

FTG-8060/08

**Desarrollo de genotipos de *Brachiaria* spp.  
adaptados a suelos con drenaje deficiente para  
aumentar producción bovina y adaptar  
sistemas de pastoreo al cambio climático en  
América Latina**



**V Taller de Seguimiento Técnico de Proyectos  
FONTAGRO 2010, 2-4 de Junio 2010, CIAT, Cali,  
Colombia**

# Contenidos

- **Consortio y Equipos de Trabajo**
- **Antecedentes**
- **Descripción del Proyecto**
- **Presentación Informe de Seguimiento Anual**
- **POA 2010-2011**
- **Conclusiones Generales**

# Miembros del Consorcio

- CIAT
- CORPOICA-Colombia
- INTA-Nicaragua
- IDIAP-Panamá

# Conformación de grupos de trabajo

## CIAT

- Idupulapati Rao, Lider del Proyecto
- John Miles, Mejoramiento de *Brachiaria*
- Andrew Jarvis, Coordinador análisis espacial
- Juan A. Cardoso, Estudios morfofisiológicos de adaptación a inundación
- Joisse D. Rincón, Evaluación de genotipos de *Brachiaria*
- Edward D. Guevara, Análisis espacial
- Rein van der Hoek, Evaluación participativa, CIAT Nicaragua

## CORPOICA-Colombia

- Miguel Ayarza, Coordinador ensayos de campo (Alvaro Rincón, Henry Mateus, Socorro Cajas)

## INTA-Nicaragua

- Martín Mena, Coordinador de ensayos de campo

## IDIAP-Panamá (Participa con recursos propios)

- Luis A. Hertentains, Coordinador ensayos de campo

# Antecedentes

- En 2001 el valor de la producción pecuaria en ALC fue, aproximadamente, el 13% de la producción mundial y el 47% de la producción de países en desarrollo.
- Para aprovechar las oportunidades de mercado de productos cárnicos y lácteos, el sector ganadero en el trópico americano debe prepararse para enfrentar los efectos adversos que producirá el cambio climático.
- Es necesario incorporar en cultivares forrajeros existentes o en nuevos cultivares, atributos asociados con adaptación a condiciones de sequía y de humedad excesiva, para de esa forma mantener o aumentar la productividad de pasturas en trópico.

# Antecedentes

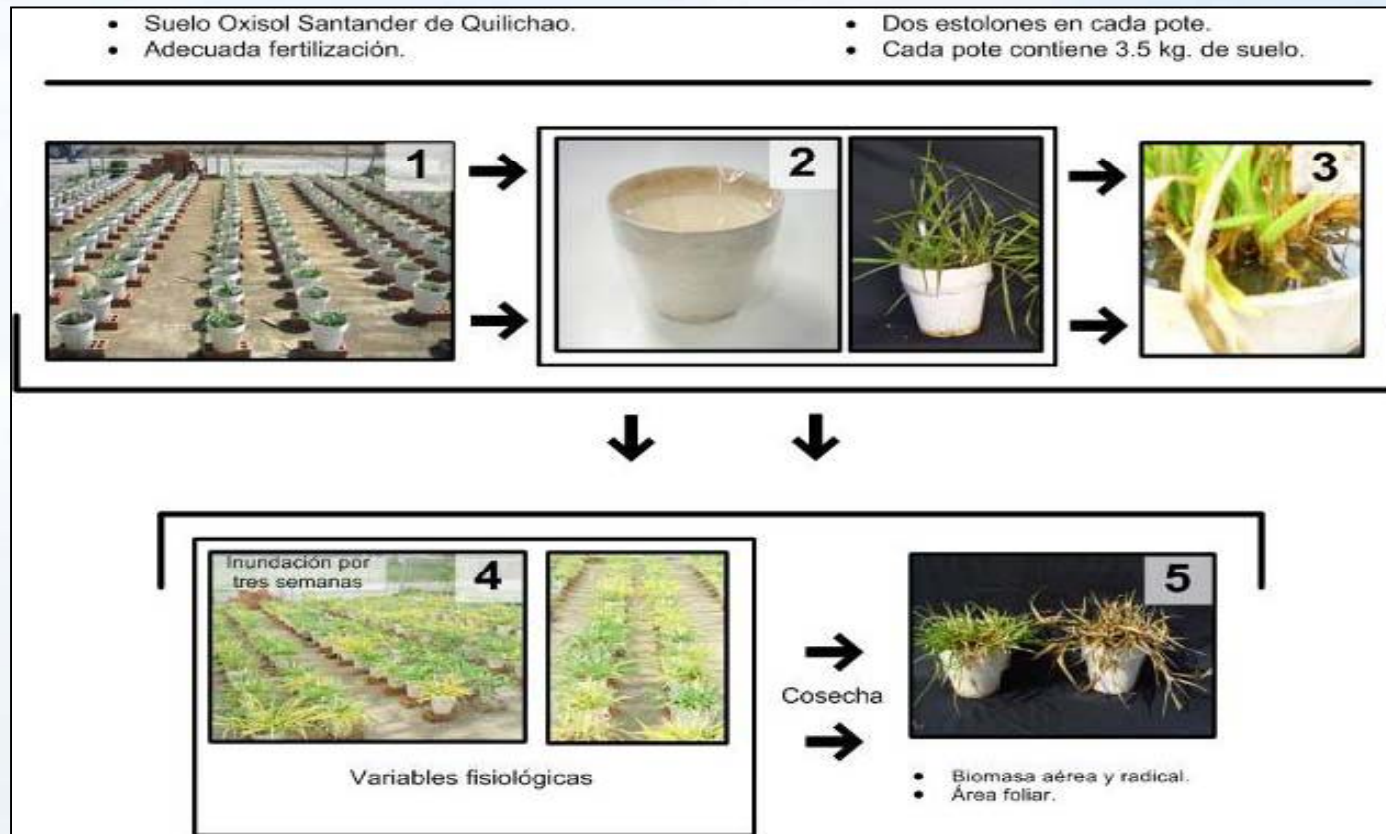
- Desde la década de los 60, en la zona tropical de América se han sembrado de 50 a 70 millones de hectáreas de sabana nativa con pasturas de especies introducidas de *Brachiaria*.
- Los pastos de *Brachiaria* han abierto nuevas expectativas para la ganadería tropical, por su amplio rango de adaptación, mayor cantidad de forraje y superior calidad nutricional.
- Argel et al. en el 2007 encontraron en pastoreo rotacional con Mulato 2 una ganancia media diaria de 611 g/animal/día, con una carga de 3.5 UA/ha.

