocashi

Lixiviados

Biofermentos (bioles)

Enmiendas orgánicas



Publicación de la propuesta al sector.  
Revista Entre Cañeros  
N° 21, setiembre 2021.



[www.panacana2025.com](http://www.panacana2025.com)



LAICA

Publicación de la propuesta al sector.  
Revista Entre Cañeros  
N° 21, setiembre 2021.

### Objetivo Principal

- Proponer líneas de I +D con insumos biotecnológicos a base de microorganismos benéficos, con potencial para complementar la nutrición y sanidad del cultivo de la caña de azúcar, y contribuir con la sostenibilidad y rentabilidad de la actividad cañera.

### Objetivos Específicos

- Estudiar los avances en el desarrollo y utilización de Biofertilizantes y Bioplaguicidas, su mercado e impacto en la producción de cultivos a nivel mundial.
- Identificar líneas de I + D con alto potencial de implementación en el cultivo de la caña de azúcar.
- Proponer proyectos específicos enfocados en la atención de las principales necesidades nutricionales y fitosanitarias del cultivo de la caña de azúcar.

[www.panacana2025.com](http://www.panacana2025.com)



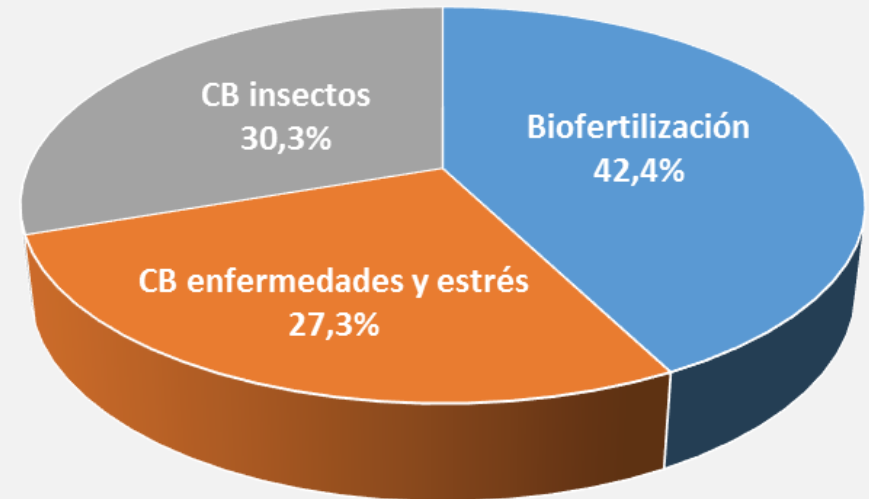
LAICA

# Estado del arte sobre bioinsumos para la caña de azúcar (2020).

## Microorg. preseleccionados (19)

*Aspergillus parasiticus*  
*Azospirillum* sp  
*Azotobacter* sp  
*Bacillus* spp  
*Bacillus popilliae*  
*Bacillus thuringiensis*  
*Beauveria bassiana*  
*Beauveria brongniarti*  
*Beijerinckia* sp  
*Glucanocetobacter diazotrophicus*  
*Herbaspirillum* sp  
*Lecanicillium lecanii*  
*Metarhizium anisopliae*  
*Pseudomonas* spp  
*Heterorhabditis* sp  
*Stenotrophomonas* sp  
*Steinernema* sp  
*Serratia* sp  
*Trichoderma* spp

## APLICACIÓN BIOTECNOLÓGICA





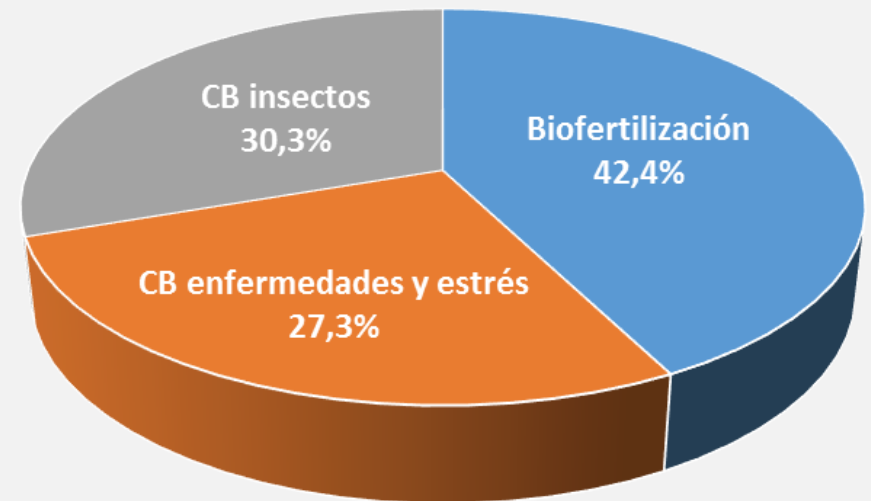
LAICA

# Estado del arte sobre bioinsumos para la caña de azúcar (2018).

## Microorg. preseleccionados (19)

*Aspergillus parasiticus*  
**Azospirillum sp**  
**Azotobacter sp**  
**Bacillus spp**  
*Bacillus popilliae*  
*Bacillus thuringiensis*  
*Beauveria bassiana*  
*Beauveria brongniarti*  
**Beijerinckia sp**  
**Glucanacetobacter diazotrophicus**  
**Herbaspirillum sp**  
*Lecanicillium lecanii*  
*Metarhizium anisopliae*  
**Pseudomonas spp**  
*Heterorhabditis sp*  
**Stenotrophomonas sp**  
*Steinernema sp*  
*Serratia sp*  
*Trichoderma spp*

