



# Semillas del Futuro

Plataforma para conservar y  
caracterizar la diversidad de cultivos

Marcela Santaella, Ph.D.  
Gerente Operaciones - Programa Recursos Genéticos

5 de noviembre de 2025

*Conmemoración 20 años ACOFIA*





# Semillas del Futuro: protegiendo el alimento del mundo

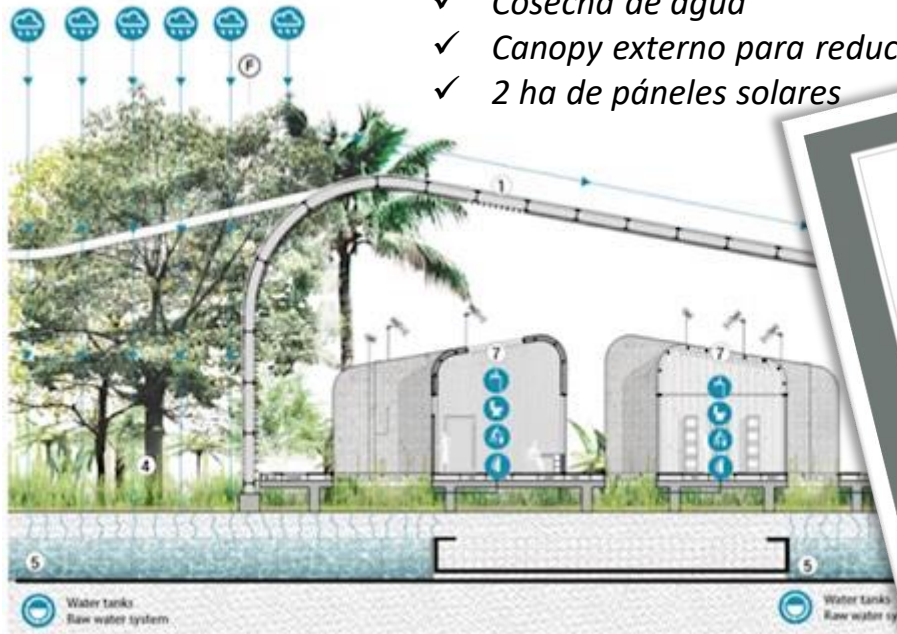




# Innovación en infraestructura, Ciencia Sostenible: con talento colombiano



- ✓ Cosecha de agua
- ✓ Canopy externo para reducir el calor
- ✓ 2 ha de paneles solares



The LEED® certification trademark is owned by the U.S. Green Building Council® and is used with permission.

Fuente: Joe Tohme, 2022. A global hub for innovation in crop-diversity conservation and use. Making crop diversity more accessible. Fotos: Daniel Gutierrez

# Objetivos estratégicos de la Alianza



Las personas **consumen alimentos** diversos, nutritivos e inocuos.



Las personas participan en **mercados agroalimentarios** incluyentes, innovadores y diversificados, y se benefician de ellos.



Las personas **manejan sosteniblemente fincas, bosques y paisajes** que son productivos y resilientes al cambio climático.



Las comunidades y las instituciones usan y **salvaguardan la biodiversidad agrícola** de manera sostenible.





...1967

**CIMMYT**  
International Maize and Wheat Improvement Center  
Mexico City, Mexico

**Alianza**  
Bioversity & CIAT  
Palmira, Colombia

**CIP**  
INTERNATIONAL  
POTATO CENTER  
A CGIAR RESEARCH CENTER  
Lima, Peru

**Alianza**  
Bioversity & CIAT  
Leuven, Belgium

**ICARDA**  
Science for resilient livelihoods in dry areas  
Rabat, Morocco  
Beirut, Lebanon

**AfricaRice**  
Abidjan, Côte d'Ivoire

**IITA**  
Research for Northern Africa  
Ibadan, Nigeria

**ICRISAT**  
Patancheru, India

**World**  
Agroforestry  
Centre  
Nairobi, Kenya

**ILRI**  
INTERNATIONAL  
LIVESTOCK RESEARCH  
INSTITUTE

**IRRI**  
Los Baños, Philippines

**Genebanks** Collections of seeds and plant material  
intended *to preserve genetic diversity*



# Semillas del Futuro como Centro de Innovación



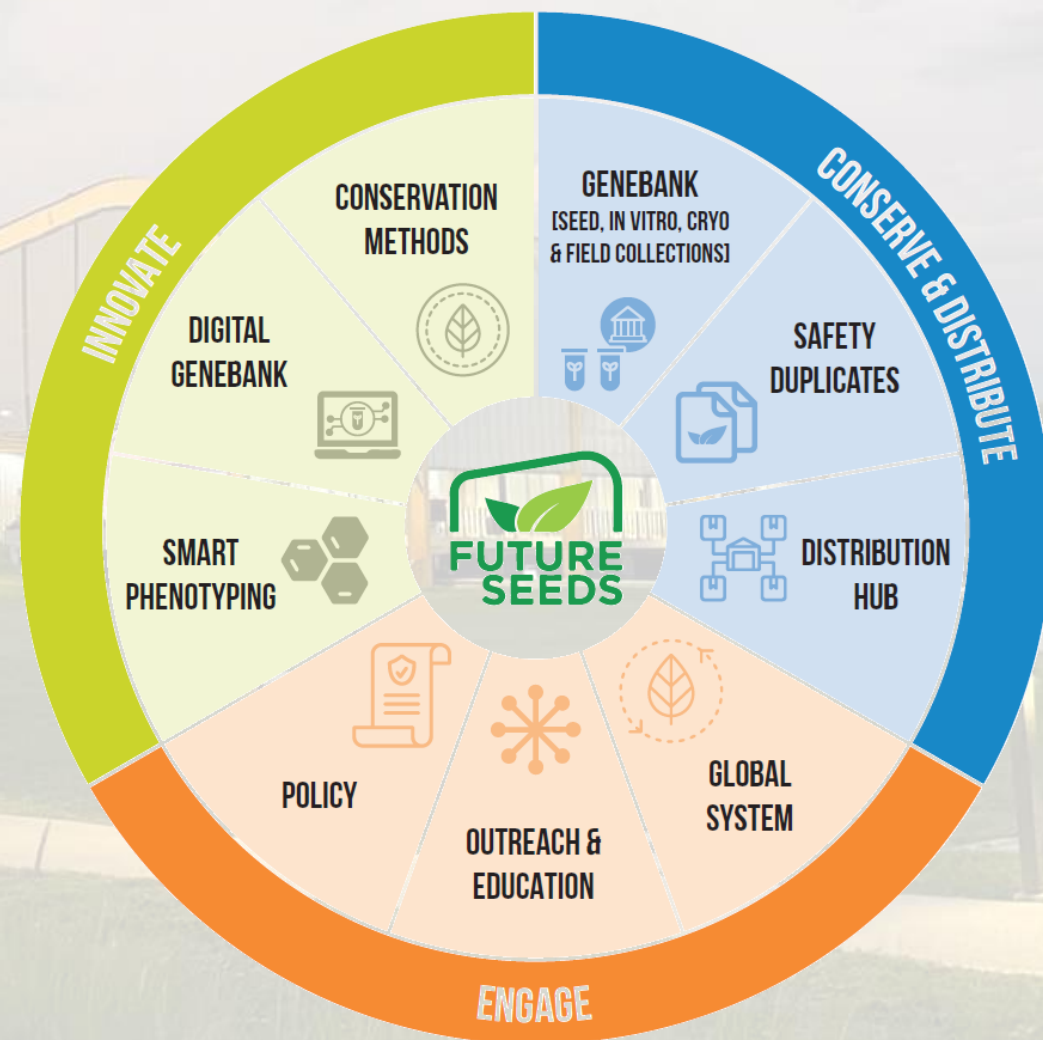
**Conservar y distribuir** los recursos genéticos de un conjunto diverso de cultivos de forma eficiente y eficaz, siguiendo los más **altos estándares internacionales** de calidad



**Innovar** para mejorar los **métodos de conservación** y descubrir el **valor oculto de los recursos genéticos**



**Involucrar** al público para sensibilizar a la sociedad sobre el rol vital de la diversidad de los cultivos y sus múltiples **beneficios**