# Mejoramiento genético de *Brachiaria*

## Objetivos:

- Resistencia (antibiosis) al salivazo
- Tolerancia a factores de estrés abiótico:
  - Aluminio
  - **Inundación**
  - Sequía
- Resistencia al tizón foliar por *Rhizoctonia*
- Calidad nutricional del forraje
- Producción de semilla
- Reproducción apomíctica (asexual)

# Tamizado por tolerancia a inundación

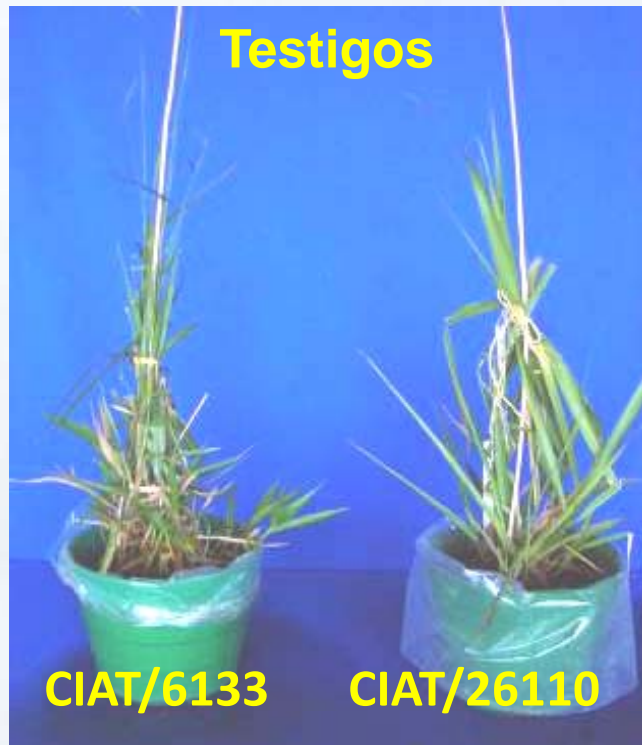


Diferentes etapas para el establecimiento del estrés por inundación en genotipos de *Brachiaria*

1. Plantas en crecimiento en un nivel óptimo de agua en el suelo.
2. Embolsado de potes.
3. Establecimiento del tratamiento de inundación.
4. Efecto de la inundación durante tres semanas.
5. Diferencias fenotípicas en la tolerancia a la inundación



# Diferencias genotípicas en tolerancia a la inundación en *Brachiaria*



# Mecanismos de tolerancia a inundación en plantas

- **Anoxia**
- **formación de raíces adventicias**  
Se forman rápidamente en el tallo, por encima del nivel del agua. Estas raíces están en contacto con el aire y pueden absorber  $O_2$ .
- **formación de aerénquima**  
Es un tejido parenquimático con grandes espacios intercelulares que se forma entre tallo y raíz . Se desarrolla en el córtex donde facilita el transporte de gases en los suelos inundados
- **Interacción de auxinas y etileno**
- **Disminución de respiración de raíces**
- **Disminución de capacidad fotosintética**
- **Disminución de contenido de clorofila**
- **Disminución de conductancia estomática**
- **Disminución de crecimiento de parte aérea**

Jackson y Colmer,  
2005

# Mecanismos de Adaptación a Inundación en *Brachiaria*

- Anteriormente se han realizado evaluaciones de tolerancia a la inundación en algunas especies del genero *Brachiaria* (Baruch, 1994; Dias-Filho and Carvalho, 2000; Dias-Filho, 2002).
- Poca información publicada sobre las respuestas morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de *Brachiaria spp.* a este estrés (Caetano y Dias-Filho, 2008).

# Informe de Seguimiento Anual

- **Titulo del Proyecto:** Desarrollo de genotipos de *Brachiaria* spp. adaptados a suelos con drenaje deficiente para aumentar producción bovina y adaptar sistemas de pastoreo al cambio climático en América Latina
- **Periodo de ejecución:** 36 meses
- **Asignación de Fondos:** 13 Octubre de 2009
- **Firma Convenio CIAT-CORPOICA:** Marzo 2010
- **Firma Convenio CIAT-INTA:** Mayo 2010

# Descripción del Proyecto

## FIN:

- Adaptar al cambio climático áreas de pastoreo mediante la selección de genotipos tolerantes de *Brachiaria* a suelos inundables o mal drenados

## PROPOSITO:

- Desarrollar genotipos de *Brachiaria* con tolerancia superior a la inundación y más productivos que los cvv. comerciales mediante la definición de mecanismos de adaptación y selección participativa con productores

# Componentes

1. Cuantificación de áreas ganaderas en América Tropical con suelos inundables en función de clima actual y futuro

CIAT

2. Identificación de los mecanismos de adaptación a la inundación en *Brachiaria*

CIAT

3. Selección de genotipos de *Brachiaria* adaptados a la inundación

CIAT

4. Evaluación participativa y en campo de genotipos seleccionados de *Brachiaria*

CORPOICA-Col.  
INTA-Nicaragua  
IDIAP-Panamá

# Actividades 2009-2010

- 1.1 Cuantificación de las áreas ganaderas a nivel continental con condiciones climáticas y edáficas que producen encharcamiento
- 2.1 Identificación mecanismos de adaptación a la inundación en genotipos contrastantes en fertilidad alta
- 3.1 Selección de genotipos de *Brachiaria* adaptados a la inundación en fertilidad alta
- 4.1 Validación en campo de metodología para evaluar tolerancia de *Brachiaria* a inundación

# Actividad 1.1:

## Cuantificación de las áreas ganaderas a nivel continental con condiciones climáticas y edáficas que producen encharcamiento