## APLICACIÓN BIOTECNOLÓGICA



NFB:  
21,2%

P-K:  
12,1%

Fitohormonas:  
9,1%



LAICA

## Hoja de Ruta

**Bioprospección  
y conservación  
(2020-2026)**

**Caracterización  
funcionalidad  
*in vitro*  
(2020-2026)**

**Selección en  
Invernadero  
(2020-2027)**

**Caracterización  
molecular  
(2020-2027)**

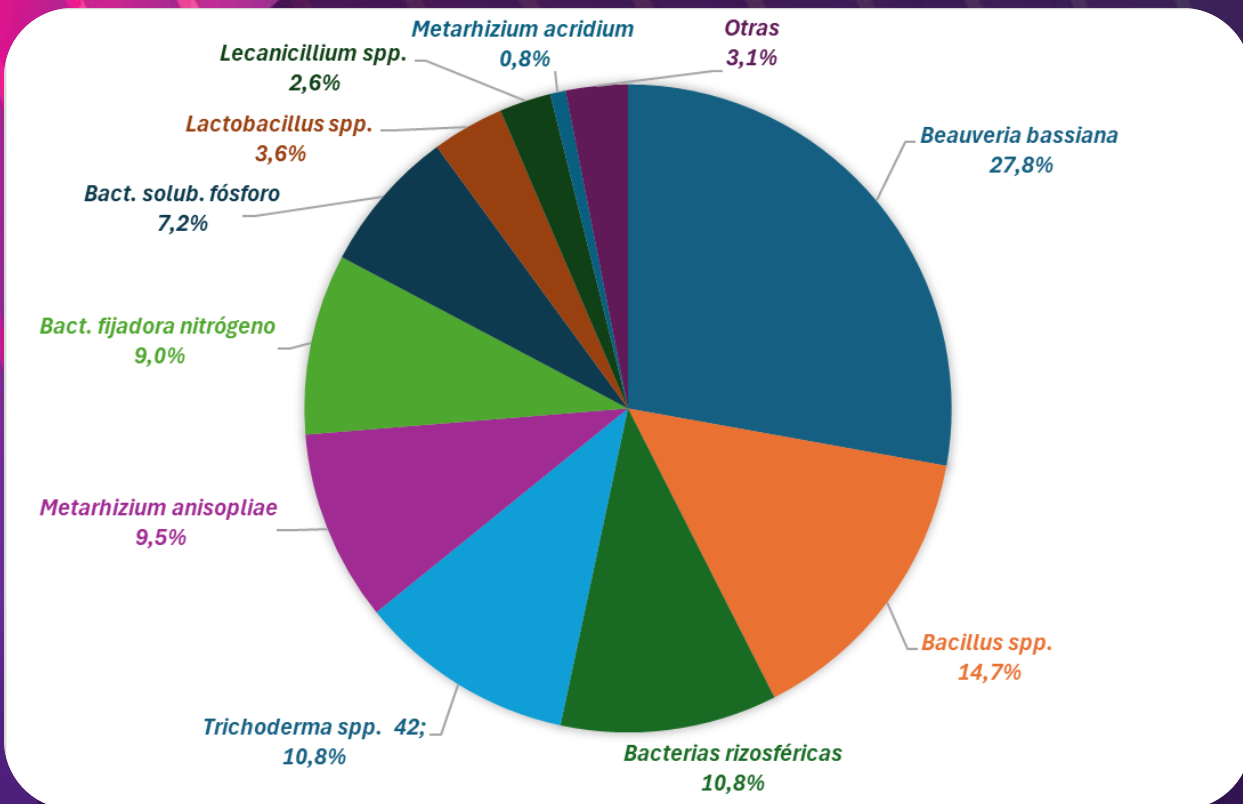
**Estudios de  
Escalamiento  
(2022-2027)**

**Parcelas  
experimentales  
(2023-2030)**



# PROYECTO BIOFERTILIZANTES

## Colección de microorganismos benéficos. Diciembre 2024.



Escanear

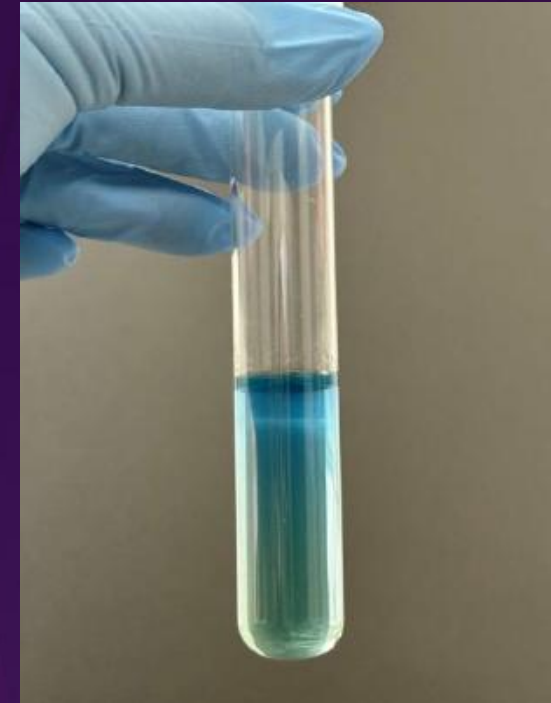
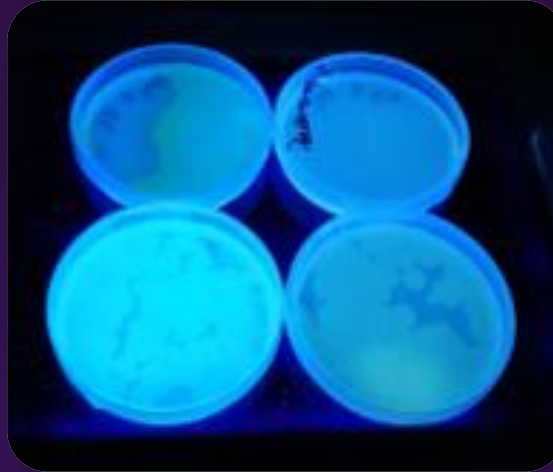
TOTAL: 388 aislamientos