# Colecciones mundiales de cultivos y parientes



**Yuca: 5,957**



**Frijol: 37,936**



**Forrajes tropicales: 22,657**

*Germoplasma conservado en fideicomiso en nombre de los países*



# Colección *in vitro* de yuca (*Manihot esculenta* Cranz)





# Colección *bonsai* de yuca (*Manihot esculenta* Cranz)





# Colecciones de semillas: frijol y forrajes tropicales





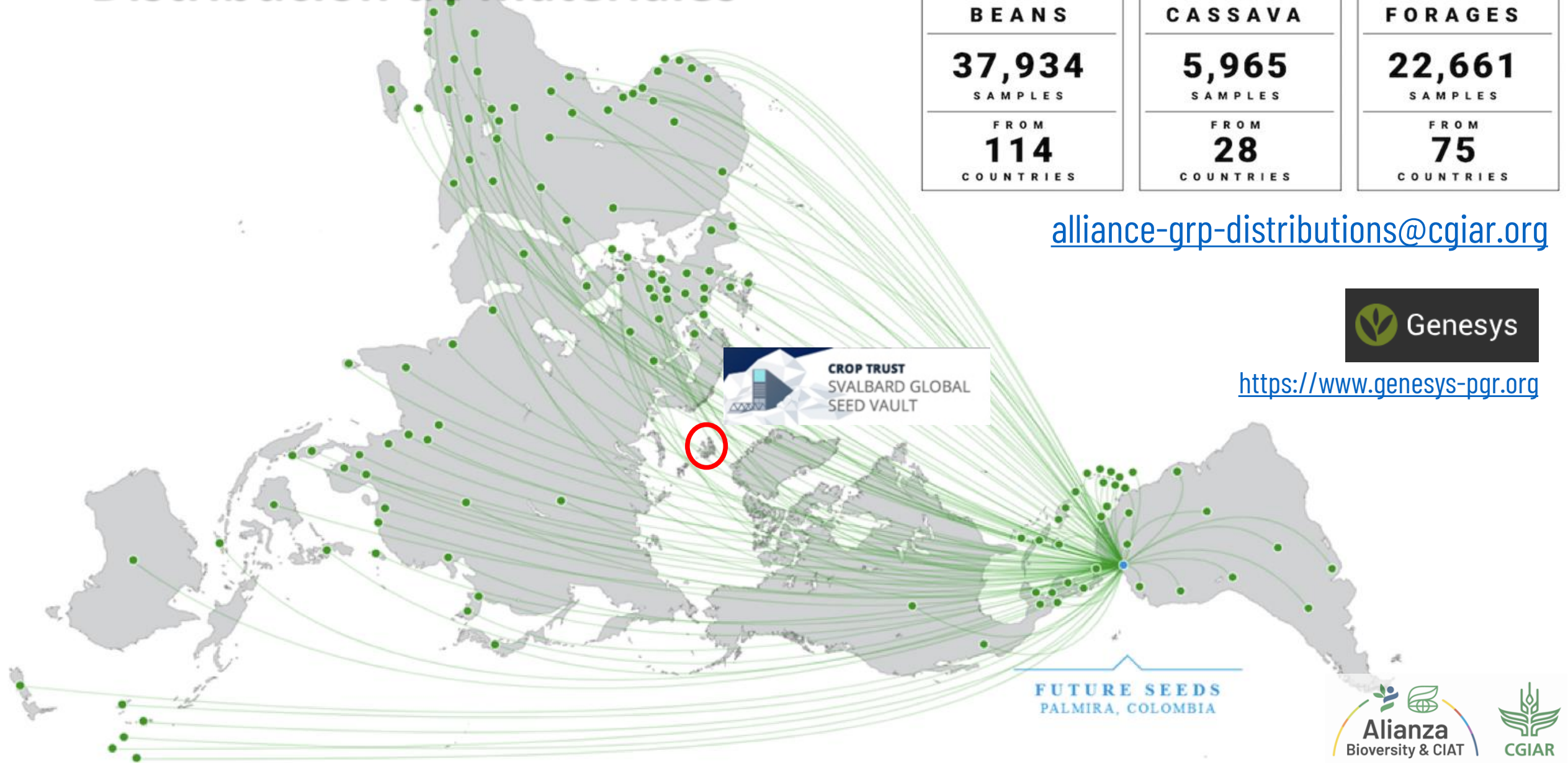
# Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura



Acuerdos con el Órgano Rector del TIRFAA, Artículo 15



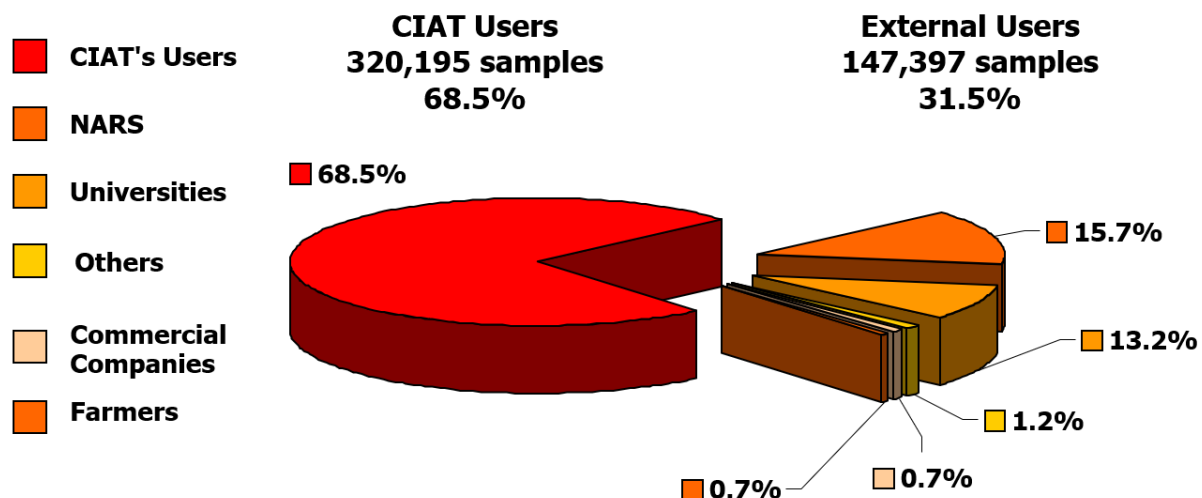
# Distribución de materiales





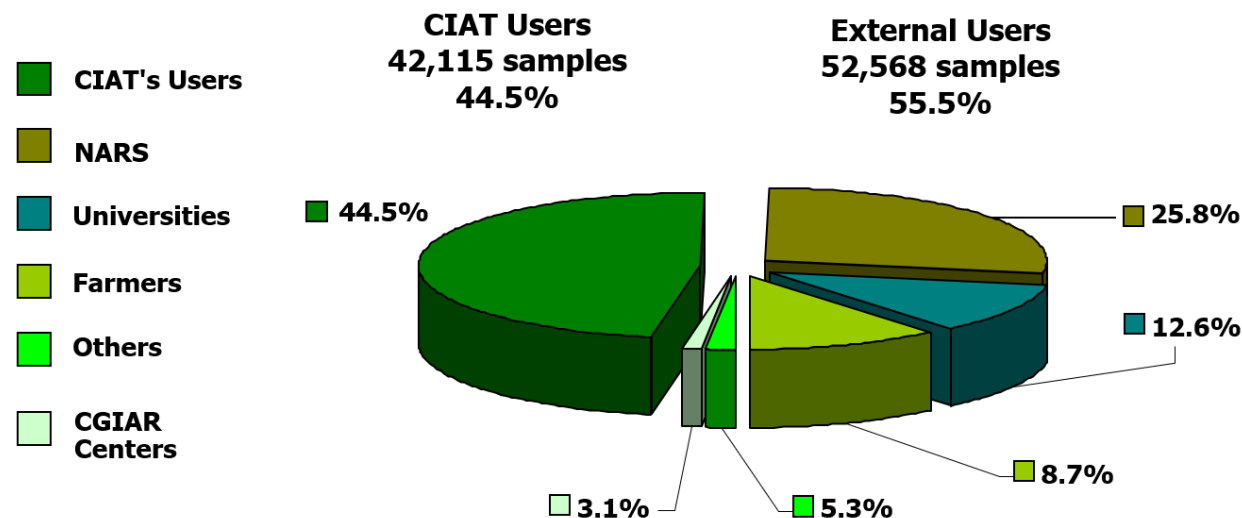
# Distribución en las últimas 5 décadas (1973 - 2023)

## Frijol



**467,592 samples (37,847 accessions)  
107 countries**

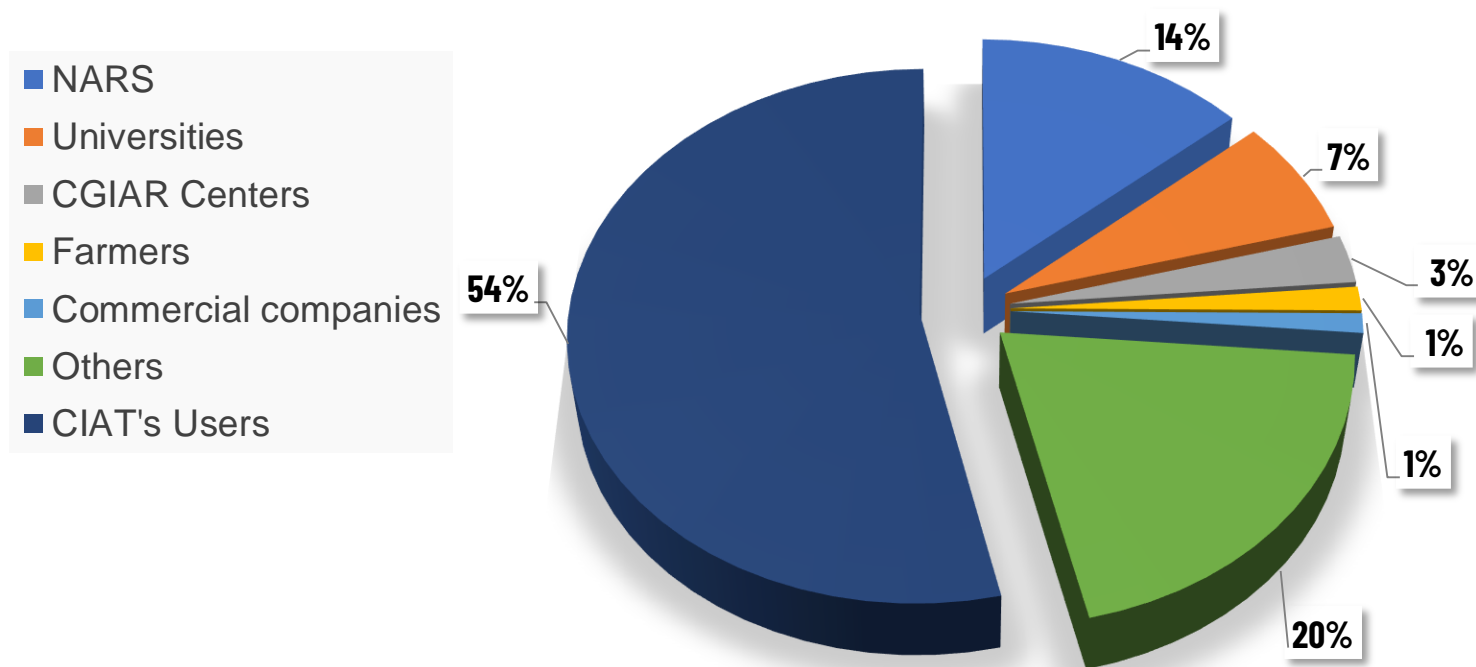
## Forrajes tropicales



**94,683 samples (15,040 accessions)  
111 countries**



# Distribución yuca (1979 – 2024)



- >56.800 muestras distribuidas
- >80 países
- Aprox. 80% colección

Fuente: Mónica L. Vélez y equipo *In vitro*

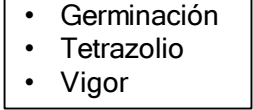
> 500.000 muestras con destino a >140 países



The background of the image is a close-up, slightly blurred photograph of green grass blades. Many of the blades are covered with small, clear water droplets, suggesting a recent rain or dew. The overall color palette is a vibrant green, with the white text providing a sharp contrast.

