



International Center for Tropical Agriculture  
Since 1967 *Science to cultivate change*

# Nuevo germoplasma de forraje para mejorar la productividad y calidad de la biomasa

Pasturas tropicales en un ambiente cambiante: desarrollo de una colaboración internacional de investigación en América Latina y el Caribe. *Turrialba, Abril 24, 2019*

Mauricio Sotelo, Michael Peters y Chris Jones



[m.sotelo@cgiar.org](mailto:m.sotelo@cgiar.org)



RESEARCH PROGRAM ON  
Climate Change,  
Agriculture and  
Food Security



RESEARCH  
PROGRAM ON  
Livestock

**ILRI**  
INTERNATIONAL  
LIVESTOCK RESEARCH  
INSTITUTE



A CGIAR Research Center

# Regiones



## CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE

Honduras/Nicaragua/Costa Rica

## SURAMÉRICA

Colombia

(Incluyendo mejoramiento y  
germoplasma)



## ASIA Vietnam



## AFRICA Kenia





## CIAT conserva las colecciones más grandes del mundo de frijoles, yuca y forrajes tropicales



37,987

Accesiones de  
fríjol



6,643

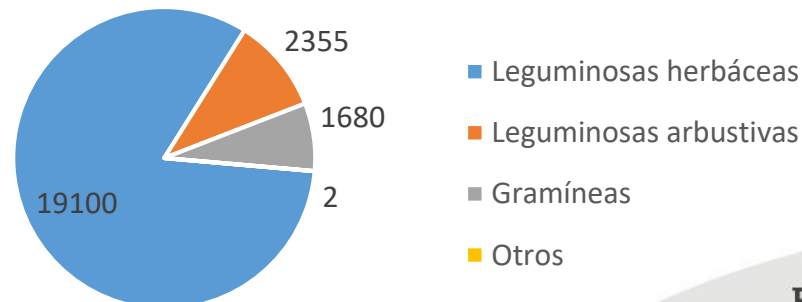
Accesiones de  
yuca



44,000

Accesiones de  
Forrajes Tropicales

La agrobiodiversidad es **clave** para mantener los ecosistemas y proporcionar un suministro adecuado de **alimentos saludables** y **nutritivos** frente al cambio climático y la degradación ambiental.

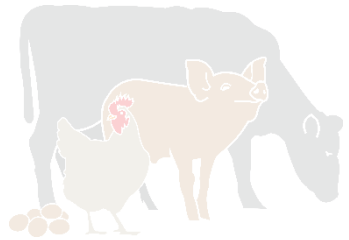


**ILRI**  
INTERNATIONAL  
LIVESTOCK RESEARCH  
INSTITUTE

Building a sustainable future



# Situación actual de la ganadería en el mundo



**17,000**  
MILLONES

El número total estimado de cabezas de ganado a nivel mundial incluye ganado bovino, pequeños rumiantes, aves y animales monogástricos.

2/3 partes de la superficie agrícola total del mundo

**4,900 MHa**

se utiliza para alimentar a

El ganado es un activo mundial significativo, con un valor cercano a



**USD 3.1**  
BILLONES

genera cerca de **300** millones de empleos

Los sistemas ganaderos tienen el uso de tierra mas grande del mundo, por ende es clave el manejo de estos sistemas en el marco del cambio climático.



**~200** millones de hectáreas

han sido gravemente degradadas como resultado del pastoreo excesivo y la producción insostenible tan sólo en A. Latina.

climático, pues genera

**8,100** MtCO<sub>2</sub>eq

Este incluye emisiones por la deforestación y cambios de uso de la tierra.

**15%**

de las emisiones de GEI de la agricultura

de todas las emisiones de GEI causada por humanos

# Importancia de los forrajes de alta calidad nutricional y productividad para los trópicos.



# LivestockPlus – la intensificación sostenible en sistemas forrajeros

Rao et al., 2015. DOI: [10.17138/TGFT\(3\)59-82](https://doi.org/10.17138/TGFT(3)59-82)

Tres procesos innovadores / de intensificación:



## GENÉTICO

Mayor rendimiento, calidad, resistencia al estrés



## ECOLÓGICO

Mejor gestión de sistemas mixtos de cultivos, forraje, árboles y ganado



## SOCIOECONÓMICO

Creación de entornos propicios (mercados, políticas, capital social y humano).

Beneficios de medios de vida:



## SEGURIDAD

Alimentaria y nutricional



## ESTIÉRCOL

Fertilizantes orgánicos



## ADAPTACIÓN

Al cambio climático



## INGRESOS

Generación



## POBREZA

Reducida

### Servicios ecosistémicos

- Eficiencia de uso de recursos
- Restauración de tierras degradadas
- Reducción de GEI por unidad animal
- Mitigación del cambio climático
- Conservación de la Biodiversidad
- Suministro de agua constante y de calidad
- Reducción de la erosión y la sedimentación
- Reducción de la presión sobre el bosque - Reducir la deforestación

# Red de Forrajes Colombia

Cooperación entre la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) y CIAT.

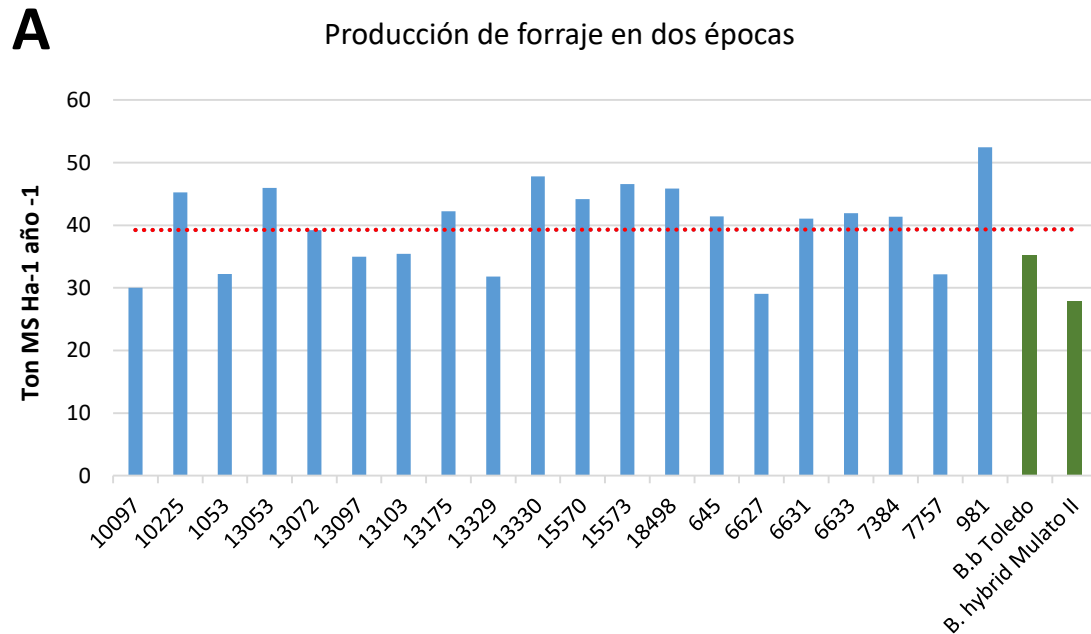
Gramíneas		
Género	Origen	# accesiones
<i>Brachiaria</i> spp (Syn <i>Urochloa</i> spp)	CIAT	80
<i>Panicum máximum</i> (Syn <i>Megathyrsus máximus</i> )	CIAT	130
<i>Chloris gayana</i>	ILRI	20
<i>Andropogon gayanus</i>	CIAT	2
<i>Cenchrus ciliaris</i>	ILRI	15
<i>Paspalum</i> spp	CIAT	30
<i>Pennisetum</i> sp	ICA-Cuba	3

