



GWAS para tolerancia a baja radiación en fase de llenado de grano en arroz (*Oryza sativa* L.)

Yulieth Vargas - *Pontificia Universidad Javeriana, Cali*

Alejandra Rubio - *Alliance Bioversity-CIAT*

Eliel E. Petro - *Alliance Bioversity-CIAT*

Maria C. Rebolledo - *Alliance Bioversity-CIAT –
CIRAD, AGAP-Pam, Montpellier, France*

Improvement of agricultural crops

Virtual Symposium in Plant Omics Sciences

November 23 - 27

Alliance



INTRODUCCIÓN

- La variabilidad climática aumenta la exposición de los cultivos de arroz a **BAJAS RADIACIONES**



- Clima continuamente nublado
- Continuas precipitaciones
- Aumentos en los contaminantes del aire

(Liu, Wu, Chen, Ma, & Gao, 2014, Mu et al. 2010).



Esta inestabilidad ha causado:

- ✓ Cambio en las fechas de siembra
- ✓ Cero garantía a los agricultores para ventana de siembra fija

Los cultivos de arroz están más expuestos a bajas radiaciones al final del ciclo



BAJA RADIACION

Factor limitante durante el llenado de granos

➤ Reducción significativa en los rendimientos:

Pérdida de alrededor del **40 al 50%** en India (Sekhar et al., 2019), China (Ren et al. 2016) y Colombia (Delerce et al. 2016).

➤ Reducción del 50% de la radiación durante la etapa de llenado del grano.



Redujo el llenado de las espiguillas y el rendimiento

(Yoshida, 1981) (Wang, Deng y Ren, 2015).



ESTUDIOS PARA LA TOLERANCIA A BAJA RADICACIÓN EN ARROZ

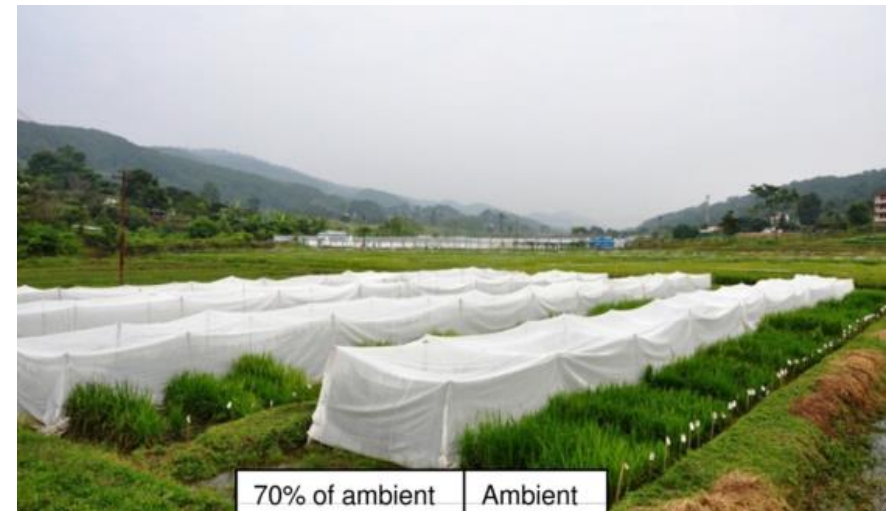
- Rasgos relacionados con la tolerancia a baja radiación durante el llenado del grano comparando un **pequeño número de genotipos**

(Wang, Deng y Ren, 2015a) (Wei et al., 2018) (Wang et al., 2016) (Wang, Deng y Ren, 2015b).

- Panel de diversidad (110 líneas): Aplicaron tratamiento de baja radiación en **plántulas de 40 días**.



Reducción en el rendimiento de grano
asociada a una reducción en granos por panícula
y fertilidad.



(Dutta et al., 2018).

No hay reportes: Estudios de la respuesta a la **baja radiación** durante las condiciones de la etapa de llenado de grano en un panel de diversidad en el campo.



Dificultad de hacer coincidir la etapa de llenado de grano en condiciones de campo en un panel con genotipos con fenología diversa (Kadam et al 2018).



Los rasgos relacionados con la tolerancia a la sombra son difíciles de estudiar:

- ✓ Tolerancia a la sombra puede cambiar según el entorno.
- ✓ El efecto del sombreado puede depender de la cantidad de nutrientes disponibles (N)



Necesario validar los rasgos relacionados con la tolerancia a baja radiación en diferentes entornos, en estudios de campo.

Para encontrar rasgos relacionados con la tolerancia a la baja radiación y que revelen **la plasticidad del arroz en tales condiciones**, es necesario evaluar los rasgos relacionados con la **fuentes, el sumidero y la relación fuente-Sumidero**

FUENTE de Co₂ : Biomasa no reproductiva (Hojas, tallos, raíces)

- ✓ Fotosíntesis
- ✓ Tasa de transporte de electrones
- ✓ Contenido de clorofila
- ✓ Senescencia

Genotipos tolerantes: Mayor llenado de espiguillas con poca luz; **Aumentan la tasa fotosintética** neta máxima y presentan un mayor **uso eficiente de luz** (Wang, et al., 2015).

SUMIDERO de Co₂: Panículas , granos

- ✓ Fertilidad
- ✓ Peso de granos
- ✓ Tamaño de grano

La baja radiación reduce la actividad de la almidón sintasa inhibiendo el **llenado de granos** (Liu et al., 2014), disminuye la **viabilidad del polen**, reduciendo así directamente **el tamaño y la actividad de los sumideros**.

RELACION FUENTE-SUMIDERO

- ✓ Translocación o partición de carbono entre los órganos fuente y sumideros.

Durante el llenado de granos, las plantas de arroz sometidas a baja radiación darán prioridad a la partición de C en panículas mientras disminuyen las reservas en el tallo (Okawa, Makino y Mae, 2003).

Proxy para RELACION FUENTE-SUMIDERO

Área de la hoja bandera/Peso de los granos llenos

$$\text{RFS} = \frac{\text{Área de la hoja bandera}}{\text{Peso de los granos llenos}}$$

Es un indicador de la capacidad de los **órganos fuente** de la planta para **llenar los granos (sumidero)**

Fabre et al., (2020) y (2019) demostraron que la RFS es un indicador del estado **Fuente-Sumidero** en la planta. El cual responde a un **incremento de la fuente** (CO₂ atmosférico). Sugiriendo que también podría ser usado como un indicador de la eficiencia del uso de C dentro de la planta.

