

Adaptation of common bean to abiotic stress, with emphasis to improve drought resistance

*Jose A. Polanía, I.M Rao, S.
Beebe, C. Poschenrieder, M.
Rivera, M. Grajales, C. Cajiao y
Nestor Chaves*

FERTBIO 2016

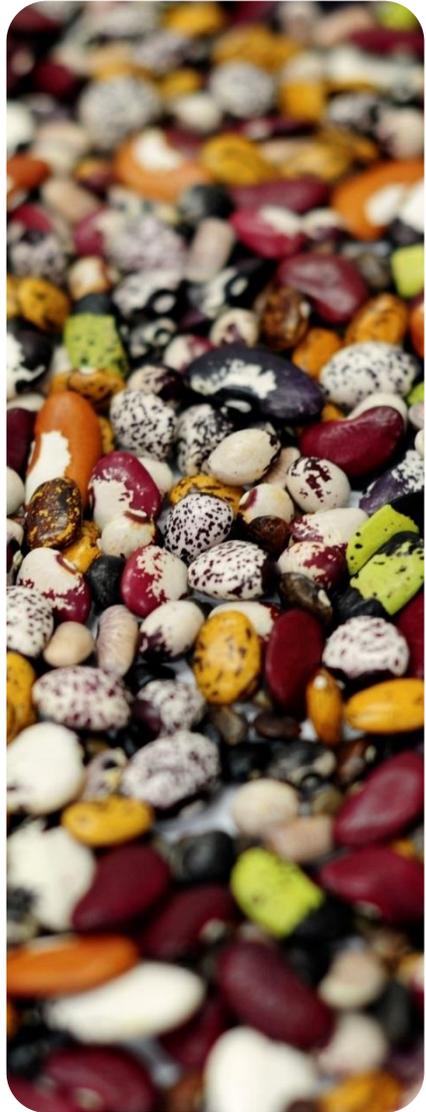
*"Rumo aos novos desafios"
16 a 20 de Outubro, Goiânia*

j.a.polania@cgiar.org



Centro Internacional de Agricultura Tropical
Desde 1967 Ciencia para cultivar el cambio

Frijol Común



- *Phaseolus vulgaris* es una especie nativa de Mesoamérica y Sudamérica
- Nombres comunes: judías, habichuelas, frijoles y porotos
- La leguminosa alimenticia más importante en América Latina y África
- Es una fuente poco costosa de proteína y calorías para pequeños agricultores de países con pobreza endémica
- Es cultivado por pequeños agricultores en América Latina y África, donde es a menudo expuesto a condiciones no favorables y mínimo uso de insumos

Phaseolus spp. se originaron en un rango amplio de ambientes



HÚMEDO-SUB HÚMEDO

SUB-HÚMEDO A SECO

ÁRIDO

Acervo Secundario

- coccineus
- dumosus
- costaricensis

Gran biomasa

Bajo Índice Cosecha

Resistencia hongos

Acervo Primario

- vulgaris

Acervo Terciario

- acutifolius
- parvifolius

Poca biomasa

Alto Índice Cosecha

Resistencia Sequía

Limitaciones abióticas que afectan al frijol

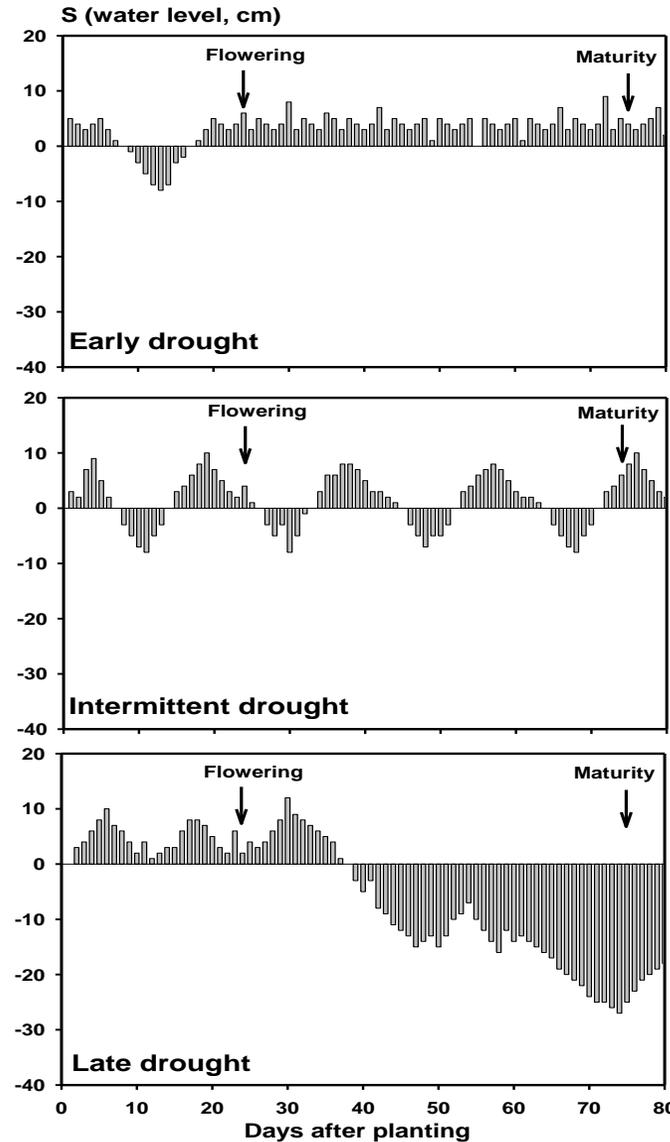


Sequía >
60% área
sembrada



Limitación	Área afectada (%)
Deficiencia fósforo	50
Deficiencia nitrógeno	40 (LAC) 60 (África)
Toxicidad aluminio	40
Calor	No sería viable el 50% en 2050

Tipos de Sequía



Sequía temprana

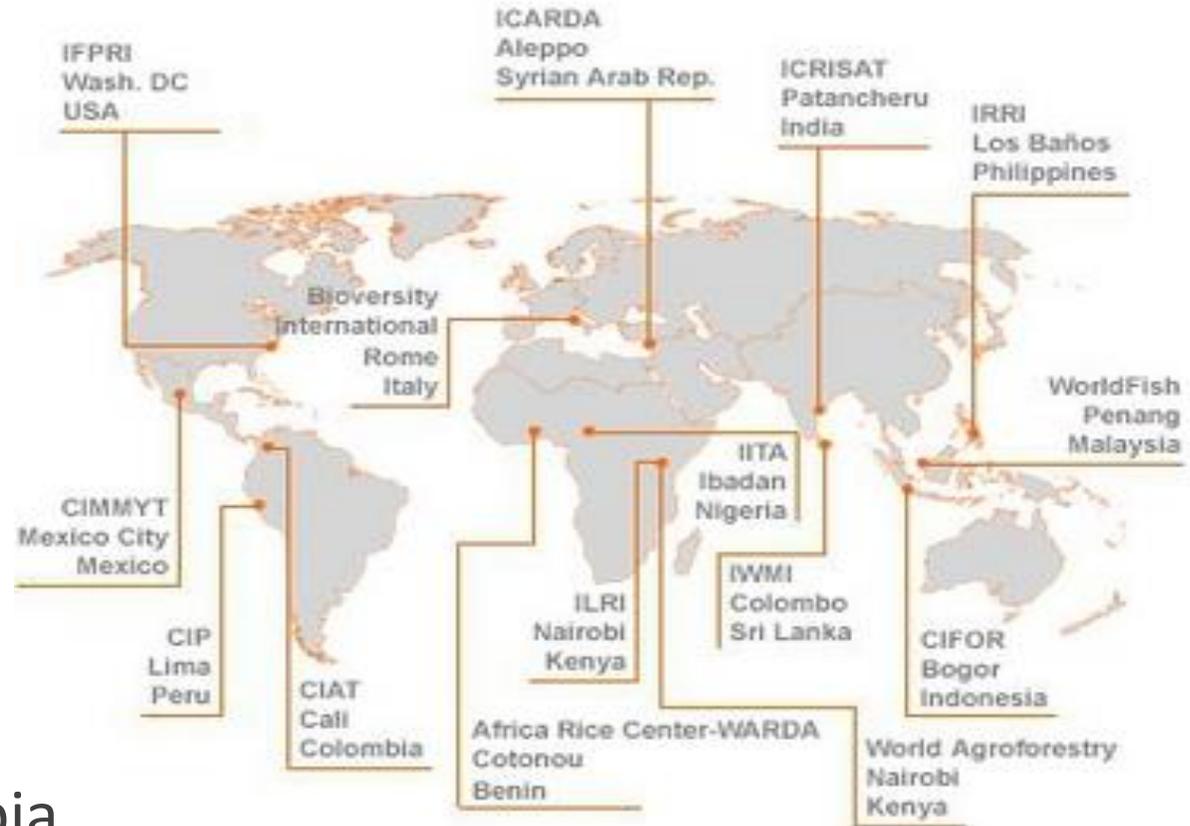
Sequía intermitente

Sequía terminal

Localización:



Centro Internacional de Agricultura Tropical
Desde 1967 *Ciencia para cultivar el cambio*



- Municipio de Palmira - Colombia
- 965 m.s.n.m.

Frijol común

Germoplasma evaluado bajo estrés por sequía

- **Colección referencia de germoplasma**
 - Mesoamericano (121) y Andino (81) genotipos
- **Poblaciones de líneas recombinantes (RIL)**
 - 5 poblaciones
 - ✓ 97 RILs de DOR 364 x BAT 477
 - ✓ 112 RILs de MD 23-24 x SEA 5
 - ✓ 97 RILs de SER 16 x G 35066-3Q
 - ✓ 96 RILs de BAT 881 x G 212120
 - ✓ 200 RILs de INB 841 x RCB 593

- **Líneas avanzadas**



Identificación de características aéreas relacionadas con la resistencia al estrés por sequía terminal en frijol común



Ensayo Sequía – CIAT HQ, Palmira, 2013

- Suelo Mollisol
- Temporada seca (Julio a Septiembre)
- 2 tratamientos: riego y sequía, lotes separados
- Sequia inducida después de 23 días de siembra
- Ensayos protegidos de plagas y enfermedades
- Ensayos hasta cosecha de grano
- Dos ciclos de evaluación