**Todo empieza en el campo...**





- Calidad Física
- Videómetro
- Rayos X



# Regeneración y multiplicación de semilla en campo

- ✓ Buenas Prácticas Agrícolas – certificación por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA
- ✓ Ambiente y condiciones adecuadas
- ✓ Tratamiento preventivos/nutritivos
- ✓ Tratamiento correctivos ante plagas/enfermedad
- ✓ Mantener diversidad genética original





# Estaciones de producción



Foto: Steffanía Latorre



Foto: Juan José González

- Palmira 950 msnm
- St. Quilichao 1100 msnm
- 1500 msnm
- Mosquera 2.500 msnm



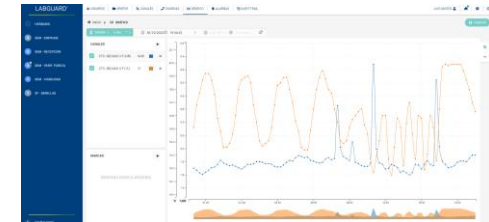




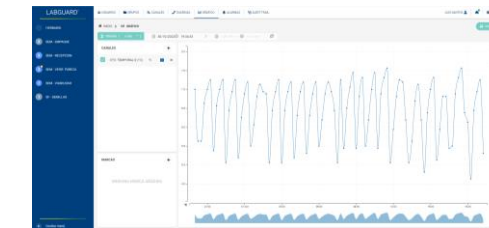
# Post-cosecha: Recepción y Conteo de semillas



## Sistema de Monitoreo de Temperatura y humedad relativa



Cuarto de Secado



Cuarto de Almacenamiento Temporal

# Calidad Física: Verificación de la Pureza de Semillas



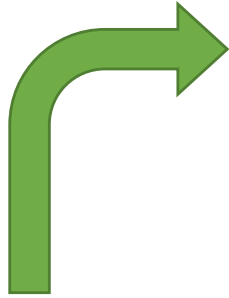
Entrega y verificación de la entrega



Secado (20°C y 10%HR) y prueba de humedad



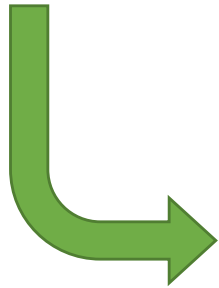
Verificación de Imagen y revisión en la BD, para sacar muestras representativas o unificar



Cumple Cantidad de semilla



Selección de las mejores semillas y preparación de muestras para laboratorios e ingreso de datos a la BD



Poca semilla



Selección no tan rigurosa de las mejores semillas e ingreso de los datos a la BD

**Laboratorio de Sanidad de Germoplasma**

**Laboratorio de Viabilidad**

**Área de Empaque y Conservación de Semillas**



Conservación temporal (5 ± 2°C)



# Sanidad de Germoplasma



Responsabilidad de verificar el estado fitosanitario del germoplasma distribuido por el Programa de Recursos Genéticos y otros programas del CIAT a nivel nacional e internacional.

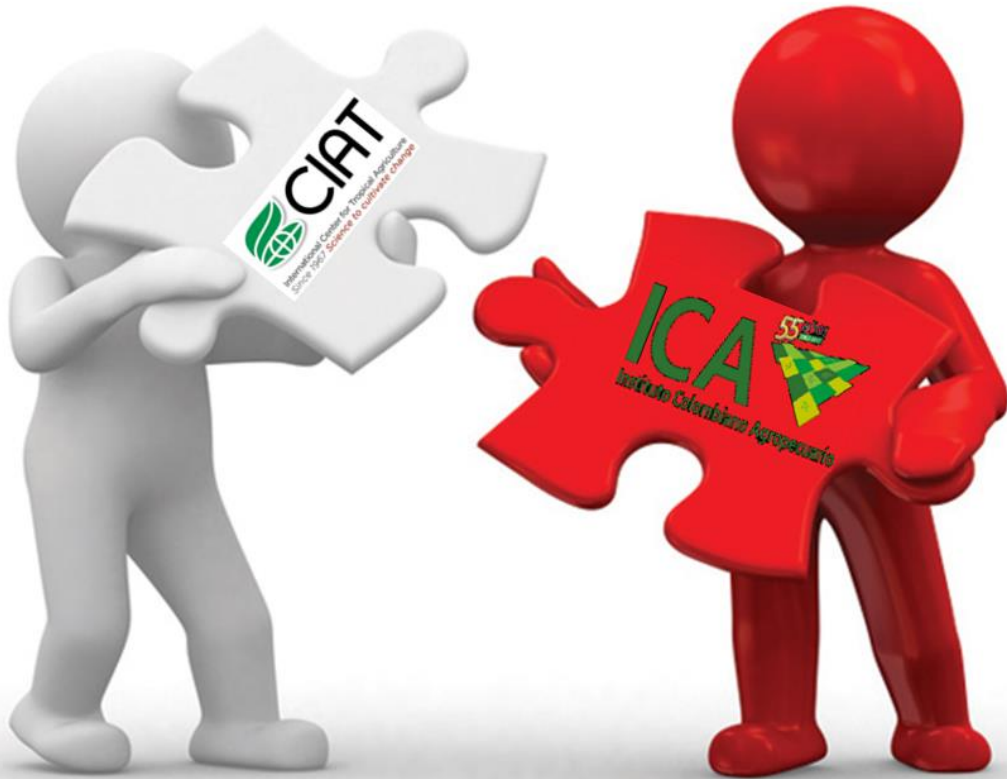
Periódicamente realiza la estandarización e implementación de nuevas metodologías de diagnóstico más eficientes y sensibles.





# Sanidad de Germoplasma

Para minimizar el riesgo fitosanitario asociado con el movimiento de germoplasma, la Alianza Bioversity & CIAT sigue un programa de cuarentena y regulación en cooperación con la autoridad fitosanitaria en Colombia.



Red Nacional de Laboratorios de Diagnóstico y Ensayo. Bajo registro otorgado por el **Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).**

El Lab. Sanidad de Germoplasma-CIAT cuenta con un Sistema de Gestión de Calidad basado en ISO/IEC 17025



# Calidad Fisiológica: Pruebas de Viabilidad



**PRUEBA DE GERMINACIÓN:** Determinar el potencial de germinación de un lote de semillas, que a su vez puede utilizarse para comparar la calidad de los diferentes lotes y también estimar el valor de plantación de campo.



**PRUEBA TOPOGRÁFICA DE TETRAZOLIO:** Se usa para determinar rápidamente la viabilidad de las semillas que se encuentran latentes.



Semillas grandes de Fabaceae: Fríjol y algunas leguminosas de forrajes.



Semillas pequeñas de Fabaceae: Leguminosas de forrajes y algunos frijoles.



Semillas de Poaceae: Gramíneas de forrajes



# Secado de Semillas:

Las semillas estan envejeciendo tan pronto como se equilibran con el ambiente (= Perdiendo viabilidad y vigor).



Es MUY IMPORTANTE reducir la tasa de envejecimiento tanto y tan pronto como sea posible.



Reducir contenido de humedad es vital (secado de semillas).