RFS es un indicador para la reducción de la fuente ? Estudio en condiciones de baja radiación

OBJETIVO

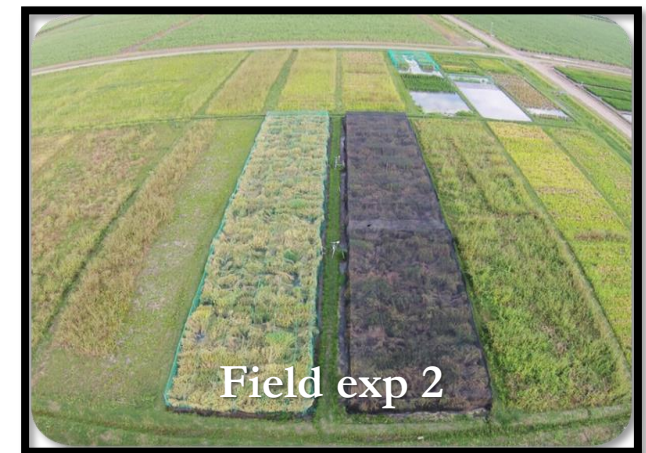
Conocer las regiones genéticas que controlan la respuesta del arroz a la sombra durante las condiciones de llenado de grano



MATERIALES Y MÉTODOS

Fenotipado en campo

- Se realizaron 2 experimentos de campo en el CIAT, en épocas contrastantes, con 204 variedades de arroz que consisten en genotipos mejorados y tradicionales con adaptación tropical y subtropical.
- Diseño experimental de parcelas divididas con 3 repeticiones y 2 tratamientos: Control y estrés (**50% de radiación** durante la etapa de llenado de grano)
- La siembra escalonada se realizó por grupo de genotipos para lograr la **sincronización en la floración**.
- Cuando las plantas alcanzaron el 50% de floración, fueron cubiertas hasta maduración con una malla de polietileno (tratamiento sombra), el resto de las plantas permanecieron como control (tratamiento luz).



VARIABLES EVALUADAS

FENOLOGÍA

- ✓ Días a floración al 50%
- ✓ Días entre floración y maduración

FUENTE

- ✓ SPAD de hoja bandera después floración
- ✓ SLA: Área foliar específica

RENDIMIENTO DE GRANO

SUMIDERO

- ✓ Porcentaje de fertilidad
- ✓ llenado de grano
- ✓ Peso de 1000 granos

RELACION FUENTE-SUMIDERO

Área de la hoja bandera/Peso de los granos llenos

DATOS GENOTÍPICOS

➤ **GENOTIPIFICACION:** Un Panel Subconjunto de 300 accesiones Indica, protocolo de secuenciación (GBS) (Elshire et al., 2011) en la Universidad de Cornell.

➤ **MAPEO DE ASOCIACIÓN:**

MATRIZ GENOTÍPICA

83,789 SNP (Exp-1)

81,662 SNP (Exp-2)