[www.panacana2025.com](http://www.panacana2025.com)



## PROYECTO BIOFERTILIZANTES

Caracterización de  
funcionalidad *in vitro*

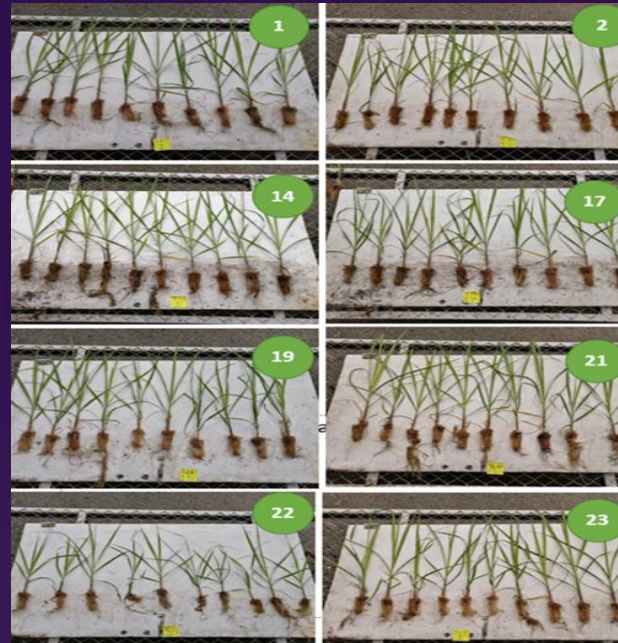
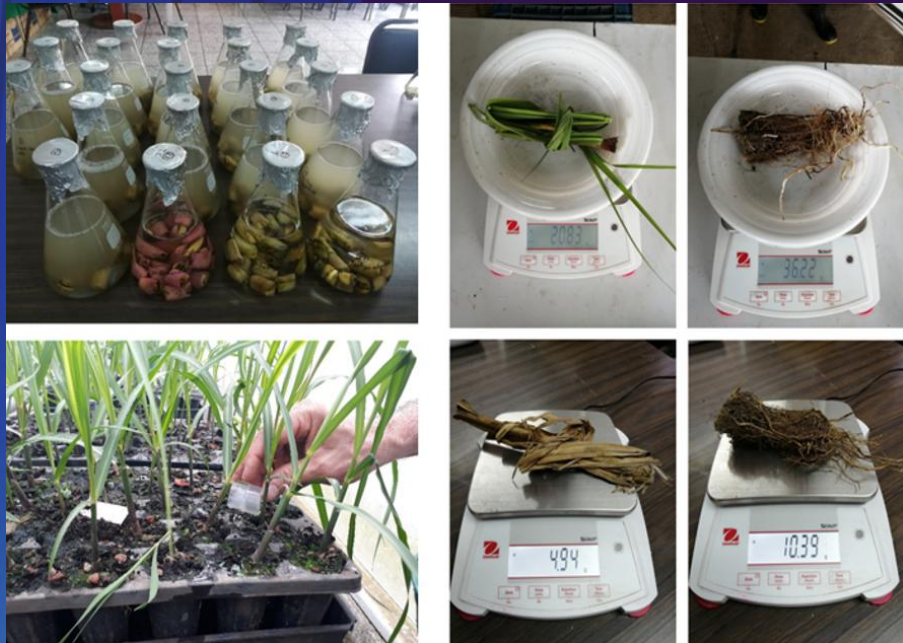