Total 425 accesiones

Leguminosas		
Género	Origen	# accesiones
<i>Leucaena</i> spp	CIAT	15
<i>Clitoria</i> spp	CIAT	30
<i>Cajanus cajan</i>	CIAT/ ICRISAT	75
<i>Cratylia argentea</i>	CIAT	5
<i>Arachis pintoi</i>	CIAT	5
<i>Desmodium heterocarpon</i> , <i>Desmodium velutinum</i>	CIAT	5
<i>Centrocema molle</i> , <i>Centrosema macrocarpum</i>	CIAT	10

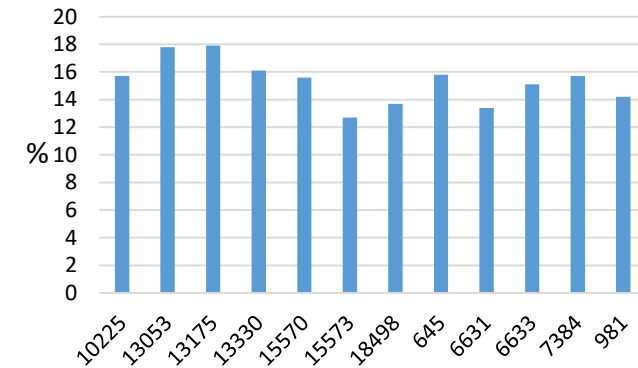
# Evaluación Agronómica de *Chloris gayana*

- Seleccionar los materiales con mejor comportamiento agronómico y producción de forraje con base en materia seca en época de máxima y mínima precipitación
- Localidad y tipo de suelo: CIAT- Palmira – Suelos Franco Arenosos

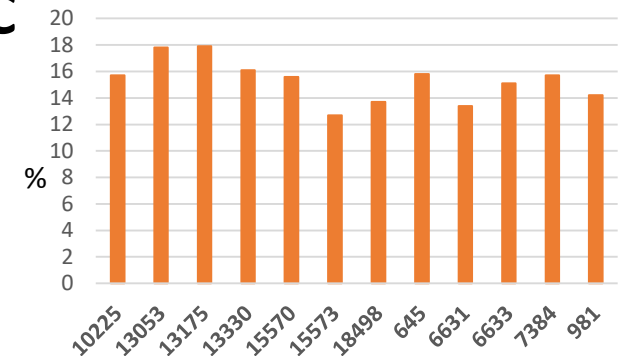


**Figura 1. A.** Rendimiento de MS de 20 accesiones de *Chloris gayana* después de 6 semanas de crecimiento en la estación húmeda y seca (media de dos cortes) **B.** Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca. **C.** Contenido de Proteína Cruda de las accesiones que superaron el umbral de 40 Ton MS Ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

**B** Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca

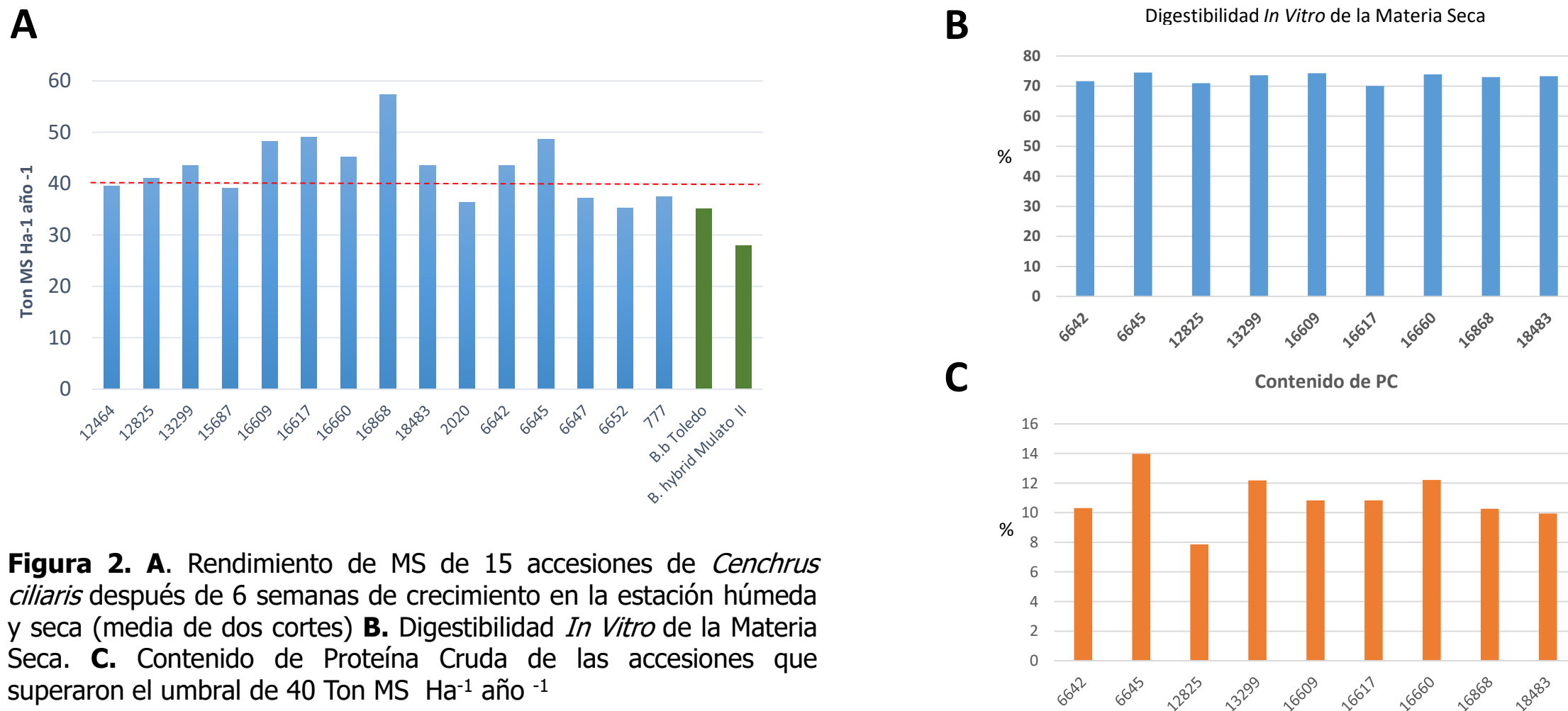


**C** Contenido de PC





# Evaluación Agronómica de *Cenchrus ciliaris*



**Figura 2. A.** Rendimiento de MS de 15 accesiones de *Cenchrus ciliaris* después de 6 semanas de crecimiento en la estación húmeda y seca (media de dos cortes) **B.** Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca. **C.** Contenido de Proteína Cruda de las accesiones que superaron el umbral de 40 Ton MS Ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>

# Otras opciones actualmente en evaluación para los trópicos

## ILRI (Zonas secas)

### ***Chloris gayana* (Rhodes)**

- Un forraje importante en los trópicos y subtrópicos.
- C4 de polinización cruzada, con formas diploides y tetraploides, generalmente propagadas por semilla.
- Conocido por su amplia adaptabilidad y facilidad de establecimiento.

### ***Cenchrus ciliaris* (Buffel)**

- Una de las mejores pasturas para los subtrópicos de África.
- Una hierba apomática, perenne C4.
- Buen potencial de forraje, y particularmente un candidato para la tolerancia a la sequía.
- También ayuda a prevenir la erosión del suelo.