MATRIZ FENOTÍPICA

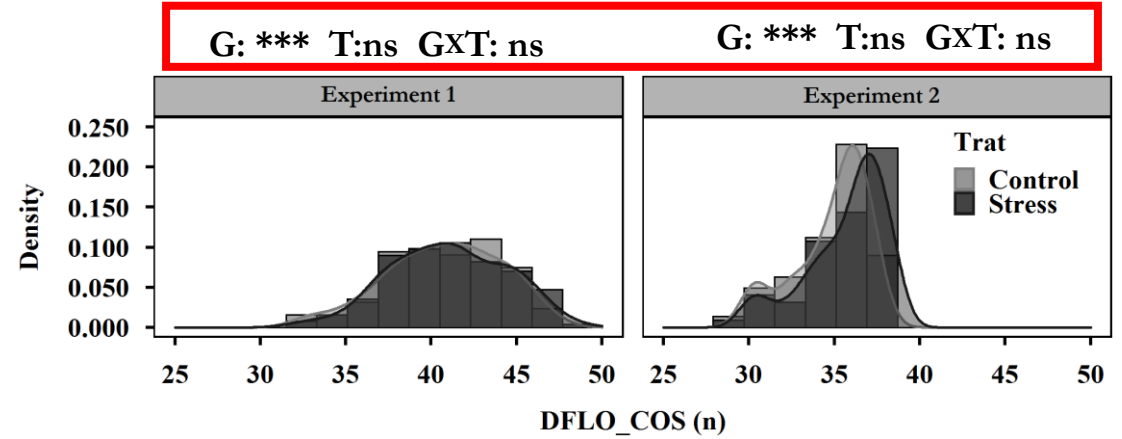
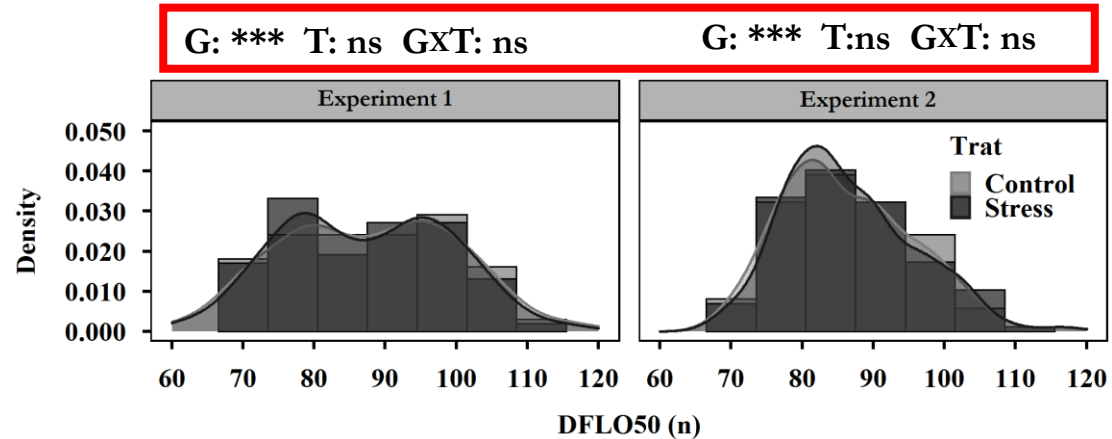
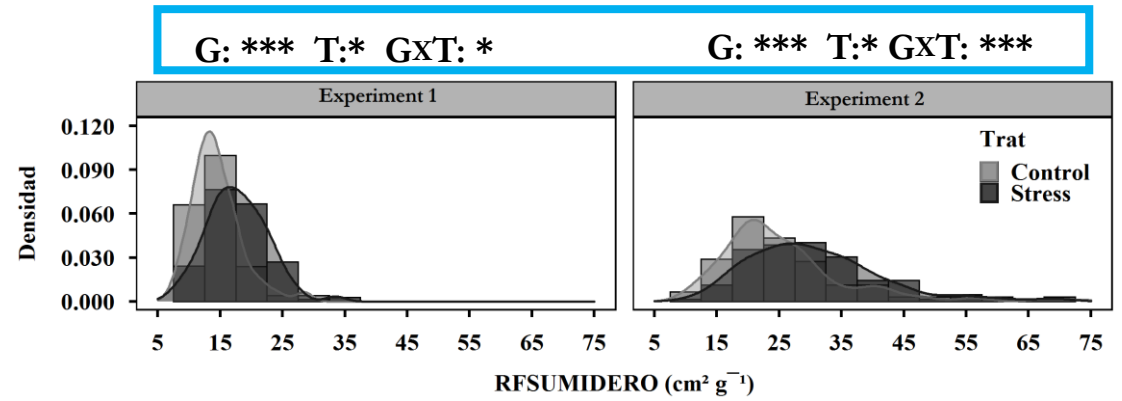
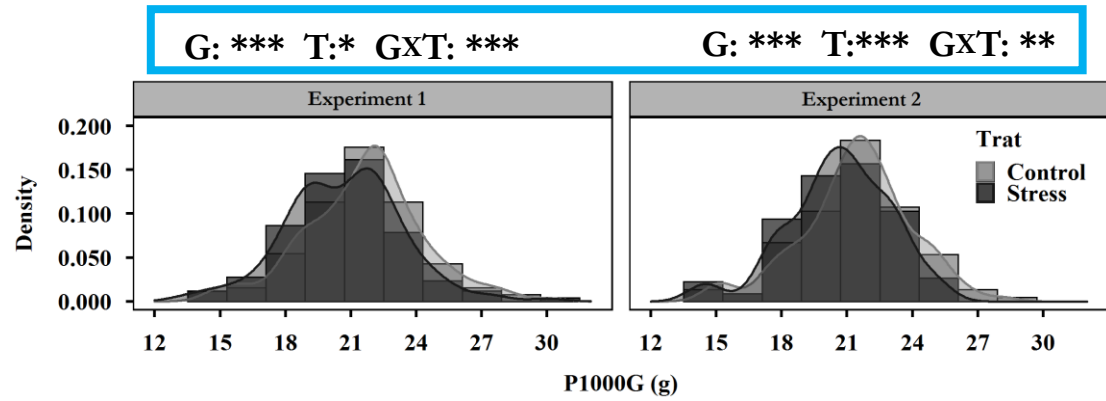
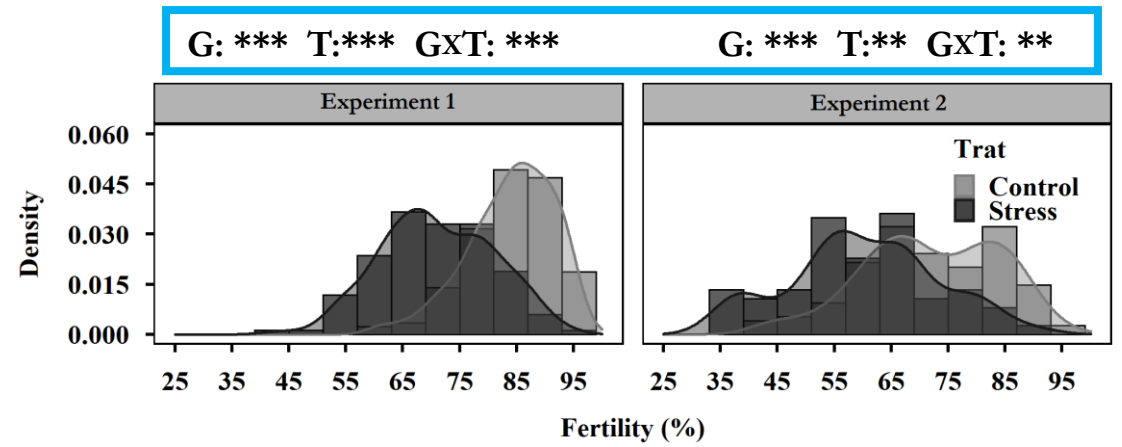
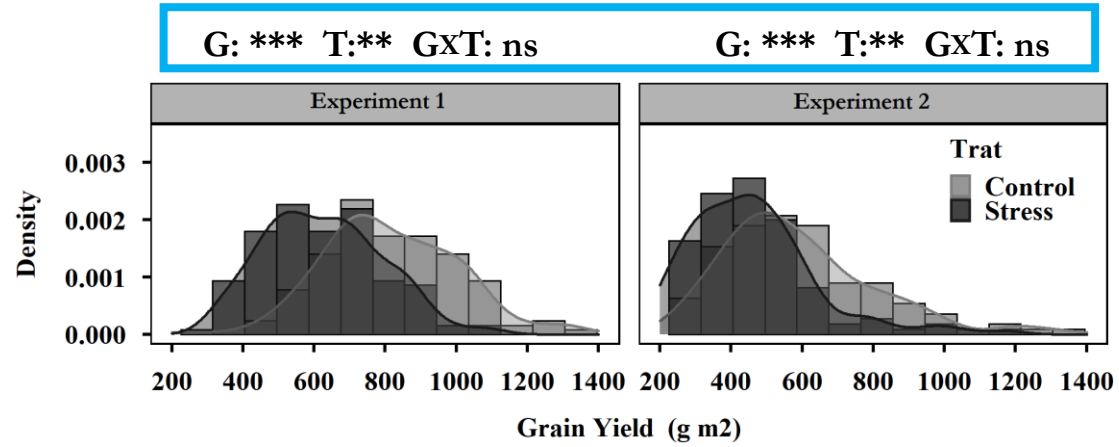
142 accesiones (Exp-1)

124 accesiones (Exp-2)

- Programa **TASSEL** v5.2.63 (Bradbury et al., 2007).
- Modelos **MLM** (Mixed Linear Model) y **GLM+PCA** (Generalized Linear Model + Principal Component Analysis).
- Se consideró significativa toda asociación con Log -10 **superior a 4**
- Para identificar las **regiones LD** (linkage disequilibrium) se utilizó el software Haploview 4.2 (Barrett, Fry, Maller, & Daly, 2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad genotípica en las variables evaluadas