*Azospirillum* spp



# PROYECTO BIOFERTILIZANTES

Ensayos de invernadero con plántulas de yema en suelo cañero no estéril



Inoculación



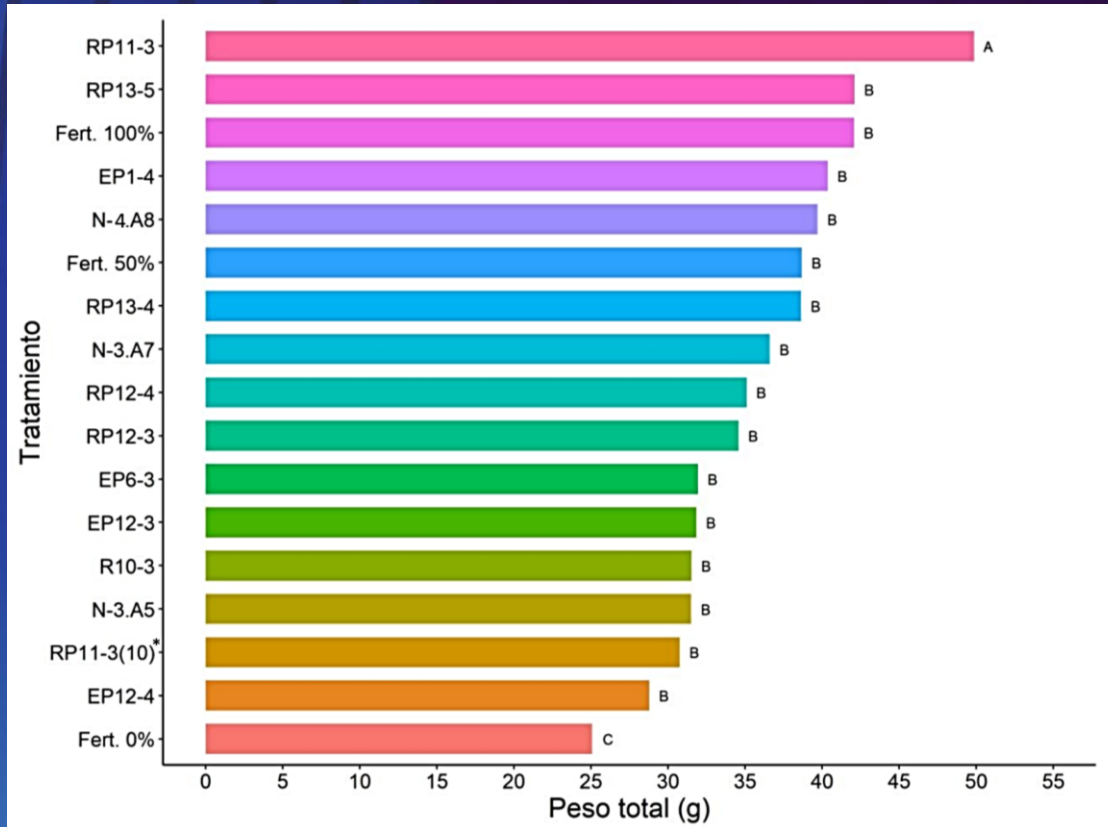
Evaluación



Selección



# Ensayos de invernadero con plántulas de yema en suelo cañero no estéril



(RP11-3): Fijadora de Nitrógeno  
(RP13-5): Solubilizadora de fósforo



Masa seca (MS) total de las plantas de caña de azúcar variedad LAICA 12-340 obtenido tras la inoculación de distintas bacterias.



# PROYECTO BIOFERTILIZANTES

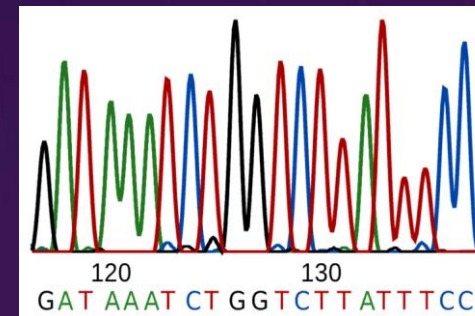
## Identificación molecular de microorganismos seleccionados

Extracción ADN a partir de cultivos purificados



Identificación por medio de marcadores especie específicos

Identificación por medio de secuenciación



- *Azospirillum sp*
- *Herbaspirillum sp*
- *Burkholderia sp*
- *Pseudomonas sp*
- *Pantoea sp*
- *Bacillus spp*
- *Rhizobium sp*
- *Sphingomonas sp*
- *Lactobacillus sp*
- *Serratia sp*



# PROYECTO BIOFERTILIZANTES

## Optimización

- Desinfección del sistema
  - Medio de cultivo
  - Cinética
- Pureza microbiológica
  - Concentración:  
 $6,30 \times 10^9 - 1 \times 10^{10}$  UFC/mL





# Parcelas experimentales para la evaluación de fuentes de nitrógeno, métodos de siembra y bioestimulantes en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la Región Sur



| Descripción de Experimento |                   |
|----------------------------|-------------------|
| Diseño                     | BCA               |
| Trat. Biofertilizantes     | 12                |
| Repeticiones               | 4                 |
| Tamaño de parcela          | 45 m <sup>2</sup> |



# Reducción de la fertilización en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), mediante el uso de productos sostenibles en Finca La Isabel, Turrialba.

| Descripción de Experimento |                      |
|----------------------------|----------------------|
| Diseño experimental        | BCA                  |
| Tratamientos               | 9                    |
| Repeticiones               | 4                    |
| Área de parcela            | 56,25 m <sup>2</sup> |