### ***Pennisetum pedicellatum* (Desho)**

- Bien adaptado y ampliamente utilizado en las tierras altas de Etiopía junto con prácticas de manejo de recursos naturales.
- it is a source income through sale of cut forage and planting material

Jones & Sartie. 2018

# Mejoramiento de forrajes



John W. Miles Ph.D  
[j.miles@cgiar.org](mailto:j.miles@cgiar.org)



Valheria Castiblanco M.Sc  
[v.castiblanco@cgiar.org](mailto:v.castiblanco@cgiar.org)

# Mejorando los medios de vida de los pequeños productores en los trópicos

1. Intensificación de la **PRODUCCIÓN**, mientras se reduce la huella ambiental

## ADAPTACIÓN para garantizar:

**NUTRICIÓN** Animal

**TOLERANCIA** a la sequía y encharcamiento

## MITIGACIÓN

Reducciones de **metano**/unidad gran ganado

Inhibición Biológica de la **Nitrificación**

Secuestro de **GEI**

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

2. Un programa de mejoramiento **ÚNICO**, que genera

Híbridos apomicticos de *Brachiaria* y *Panicum* para los trópicos adaptados a diferentes estreses:

### BIÓTICOS

Salivazo (*Cercopidae*)

Rizoctonia (añublo foliar)

### ABIÓTICOS

Acidez del suelo

Escasez de agua

Exceso de agua

En **2001** El primer híbrido apomictico fue liberado

**PAPALOTLA SEMILLAS**

A la fecha, **6 híbridos apomicticos** están disponibles en el mercado.

3. Construyendo el **PRÓXIMA GENERACIÓN** de híbridos para regiones inundables

*Brachiaria humidicola* tiene un área potencial de siembra de

**6,300,000 km<sup>2</sup>**

solo en América Latina tropical



(Eso equivale a toda el área de estos 8 países)



Contactos:  
Valheria Castiblanco [v.castiblanco@cgiar.org](mailto:v.castiblanco@cgiar.org)  
Michael Peters [m.peters-ciat@cgiar.org](mailto:m.peters-ciat@cgiar.org)

4. Basándonos en nuestras **FORTALEZAS**

(Extracto de la revisión de BPAT implementado en mayo de 2018)



**Métodos de mejoramiento de alto rendimiento** para acelerar los ensayos de salivazo y detección de plantas apomicticas.



Instalación de luces en campo para **reducir el ciclo de mejoramiento**.



**Alianzas fuertes** y **colaboración** con sistemas nacionales de investigación y el sector privado.

Para los nuevos lanzamientos estamos integrando:



Mejorando **CALIDAD NUTRICIONAL**

Mejor uso del nitrógeno, reduciendo



Lixiviación de Nitrato



Emisiones de Óxido nítrico

Capacidad para mejorar la salud del suelo revirtiendo y evitando su degradación



5. Esfuerzos de modernización adicionales requieren de **INVERSIÓN**



**Breeding Program Assessment Tool** maximizing genetic gain

(Extracto de la revisión de BPAT implementado en mayo de 2018)



Sistemas integrales de mecanización



Gestión de datos



Inversión estable a largo plazo

## LANZAMIENTOS EXITOSOS

**20,000** pequeños productores

En **África** implementaron híbridos de *Brachiaria* mejorados en CIAT

Maso et al (2015)

con un potencial estimado en

**2 MILLONES** hectáreas

En **América Latina**, se han sembrado más de

**930,000** ha para el 2018.

# Programas de mejoramiento actuales



Interespecífico – *Brachiaria*  
(syn. *Urochloa* sp)  
*decumbens* / *brizantha* /  
*ruzizensis*  
1990



*Brachiaria humidicola*  
(syn. *Urochloa humidicola*)

2006



*Panicum maximum*  
(syn. *Megathyrsus maximus*)  
2016

Centrado en garantizar la efectividad y, por lo tanto, la adopción, lanzando productos con un rendimiento óptimo bajo **condiciones reales de los productores.**

# Adopción de híbridos de *Brachiaria*: (Mulato, Mulato II, y Cayman)

El CIAT ha liberado más de

# 200

genotipos avanzados, de los cuales

**Cuatro** ya han sido comercializados, y **Cuatro** están en desarrollo y adaptación.

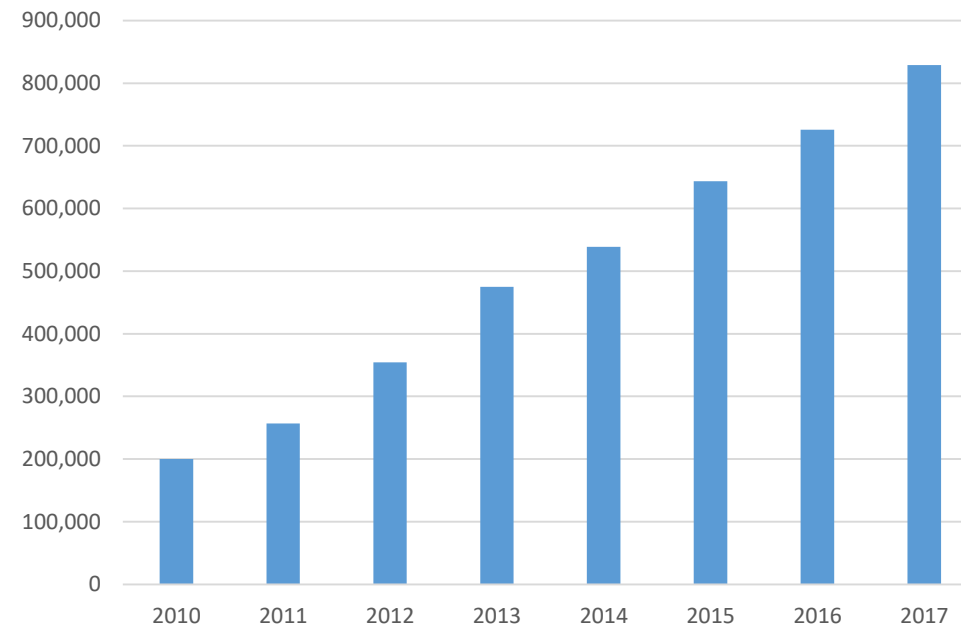


**Mulato**, el primer híbrido de *Brachiaria* (liberado en **2001**) fue mejorado por el CIAT.

*\*Estimado por ventas de semillas, asumiendo 7 kilos de semilla por hectárea (2017)*



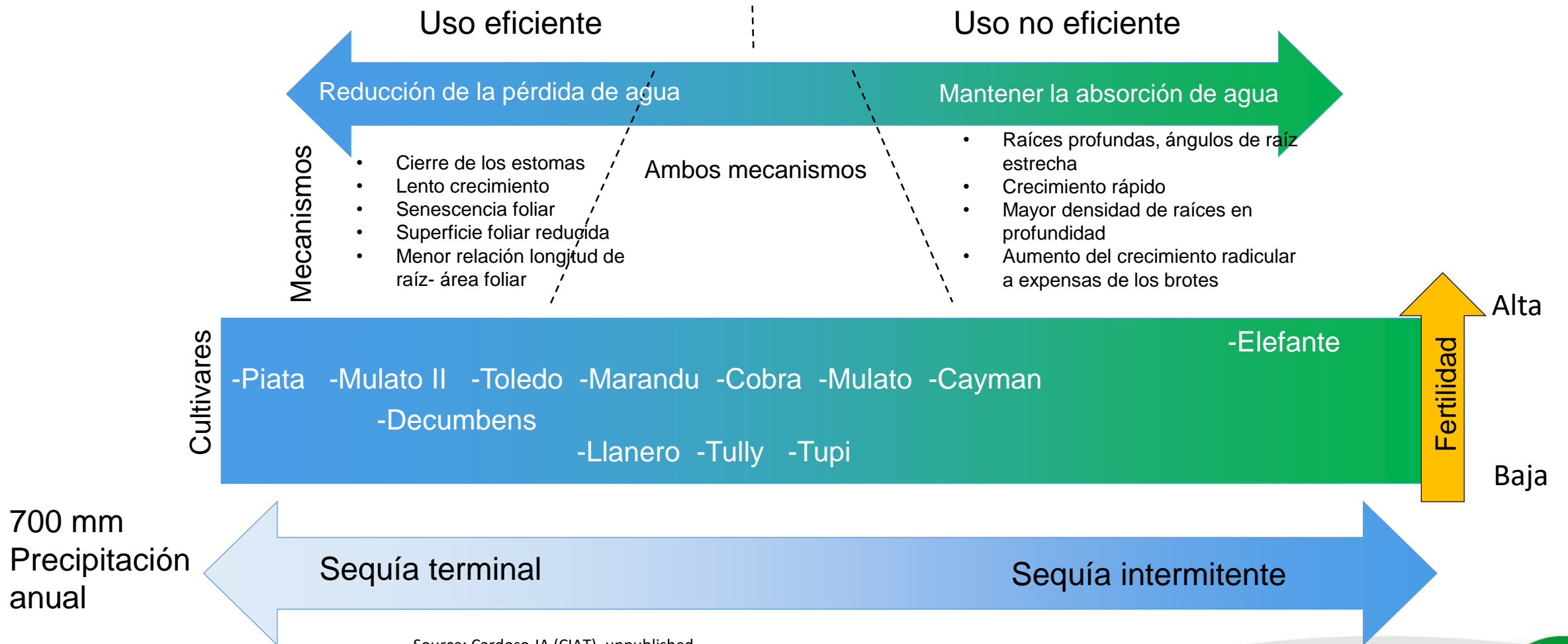
Híbridos de *Brachiaria* CIAT sembrados globalmente en ha