QTL IDENTIFICADOS

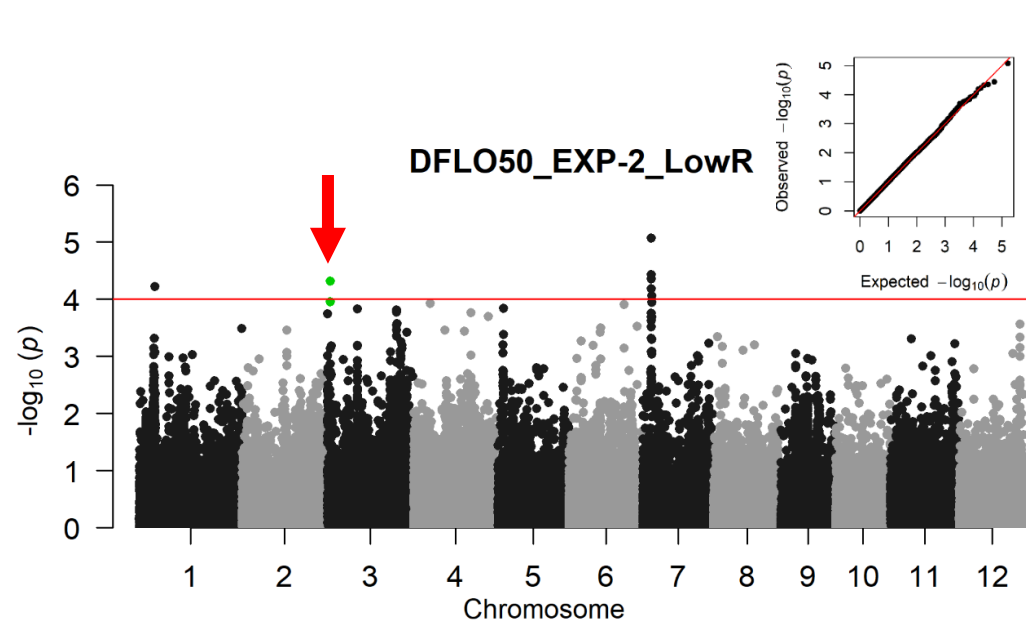
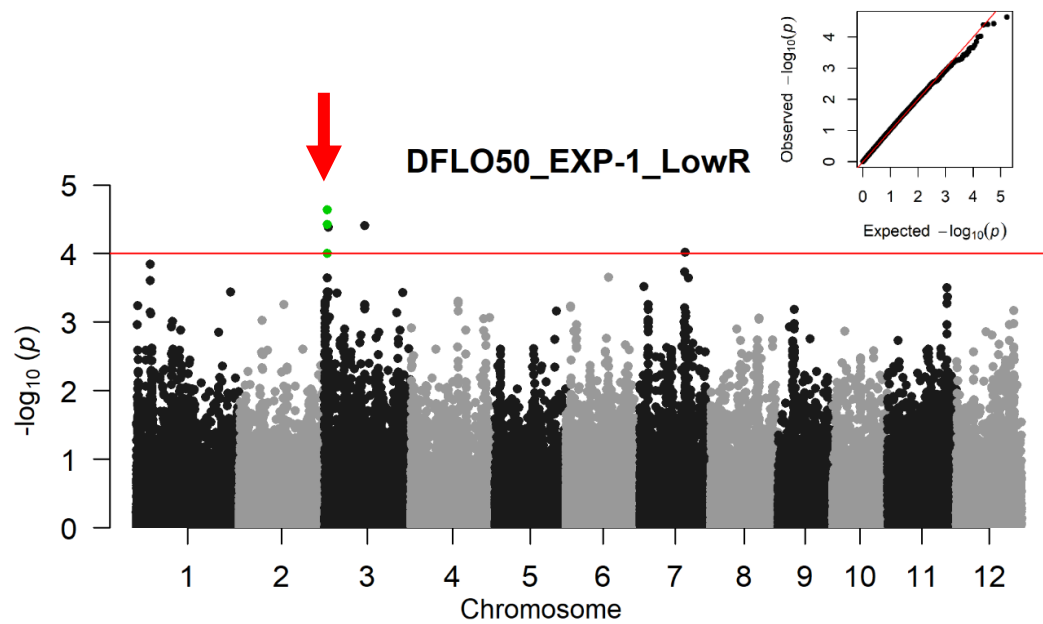
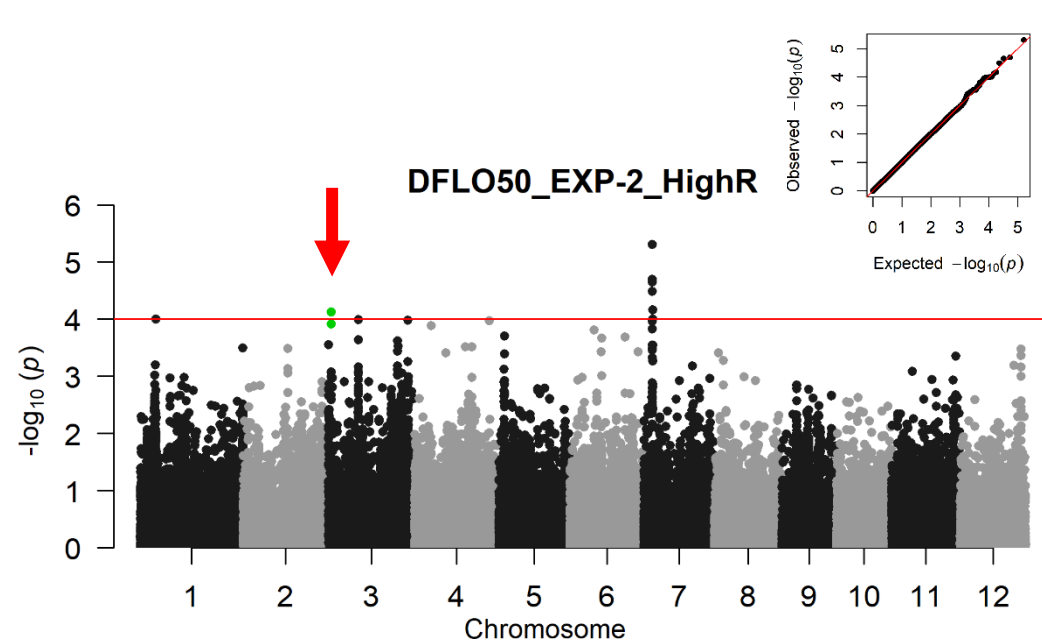
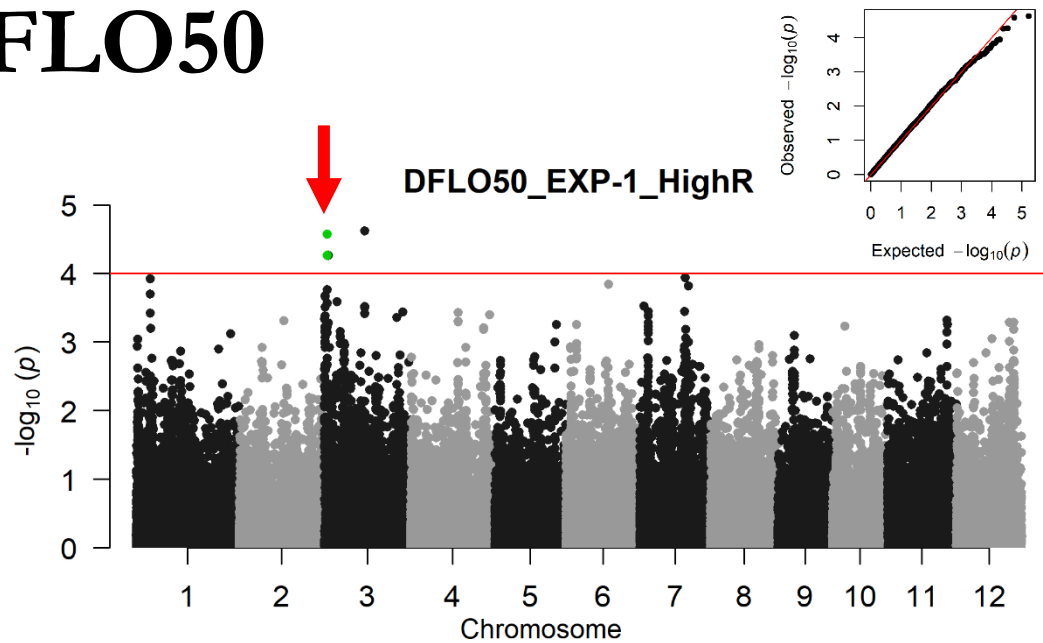
TRATAMIENTOS	EXPERIMENTOS	
	EXP-1	EXP-2
LUZ	18	27
SOMBRA	21	26
L-S	2	11
	41	64
COMUNES L-S	1	
COMUNES - SOMBRA	2	
TOTAL	108	