### Indicadores:

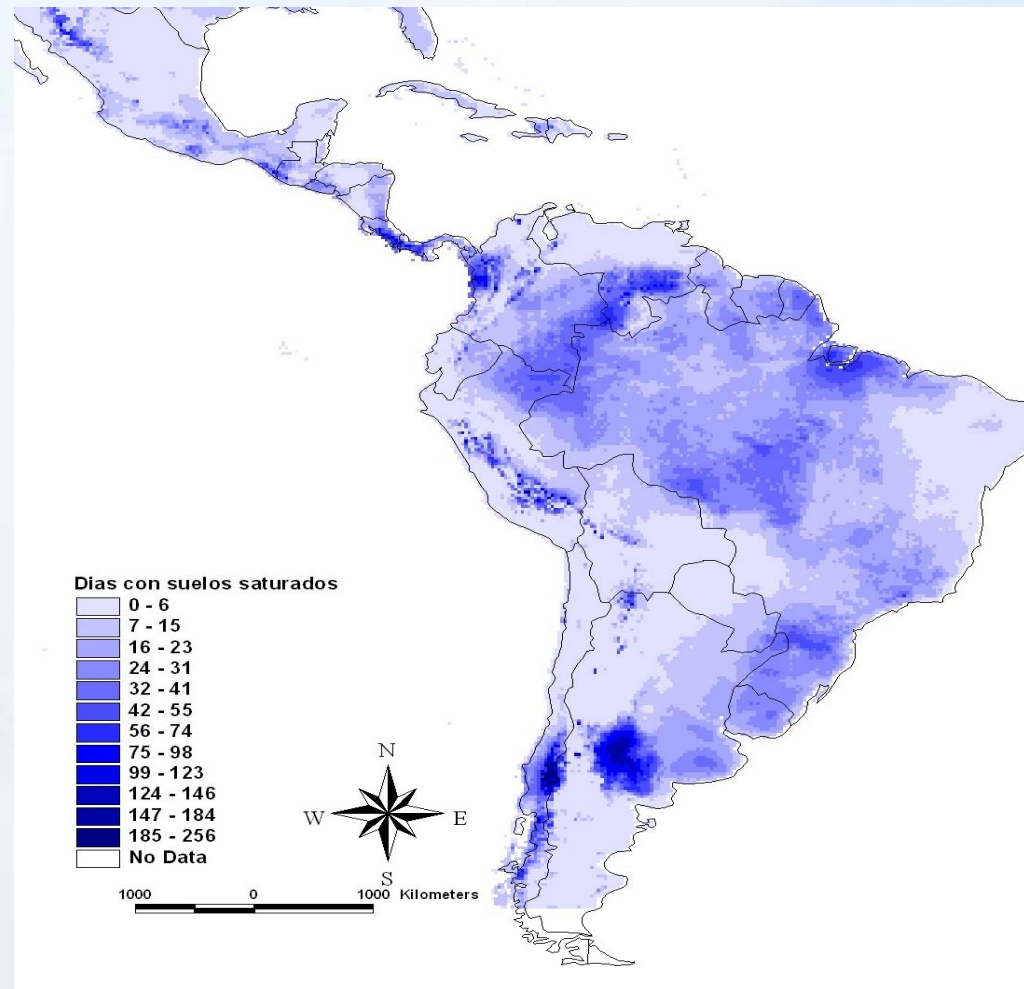
- Mapas que muestran frecuencias y duraciones de períodos de encharcamiento
- Estadísticas sobre frecuencia y duración de encharcamiento



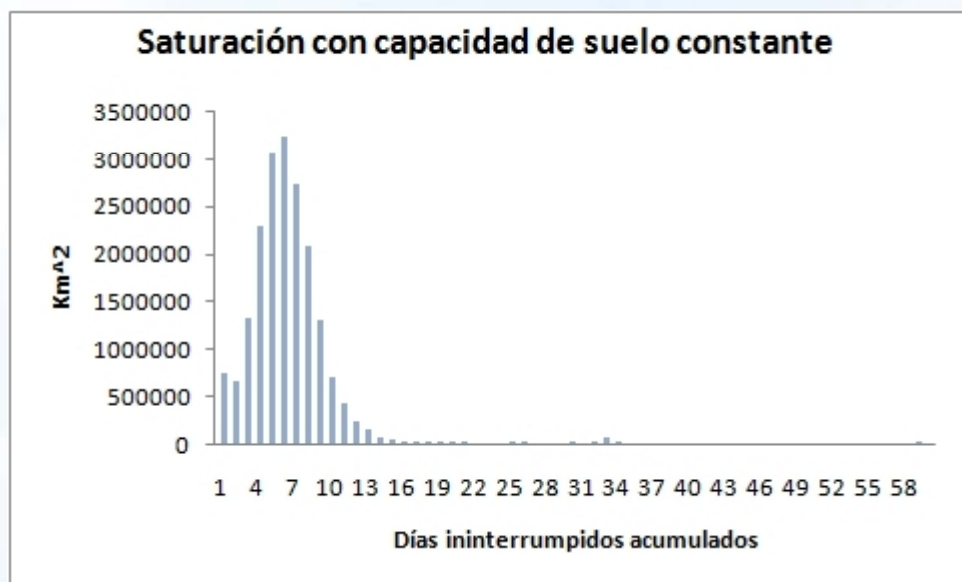
# Días acumulados saturación de suelos

- **DATOS** de satélite TRMM (Tropical rainfall measuring mission- reporta precipitación diaria al nivel global - resolución temporal 3 horas): agua potencialmente precipitable desde 1998 a la actualidad y datos de WorldClim (Precipitación anual)
- **Modelo WatBal:** Utilizado para calcular la saturación en una capacidad de suelo con una constante de 100 mm.
- **Máximo número de días continuos con suelos saturados**

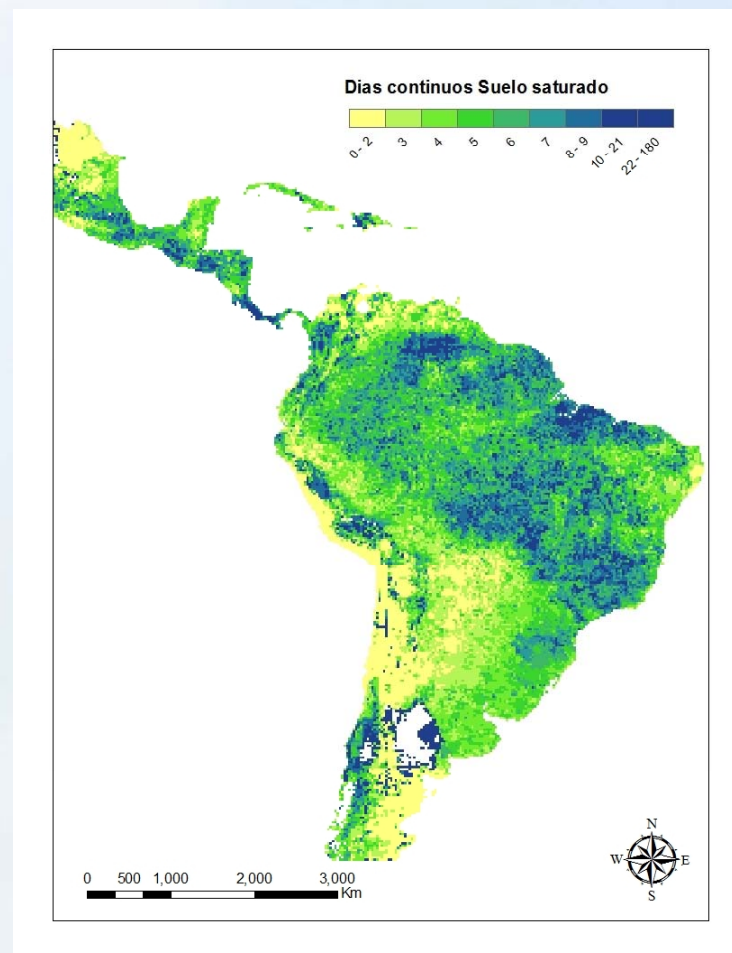
# Distribución de suelos saturados con agua a través del año en regiones de América Latina



# Días acumulados saturación de suelos



- Hay más de 300 millones de hectáreas que presentan más de 7 días con suelos saturados durante el año
- Los genotipos seleccionados pueden ser dirigidos a zonas que presentan hasta 21 días continuos de suelos saturados