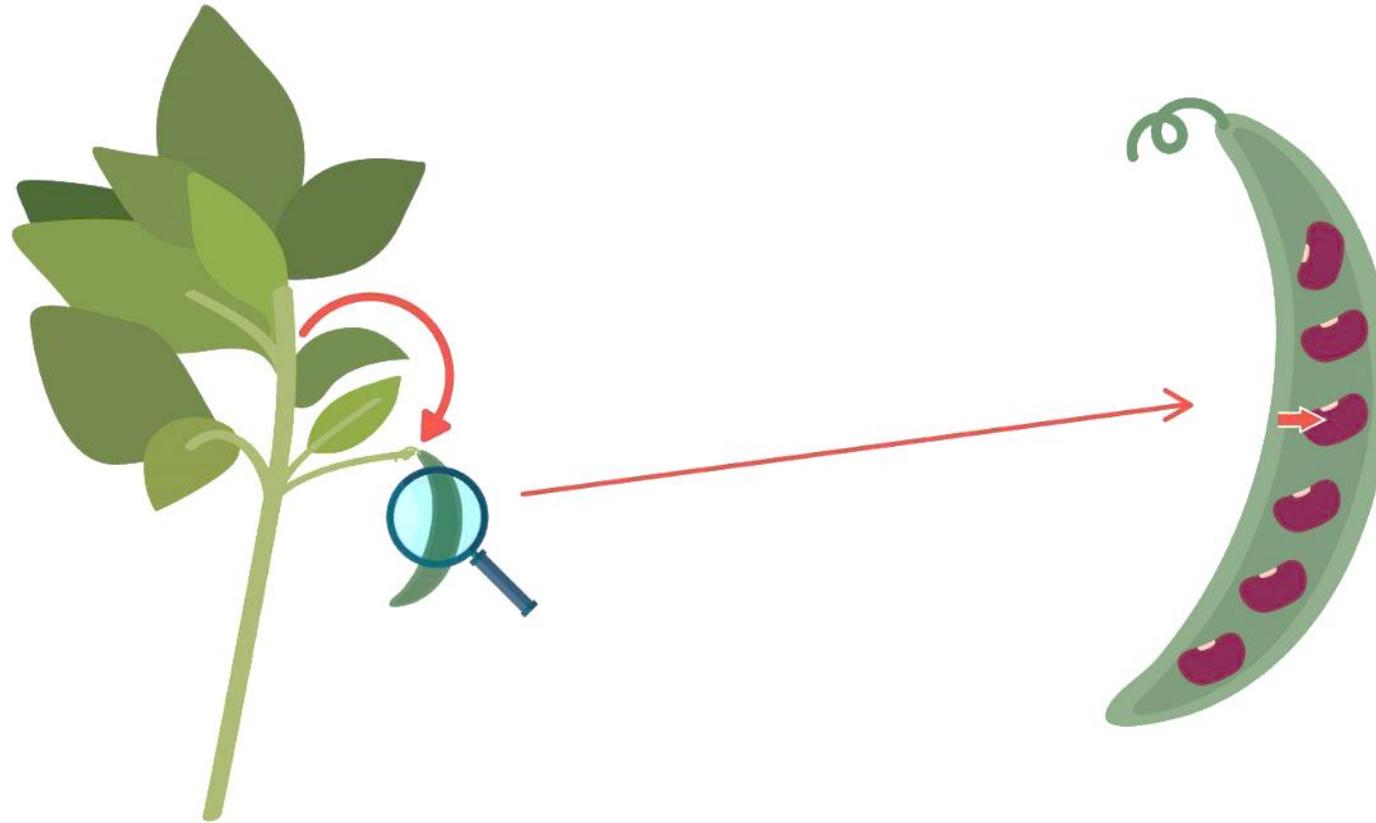
Variables determinadas:



Mitad de llenado de vainas (45-50 DDS)	Cosecha (65-70 DDS)
Índice área foliar	Rendimiento grano
Biomasa aérea	Numero de vainas y semillas
Conductancia estomática, Lectura clorofila SPAD	Índice de partición vaina, índice de cosecha de vaina e índice de cosecha
Discriminación de ^{13}C usando parte aérea*	Discriminación de ^{13}C usando grano*
C, N, Carbohidratos TN en parte aérea	C, N, Carbohidratos TN en grano

* Muestras enviadas para análisis en Lab. Isotopos estables U.C. Davis, USA

Índices de partición de biomasa:



Índice partición a vaina

(Peso de vaina en cosecha/ Peso parte aérea en mitad de llenado de vaina) X 100

Índice de cosecha de vaina

(Peso semilla/ Peso de vaina) X 100

Uso de Agua

Relaciones con Discriminación de Isotopo de Carbono

Ahorradores de agua

Uso Eficiente de Agua (WUE):

Producir más con menos consumo de agua

- Moderada captura de agua
- Cierre de estomas
- Menor intercambio gaseoso
- Moderado crecimiento
- Penalidad o limitación en el rendimiento

Útil en ambientes áridos, sequía terminal, suelos pocos retenedores de humedad

Relacionado con menor discriminación ^{13}C

Uso Efectivo de Agua (EWU):

Maximizar captura de agua para mayor producción

- Capturar más agua (raíces?)
- Menor cierre de estomas
- Mejor intercambio gaseoso
- Más crecimiento
- Mejor e incremento de rendimiento

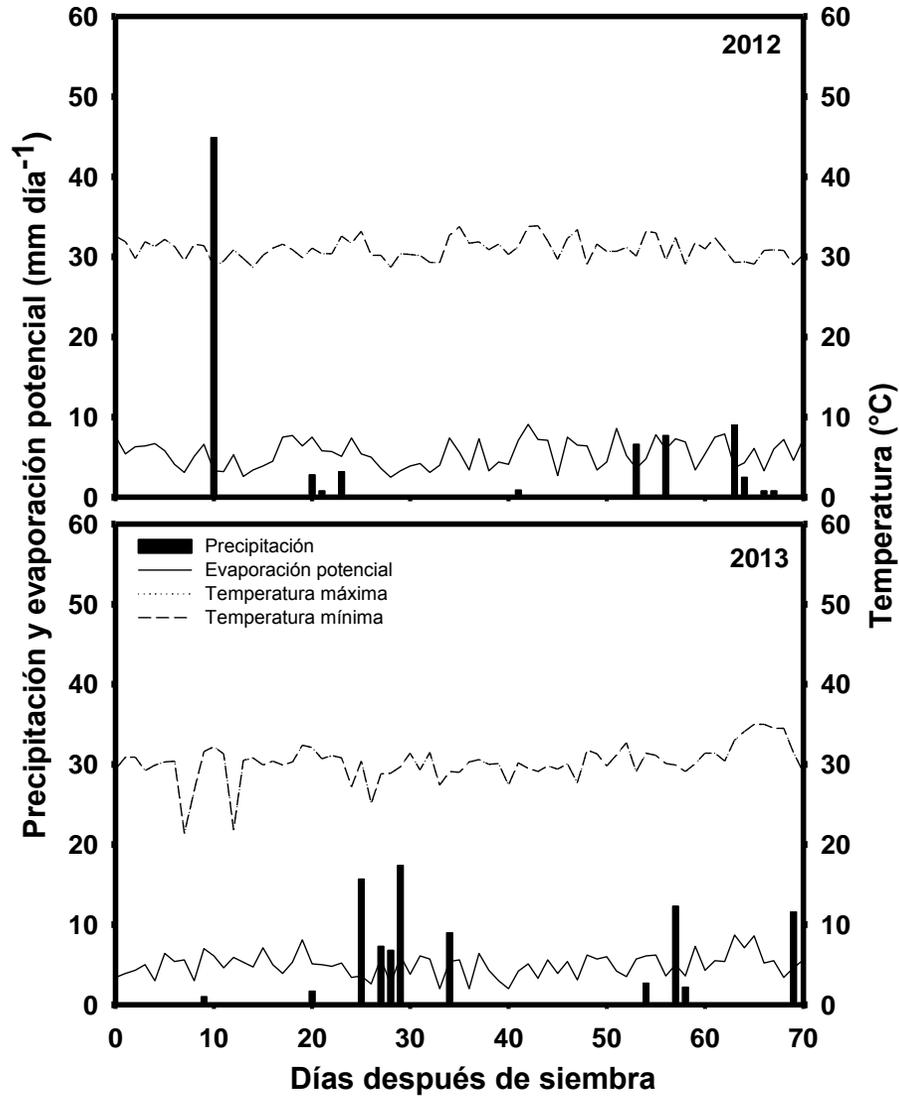
Útil en ambientes semiáridos, sequía intermitente, suelos retenedores de humedad