3 QTLs Comunes en los dos experimentos, están asociados a las variables:

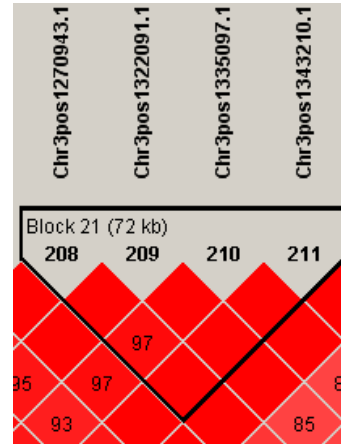
- Días a floración al 50% (DFLO50)
- Número de panículas por m² (NPXM2)
- **Relación fuente sumidero (RFS)**

QTLs COMUNES

DFLO50

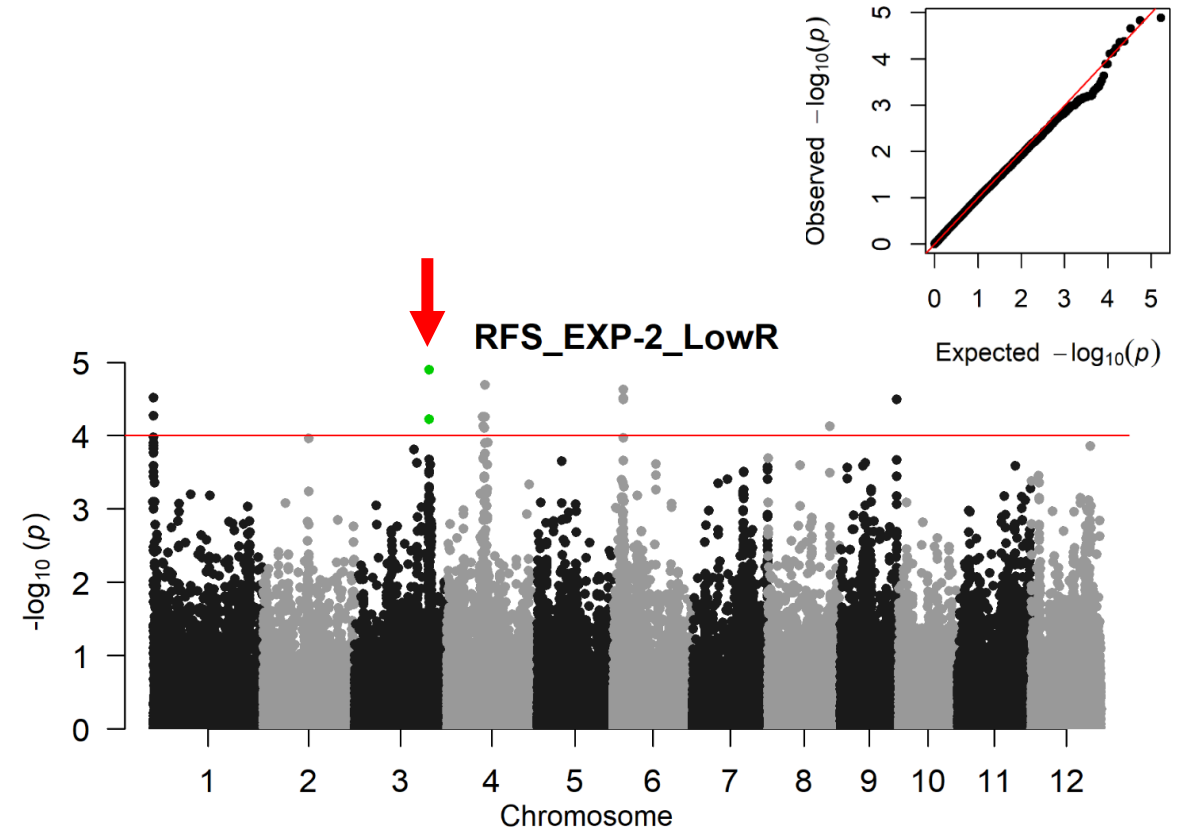
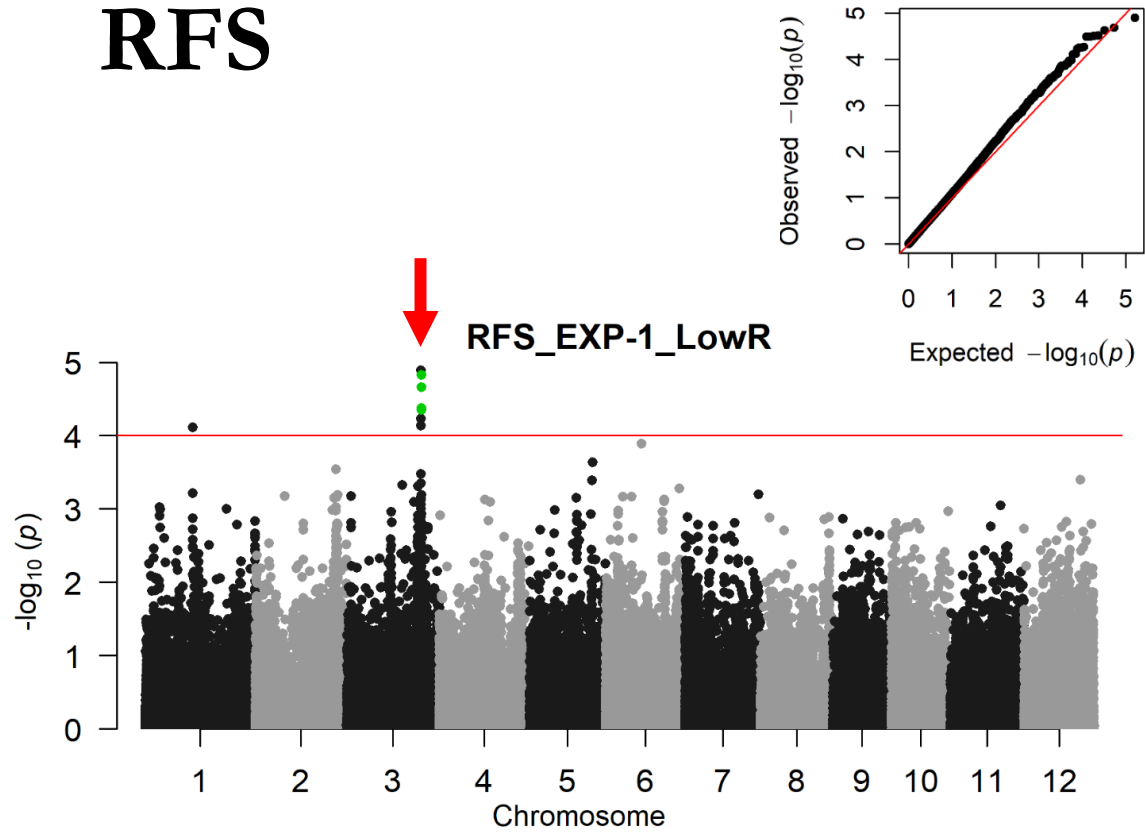