Los híbridos han sido un éxito en el mercado, alcanzando un área total de **828,638 ha\***

# Fenotipificación / detección de la resistencia a la sequía (alto rendimiento)

La orientación de los pastos *Brachiaria* a zonas con distintos modelos de sequía



Source: Cardoso JA (CIAT), unpublished

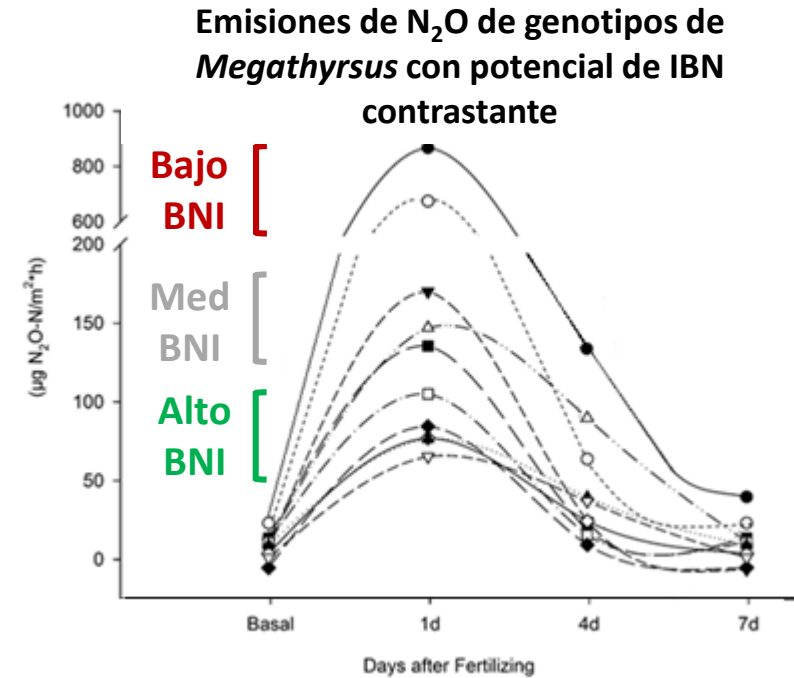
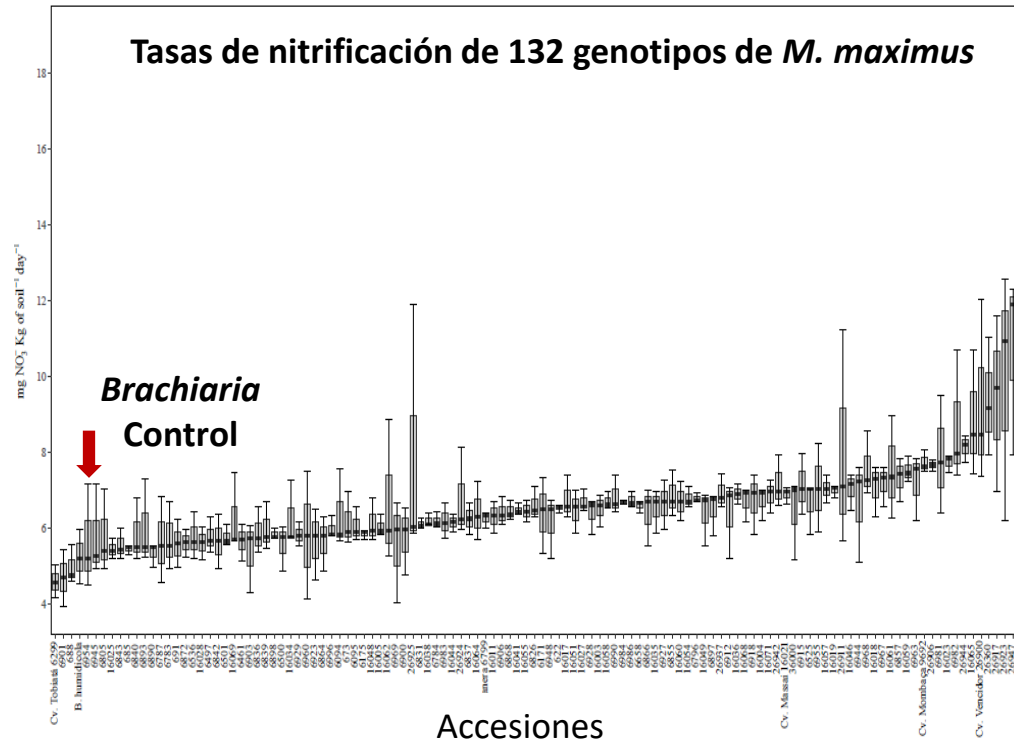
# Potencial de IBN de *Megathyrus maximus*

¿Por qué *Megathyrus*? → Clave para la intensificación sostenible (biomasa superior y calidad)

**Objetivo:** Evaluar el potencial IBN de diferentes genotipos de *Megathyrus* para su implementación en fitomejoramiento.



132 *M. maximus* accesiones  
Bh CIAT 16888 (+)  
Suelo desnudo (-)



- ✓ Se identificaron **genotipos de *Megathyrus* con mayor capacidad de IBN** que *Brachiaria*.
- ✓ **Se logró una reducción de las emisiones de N<sub>2</sub>O hasta en un 84%** (frente al 55% de Bh) en comparación con las accesiones de bajo IBN.



# Ensayo silvopastoril en el CIAT para evaluar los parámetros productivos y ambientales con combinaciones de gramíneas y leguminosas.

Politúneles con capacidad para la medición simultánea de CH<sub>4</sub> de cuatro animales.

## Tratamientos:

T1: *Brachiaria* híbrido cv Cayman.

T2: *Brachiaria* híbrido cv Cayman + *Canavalia brasiliensis*.

T3: *Brachiaria* híbrido cv Cayman + *Canavalia brasiliensis* + *Leucaena diversifolia*.