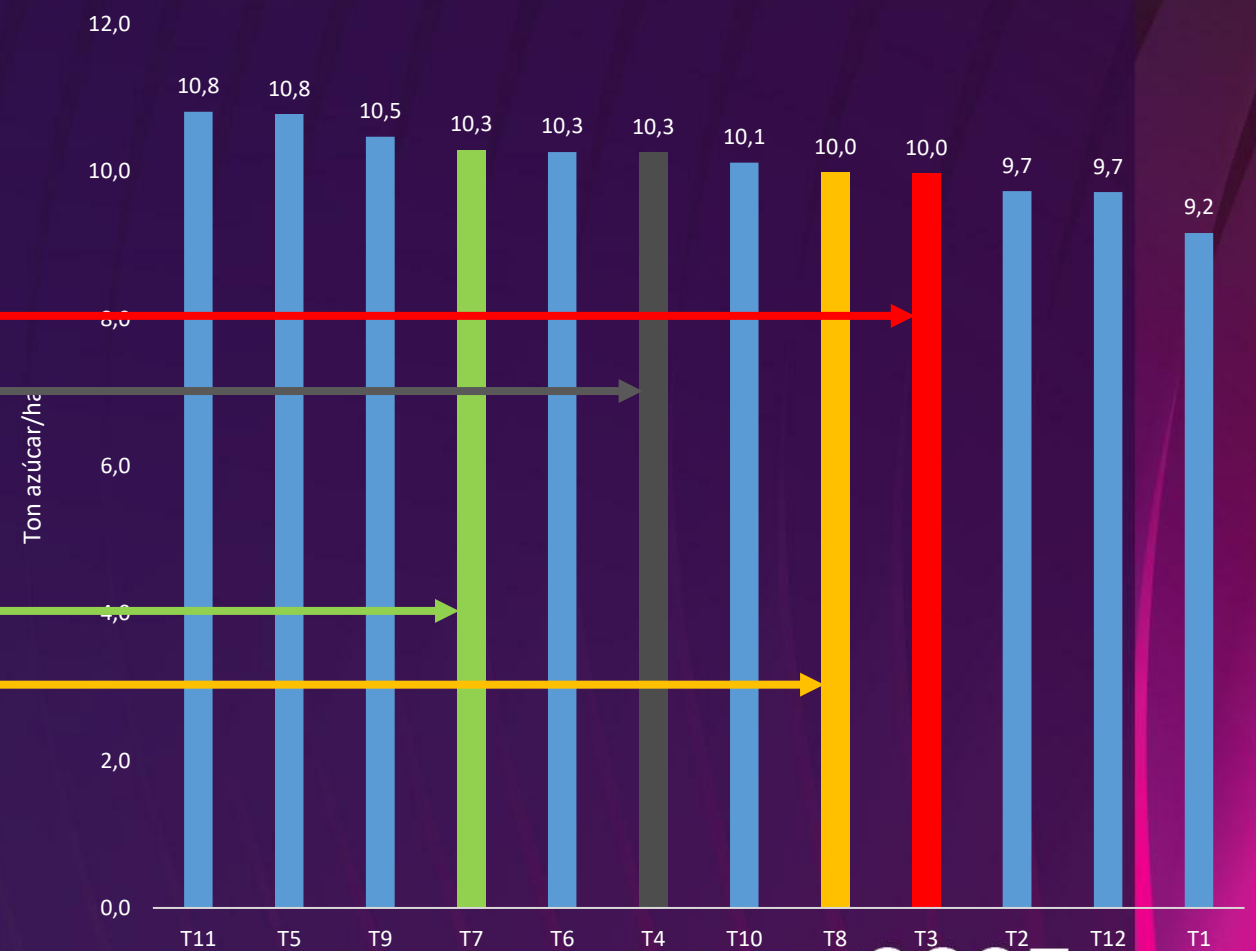
Hay 4 ensayos en 3 regiones cañeras



Región Sur, suelo ultisol, 3 cosechas, LAICA 07-801



| Tratamiento | Descripción Tratamiento                 |
|-------------|---|
| 1           | CropCell                                |
| 2           | T (50% Fertilización)                   |
| 3           | MM + 50% Fertilización                  |
| 4           | MM + Biocarbón+50% Fertilización        |
| 5           | Sembrador (3L)+100 % Fertilización      |
| 6           | Semb. Drench(4 L)+100% Fertilización    |
| 7           | T (100% Fertilización)                  |
| 8           | Bacterias DIECA (42-50) + 50 %Fert.     |
| 9           | Root Feed Dry +100% Fert.               |
| 10          | Ác. Húmicos Abopac (100 Kg)+ 100% Fert. |
| 11          | Bioagenasol 500 kg+100% Fert.           |
| 12          | Biocontrol Fij N+ 50% Fert.             |