Gen asociados - DFLO50



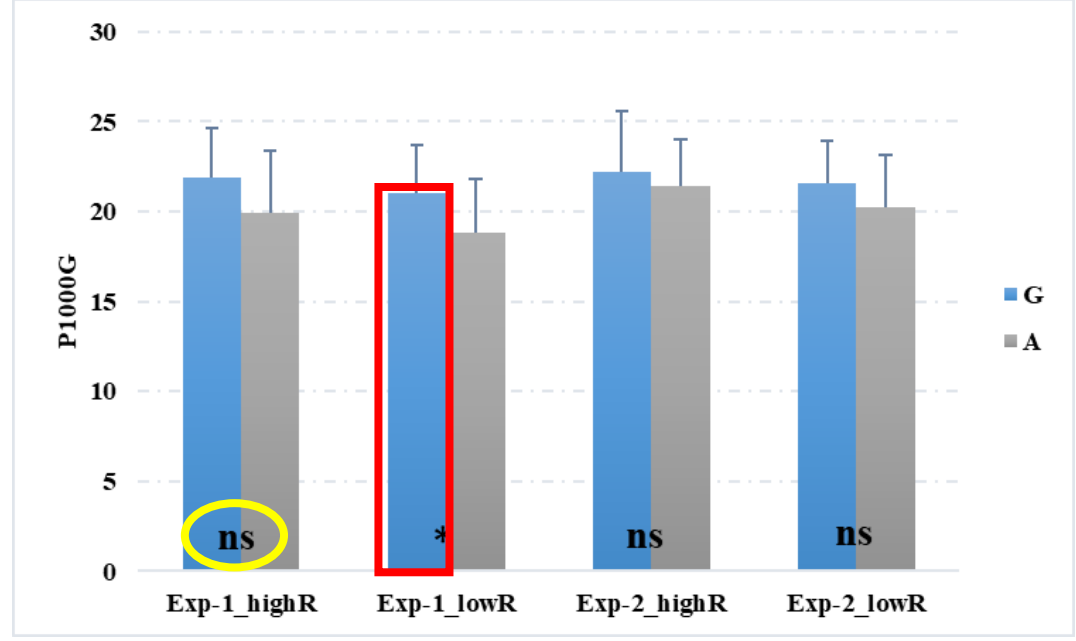
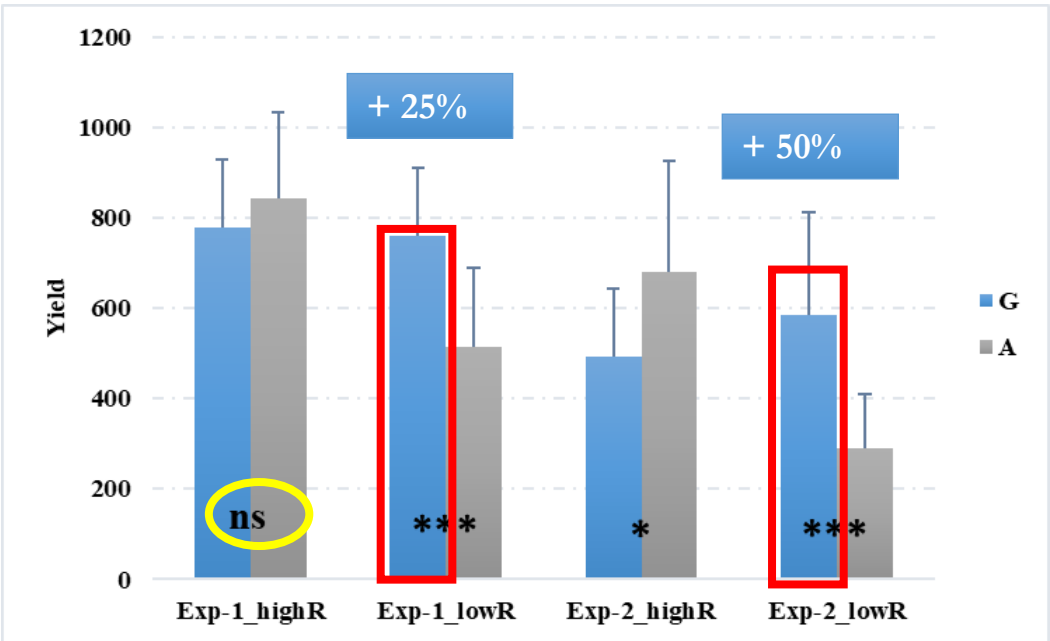
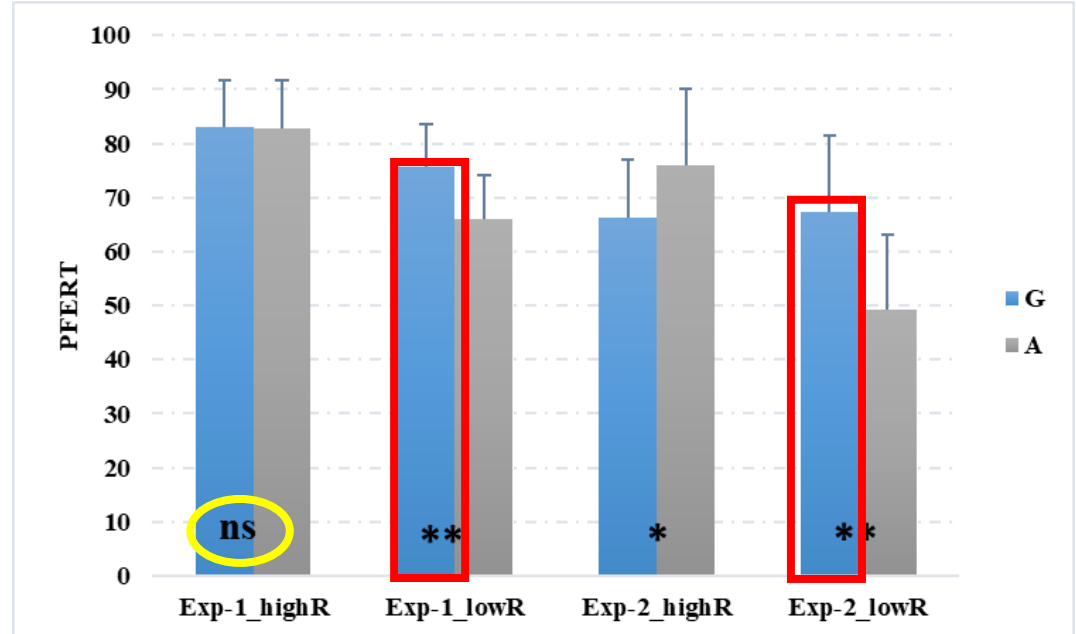
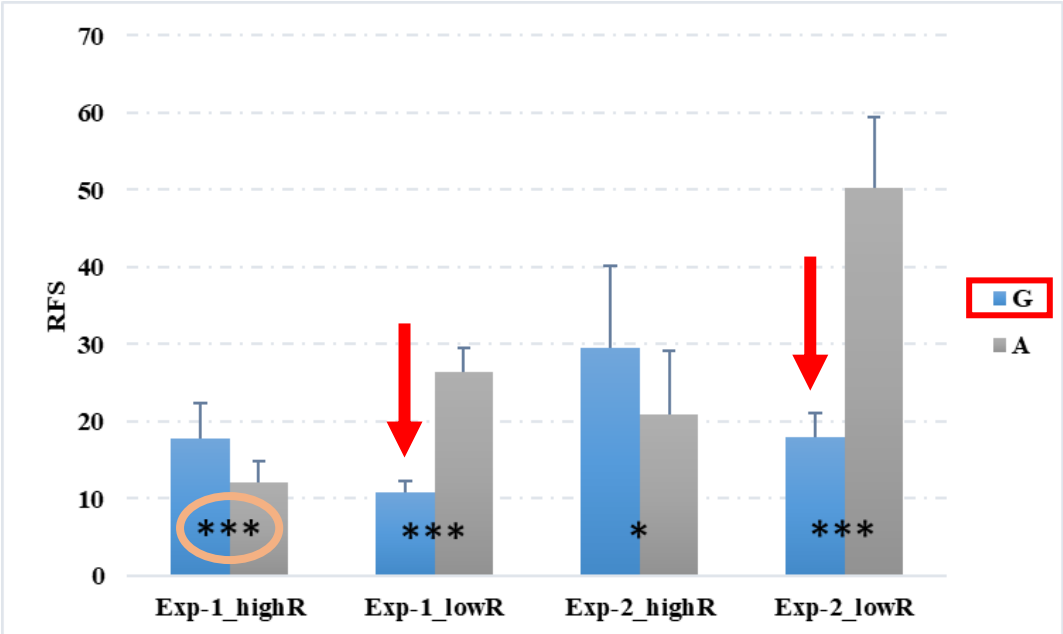
QTLs	Trait	Chr	Linkage disequilibrium	Locus name	Gene name	Pos gene	Function	References
DFLO50 3.1	DFLO50_highR-Exp-1	3	1270943 - 1343210	LOC_Os03g03070	<u>Osmads50</u>	1269856 - 1271783	Flowering time	Lee et al., 2004
	DFLO50_lowR-Exp-1							
	DFLO50_highR-Exp-2							
	DFLO50_lowR-Exp-2							