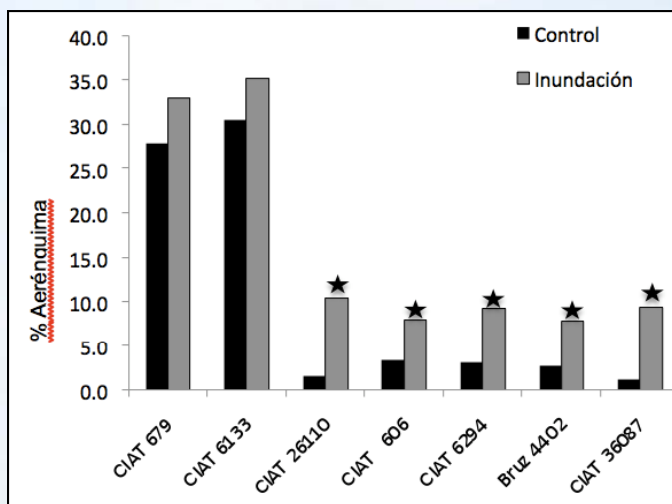
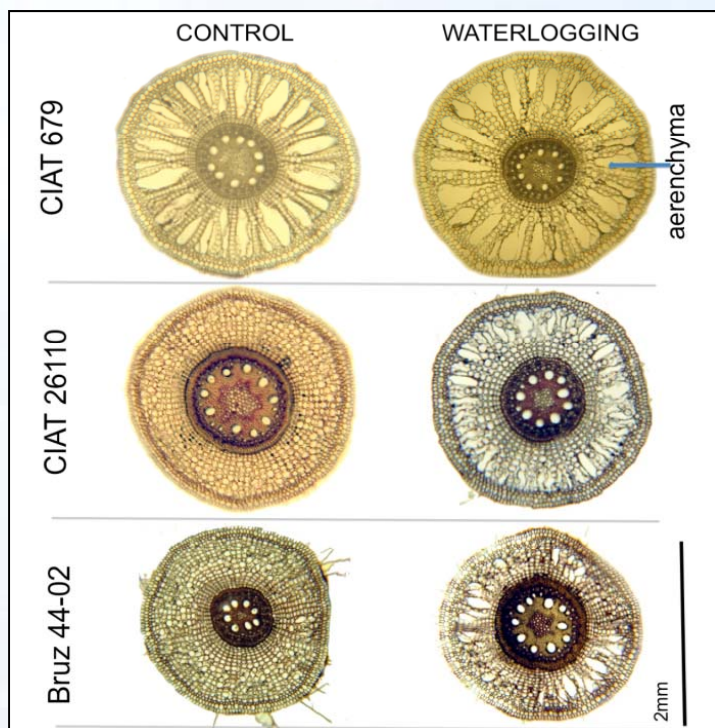
# Actividad 2.1:

## Identificación mecanismos de adaptación a la inundación en genotipos contrastantes en fertilidad alta

### Indicador:

- Cuantificación de las respuestas morfológicas, fisiológicas y bioquímicas en suelos inundados con fertilidad alta.

# Formación de aerénquima en genotipos contrastantes

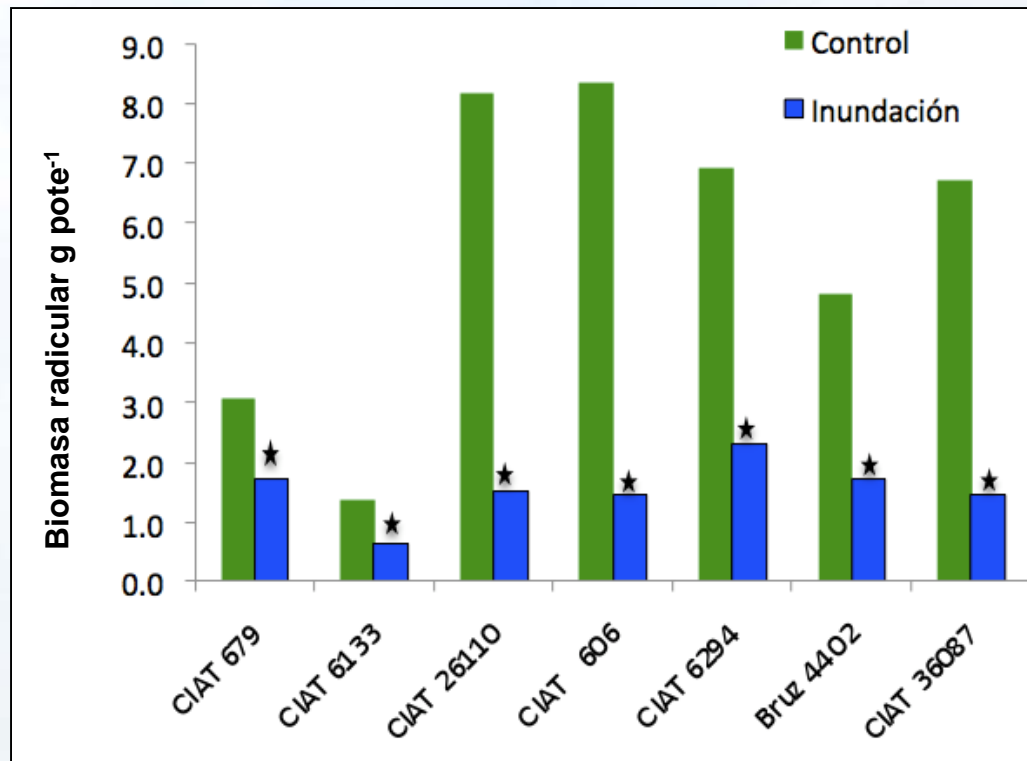


Porcentaje de aerénquima en raíces mantenidas en capacidad de campo (Control) o inundación por 21 días con fertilidad alta

Todos los genotipos de *Brachiaria* responden a la inundación con el aumento de aerénquima en sus raíces

Se especula que el aerénquima en genotipos tolerantes es un atributo constitutivo y en genotipos moderadamente tolerantes y susceptibles, es un atributo inducible

# Inundación y biomasa radical



Influencia de 21 días de inundación en la biomasa radical de 8 genotipos de *Brachiaria* con fertilidad alta.

Los genotipos tolerantes a la inundación muestran una menor disminución de biomasa radical debido a una mayor alocaación de carbono hacia sus raíces.