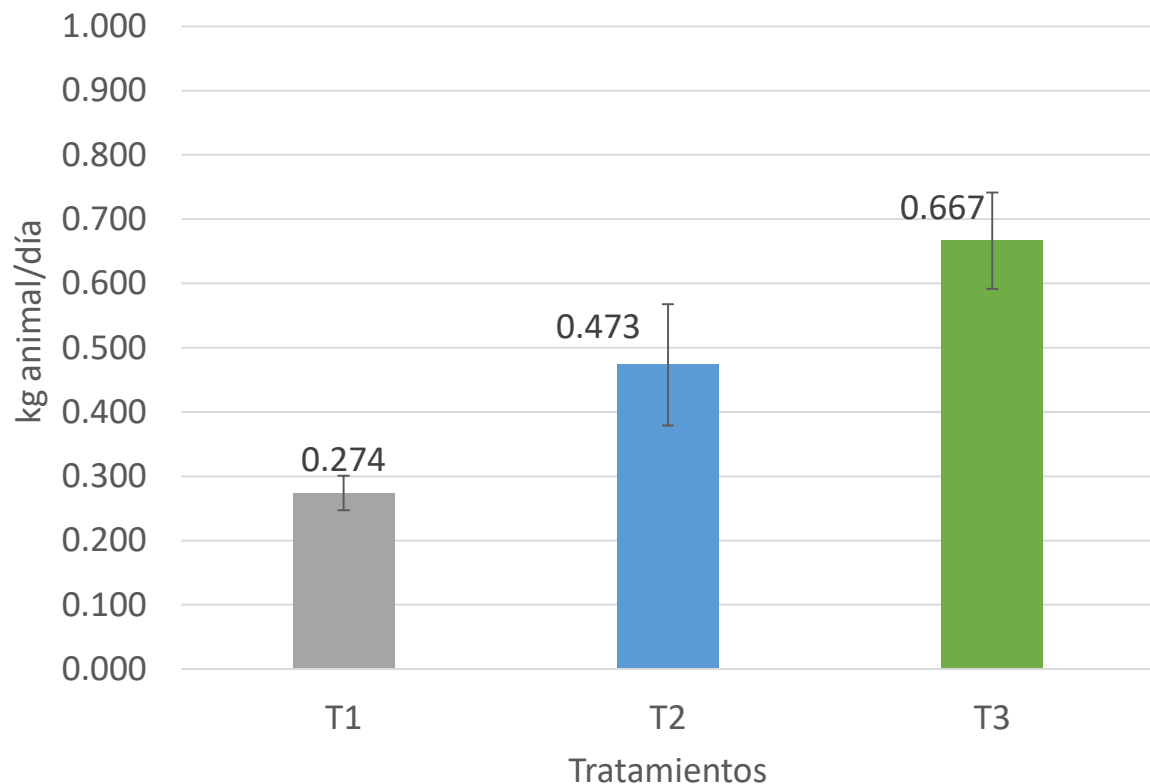


## Objetivos:

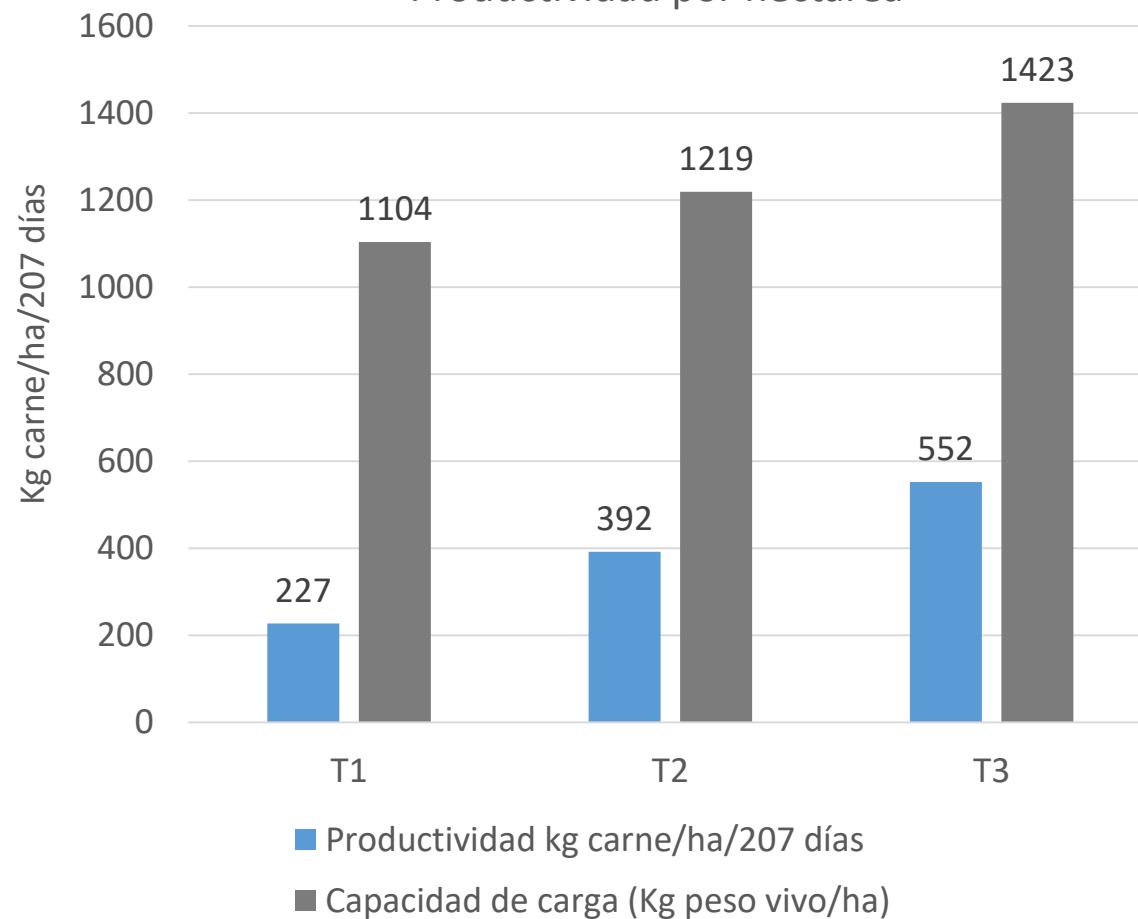
- ✓ Determinar el aumento de peso (g/animal/día) de novillos en pastoreo en parcelas con solo pastura y asociadas con leguminosas herbáceas y arbustivas.
- ✓ Comparar el manejo tradicional que le da un agricultor a su granja versus un sistema silvopastoril

# Sistema silvopastoril

## Ganancia diaria de peso



## Productividad por hectárea



Fuente: Sotelo & Gutierrez., 2015 [m.sotelo@cigar.org](mailto:m.sotelo@cigar.org)

[ciat.cgiar.org](http://ciat.cgiar.org)