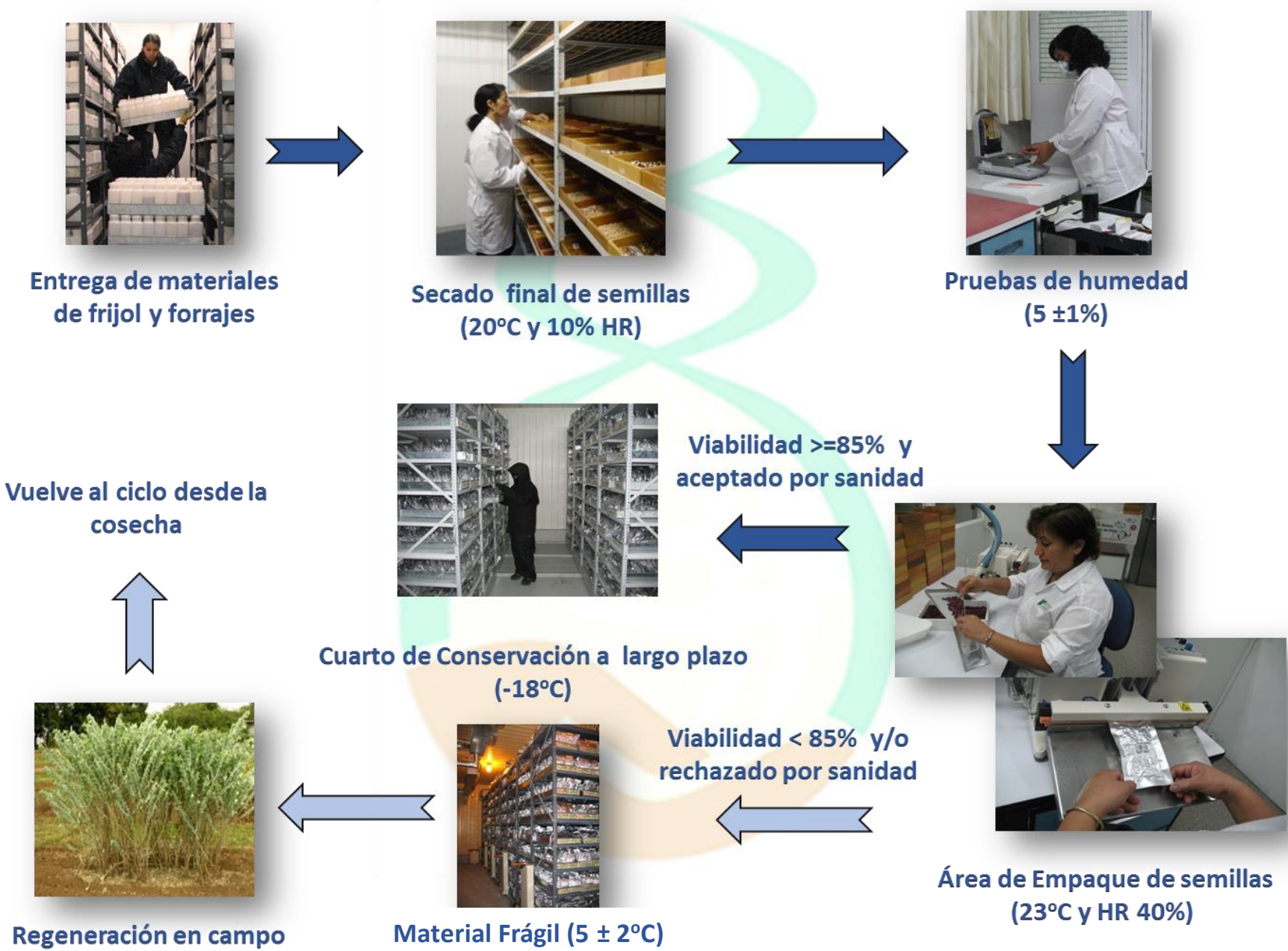
**Estándar 4.2.1 de Bancos de germoplasma:** Todas las muestras de semillas se deben secar hasta equilibrar con condiciones ambientales controladas de 5–20° C y 10-25% de humedad relativa (HR).

- Secar en capas.
- Voltear regularmente (mas fácil si las semillas están en bolsas de malla).
- Transferir las semillas equilibradas a un apropiado almacenamiento rápido.



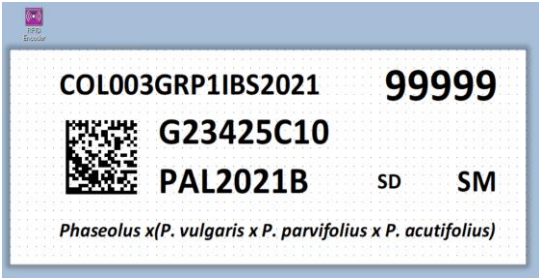


# Empaque y conservación de semillas



## Identificación por radiofrecuencia

- Ágil lectura masiva de inventarios
- Lectura a distancia
- Automatización de lecturas



Fuente: Juan Carlos Guerrero y Alejandro Borrero  
Alianza Bioersity y CIAT - PRG, 2024





Antenas RFID en el  
paso hacia los cuartos  
fríos – inventarios

Fuente: Peter Wenzl, 2025 – Grupo TI-PRG



Trazabilidad en  
Conservación - RFID



Antena RFID en  
cuarto frío



Antena RFID en  
cuarto de secado



Por qué importa la diversidad de cultivos

## Descubrir

Las especies silvestres parientes de cultivos agrícolas cruciales pueden contener genes que les ayuden a soportar la sequía, enfermedades y eventos ambientales extremos. Semillas del Futuro ayuda a los científicos a descubrir y usar estos secretos.



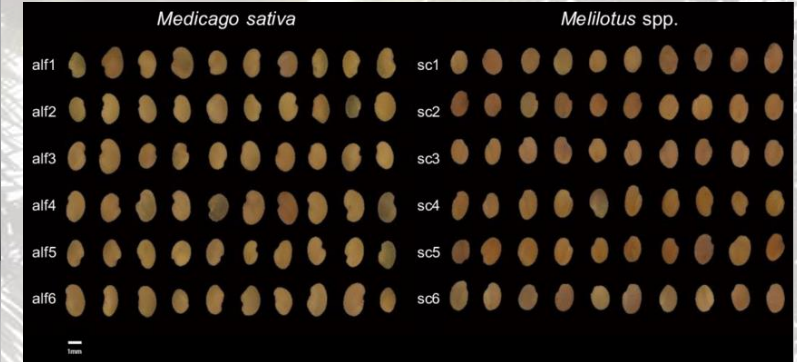
y... ¿por qué?





# Nuevas herramientas para fomentar el uso y conservación de la biodiversidad

VideometerLab  
Autofeeder  
Refocusing

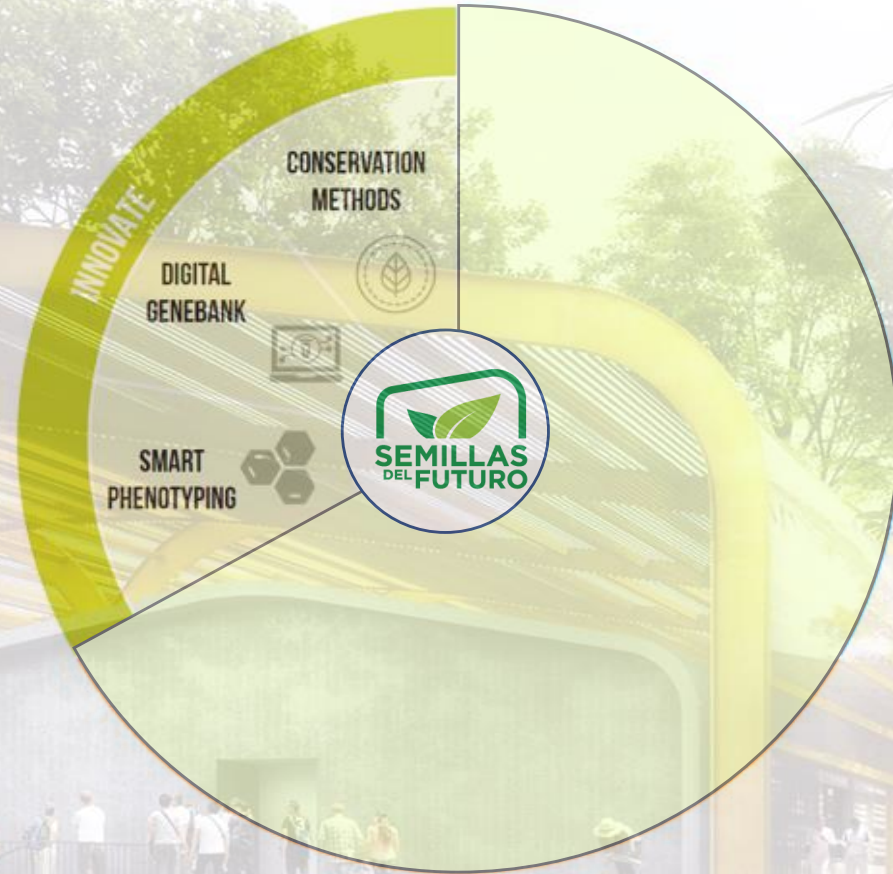
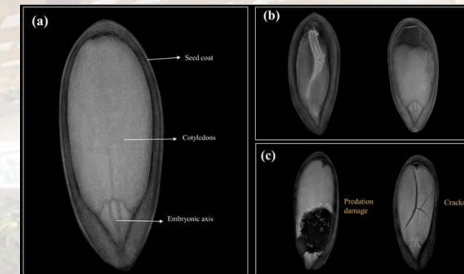


Caracterización automatizada de semillas



Caracterización nutricional de semillas mediante NIRS (FieldSpec 4)

Rayos X para verificar estado y viabilidad de semillas



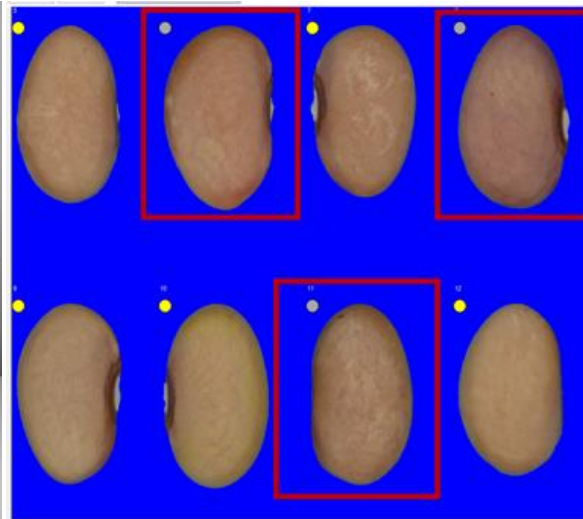
Equipo Conservación de Semillas – Luis G. Santos