RFS

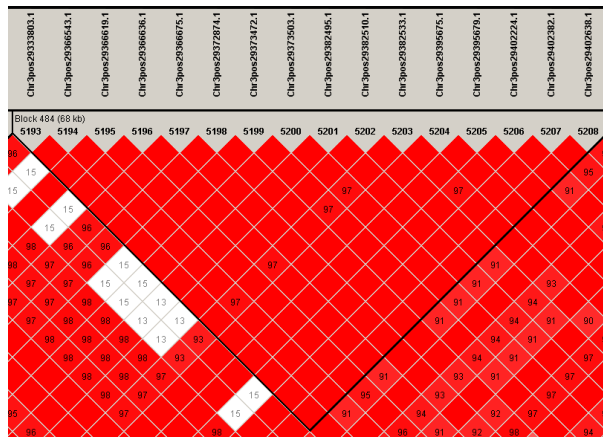


QTLs	Trait	Chr	Linkage disequilibrium
RFS 3.2	RFS_lowR-Exp-1	3	29.366.543 – 29.402.224
	RFS_lowR-Exp-2		

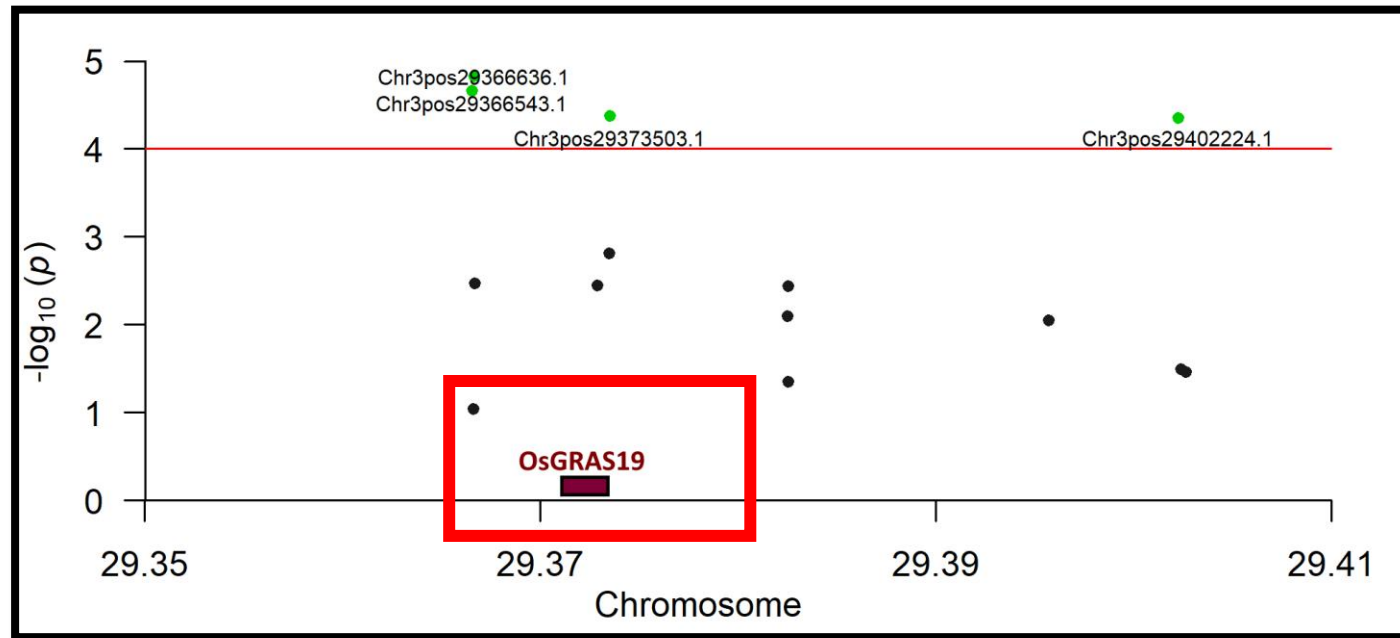
Haplotipos QTL RFS



GENES ASOCIADOS - RFS



RFS_EXP-1_LowR



Locus name	Gene name	Pos gene
LOC_Os03g51330	OsGRAS19	29370719 - 29373265

OsGRAS19

- Controla el tamaño del grano de arroz (Lin et al., 2019)



Promueve la división celular y regular el número de células en la epidermis de la gluma (lema y pálea).

- Asociado a una reducción en la sensibilidad a **brasinoesteroide (BR)** (Chen et al., 2013)

Los **BR** son un grupo de fitohormonas promotoras del crecimiento, con un papel crucial en la regulación del crecimiento de las plantas **dependiente de la luz** (Regula su señalización)

(Jeong et al., 2007, Chory et al., 1996; Jeong, Lee, Kim, Hwang, & An, 2007; Li, Nagpal, Vitart, McMorris, & Chory, 1996).

- Controla El ángulo de las hojas (Hojas erectas) (Chen et al., 2013)



Exógena de BL

Grado del ángulo hojas: Proporcional a la concentración de BL (Wada et al., 1981)

Hojas rectas:

- ✓ Mejoran la captura de luz para la fotosíntesis
- ✓ Reservorios de nitrógeno para el llenado de granos

(Sinclair & Sheehy, 1999)

CONCLUSIONES

- Este trabajo es **el primero** que intenta estudiar la respuesta de un panel de gran diversidad a condiciones de baja radiación durante la etapa de llenado de grano en campo y la realización de **GWAS**.
- Un novedoso indicador para la eficiencia del uso de C (**RFS**) (Fabre et al., 2020), utilizado en este estudio para mostrar la respuesta a la radiación baja, revela **un QTL que esta relacionado a un mayor rendimiento y fertilidad, bajo condiciones de baja radiación en llenado de grano**.
- El gen **OSGRAS19** asociado en estudios anteriores a tamaño del grano (**Tamaño del sumidero**) y a mecanismos que modifican el ángulo de la hoja (**Actividad de la fuente**). Fue identificado en este estudio dentro de la región LD del **QTL asociado a la variable relación Fuente-Sumidero**.

Hipótesis: ¿OSGRAS19 podría controlar al mismo tiempo los mecanismos de fuente y sumidero en condiciones de baja radiación y reducir las perdidas de rendimiento en baja radiación?

Se necesitan estudios futuros para validar el papel de **OsGRAS19** en el rendimiento de grano, relación Fuente-Sumidero y fertilidad en condiciones de estrés por baja radiación.



GRACIAS

Alliance