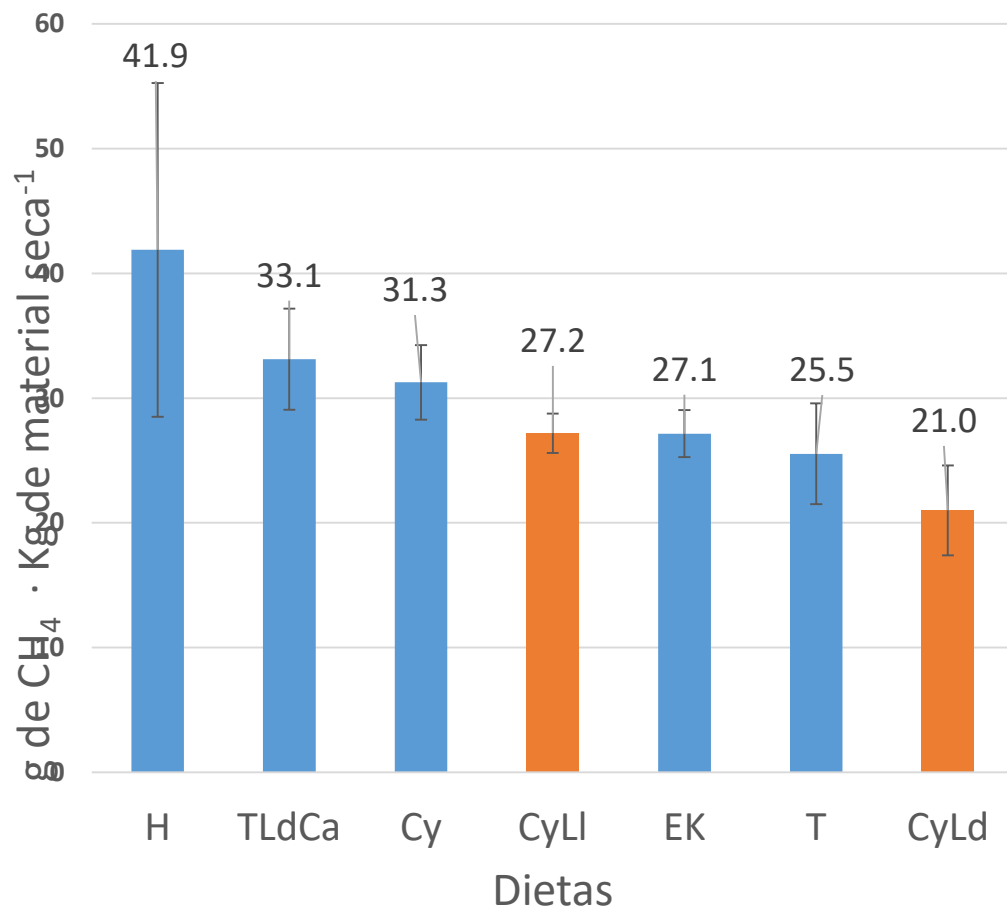
ILRI

INTERNATIONAL  
LIVESTOCK RESEARCH  
INSTITUTE

Building a sustainable future

CIAT

# Emisiones de metano entérico por Kg de ingesta de materia seca



**H:** Heno de *Dichanthium aristatum* (Angleton)

**TLdCa:** *Brachiaria brizantha* cv. Toledo + *Leucaena diversifolia* ILRI 15551 + *Canavalia brasiliensis* CIAT 17009

**Cy:** *Brachiaria* Híbrido CIAT BR/1752 cv Cayman

**CyLI:** *Brachiaria* Híbrido CIAT BR/1752 cv Cayman + *Leucaena leucocephala* CIAT 17263

**EK:** *Cynodon nlemfuensis* (Estrella) + *Pueraria phaseoloides* (Kudzú)

**T:** *Brachiaria brizantha* CIAT 26110 cv. Toledo

**CyLd:** *Brachiaria* Híbrido CIAT BR/1752 cv Cayman + *Leucaena diversifolia* ILRI 15551

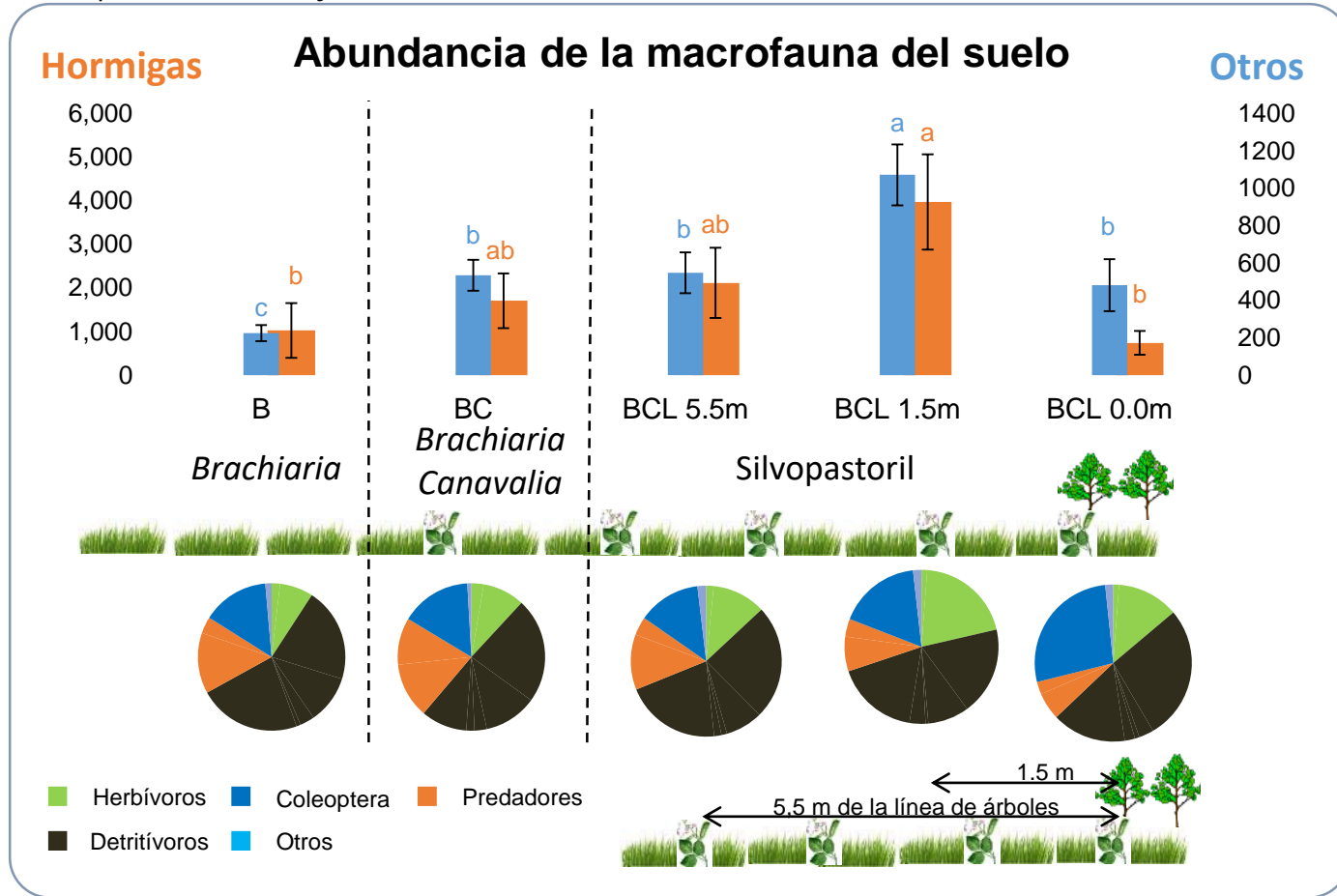
**Animales:** 4 novillos de 300 kg de peso vivo en promedio



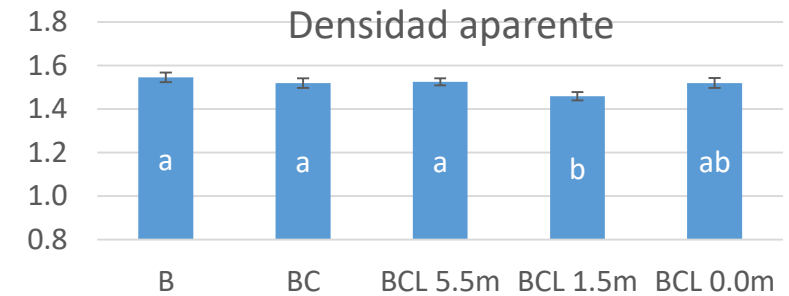
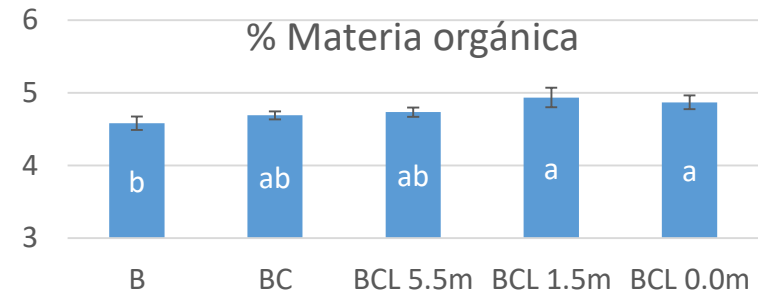
Fuente: Gaviria et al., 2017 Unpublished data [x.gaviria@cgiar.org](mailto:x.gaviria@cgiar.org)

# Servicios ecosistémicos

Los sistemas silvopastoriles mejoran la calidad del suelo



Vazquez et al., en preparación



Agregado Biogénico

- ✓ El arreglo silvopastoril aumentó la abundancia de **macrofauna del suelo** y mejoró la estructura del suelo.
- ✓ La actividad biológica de la macrofauna y la **mayor cantidad de materia orgánica** del suelo encontrado en el tratamiento con BCL reduce la compactación del suelo.