Relacionado con mayor discriminación ^{13}C

Gastadores de agua

Temperatura y distribución de lluvias – líneas avanzadas

Sequía Terminal

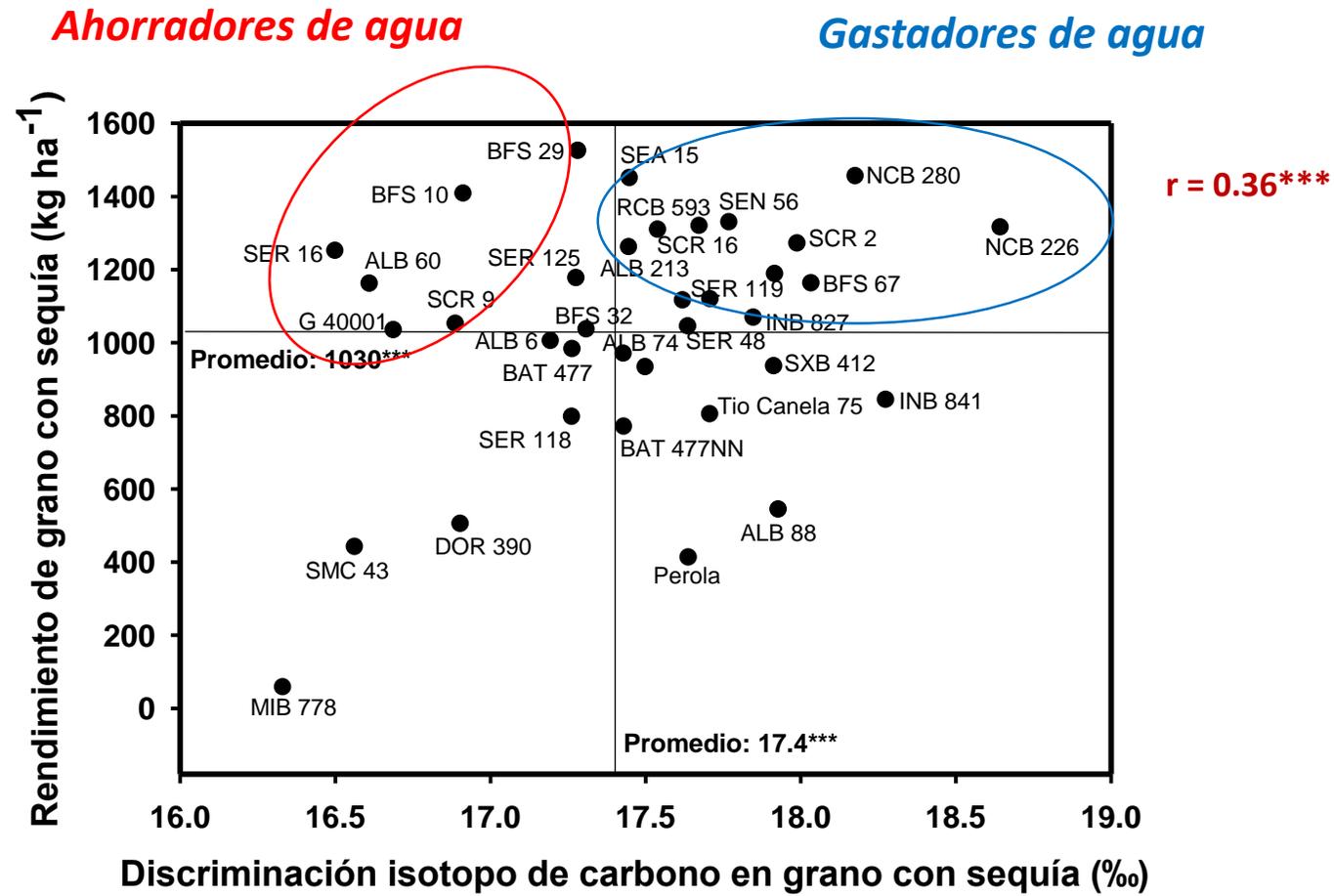


Precipitación: 85.8 mm
3 Riegos 35 c/u: 105 mm
Evaporación potencial: 385.2

Precipitación: 87.7 mm
3 Riegos 35 c/u: 105 mm
Evaporación potencial: 351

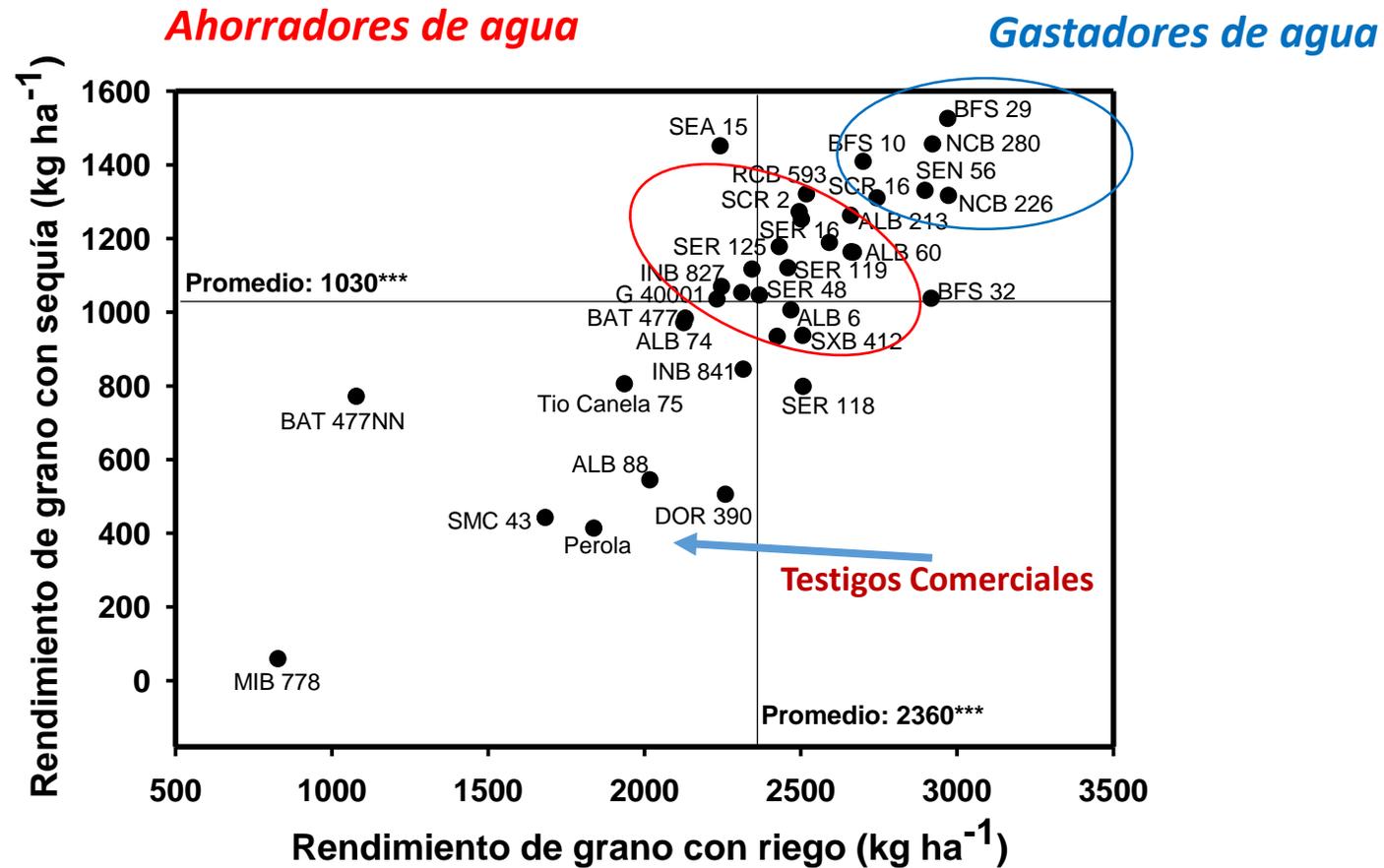


Caracterización de líneas según uso de agua

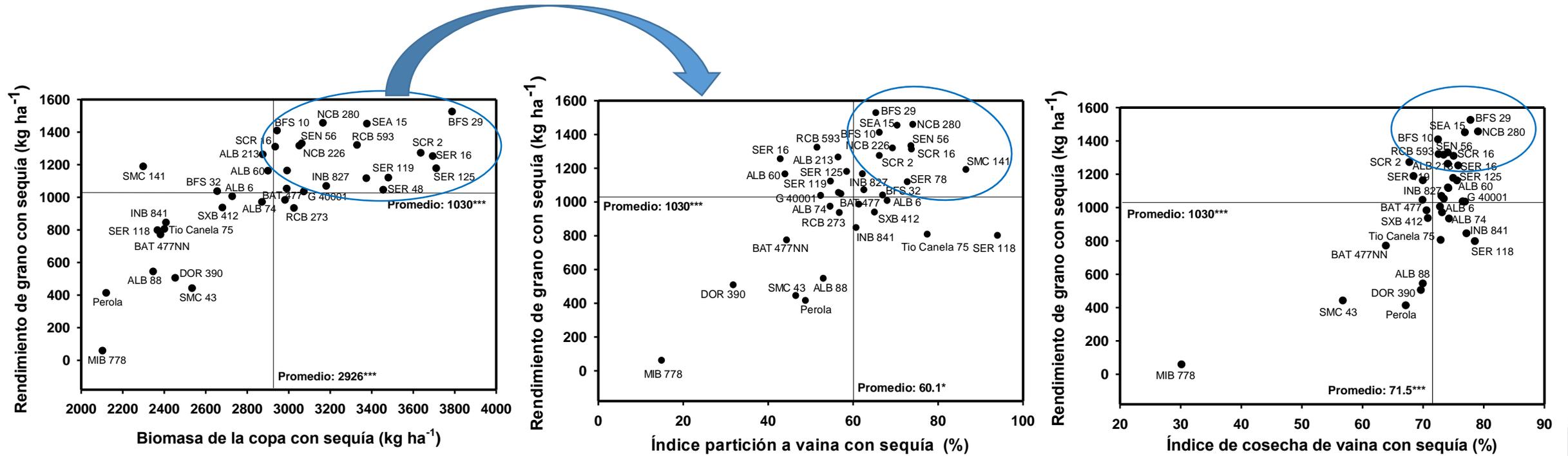


Respuesta a sequía e irrigación

Penalidad en rendimiento en condiciones optimas de ahorradores de agua



Crecimiento y movilización de asimilados



*Mayor vigor en genotipos precoces: indicando rápida acumulación de biomasa bajo sequia

Características correlacionadas con rendimiento de grano 2012 - 2013

Características de la planta	Riego	Sequía
Biomasa de la copa (kg ha ⁻¹)	0.39***	0.59***
Índice área foliar (m ² m ⁻²)	0.12	0.43***
Conductancia estomática (mmol m ⁻² s ⁻¹)	0.24***	0.31***
Índice de partición a vaina (%)	0.14*	0.29***
Índice de cosecha de vaina (%)	0.61***	0.48***
Índice de cosecha (%)	0.24***	0.39***
Contenido CTN parte aérea	-0.21**	0.05
Contenido CTN grano	0.21**	0.16*
Días a floración	-0.51***	-0.53***
Días a madurez	-0.37***	-0.36***
Numero de vainas por m ²	0.32***	0.55***
Numero de semillas por m ²	0.36***	0.63***
Peso de 100 semillas (g)	0.44***	0.25***
Discriminación isótopo de carbono parte aérea (‰)	-0.12	0.15*
Discriminación isótopo de carbono semilla (‰)	0.37***	0.36***

*Mayor rendimiento en sequia relacionado con:
Mayor uso de agua,
crecimiento, mejor
movilización*

*, **, *** Significancia a los niveles de probabilidad de 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente

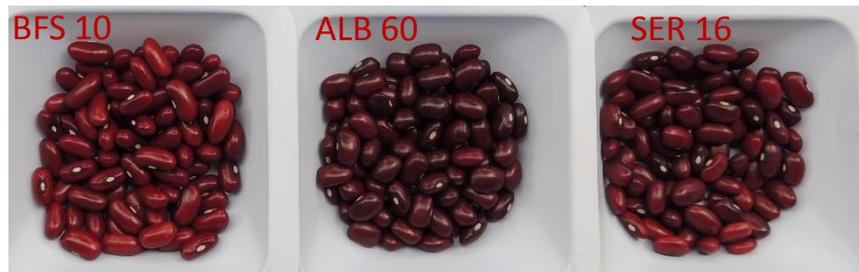
Ahorradores de agua
WUE/Mejor movilización