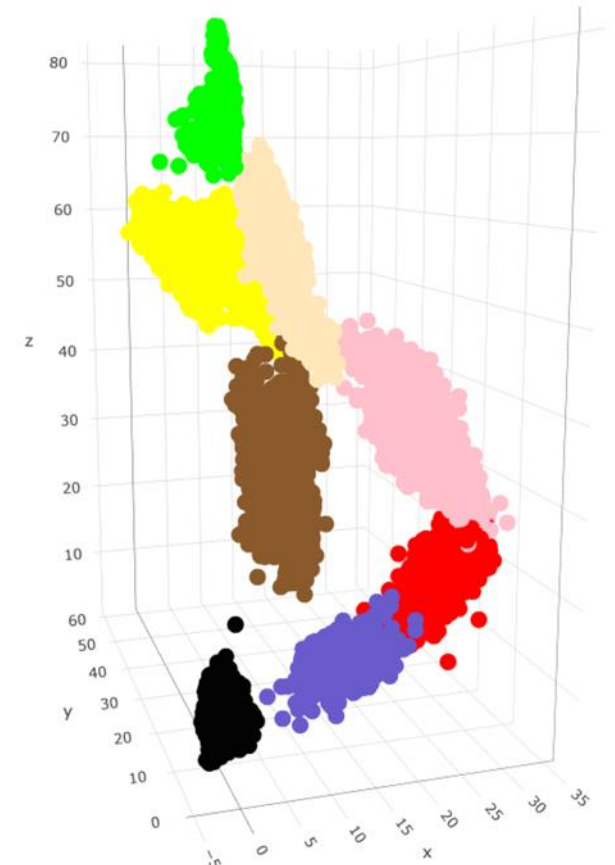
# Fenotipado de semillas por imágenes

- **CoP Calidad de Semillas** con los bancos CGIAR
- Imágenes Multiespectrales para **automatizar la caracterización de semillas**: VideometerLab
  - Forma, largo, ancho, color y pubescencia de semillas
  - CIAT: énfasis en **color de semilla** (objetivo mejoramiento)

VideometerLab  
Autofeeder  
Refocusing

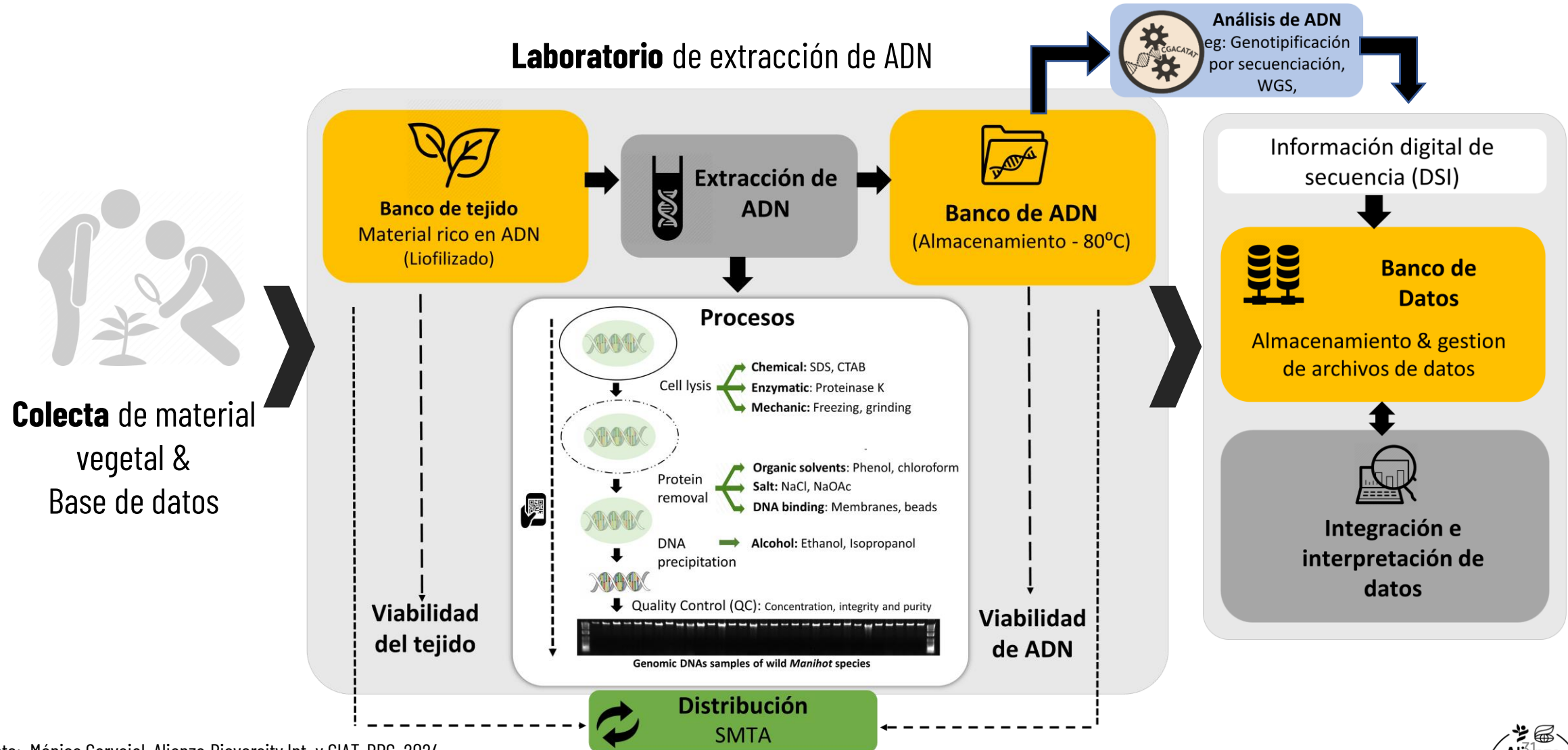


Yellow  
White  
Brown  
Cream  
Purple  
Black  
Red  
Pink





# Banco Digital – Acceder a la biodiversidad gracias a la información genómica







# Identificación de variantes genéticas asociadas a resistencia potencial al rayado marrón de la yuca



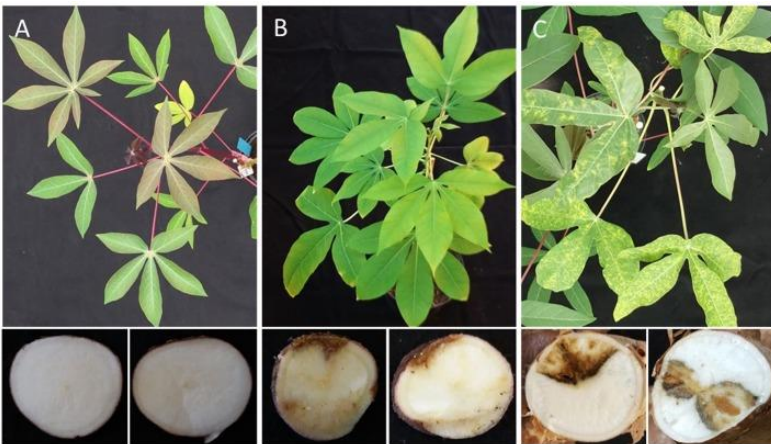
Jessica Ospina  
MSc thesis

## 1. Revisión resultados previos



- **Genebank users** published (2019) the identification of resistance against CBSD in a panel of 235 accessions from the genebank (Sheat *et. al.* 2019).
- Assessed CBSD resistance through virus inoculation, evaluating:
  - Disease **symptoms severity** (on a scale of 1 to 5)
  - Recorded the **presence/absence of viral infections**
- Their results showed:
  - Eight accessions with no symptoms on leaves and stems
  - Seven accessions without virus infection (COL40)

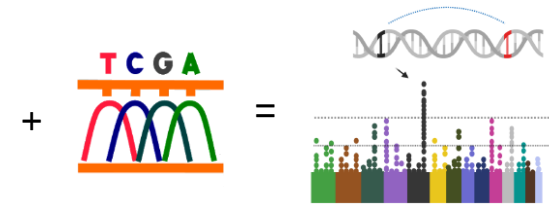
Severidad de síntomas de la enfermedad



## 2. Integración de información:

Reported **phenotypic** data from Sheat *et al.* 2019

and available **genotypic** data for the 234 accessions.



Genome-wide association analysis (GWAS)

## 3. Resultados:

- **28 marcadores moleculares nuevos**, uno reportado previamente (Kayondo *et al.* 2018).
- **Análisis de anotación funcional** muestra ubicación de marcadores cerca o en genes con funciones de reconocimiento de patógenos y activación de respuesta inmune → 33% de la variación fenotípica

## 4. Predicción accesiones de interés:

Datos genotípicos para 5,302 accesiones de yuca cultivada  
accesiones con alta frecuencia de marcadores identificados  
**= 29 accesiones con potencial resistencia a CBSD**