# Experimento producción de leche con vacas bajo pastoreo de forrajeras en la finca del CATIE

## En el marco del proyecto Livestock Plus (L+)

### Tratamientos:

- ✓ *Brachiaria* híbrido cv. Cayman en monocultivo
  - ✓ Cayman en asocio con *Leucaena diversifolia*
  - ✓ Cayman en asocio con *Tithonia diversifolia* + *Arachis pintoi*
  - ✓ Cayman en asocio con *A. pintoi*
  - ✓ Control: Dieta actual a base de mezcla *Brachiaria arrecta* (Tanner) y *Cynodon nlemfuensis* (Estrella) + concentrado
- 
- BCA con tres repeticiones
  - Área de repetición: 3300 m<sup>2</sup>
  - Área de tratamiento: 1 ha (10,000 m<sup>2</sup>)



La ganadería lechera se realiza en 34 hectáreas de la Granja Comercial del CATIE. La producción de leche del CATIE es un modelo intensivo de producción de tierras bajas tropicales cuyo objetivo principal es producir leche de calidad a muy bajo costo con un mínimo de emisiones. Hoy la lechería tiene un total de 120 vacas lecheras y la leche se vende a la Cooperativa Dos Pinos de la cual CATIE es miembro.

# Experimento producción de leche con vacas bajo pastoreo de forrajeras en la finca de CATIE

## Variables de respuesta a diferentes niveles:

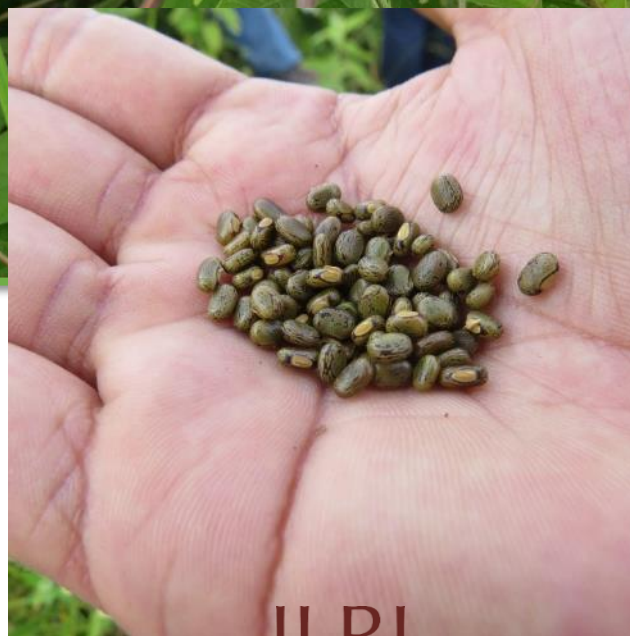
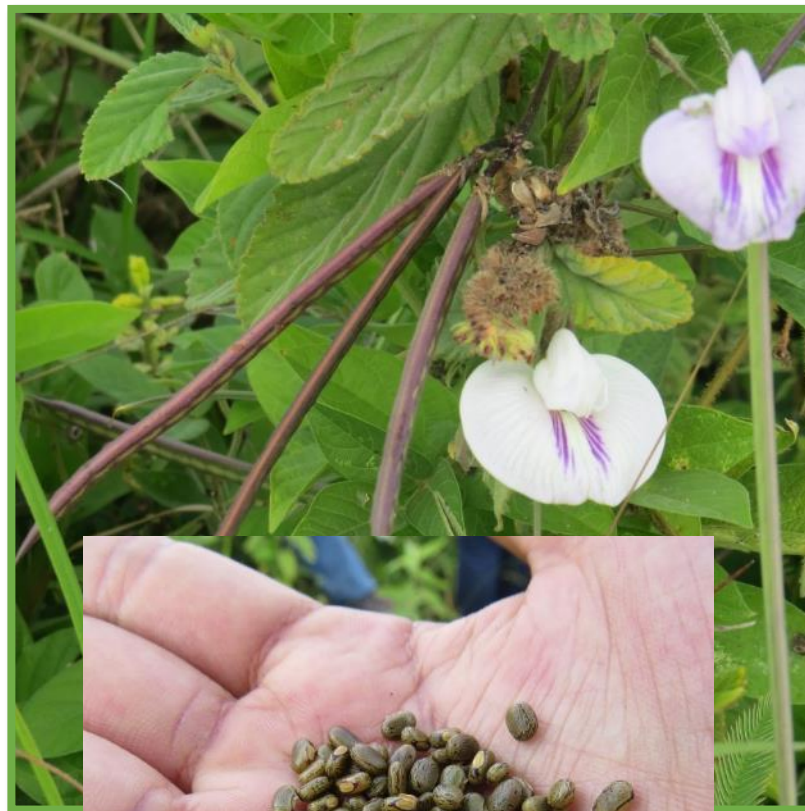
- Forrajes: ton MS / ha / año, Calidad nutricional
- Animal:
  - ✓ kg de leche / vaca / día
  - ✓ Calidad nutricional de la leche: Solidos totales, proteína, grasa
- Ambiental: Emisiones de metano a nivel entérico
- Suelo: Salud del suelo (física, química y biología), stock de carbono
- Económico: Análisis de los diferentes sistemas establecidos en el proyecto