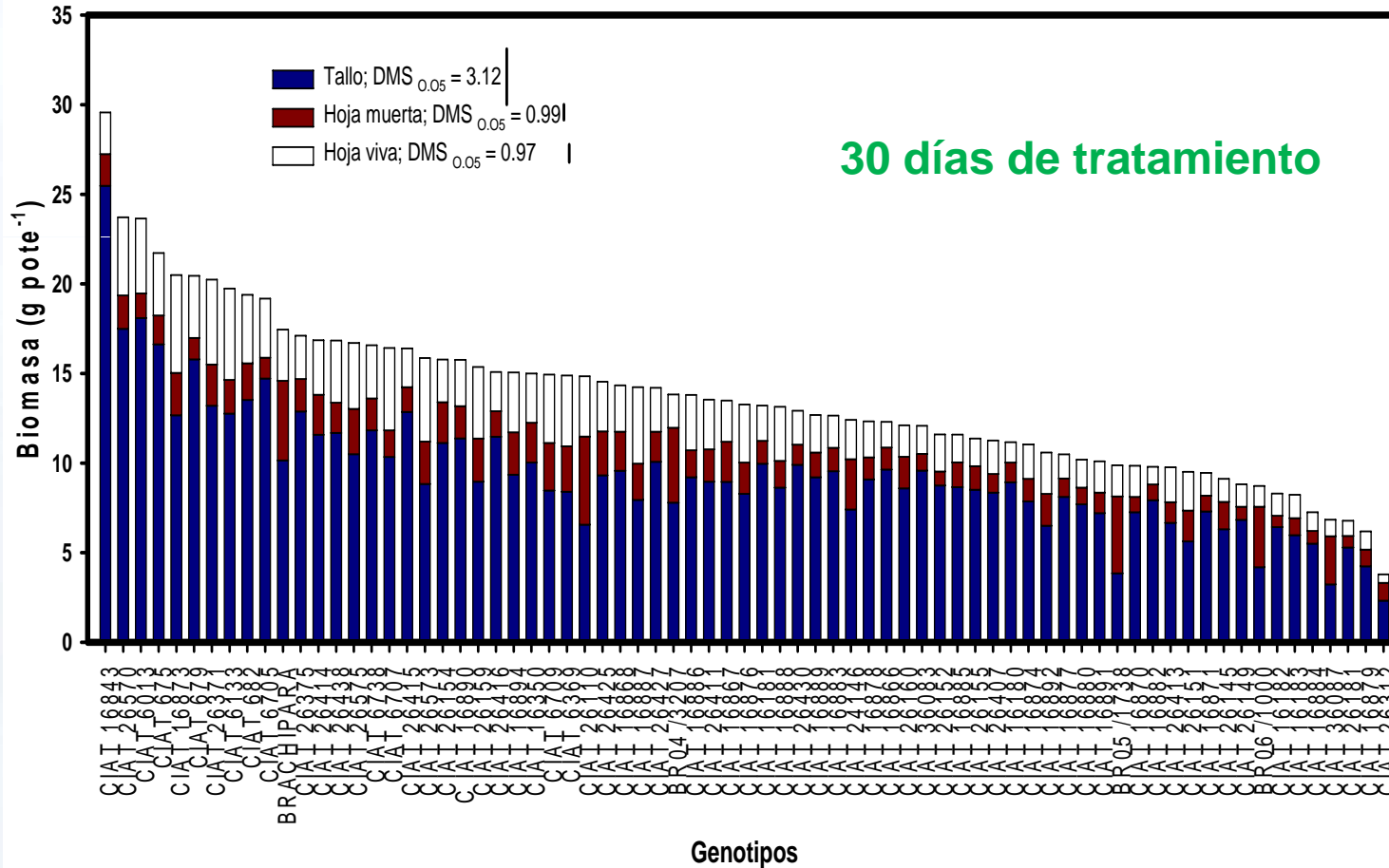
# Actividad 3.1:

## Selección de genotipos de *Brachiaria* adaptados a la inundación en fertilidad alta

### Indicador:

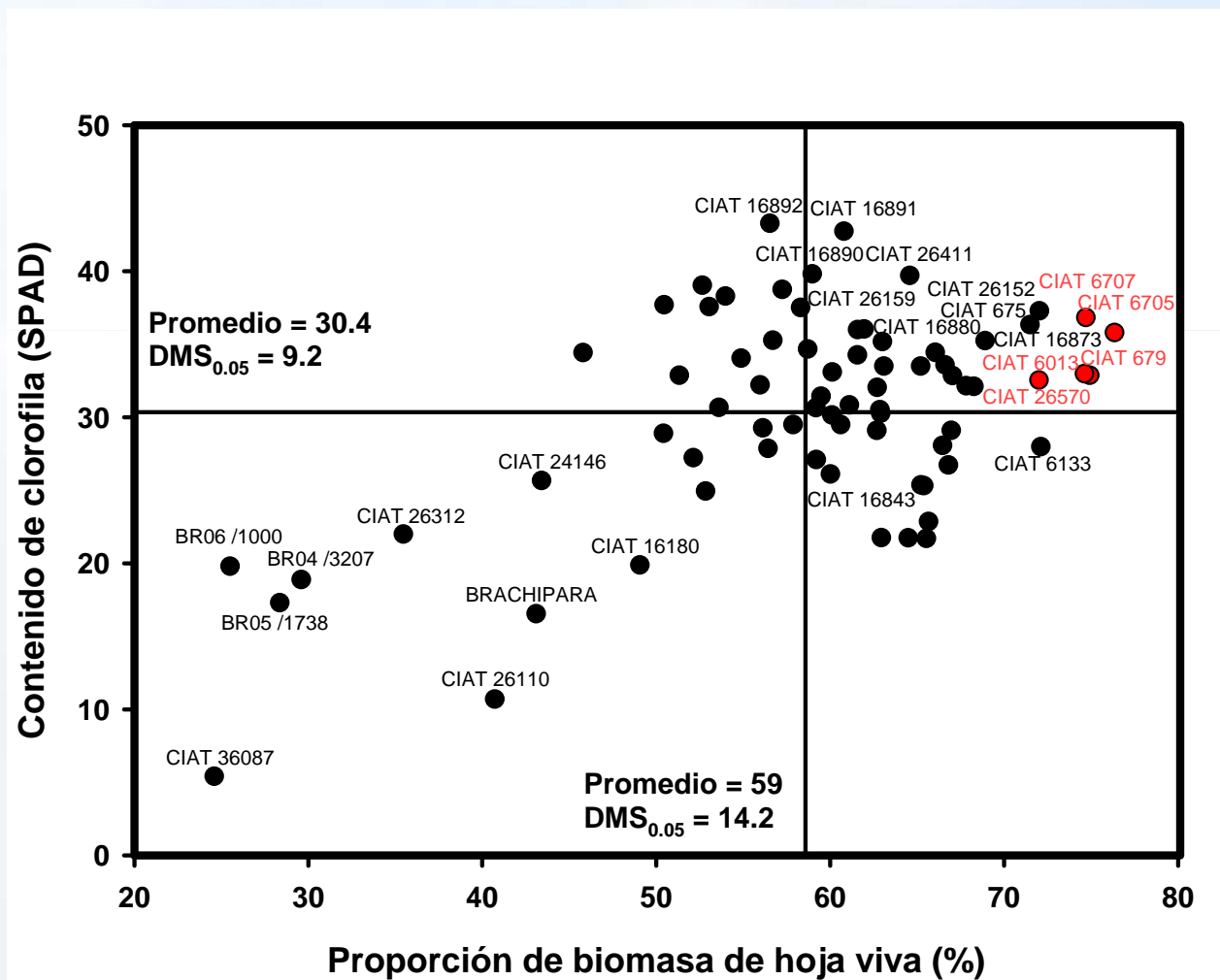
- Genotipos seleccionados con tolerancia a suelos ácidos mal drenados y con fertilidad alta