# Diversidad genética en la colección de yuca

Mónica Carvajal, Jorge Franco, Rajneesh Paliwal

- (A) Center

IITA\_GRC

IITA\_EA

CIAT
- (B) Region

Africa

Eastern South America

West & Central, South America

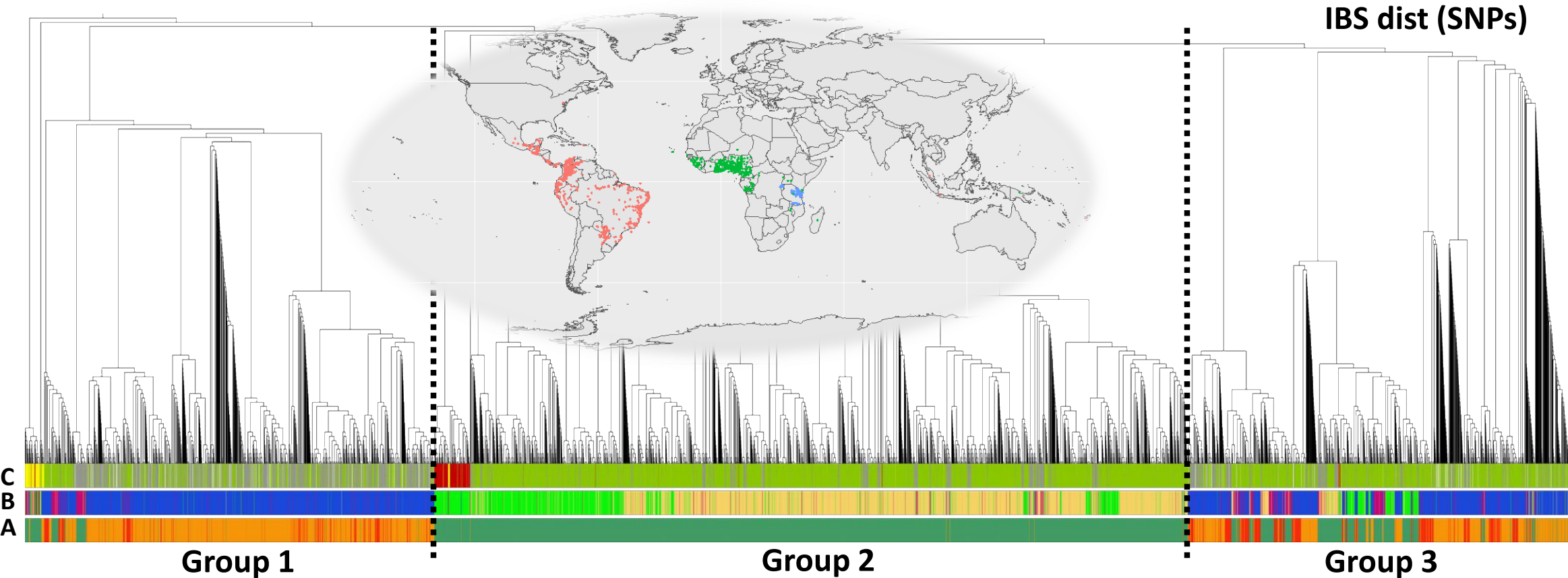
Asia & Unknown
- (C) Status

Improve/breeding lines

Landraces

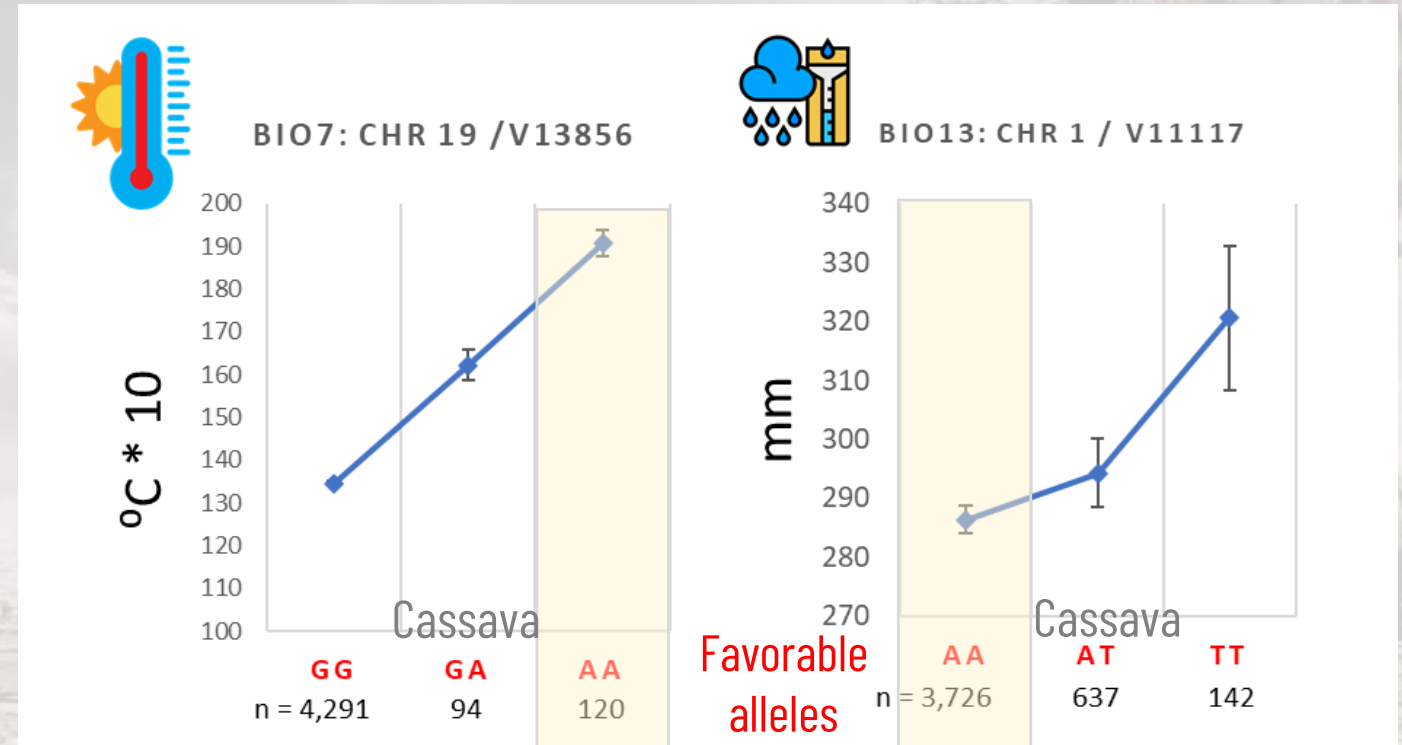
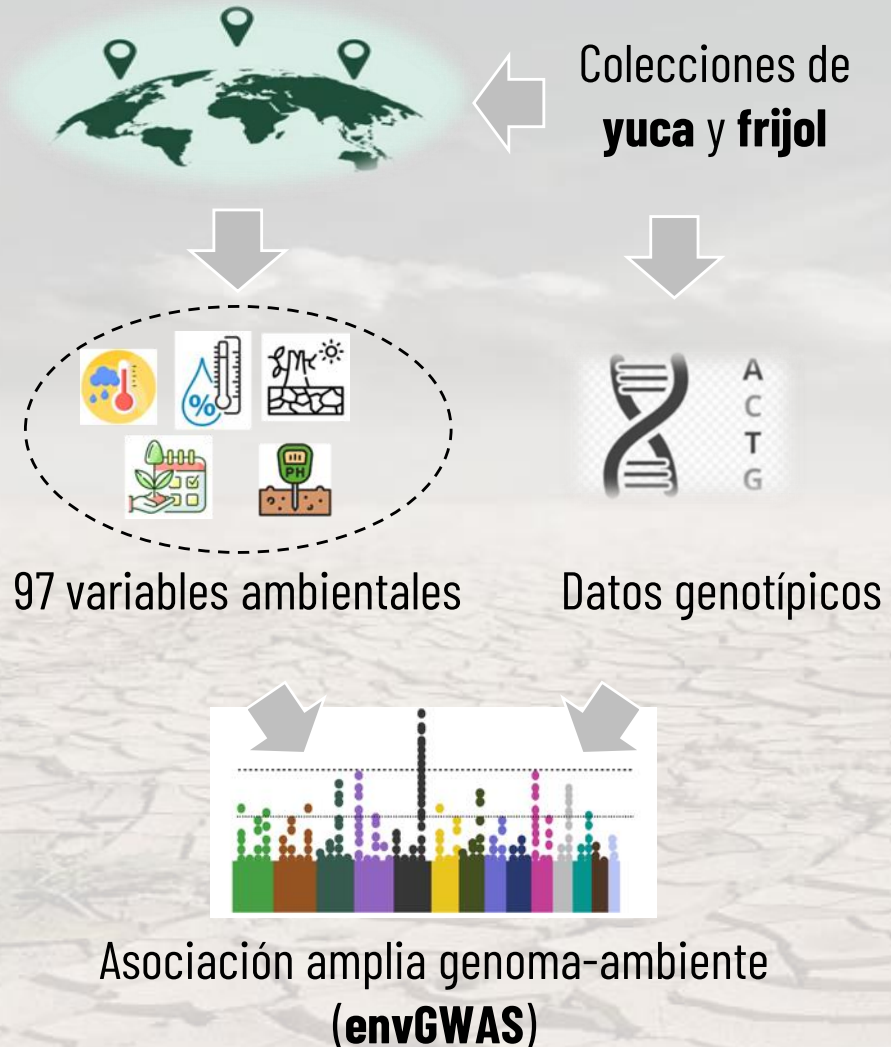
Other wilds

Wilds FLA & PER



Fuente: Peter Wenzl, 2025

# Datos ambientales: envGWAS para adaptación al clima



- Múltiples loci y alelos favorables asociados a **climas calientes/secos**
- Identificación accesiones contienen las mejores combinaciones de estos alelos → dirigidas para pre-mejoramiento