- G 40001 (*P. acutifolius*)
- SER 16
- ALB 60
- ALB 6
- BFS 10

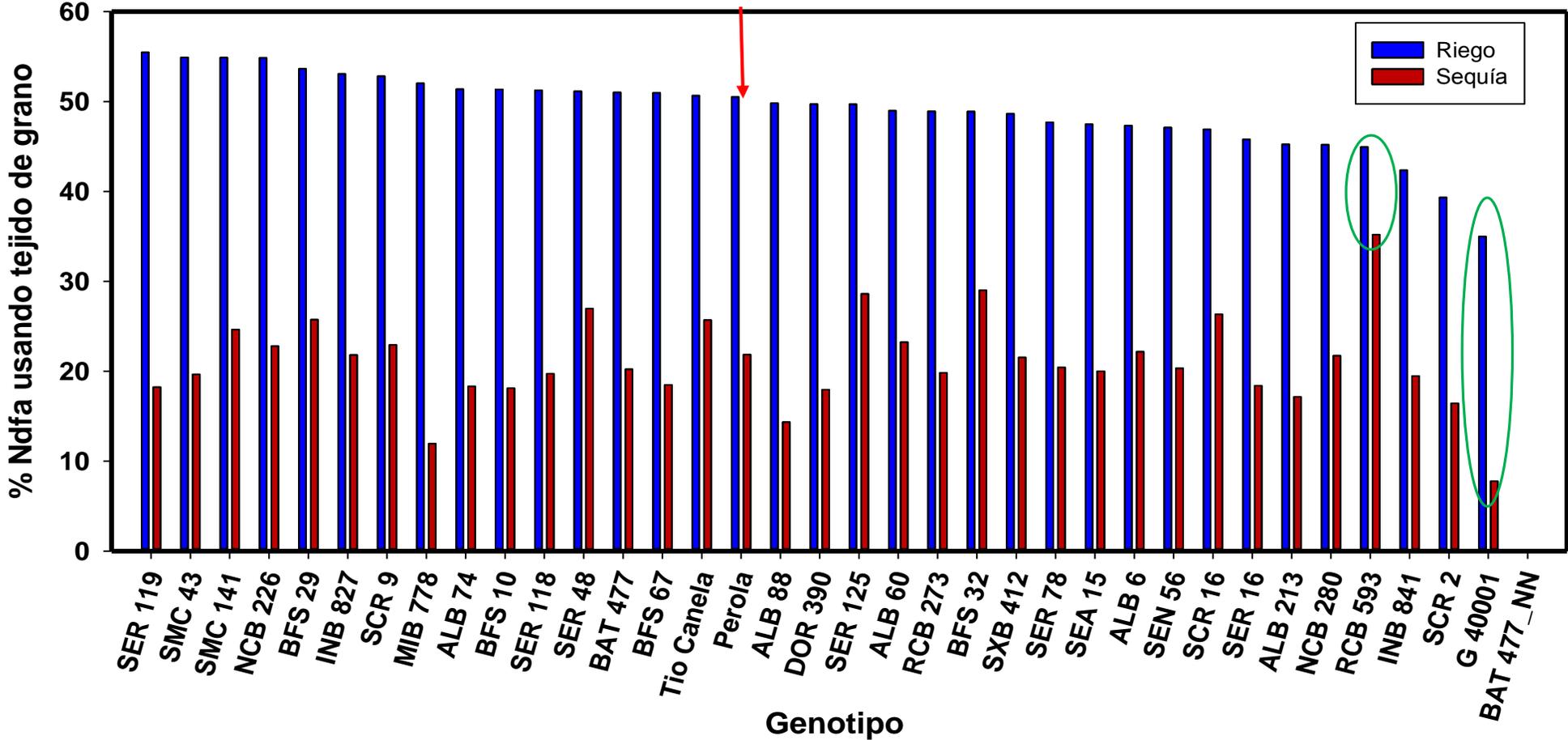
- BFS 29
- SEA 15
- RCB 593
- SER 125

Gastadores de agua
EUW/Mejor movilización

- NCB 280
- NCB 226
- SEN 56
- SCR 2
- SCR 16
- SMC 141
- BFS 67



Diferencias en fijación simbiótica de nitrógeno



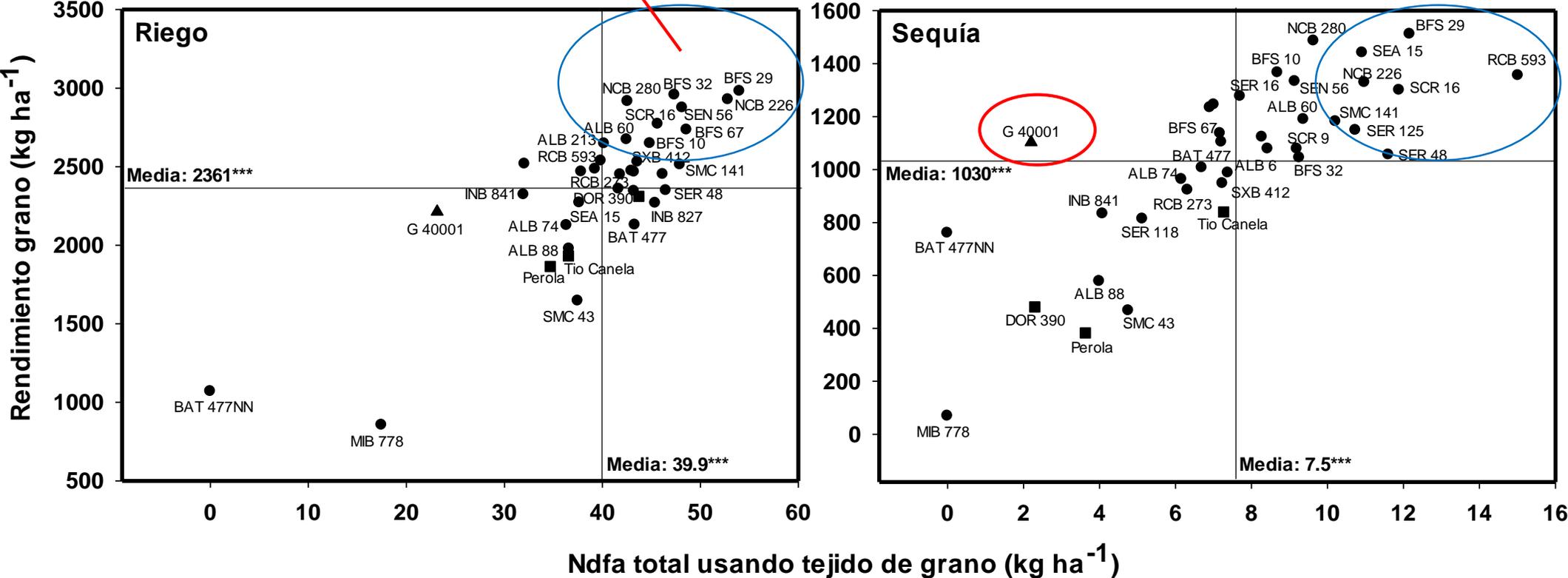
Sensibilidad SNF a estrés por sequía

Riego 48% vs Sequía 20%



Diferencias en fijación simbiótica de nitrógeno

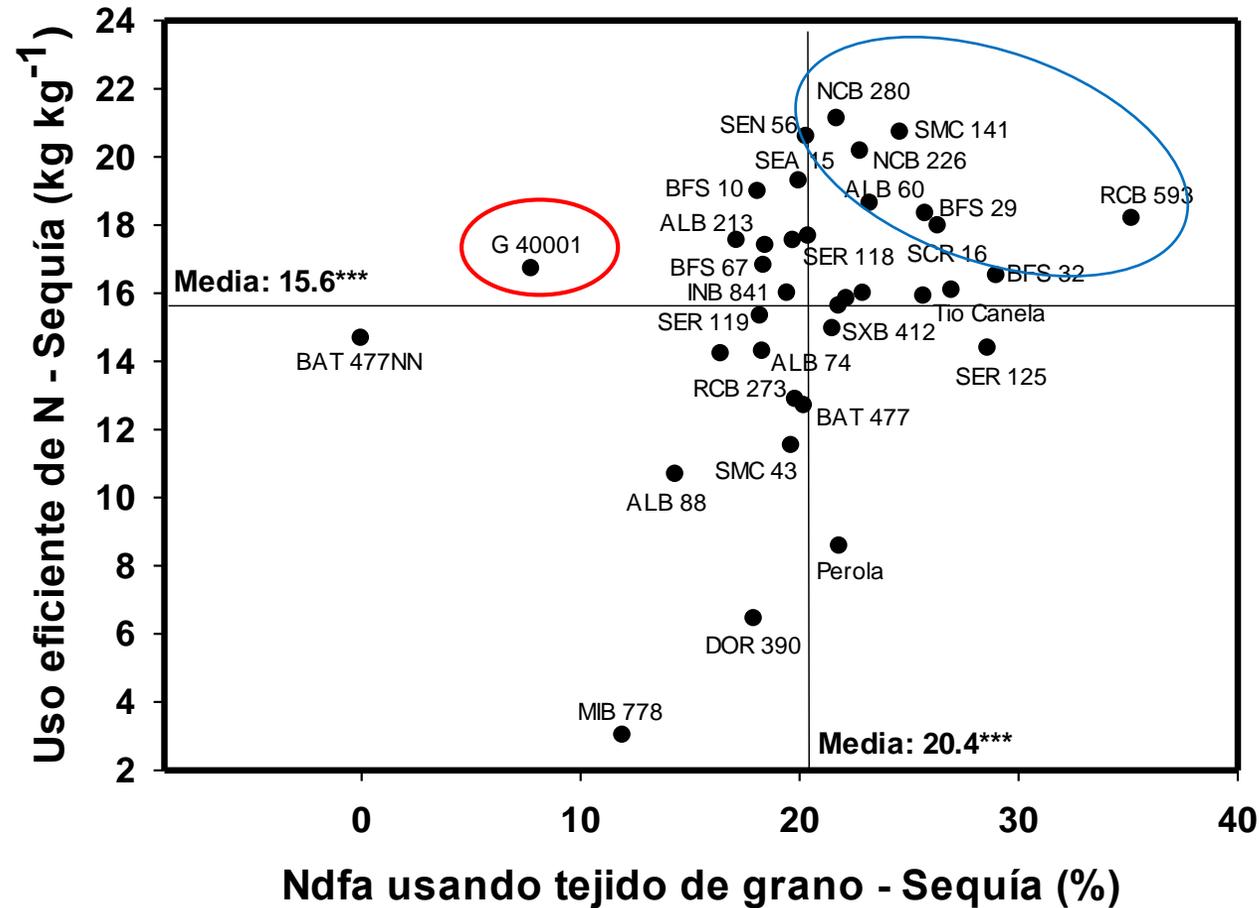
50 Kg N fijado es comparable con 150 Kg N aplicado



Sensibilidad SNF: Riego 40 kg/ha vs Sequía 7.5 kg/ha



Fijación y eficiencia de uso de N



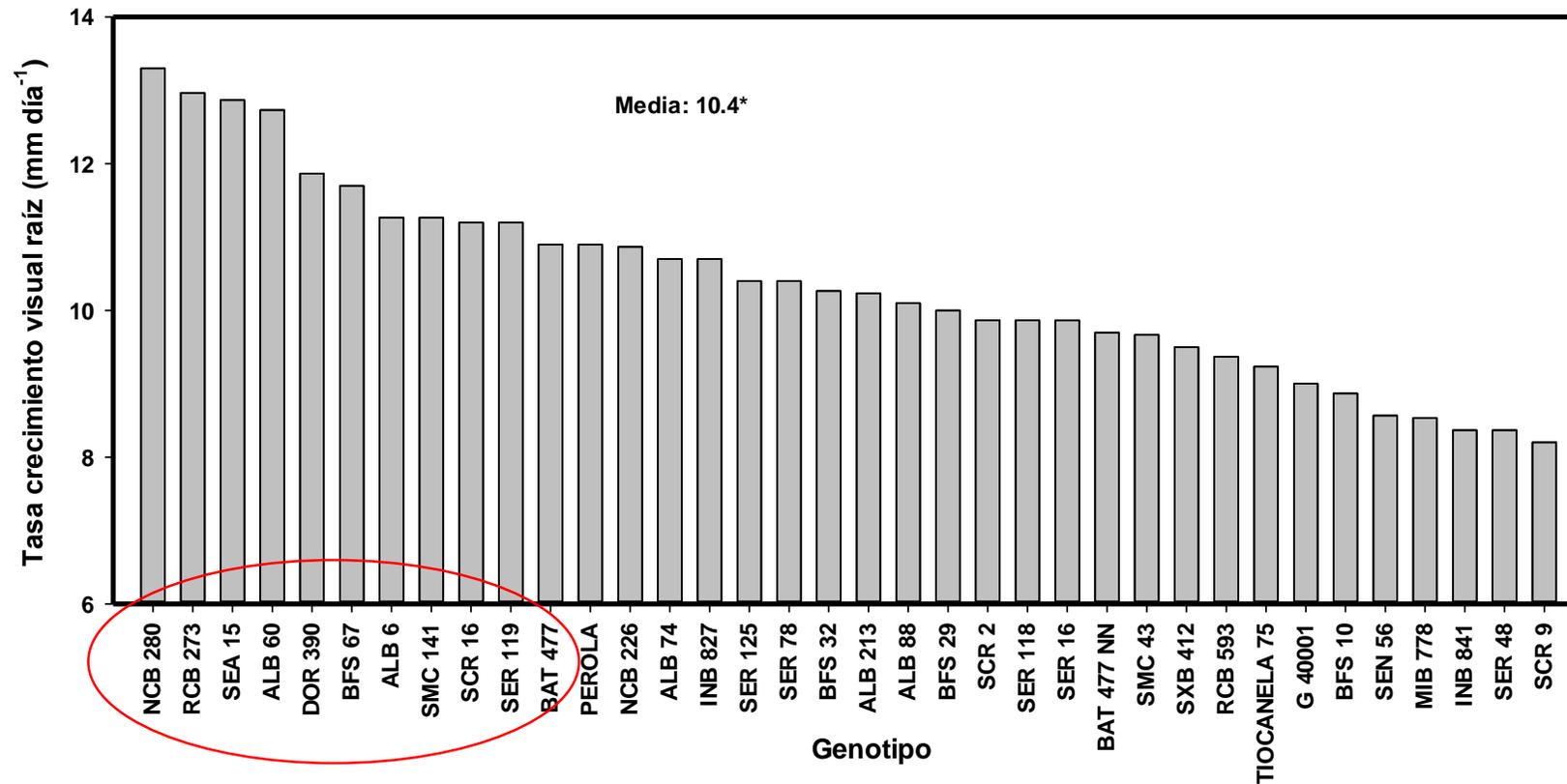
Mejores fijadores de nitrógeno con mayor uso eficiente de N

Identificación de características raíces relacionadas con la resistencia al estrés por sequía



- Invernaderos CIAT - Palmira
- Cilindros plásticos transparentes insertados en tubo de PVC
- 120 cm largo x 7.5 cm diámetro
- Mollisol con arena 2:1
- Tratamiento sequia 10 dds, cosecha 45 dds
- Profundización visual de raíz (cm)
- Longitud total de raíz (m/planta)
- Proporción de raíces finas (%) raíz con diámetro de 0.5 mm
- Diámetro de raíz (mm)
- Biomasa de raíz (g/planta)
- Correlación con rendimiento grano (campo)