# Evaluación de 66 accesiones de *B. humidicola* (+7 testigos) para tolerancia a inundación con fertilidad alta





# Evaluación de 66 accesiones de *B. humidicola* (+7 testigos) para tolerancia a inundación con fertilidad alta

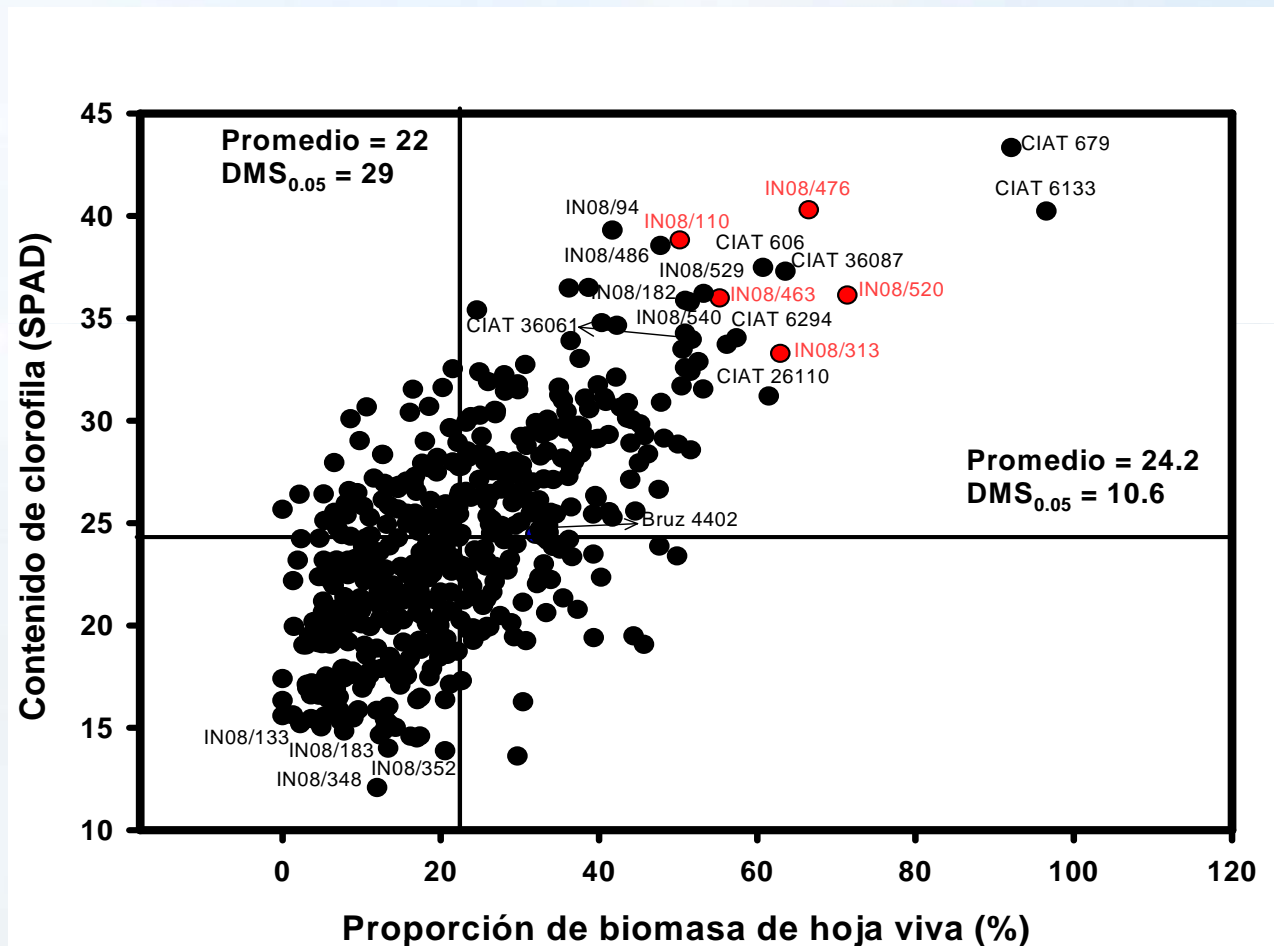


## Matriz de correlaciones (r) entre atributos aéreos de 66 accesiones de *B. humidicola* (+ 7 testigos) después de 30 días de inundación

	Biomasa de hoja viva (g pote <sup>-1</sup> )	Area foliar viva (cm <sup>2</sup> pote <sup>-1</sup> )	Contenido de clorofila (SPAD)	Biomasa de hoja muerta (g pote <sup>-1</sup> )	Proporción de biomasa de hoja viva (%)
Biomasa de hoja viva	1				
Area foliar viva	0.81***	1			
Contenido de clorofila	0.20***	0.07 NS	1		
Biomasa de hoja muerta	0.30***	0.39***	-0.27***	1	
Proporción de biomasa hoja viva	0.45***	0.27***	<b>0.42***</b>	-0.60***	1

\*, \*\*, \*\*\* Niveles de significancia de 0.05, 0.01 and 0.001 respectivamente.

# Evaluación de 500 híbridos de *Brachiaria* de la población IN08 (+8 testigos) para tolerancia a inundación con fertilidad alta



## Matriz de correlaciones (r) entre atributos aéreos de 500 híbridos de *Brachiaria* de la población IN08 (+ 8 testigos) después de 10 días de inundación

	Biomasa de hoja viva (g pote <sup>-1</sup> )	Area foliar viva (cm <sup>2</sup> pote <sup>-1</sup> )	Contenido de clorofila (SPAD)	Biomasa de hoja muerta (g pote <sup>-1</sup> )	Proporción de biomasa de hoja viva (%)
Biomasa de hoja viva	1				
Area foliar viva	0.95***	1			
Contenido de clorofila	0.49***	0.50***	1		
Biomasa de hoja muerta	-0.14***	-0.22***	-0.43***	1	
Proporción de biomasa hoja viva	0.78***	0.81***	<b>0.65***</b>	-0.59***	1

\*, \*\*, \*\*\* Niveles de significancia de 0.05, 0.01 and 0.001 respectivamente.