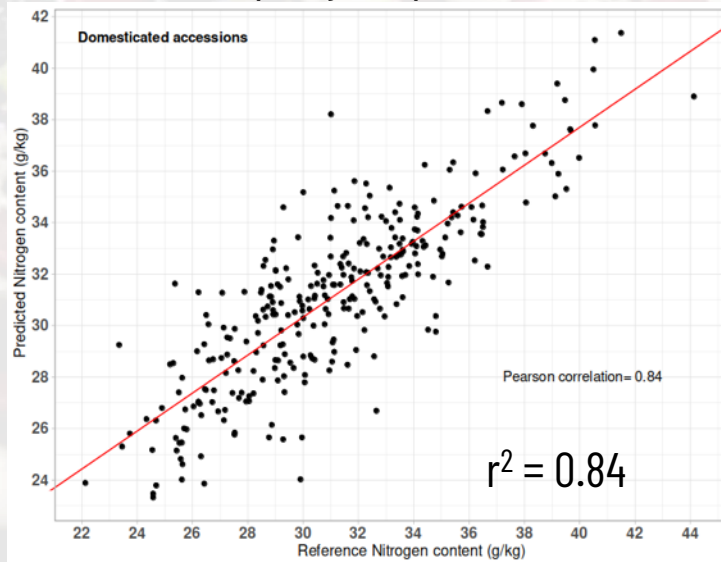


# Frijol: reflectancia hiperespectral en Semillas → rasgos nutricionales

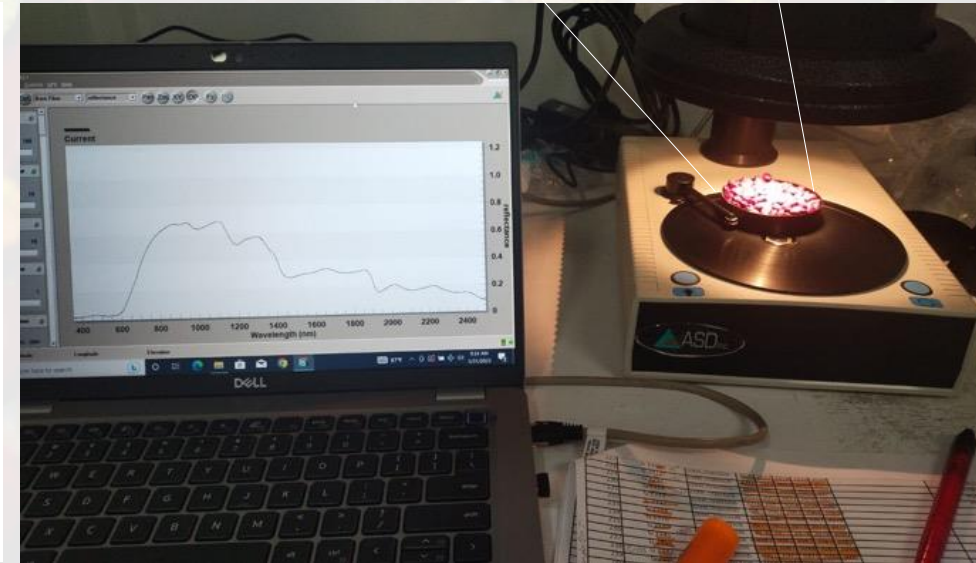
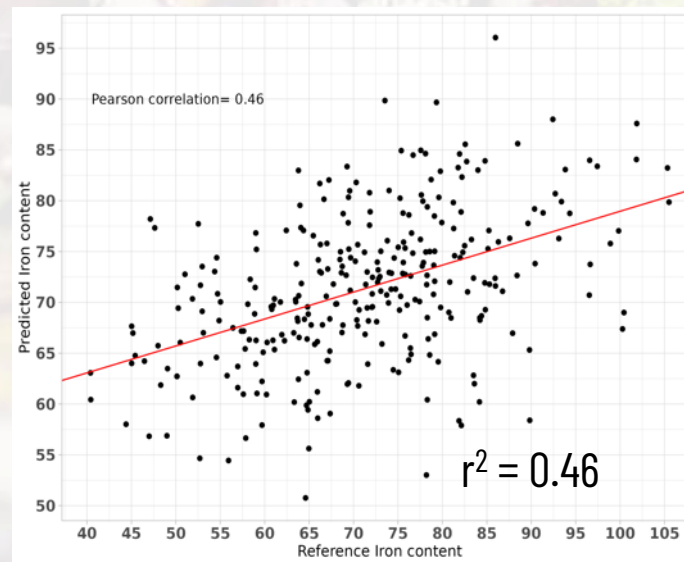
- Objetivo: **librería de espectros NIR reflectancia** 38,000 accesiones de frijol para inspeccionar aspectos nutricionales en la colección
- Actualmente calibrando el contenido de **proteína y minerales**; a futuro: fitatos, compuestos fenólicos, azúcares, digestibilidad de proteínas



N content (proxy for protein)



Fe content



# Programa de Biofortificados

**BIOFORTIFICADO**  
NATURALMENTE MÁS NUTRITIVO



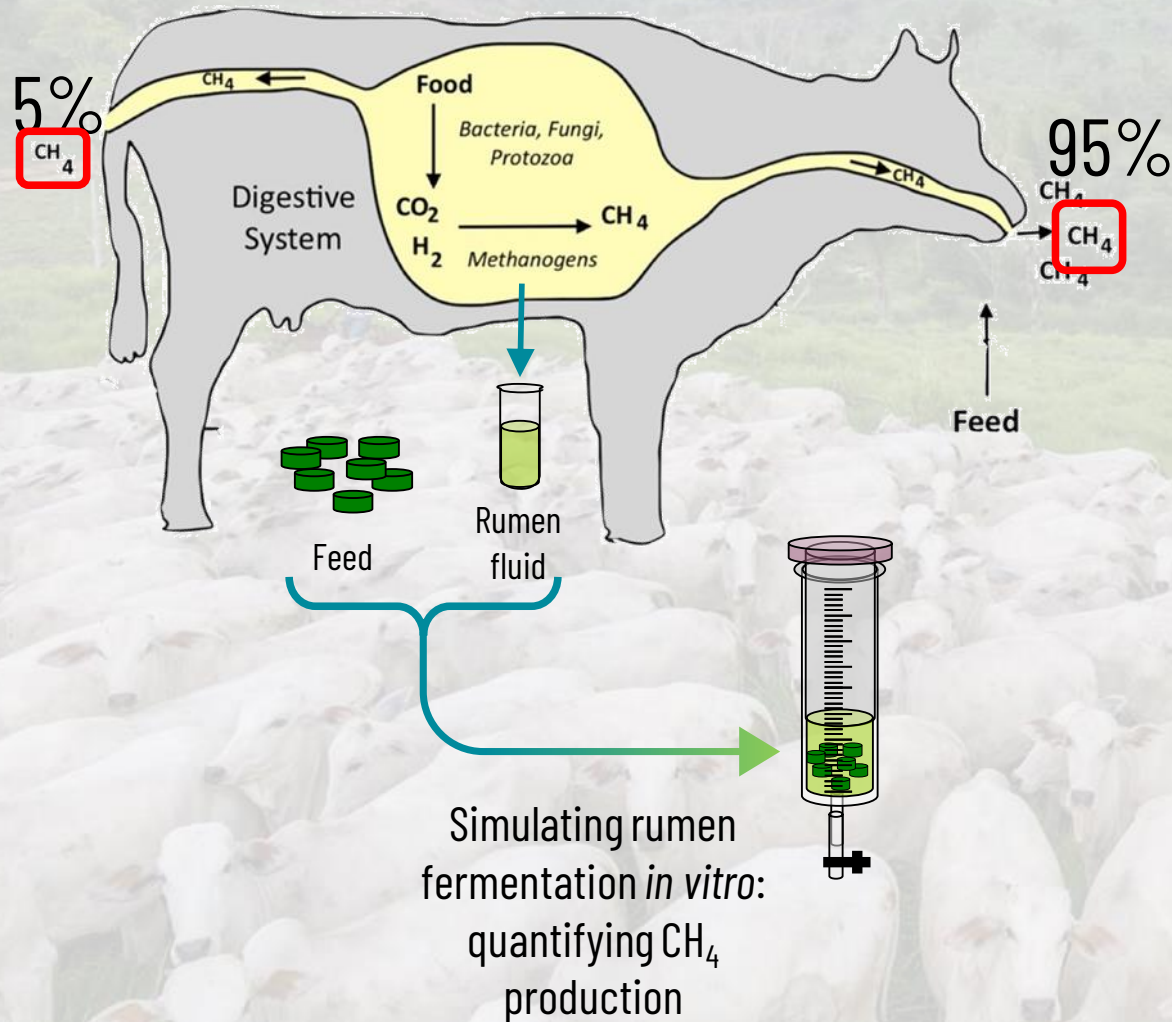
¿Qué nutrientes aumentamos y en qué cultivos?



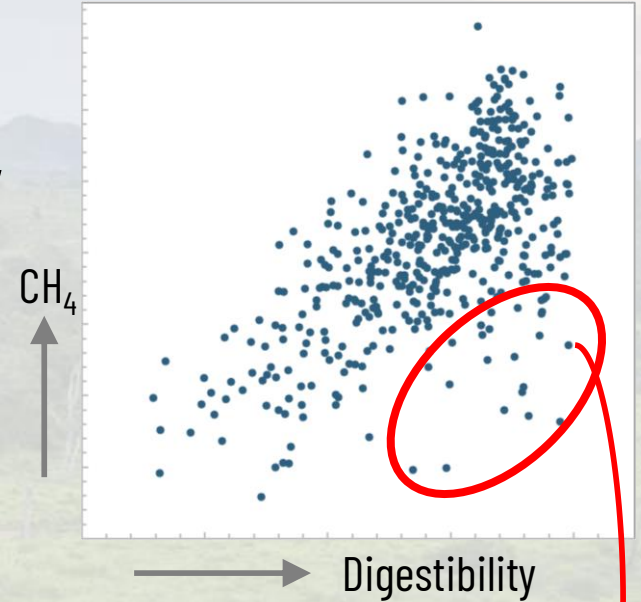
- La biofortificación apunta a la crisis de deficiencia de micronutrientes o "Hambre oculta".
- Cultivos biofortificados son variedades más nutritivas y climáticamente más avanzadas.
- Contribuyen con el mejoramiento de las prácticas agrícolas sostenibles.
- Nuestros cultivos biofortificados son producidos a partir de semillas mejoradas de forma natural por nuestros investigadores gracias a los materiales disponibles en nuestros bancos de semillas.