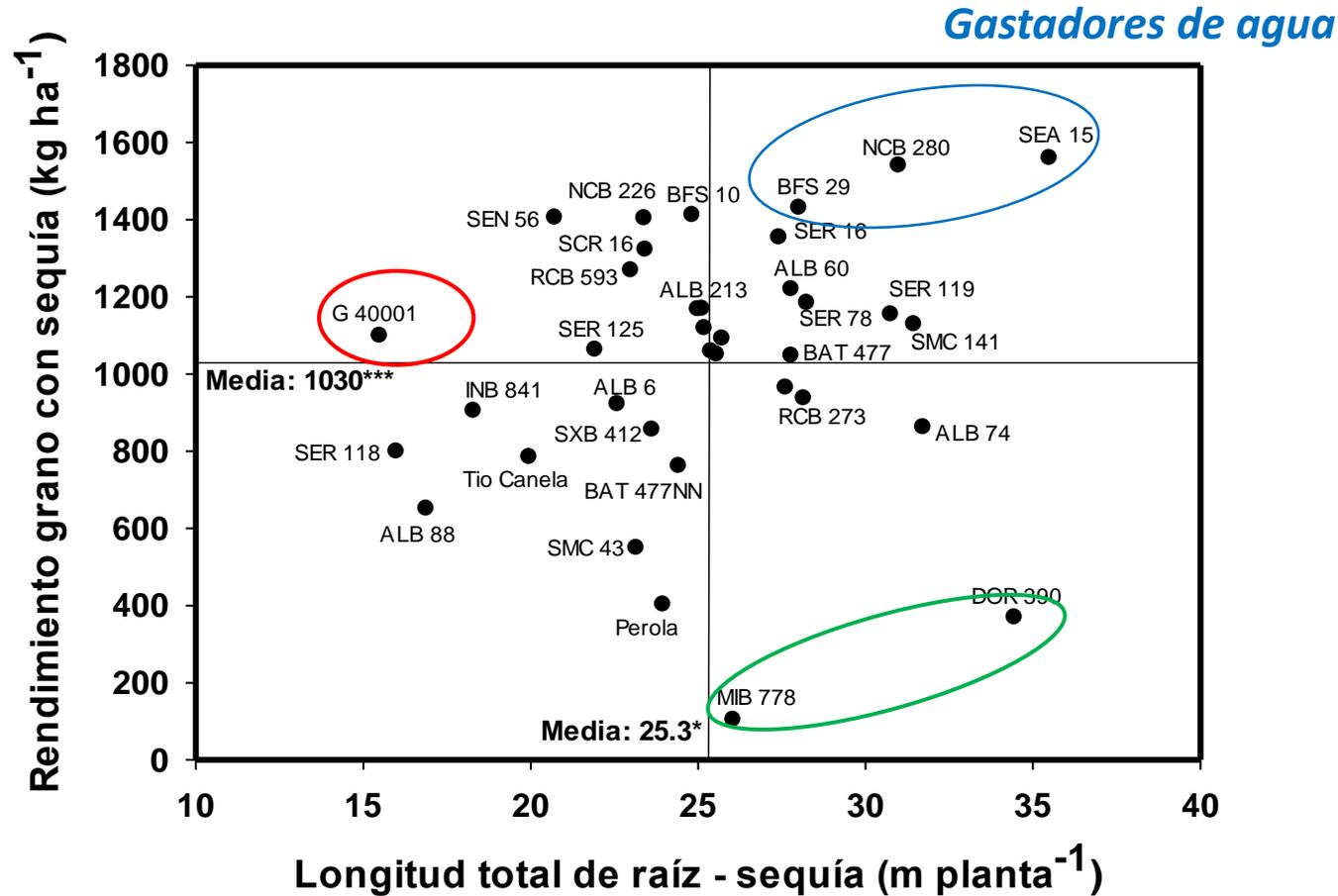
Diferencias en crecimiento de raíz en estrés por sequía



Genotipos con mayor capacidad de profundizar raíces bajo estrés por sequía



Relación entre producción de grano y producción de raíces

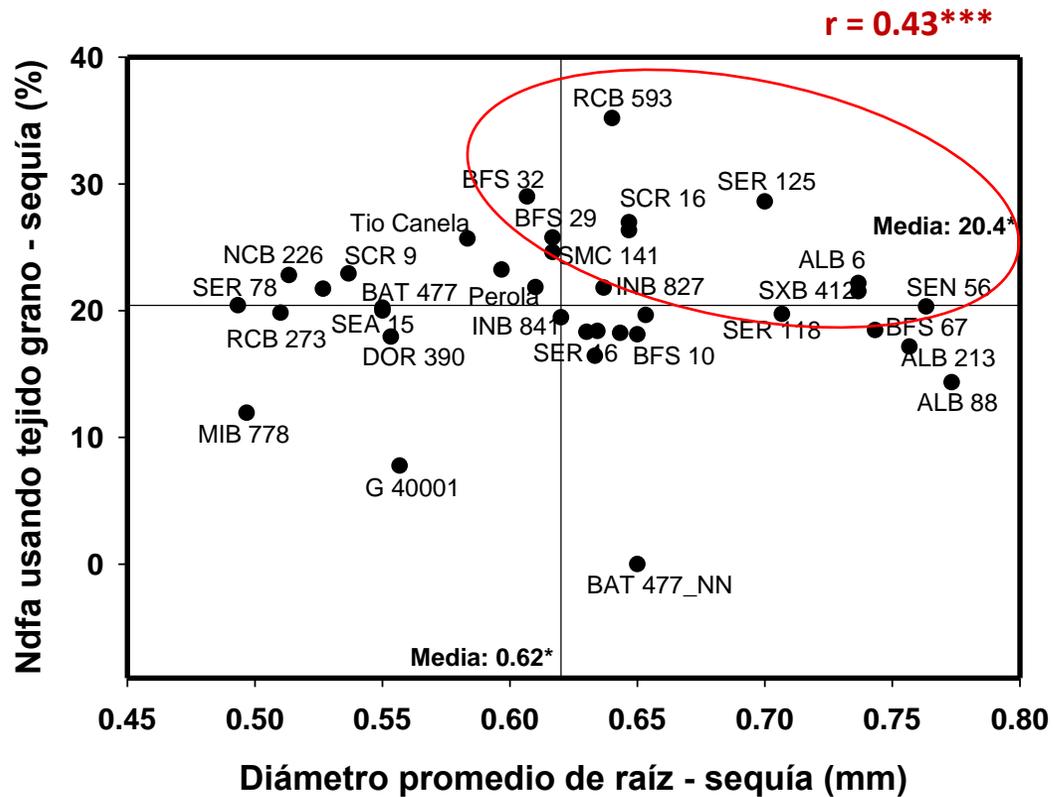


*Gastadores de agua
relacionados con mayor
raíces*

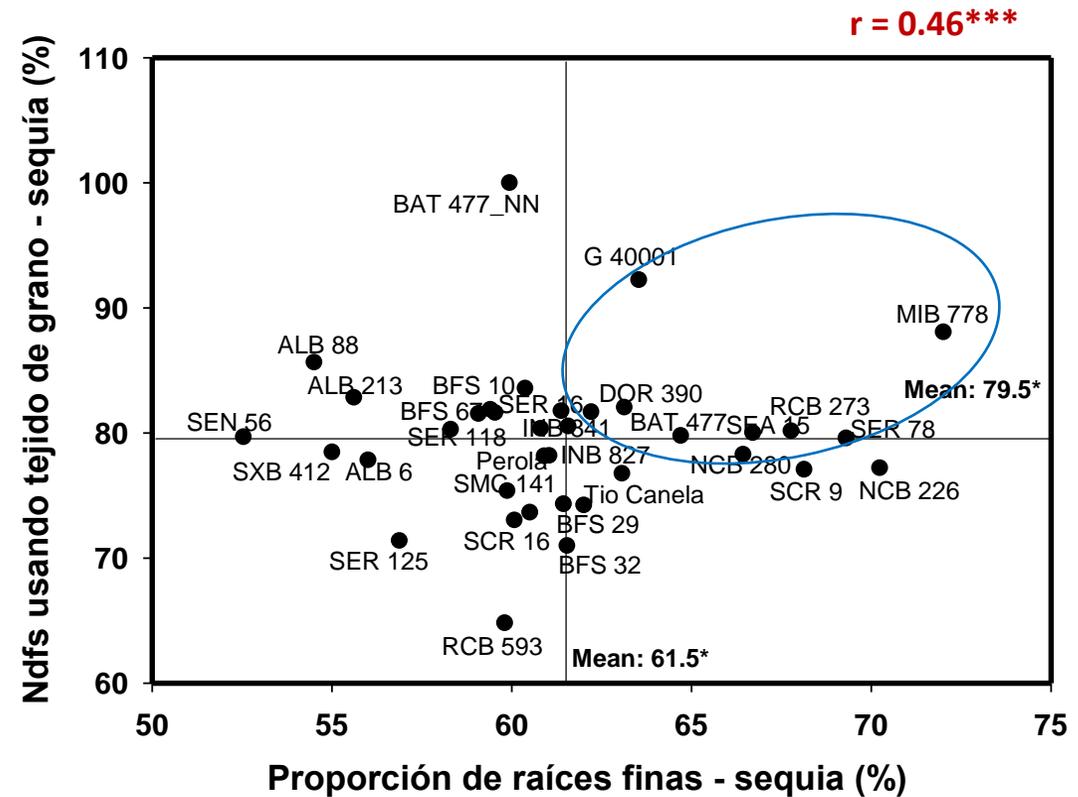
*Ahorradores de agua
relacionados con menor*

*Más raíces no es
necesariamente más
rendimiento*

Relación de raíces con fijación y absorción de N



Mejor capacidad SNF asociada a raíces gruesas



Mayor absorción de N asociado a mayor presencia de raíces finas

Ideotipos de plantas de frijol:

Ahorradores de agua

- Superficial a intermedio sistema de raíces
- Intermedia tasa de crecimiento y penetración de raíces
- Sistema de raíces finas
- Baja habilidad SNF
- Precocidad
- Alta eficiencia de uso de agua (WUE)
- Reducida tasa de transpiración
- Menor discriminación ^{13}C
- Limitada área foliar y biomasa aérea
- Reducida fuerza de vertedero
- Superior movilización de fotoasimilados a formación de vaina y grano

*Zonas con sequia terminal,
suelos con baja capacidad
de almacenar agua*



Gastadores de agua

- Profundo y vigoroso sistema de raíces
- Rápida tasa de crecimiento y penetración de raíces
- Sistema de raíces gruesas
- Moderada habilidad SNF
- Precocidad
- Uso efectivo de agua (EUW)
- Moderada tasa de transpiración
- Mayor discriminación ^{13}C
- Moderada área foliar y biomasa aérea
- Moderada fuerza de vertedero
- Superior movilización de fotoasimilados a formación de vaina y grano