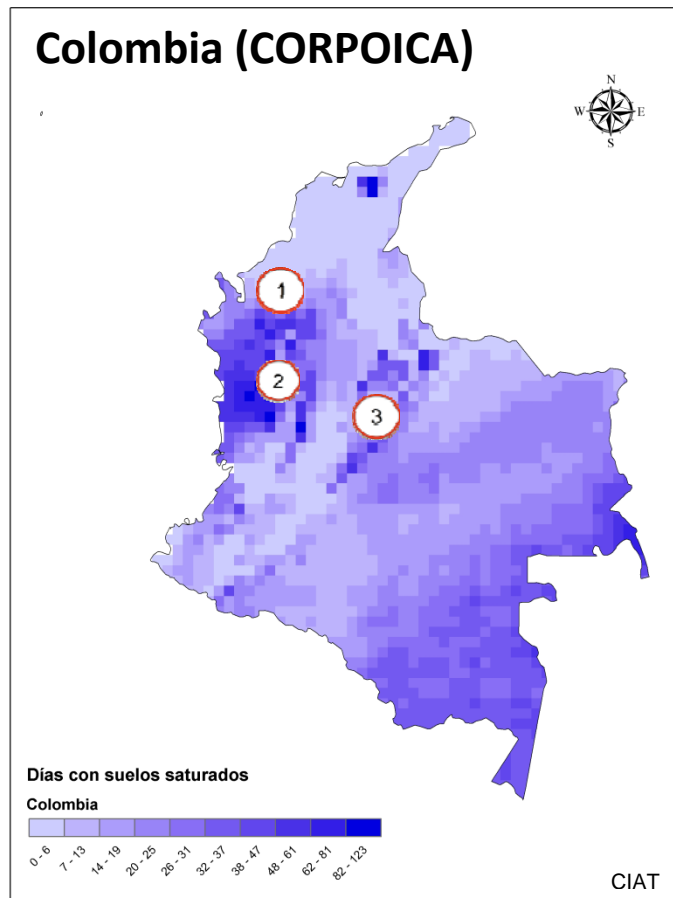
# Actividad 4.1:

## Validación en campo de metodología para evaluar tolerancia de *Brachiaria* a inundación

### Indicador:

- Estandarizar una metodología para evaluar en campo genotipos de *Brachiaria* por adaptación a suelos con drenaje deficiente

# Selección de sitios con historial de inundación



1. Valle del Sinú (1200 mm lluvia/año)



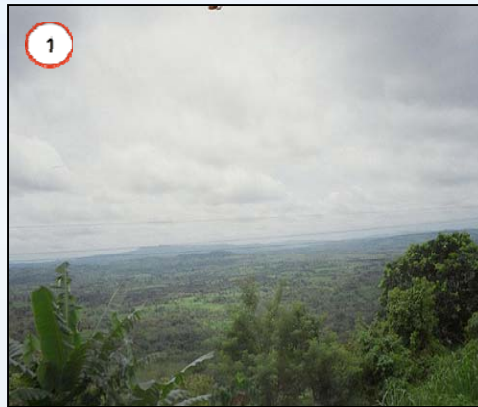
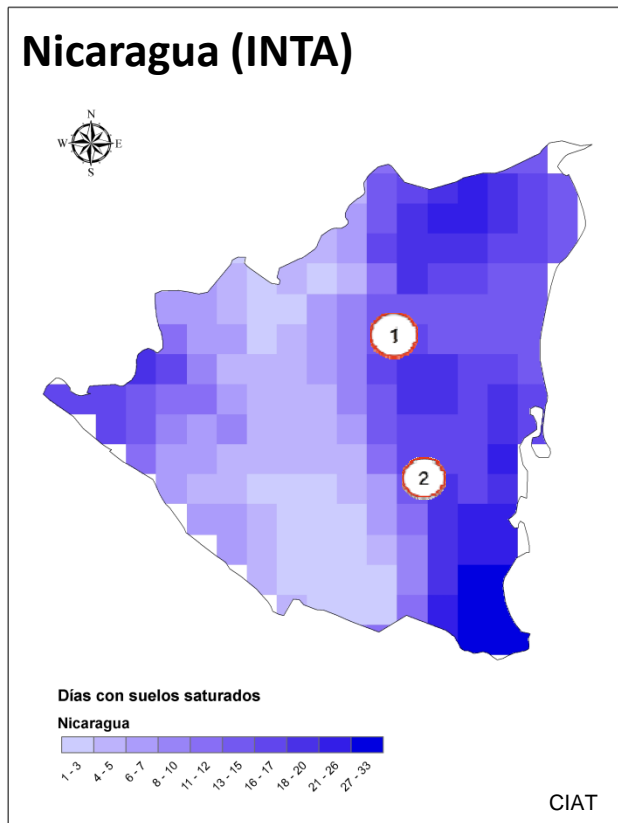
2. Magdalena Medio (2800 mm lluvia/año)



3. Piedemonte Llanos (3000 mm lluvia/año)

Fotos 1-2: CORPOICA  
Foto 3: CIAT

# Selección de sitios con historial de inundación



1. Nueva Guinea



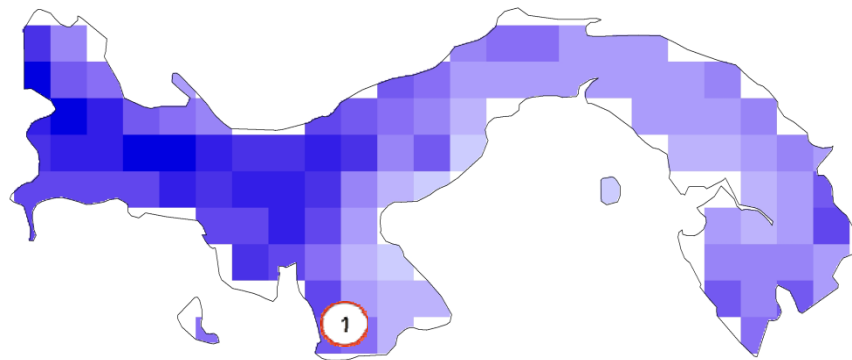
2. Siuna

Las precipitaciones se encuentran en el rango de 2500 mm-5000 mm (INETER)

Fotos: Rein van der Hoek

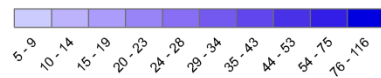
# Selección de sitios con historial de inundación

## Panamá (IDIAP)



Días con suelos saturados

Panamá



CIAT

## Zona pacífica (Provincia de Veraguas)



Zona con reconocido historial de encharcamiento en épocas de lluvias  
(Mayo-Noviembre)

Foto: M. Franco



# Conclusiones

Se avanza satisfactoriamente en las actividades del proyecto:

- Se están **creando mapas y cuadros** que cuantifican las áreas con suelos inundables en América Latina.
- Se ha propuesto que los **genotipos tolerantes de *Brachiaria*** desarrollan **aerénquima constitutivamente** como mecanismo de adaptación a la inundación.
- Se han **identificado 5 híbridos** de la población IN08 como tolerantes a la inundación con base en su contenido de clorofila (SPAD), área foliar, biomasa de hojas verdes, y la proporción entre hojas vivas y muertas.
- Se han **identificado zonas** con historial de drenaje deficiente para los ensayos de campo en Colombia, Nicaragua y Panamá.