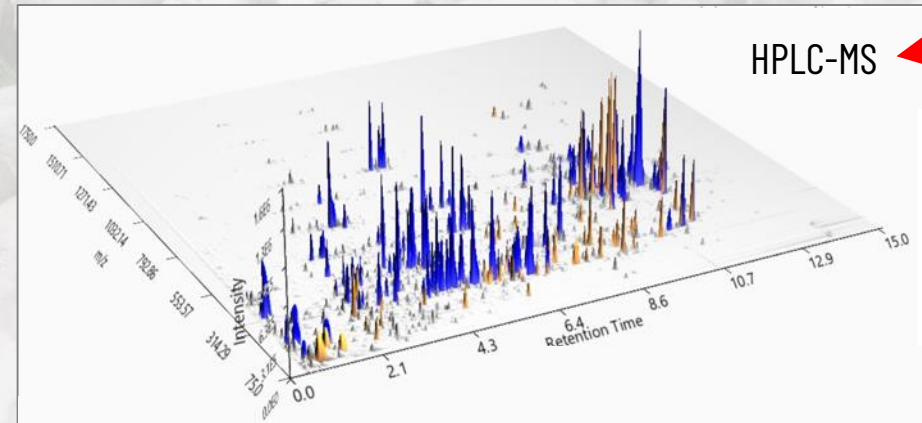
# Forrajes: Low-methane forages



- Evaluar la colección forrajes de fácil digestion, nutritivos y **compuestos anti-metanogénicos** (AMC) que inhiban producción  $\text{CH}_4$



- **Análisis Metabolómicos** identificar AMC y sus rutas de biosíntesis para edición de genomas





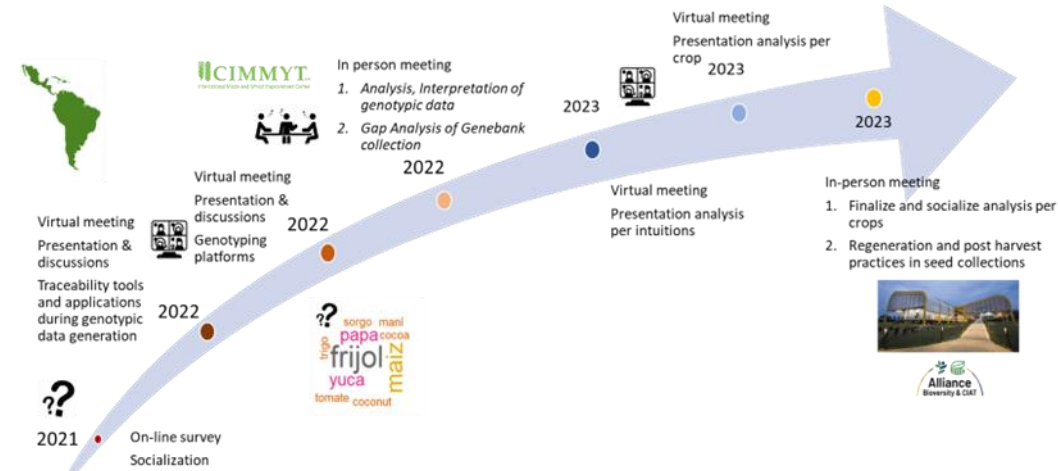
# Reuniones anuales



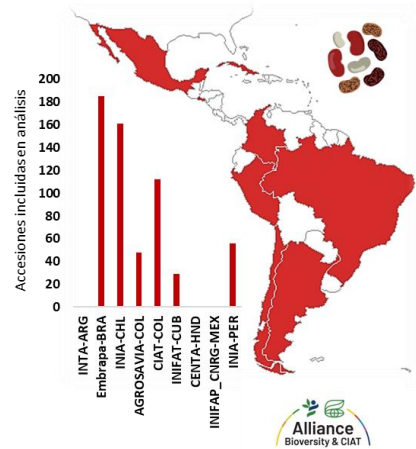
Attendees of the third workshop of the Community of Practice for Latin America and the Caribbean outside CIMMYT (Bachajón, Mérida, Yucatán, México)



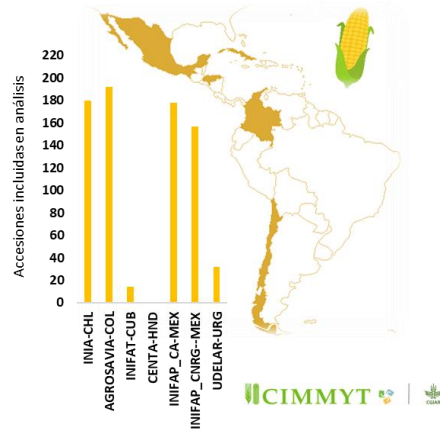
Comunidad de Práctica de bancos de germoplasma de América Latina y el Caribe



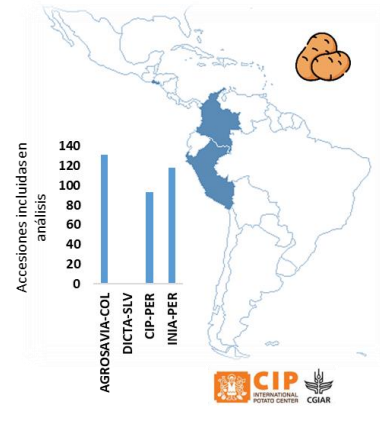
*Colaboración inter-institucional e internacional fortalecimiento de redes regionales que apoyan la toma de decisiones basadas en datos científicos, para la gestión y promoción del uso sostenible de los Recursos Genéticos*



FRIJOL (7 países, 9 inst.)



MAIZ (5 países, 7 inst.)



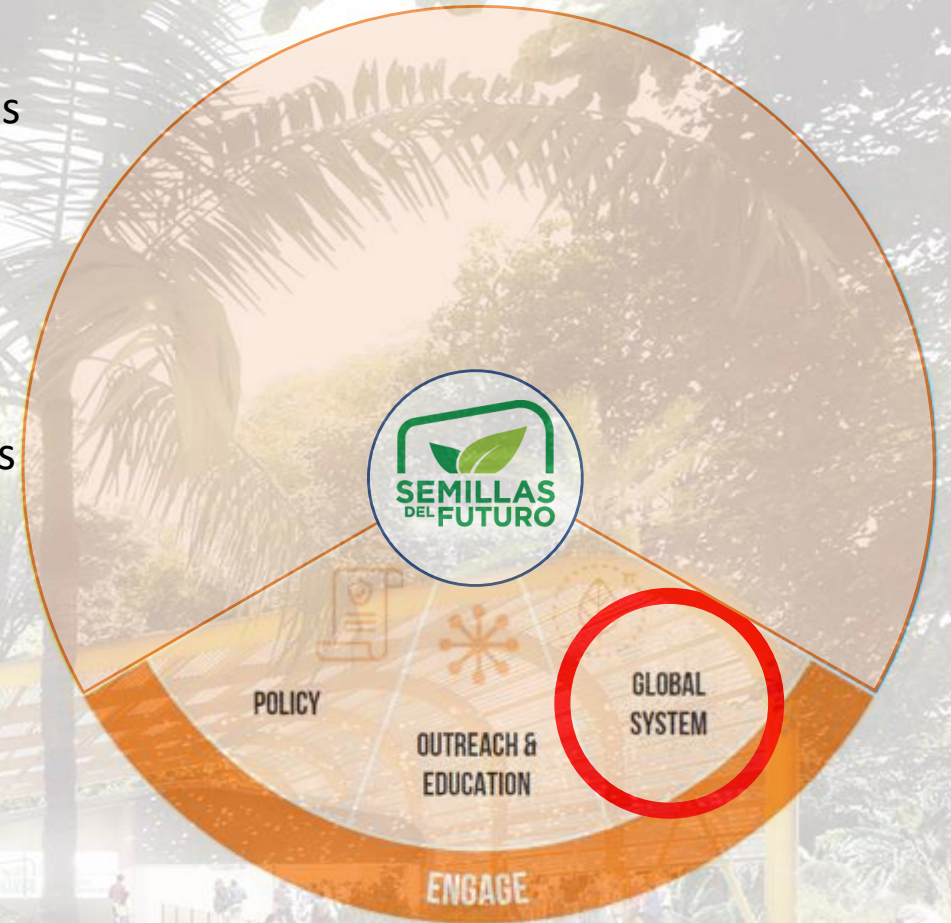
PAPA (3 países, 4 inst.)





# Centro de Innovación Semillas del Futuro: papel en el sistema mundial

- Instalaciones permiten almacenar **duplicados de seguridad** de otras colecciones
- **Innovación** en la conservación y el valor añadido de los recursos fitogenéticos
- Contribuir a las iniciativas para mejorar el acceso de los agricultores a la diversidad de cultivos y variedades
- **Agilidad** en la distribución de materiales
- Estrecha colaboración con los **bancos de germoplasma nacionales y las universidades** en investigación
- Infraestructura y operaciones **sostenibles** (LEED)



# Expectativas para los próximos años



**Posicionar a Colombia-Semillas del Futuro** como **líder mundial en investigación** de recursos genéticos, conservación, manejo y uso de colecciones. Un enfoque en la divulgación, la educación y el fortalecimiento de las capacidades.



**Integrar** todas **las herramientas biotecnológicas (genómica, edición de genes...), fenómica, robótica, e IA** para avanzar hacia una agricultura más sostenible



Se necesitan **consorcios Integradores** para aprovechar los talentos colombianos en diferentes instituciones y maximizar el impacto – **Colombia Bio-Conecta y Universidades!**





## El poder de las semillas

### Conversatorio

**Lugar:** Centro Cultural Comfandi, Auditorio Orinoco

**Dirección:** Calle 8 #6-23, Campus E Centro, Cali

**Fecha:** Sábado 4 de octubre de 2025

**Hora:** 9:00 a.m. a 10:30 a.m.



**LA CASA HUMBOLDT**





# Gracias



[alliance-grp-distributions@cgiar.org](mailto:alliance-grp-distributions@cgiar.org)







Ven y visita virtualmente Semillas del Futuro





Marcela Santaella, Banco Germoplasma CIAT  
[m.santaella@cgiar.org](mailto:m.santaella@cgiar.org)