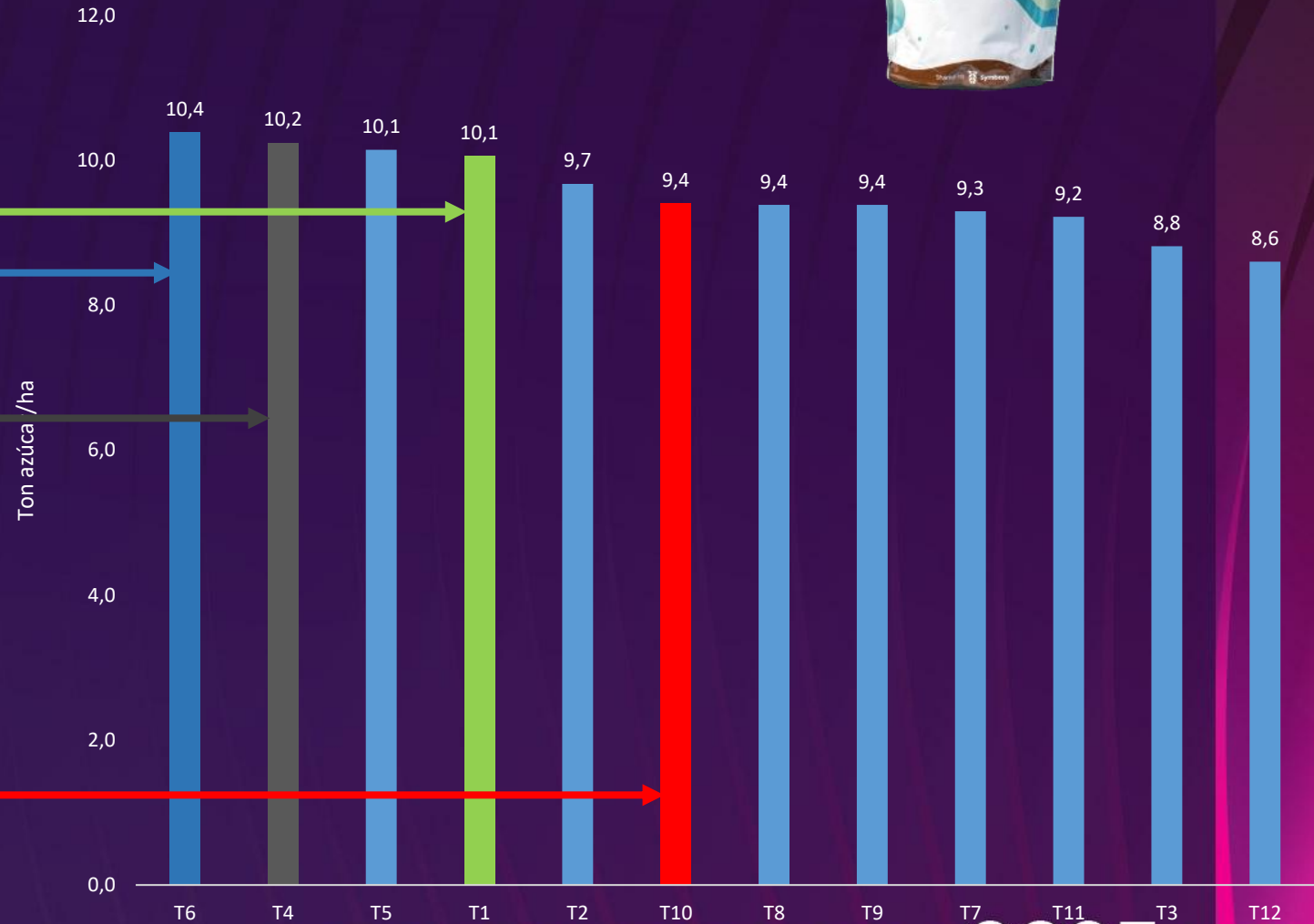


Región Sur, suelo ultisol, 2 cosechas, LAICA 07-801

*Methylobacterium symbioticum*

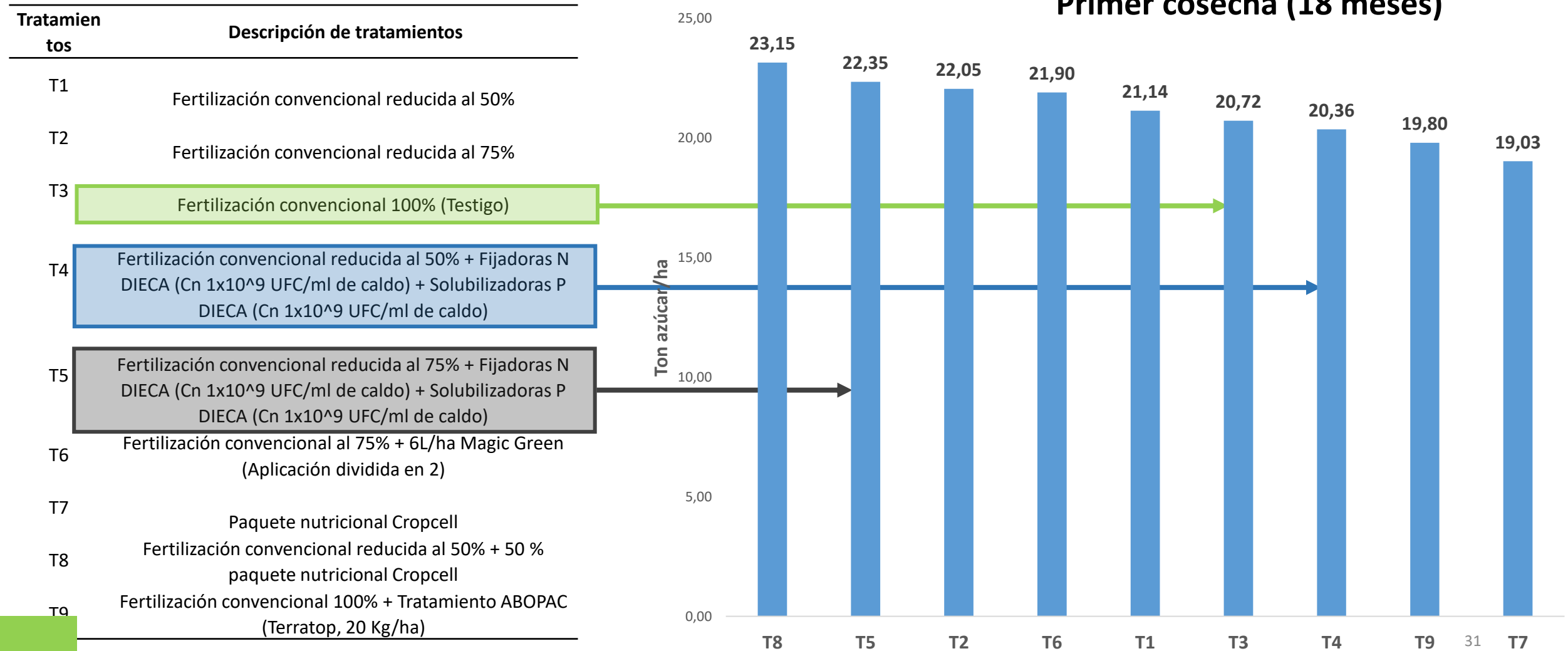


| Tratamientos                | Fertilización   |
|-----------------------------|-----------------|
| 1) Testigo                  | Manejo de finca |
| 2) Blue N                   | 100%            |
| 3) DIECA 1 F. San Pedro Org | 50%             |
| 4) DIECA 2 D 0719 Bac3      | 50%             |
| 5) Nutrifert                | 100%            |
| 6) UPL (Biozyme + Gainexa)  | 100%            |
| 7) Suplidora Verde          | 75%             |
| 8) Sembrador                | 100%            |
| 9) BioEco                   | 100%            |
| 10) MM (3 aplicaciones)     | 75%             |
| 11) MM (3 aplicaciones)     | 50%             |
| 12) 2TM Biocarbón           | 75%             |



# REDUCCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), MEDIANTE EL USO DE PRODUCTOS SOSTENIBLES EN FINCA LA ISABEL, TURRIALBA. SP 78-4764

## Primer cosecha (18 meses)





# PROYECTO BIOFERTILIZANTES

## AVANCES

10  
ensayos  
realizados

+200  
aislamientos  
estudiados

15  
aislamientos  
seleccionados

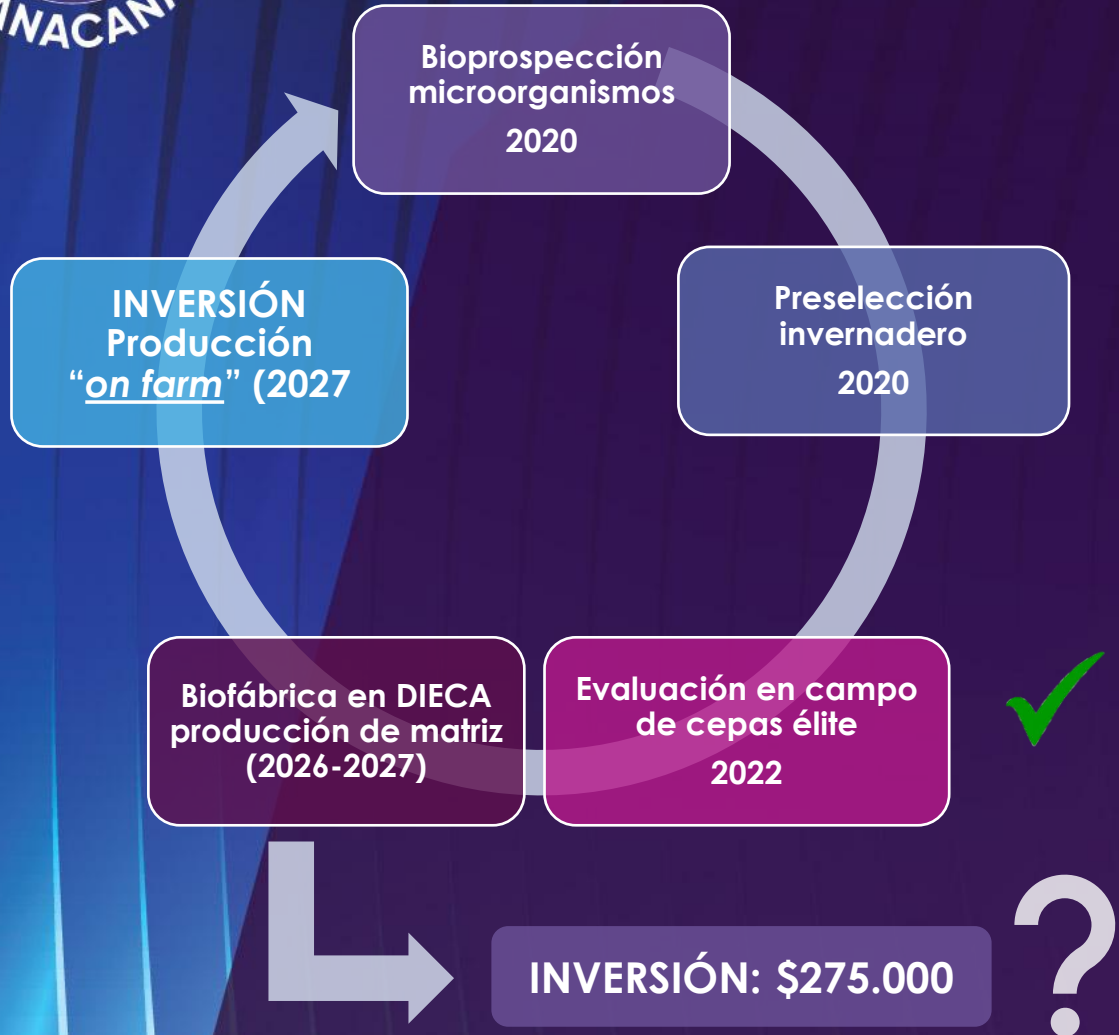
6  
aislamientos  
en campo

4 ensayos en  
3 regiones  
cañeras





# PROYECTO BIOFERTILIZANTES



Hellen Moya



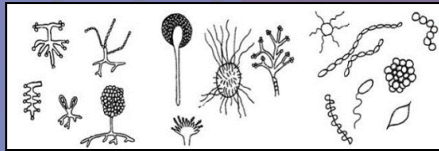
Javier Bolaños





# Inoculación de microorganismos benéficos a material de siembra (2025)

Microorganismos benéficos

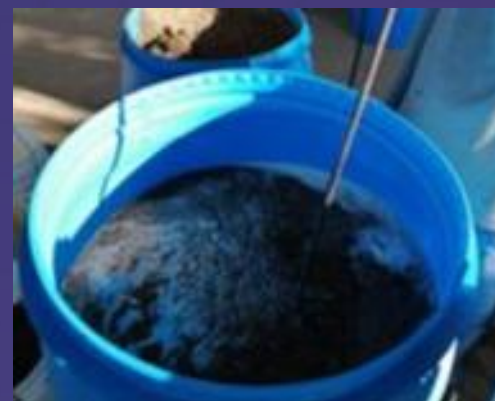


Bioendurecimiento  
Biohardening  
Biopriming



## PROYECTO BIOFERMENTOS

**Biofermento a base de microorganismos de montaña (MM) enriquecido con nitrógeno y sales minerales**



**Preparación de matriz de MM: De izquierda a derecha: mezcla semolina, mantillo de montaña y miel. Matriz de MM. Activación del biofermento. Proceso de fermentación. Febrero 2022. EE DIECA.**



MINISTERIO DE  
AGRICULTURA  
Y GANADERÍA

GOBIERNO  
DE COSTA RICA



Les invita a los talleres  
de:

## Elaboración de Bio insumos

Horario: 9 am a 3 pm

Fechas de talleres:

12/06/2023  
28/06/2023  
17/07/2023  
31/07/2023

Se abarcarán prácticas con:

- MM sólido
- MM líquido
- Bioles
- Compost
- entre otros!

Se brindará almuerzo

Les invita a los talleres  
de:

## Elaboración de Bio insumos

Horario: 9 am a 3 pm

Fechas de talleres:

28/07/2023  
10/08/2023  
25/08/2023  
01/09/2023

Se abarcarán prácticas con:

- MM sólido
- MM líquido
- Bioles
- Compost
- entre otros!

Se brindará almuerzo

Quebrada Azul y  
Cutris: junio-julio  
2023.

[www.panacana2025.com](http://www.panacana2025.com)



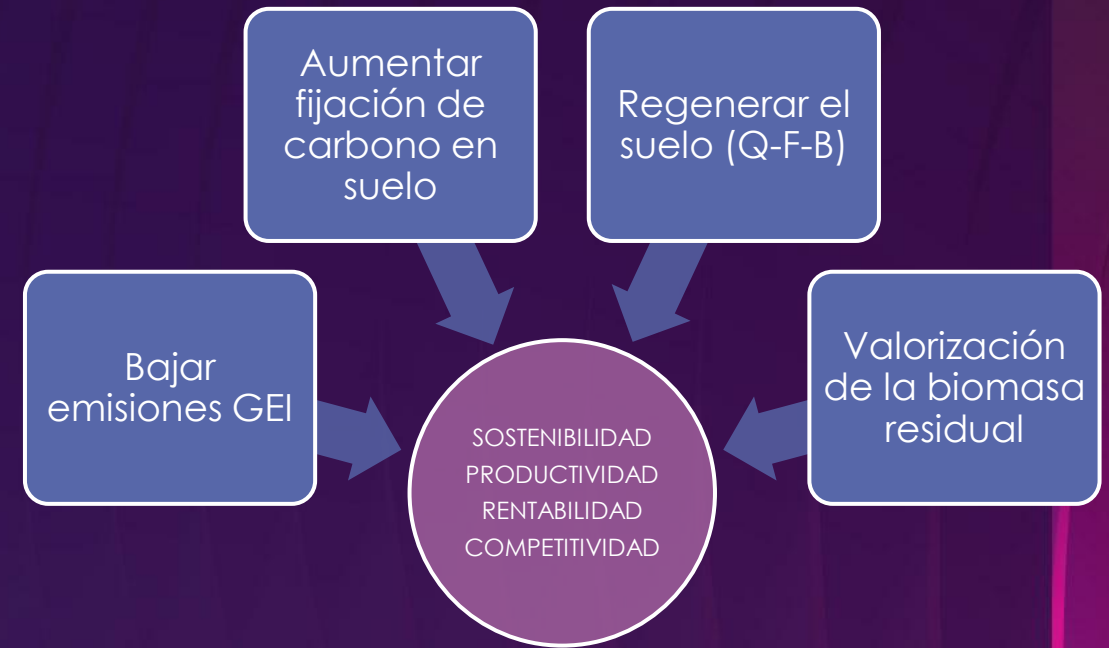
LAICA

Producción de biofermentos de MM con aprovechamiento de biomasa residual de la agroindustria azucarera. Tesis. Paola Vargas Barrantes UCR





# PROYECTO BIOCARBÓN



Alineamiento con objetivos institucionales, sectoriales y nacionales.



## CONCLUSIONES

- La Minería de Datos realizada permitió identificar gran potencial de desarrollos AGRO-BIOTECNOLÓGICOS y líneas de I + D estratégicas a nivel local e internacional, fuertemente asociadas al uso de microorganismos con efecto biofertilizante-bioestimulante y a la regeneración del sistema cañero.
- Este conocimiento científico permitió proponer e implementar para el sector cañero nacional, un sistema de que ha sido eficaz para seleccionar y llevar a campo, microorganismos élite.
- Los resultados en campo han sido muy promisorios; sin embargo; es necesario integrar a estos estudios, el análisis de otros factores que pueden estar interviniendo; entre éstos, los principales indicadores de salud y calidad del suelo, el sistema de manejo de cultivo y la variedad de caña.
- Actualmente se analiza el mejor modelo para transferir estos bioinsumos a nivel comercial y la inversión que esto va a requerir.



**¡MUCHAS GRACIAS!**