# Evaluación participativa y divulgación de resultados



# Producción artesanal de semilla (leguminosas)

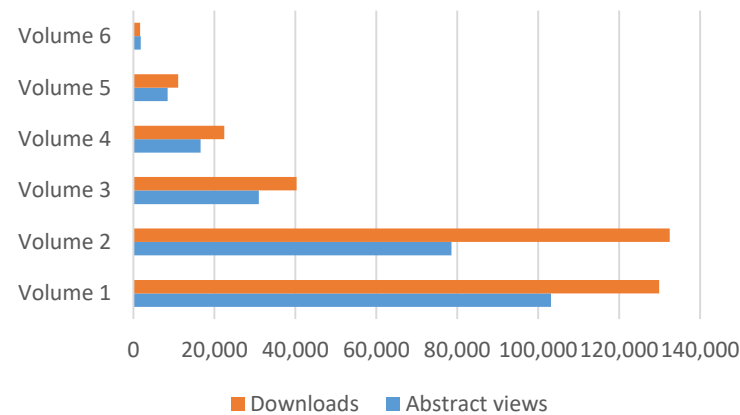
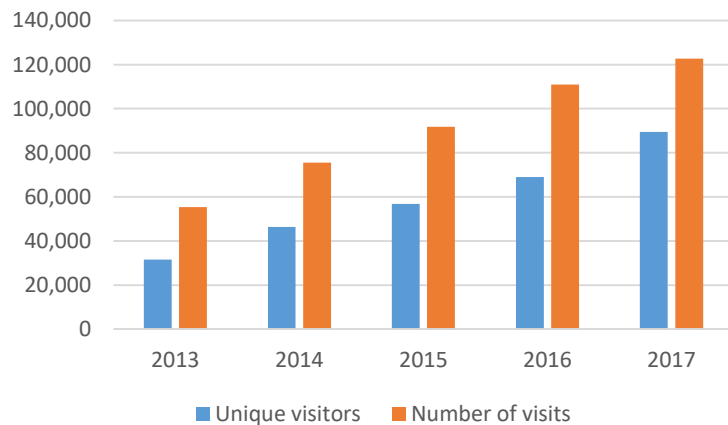
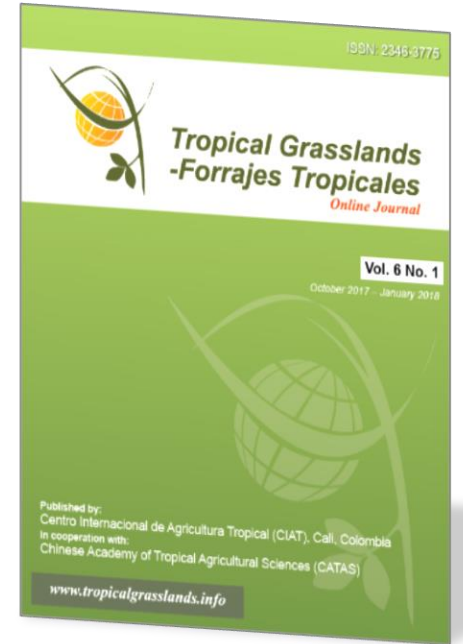




# Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales

ISSN: 2346-3775 / Factor de impacto: 0.389 / Scopus CiteScore 2018: 0.63 / SCImago 2017: 0.19

- Una revista científica internacional, de acceso abierto, arbitrada y bilingüe.
- Creada en 2012 como resultado de la fusión de las antiguas revistas *Tropical Grasslands* y *Pasturas Tropicales*.
- 198 artículos publicados hasta ahora, 115 en ediciones especiales y 83 en ediciones regulares.
- Indexada en las principales bases de datos de publicaciones arbitradas.



[www.tropicalgrasslands.info](http://www.tropicalgrasslands.info)



La revista está patrocinada actualmente por [Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences \(CATAS\)](http://www.catas.ac.cn)



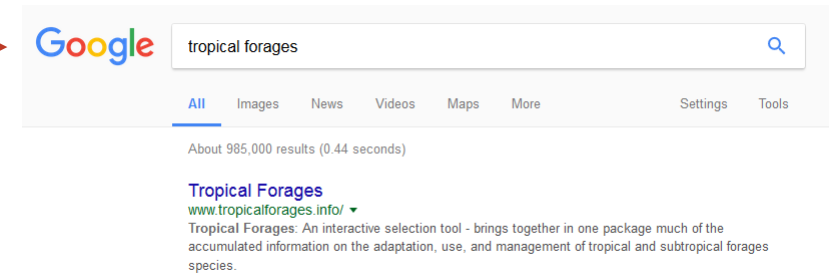
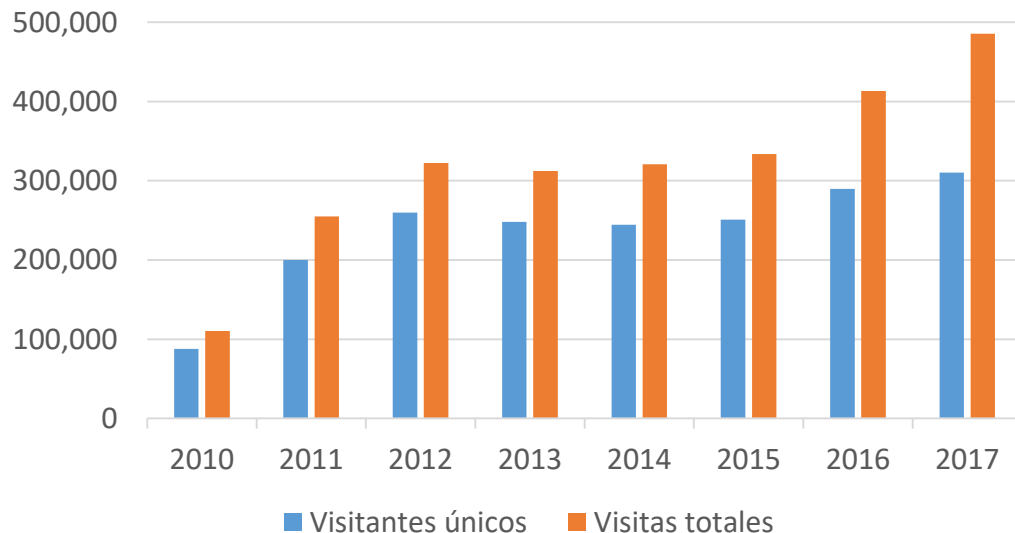
Building a sustainable future



# Selección de Forrajes Tropicales (*herramienta en línea*)

En proceso de actualización (ACIAR; BMZ)

- 1er resultado en los motores de búsqueda
- Entre los sitios web más visitados del CIAT; casi 500,000 visitas anuales
- Preeminente fuente de información sobre forrajes tropicales



*Actualización de contenido en curso*



*Acceso a través de múltiples dispositivos*



*Incorporación de avances en TI +*

# Documentos de referencia



Douxchamps, Sabine; Mena, Martín; Van der Hoek, Rein; Benavidez, Alexander; Schmidt, Axel. 2011. **Canavalia brasiliensis** Mart. ex Benth CIAT 17009 : forraje que restituye la salud del suelo y mejora la nutrición del ganado. INTA, CIAT, ETH, Managua, NI. [hdl.handle.net/10568/69649](http://hdl.handle.net/10568/69649)



Peters, Michael, Franco, Luis Horacio, Schmidt, Axel, Hincapie, Belisario. 2011. **Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores del trópico Americano.** CIAT, BMZ, GIZ, Cali, CO. [hdl.handle.net/10568/54681](http://hdl.handle.net/10568/54681)



Franco, Luis Horacio; Peters, Michael. 2007. **Canavalia brasiliensis, una leguminosa multipropósito.** CIAT, Cali, CO. [hdl.handle.net/10568/70536](http://hdl.handle.net/10568/70536)



Jones, C. and Sartie, A. 2018. **Opportunities for forage improvement through the ILRI Genebank.** Presented at the Class IV of the University of California, Davis African Plant Breeding Academy Workshop, ILRI, Nairobi, 28 November 2018. Nairobi, Kenya: ILRI. [hdl.handle.net/10568/100309](http://hdl.handle.net/10568/100309)

# ¡Gracias!



E-mail:  
[m.sotelo@cgiar.org](mailto:m.sotelo@cgiar.org)

WE'RE PROUD TO  
HAVE CELEBRATED 50 YEARS  
OF AGRICULTURAL RESEARCH  
FOR DEVELOPMENT

International Center for Tropical Agriculture - CIAT

Headquarters and Regional Office  
for Southamerica and the Caribbean

+57 2 445 0000  
Km 17 Recta Cali-Palmira  
A.A. 6713, Cali, Colombia

[clat@cgiar.org](mailto:clat@cgiar.org)  
[clat.cgiar.org](http://clat.cgiar.org)



This work was conducted as part of the **CGIAR Research Program on Livestock**, and is supported by contributors to the CGIAR Trust Fund and **Federal Ministry for Economic Cooperation and Development of Germany**. CGIAR is a global research partnership for a food-secure future. Its science is carried out by 15 Research Centers in close collaboration with hundreds of partners across the globe. [www.cgiar.org](http://www.cgiar.org)