# Plan Operativo Anual 2010-2011

Componente 1

- Cuantificación de áreas ganaderas en América Tropical con suelos inundables en función de clima actual y futuro

Actividad 1.2

- Identificar los nichos de adaptación a suelos mal drenados para genotipos de *Brachiaria*

Indicadores

- Mapas que muestran el potencial de accesiones e híbridos seleccionados de adaptarse a suelos con drenaje deficiente
- Cuadros con las áreas potenciales de adaptación a suelos mal drenados de accesiones e híbridos seleccionados en el proyecto

# Plan Operativo Anual 2010-2011

Componente 2

- Cuantificación de diferencias en la tolerancia a la inundación en *Brachiaria* spp.

Actividad 2.2

- Cuantificación de las respuestas morfológicas, fisiológicas y bioquímicas bajo suelos inundados ácidos y de fertilidad baja

Indicador

- Se definirán mecanismos de adaptación a la inundación y cuantificarán diferencias en la tolerancia a la inundación para adaptar una técnica de tamizado

## Plan Operativo Anual 2010-2011

### Componente 3

- Selección de híbridos de *Brachiaria* y accesiones de *B. humidicola* adaptados a suelos con drenaje deficiente y con un rendimiento y calidad de forraje mayores que la de cultivares comerciales

### Actividad 3.2

- Evaluación de accesiones de *B. humidicola* e híbridos promisorios de *Brachiaria* por su tolerancia a la inundación en suelo ácidos y fertilidad baja

### Indicadores

- Genotipos seleccionados con tolerancia a suelos ácidos mal drenados y con fertilidad baja
- Técnicas fenotípicas de tamizado incorporadas en el programa de mejoramiento de *Brachiaria* en CIAT

## Plan Operativo Anual 2010-2011

Componente 4

- Evaluar con participación de productores y bajo condiciones de campo los genotipos de *Brachiaria* seleccionados por adaptación a suelos con drenaje deficiente

Actividad 4.2

- Evaluación en campo de accesiones promisorias de *B. humidicola* e híbridos de *Brachiaria* por su adaptación a suelos con drenaje deficiente

Indicador

- De 3 a 5 genotipos de *Brachiaria* seleccionados por adaptación a suelos con drenaje deficiente

# Principales problemas encontrados

- Plazos largos que han transcurrido entre la aprobación del proyecto y desembolso de fondos para su ejecución
- Cambio de coordinación técnica en CORPOICA-Colombia
- Dificultad de concretar la firma de los convenios de ejecución

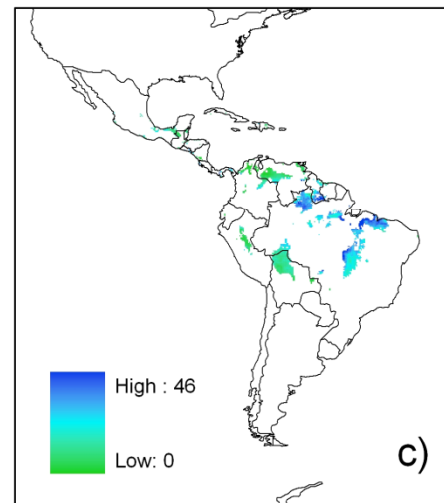
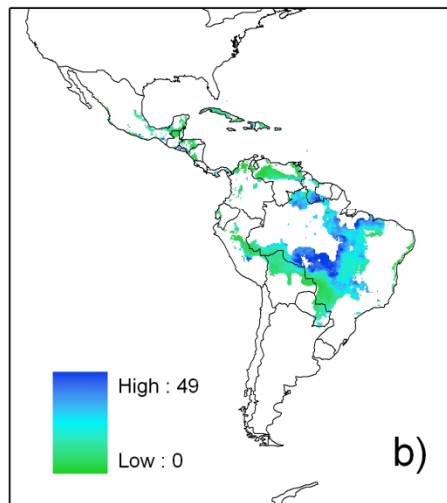
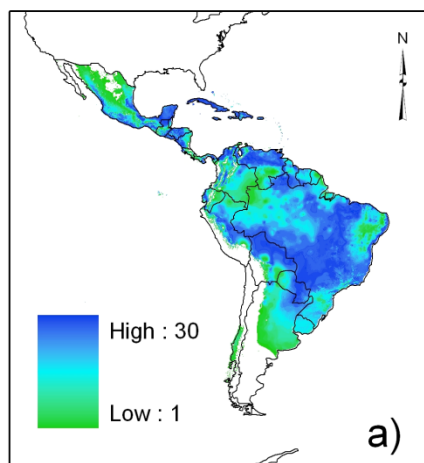
# Conclusiones Generales

- Se avanza satisfactoriamente en las actividades del proyecto.
- Demoras en firmas de convenios interinstitucionales y cambio de coordinación técnica (Corpoica) han llevado a retrasos en el inicio de actividades de campo. Los sitios de ensayos de campo están seleccionados y las actividades están en proceso de ejecución.

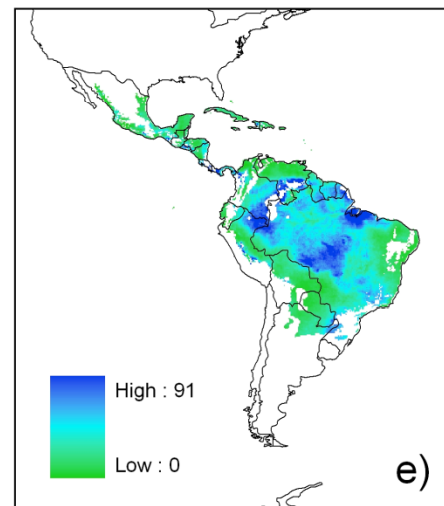
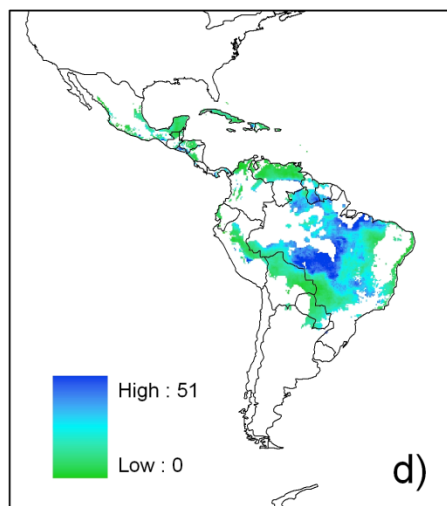


**¡GRACIAS!**





- a) Saturación área de adaptación de Brachiaria
- b) Saturación área de adaptación Brachiaria decumbens
- c) Saturación área de adaptación Brachiaria humidicola
- d) Saturación área de adaptación Brachiaria ruziziensis
- e) Saturación área de adaptación Brachiaria brizanta



## Zonas de adaptación a suelos saturados para *Brachiaria*