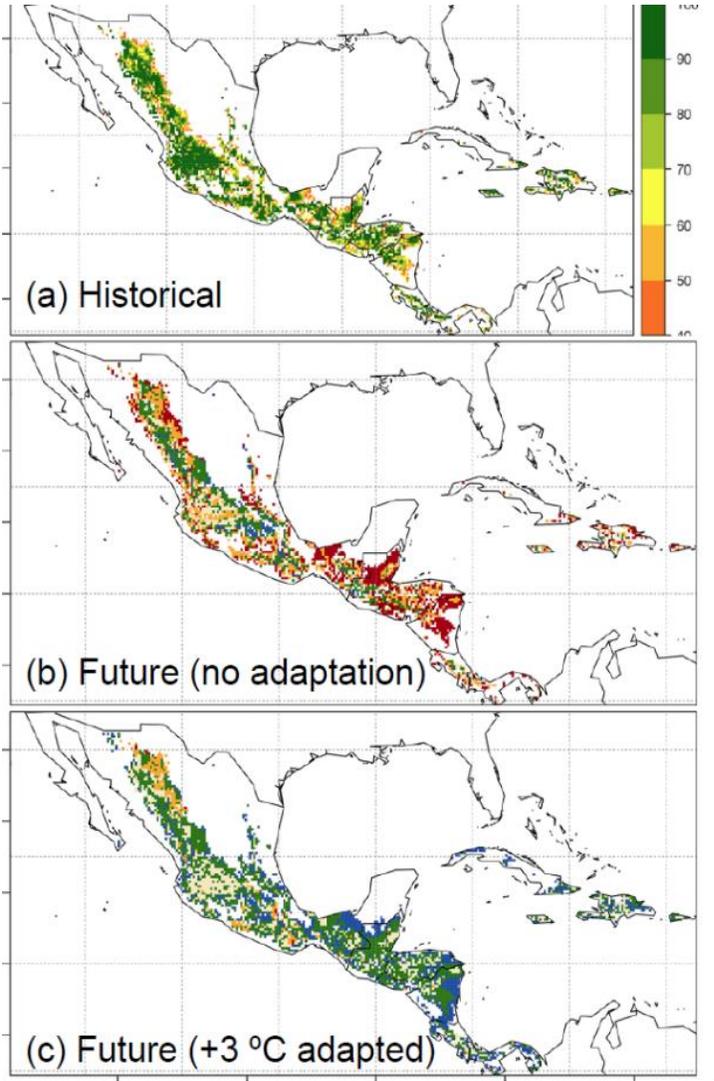
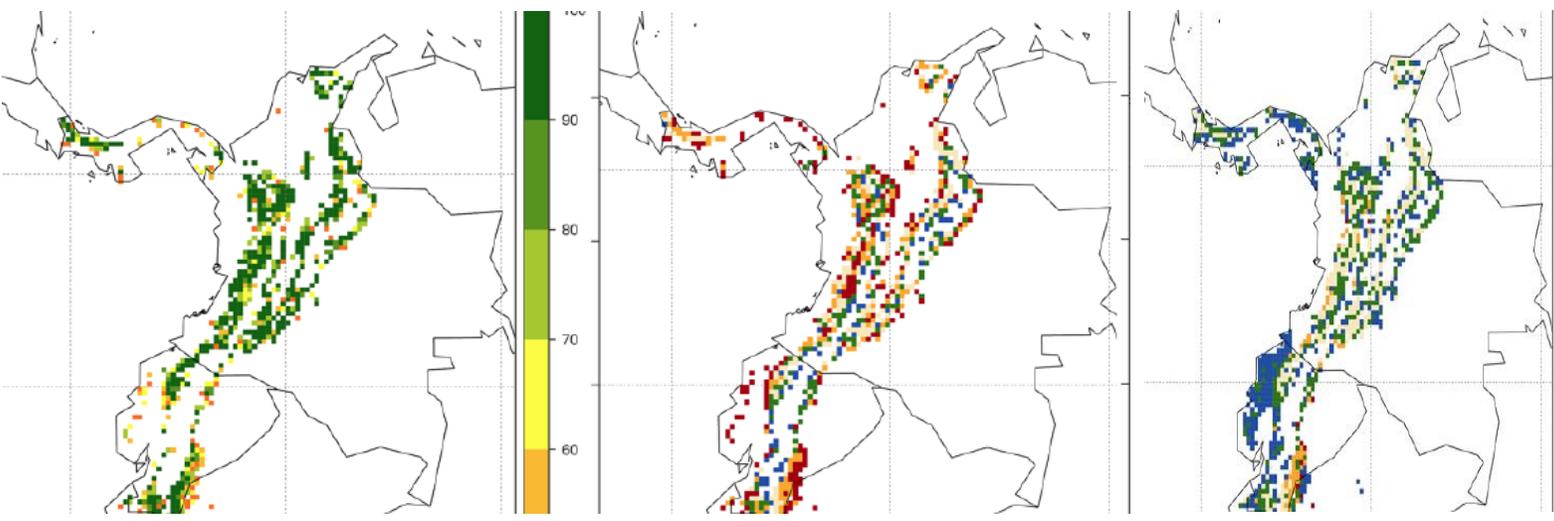
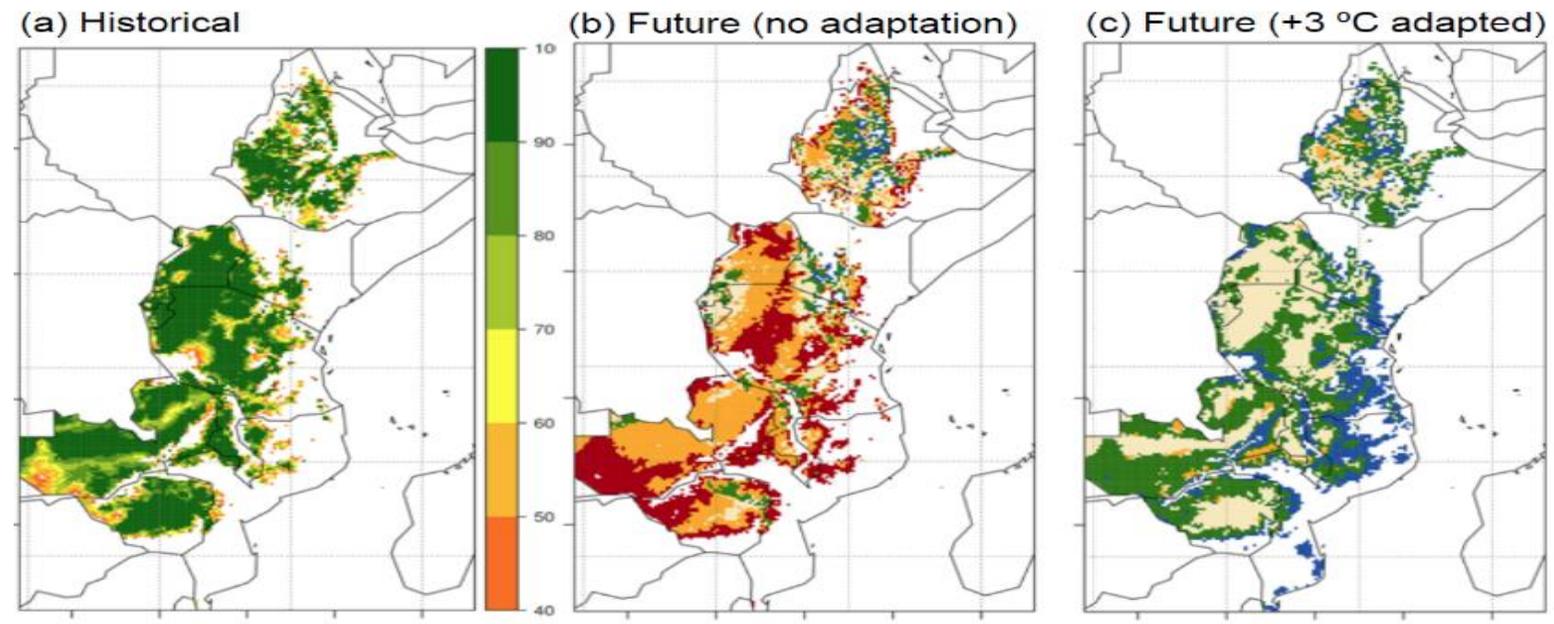
*Zonas con sequia
intermitente, suelos con alta
capacidad de almacenar agua*

Adaptación a estrés por sequía:

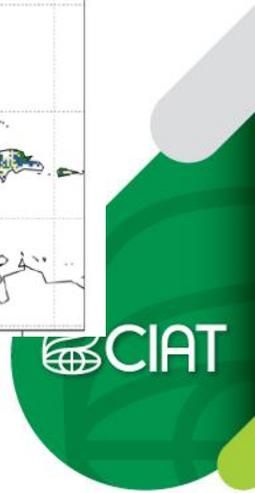


- Combinación estratégica de características es clave en resistencia a sequía en frijol
- Desarrollo de variedades con características apropiadas según zona agroecológica (ahorradores y gastadores)
- Líneas identificadas como gastadores de agua presentan raíces profundas
- Líneas identificadas como ahorradores de agua presentan sistema de raíces superficial
- Superior SNF asociado con mayor presencia de raíces gruesas
- Superior absorción de N asociado a mayor presencia de raíces finas

Adaptación a Calor

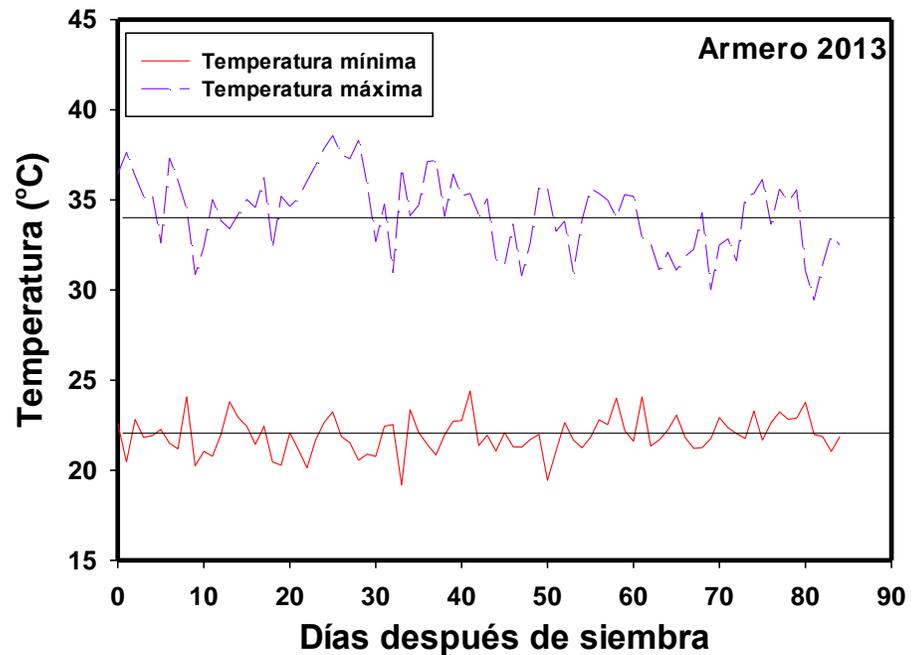


Julian Ramirez, CIAT, 2015

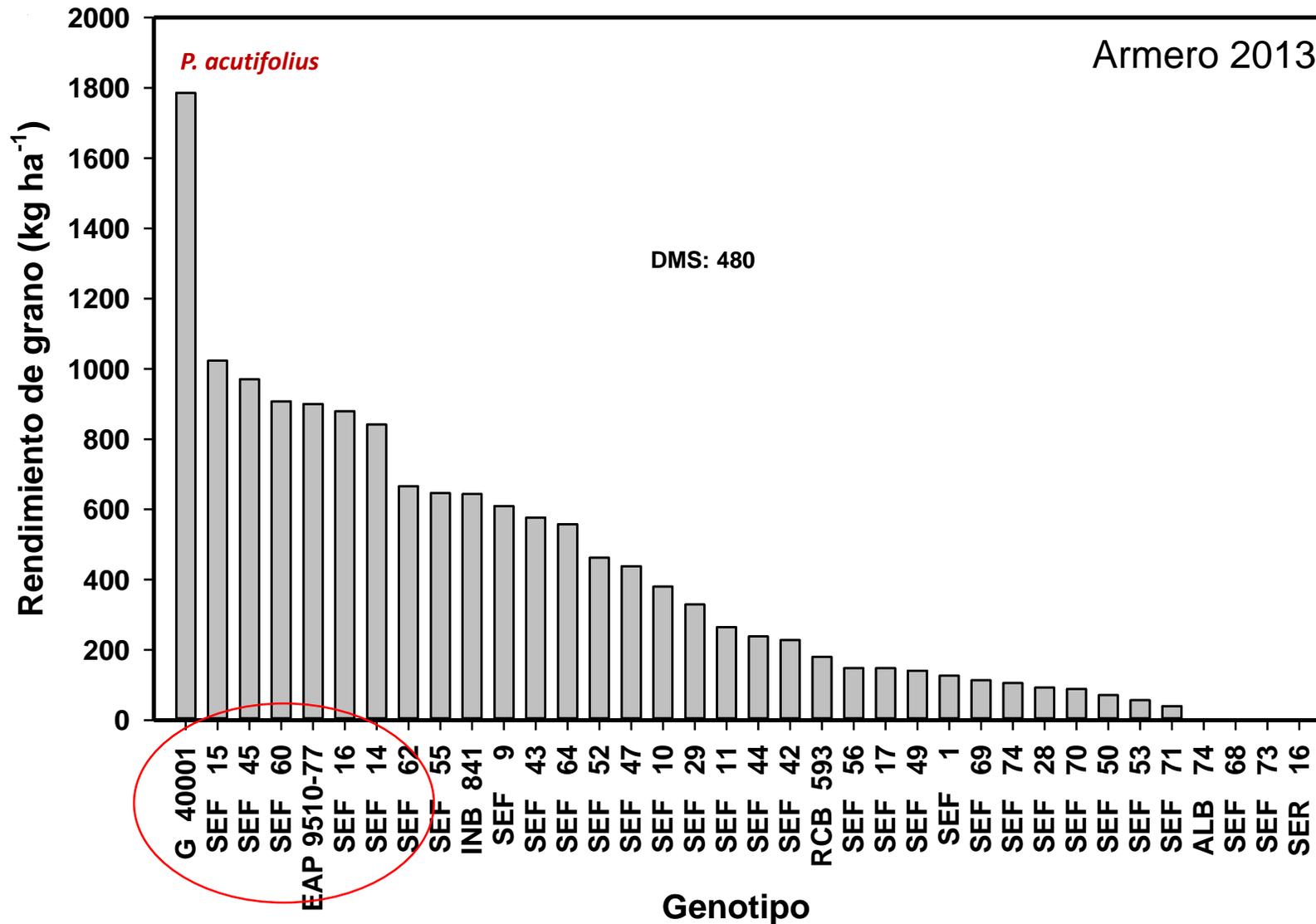


Evaluación Tolerancia a Calor

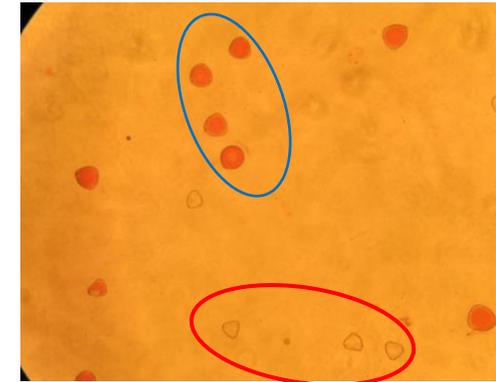
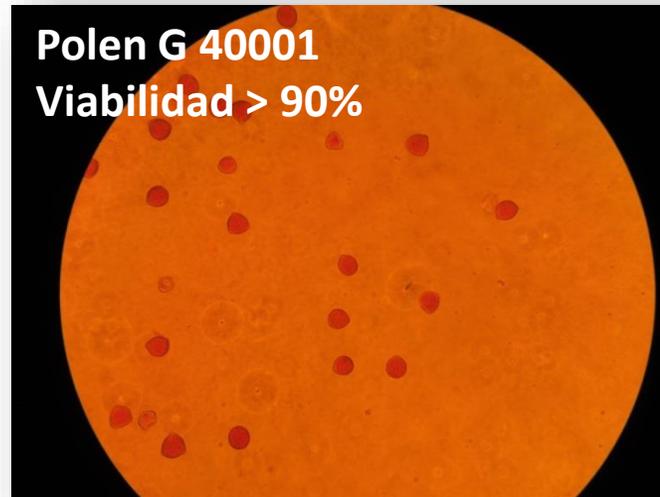
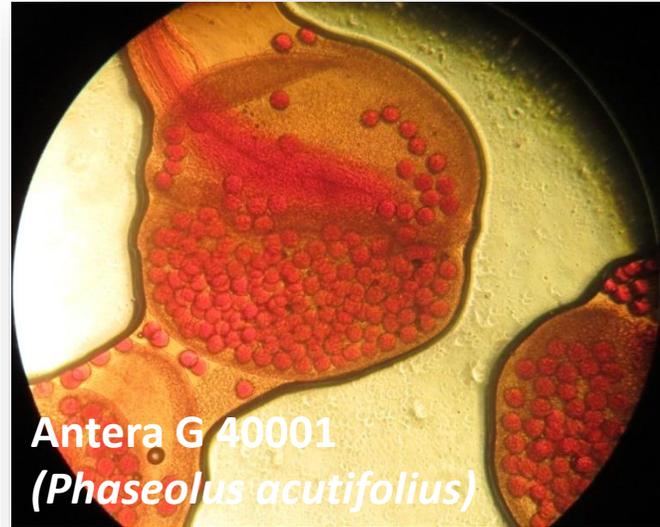
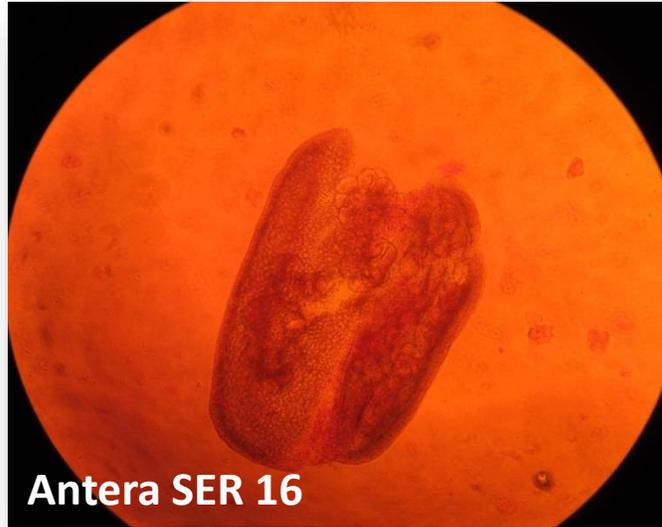
Temperatura °C	Palmira (CIAT)	Armero (U.T.)	Santa Marta (Corpoica)
Temperatura máxima	31	35	34
Temperatura mínima	19	22	23
		+ 3°C	+ 4°C



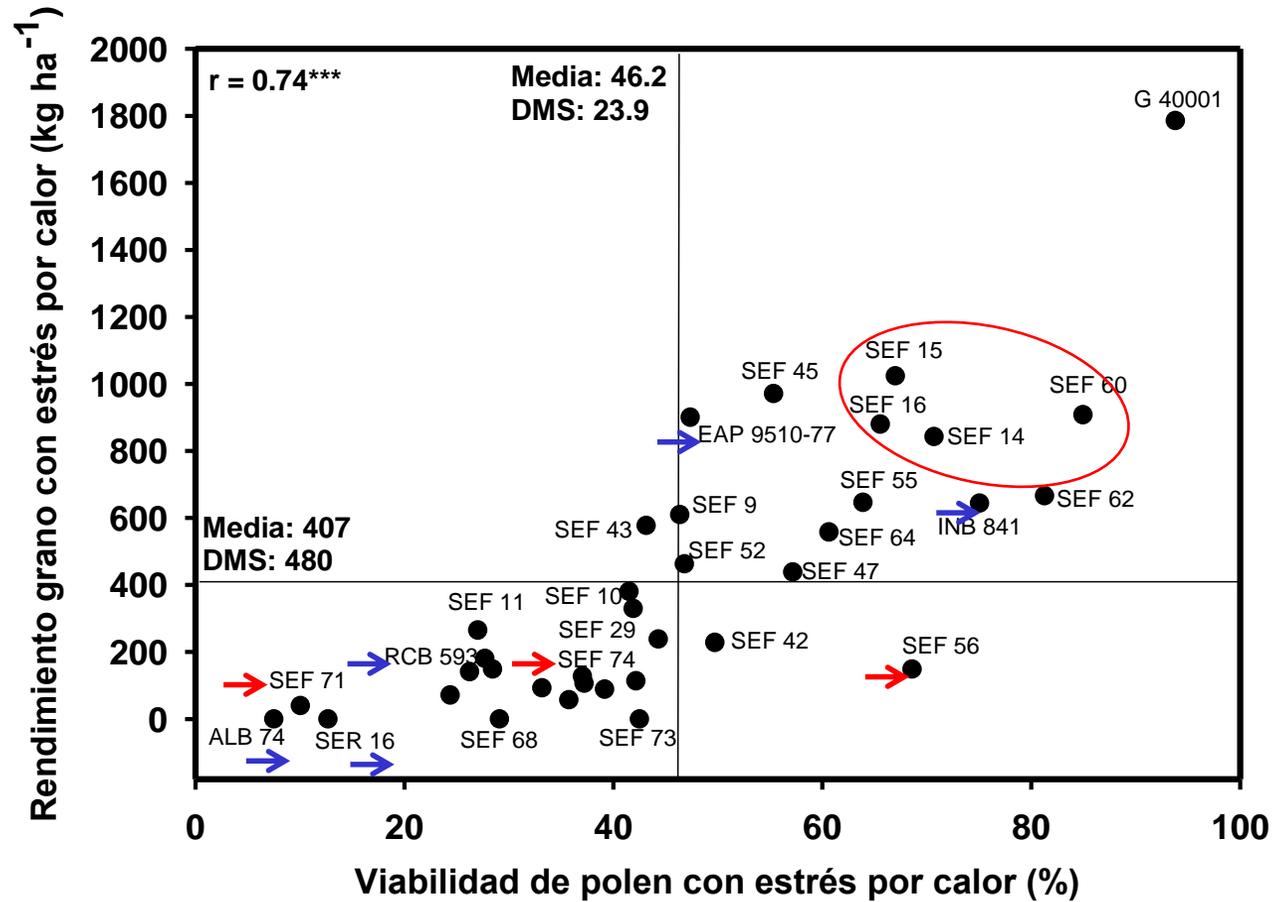
Efecto de altas temperaturas sobre la producción de grano en líneas SEF - Armero



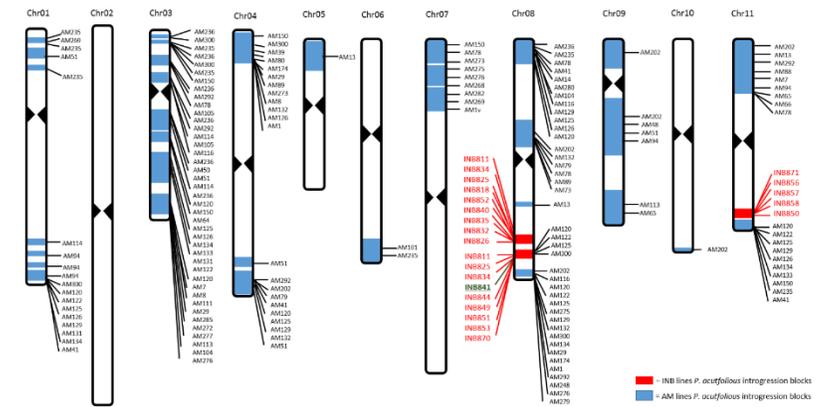
Efecto de estrés por calor en formación de antera y viabilidad de polen



Relación entre viabilidad de polen y producción de grano con estrés por calor



Phaseolus acutifolius introgression regions in *P. vulgaris* at AM and INB interspecific cross populations



Bloques de Introgresión de *P. acutifolius* detectados en líneas inter específicas INB (rojo)**

** Juan D. Lobaton

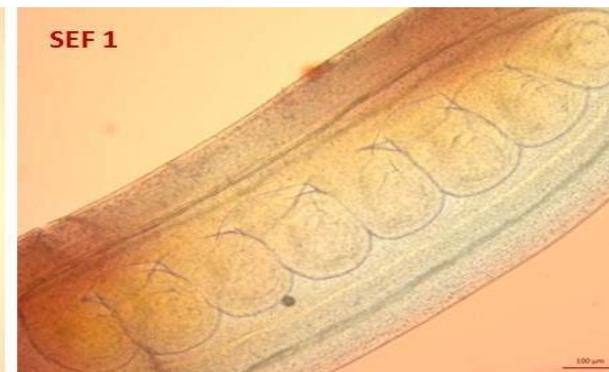


Combinación de características: viabilidad de polen y mejor capacidad para llenar grano

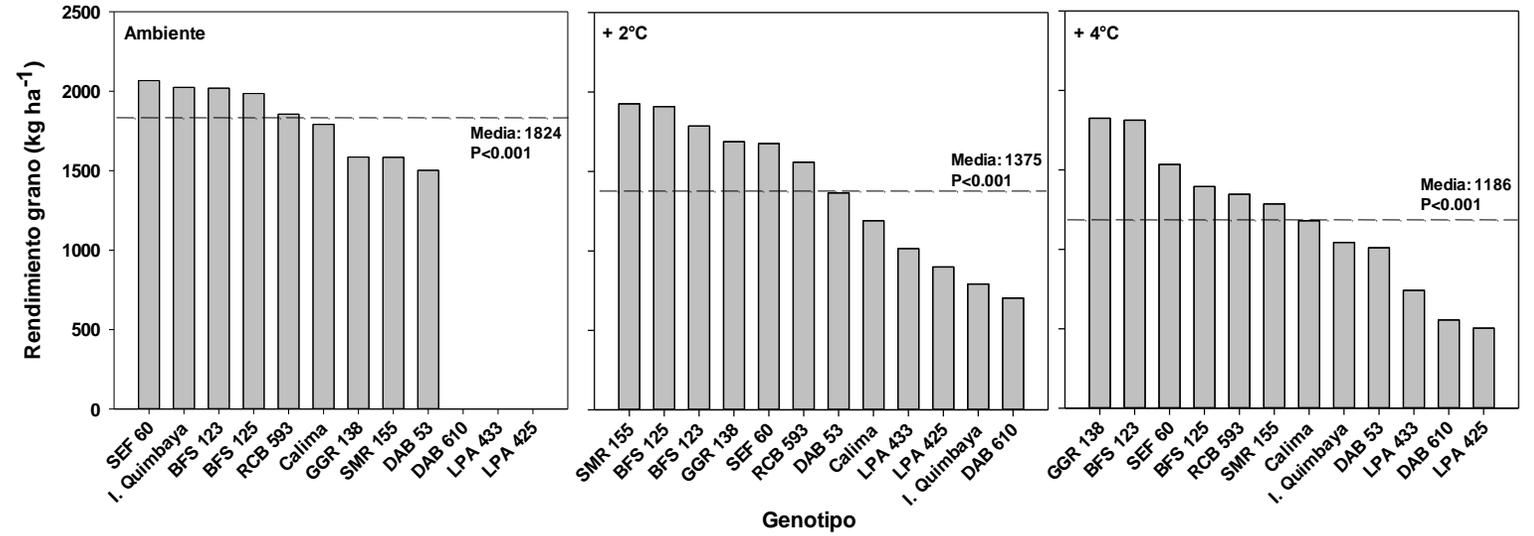
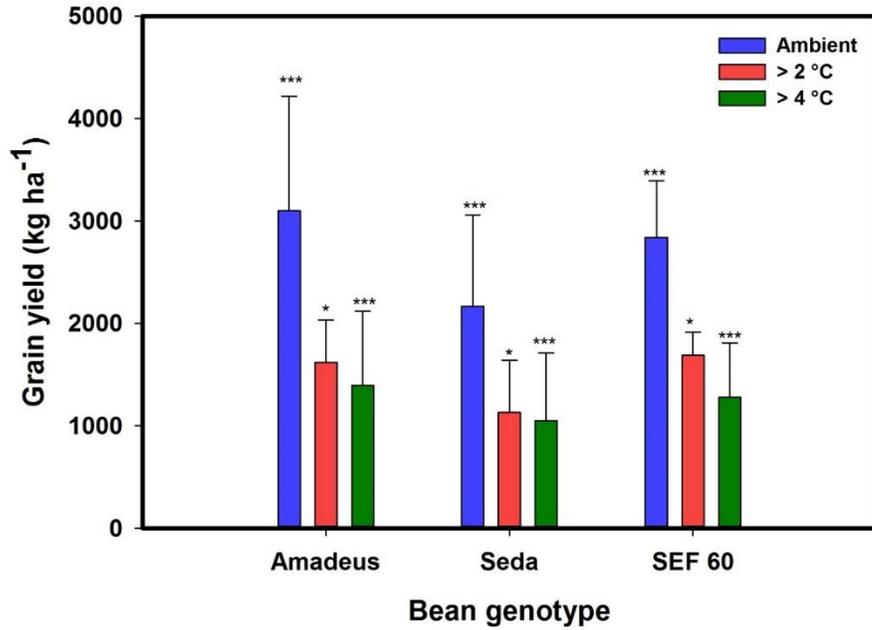


Infraestructura para evaluación de efectos de calor

CIAT - Palmira



Tolerancia a calor: Invernaderos CIAT HQ



Genotipos identificados con adaptación a temperaturas mínimas > 22 °C

- G 40001 (*P. acutifolius*)
- G 40027 (*P. acutifolius*)
- G 40141 (*P. acutifolius*)
- SEF 10
- SEF 12
- SEF 14
- SEF 15
- SEF 16
- SEF 42
- SEF 56
- SEF 59
- SEF 60
- SEN 56
- SEN 97
- SEN 100
- SEN 107
- SER 118
- SER 289
- SER 320
- SIN 524
- SIN 525
- SIN 526
- SMC 135
- SMC 137
- SMC 140
- SMN 51
- SMN 57
- SMR 39
- SMR 43
- SMR 139
- SAP 1
- SAP 1-16
- SXB 412

Interespecificas P. acutifolius

- INB 841
- INB 604
- INB 837
- INB 818
- INB 833

Adaptación a estrés por calor:

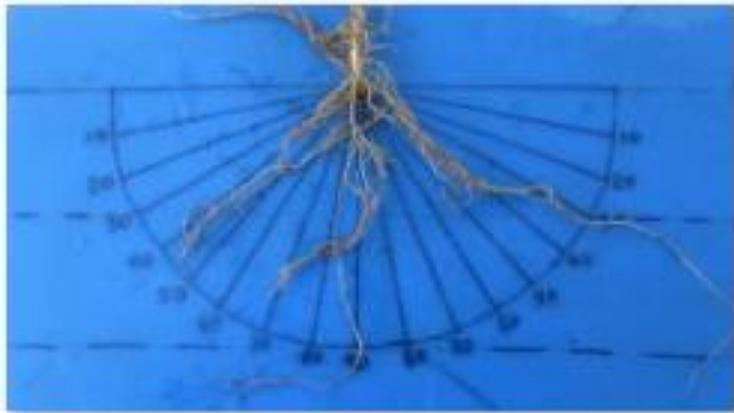


- Estrategia de enfrentar cambio climático con generación de líneas adaptadas a través de mejoramiento genético
- *Phaseolus acutifolius* identificado como fuente de tolerancia a estrés por calor
- Fase reproductiva altamente sensible al estrés por calor en frijol común
- Viabilidad de polen característica para selección por tolerancia a calor
- Superior rendimiento de grano en estrés por calor asociado con mayor viabilidad de polen y movilización de fotoasimilados

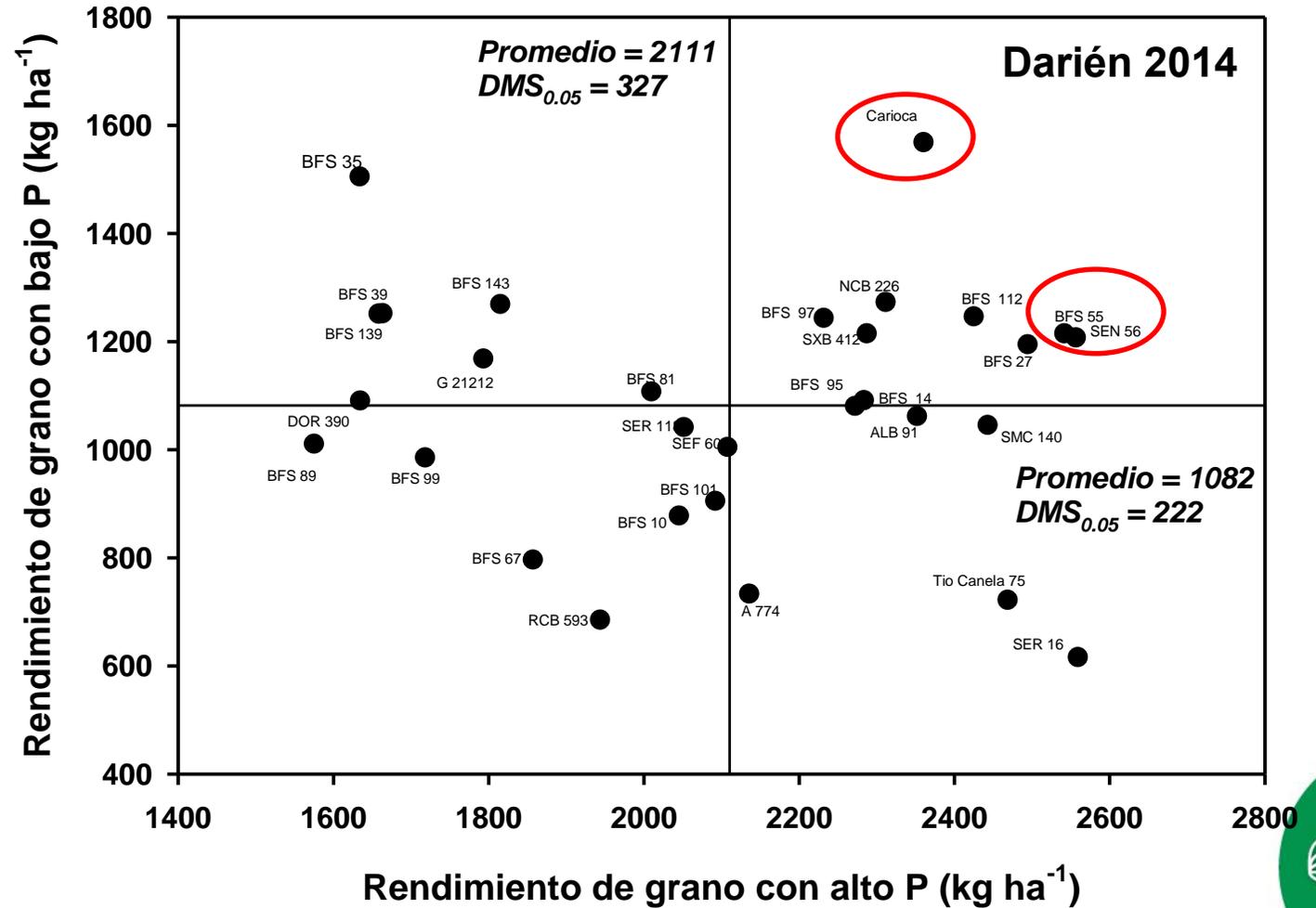
Adaptación a bajo fósforo en el suelo → raíces



BFS 55 Bajo P



Carioca Bajo P



Líneas adaptados a compactación de suelo

La compactación afecta el rendimiento de los cultivos, porque altera las propiedades funcionales del suelo:



- Aireación
- Movimiento del agua

- Distribución de la porosidad
- Dureza

Gracias



**BILL & MELINDA
GATES foundation**

