ÓMICAS

El futuro es de todos

Gobierno de Colombia

COLOMBIA CIENTÍFICA

Mapeo de asociación de dos poblaciones genéticamente diversas para la tolerancia a baja radiación 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

SIMPOSIO ÓMICAS 2022

Noviembre 16 - 17

Alliance

Bioversity International

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

El futuro es de todos
Gobierno de Colombia

COLOMBIA CIENTÍFICA

ómicas

INTRODUCCIÓN

Estudio de asociación del genoma completo

GWAS

Panel De Diversidad

Permite estudiar las bases moleculares de la diversidad fenotípica en arroz

	Panel de diversidad	Población MAGIC	Mapeo Poblacional biparental
Captura Diversidad genetica	200 - X000 Genomas Muchos alellos por locus	8 - 16 Genomas Pocos alellos por locus	2 Genomas Max 2 alellos por locus
Desequilibrio de ligamiento (LD)	Bajo LD		Alto LD
	Mayor probabilidad de descubrimiento ←		**Mayor profundidad y certeza** →
Ventajas	▪ Mayor diversidad genética ▪ Aprovecha numerosos eventos de recombinación.		▪ Mejor control de la estrutura poblacional
desventajas	▪ Dificultades para aplicar resultados en fitomejoramiento (Bajo desempeño de variedades en otras características agronomicas importantes). ▪ Bajo control de la estructura de la población del panel y/o la relación entre los individuos.		▪ Menor diversidad genética

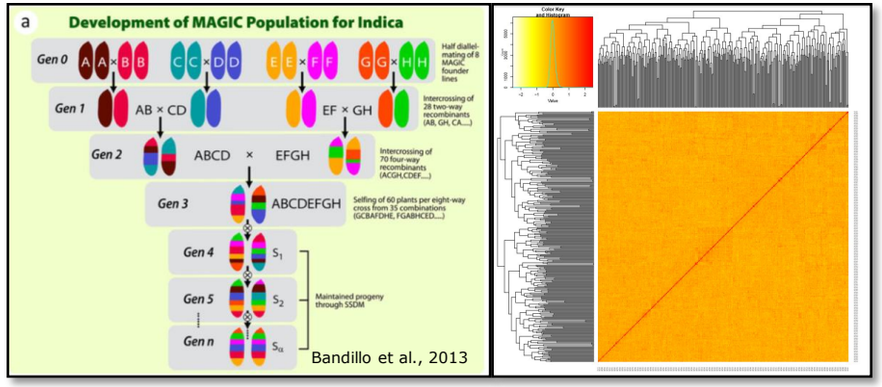
(Wang et al., 2019) (Meng, Zhao, et al., 2016) (Thornsberry et al., 2001; Yu et al., 2006) (Ersoz et al., 2007) (Mezmouk et al., 2011).

El futuro es de todos
Gobierno de Colombia
COLOMBIA CIENTÍFICA
ómica

Intercruzamiento Multiparental De Generación Avanzada

Asociaciones sintéticas

Multi-parent Advanced Generation Inter-Cross
MAGIC



- ✓ Surge como un diseño de estudio con **diversidad genética de múltiples progenitores**, recombinados a lo largo de varias generaciones (Huang et al., 2015).
- ✓ **Estructura caracterizada**, que permiten una **alta resolución** cartográfica y un mejor **control de la estructura** poblacional (Mezmouk et al., 2011).

Ventaja al mejoramiento práctico

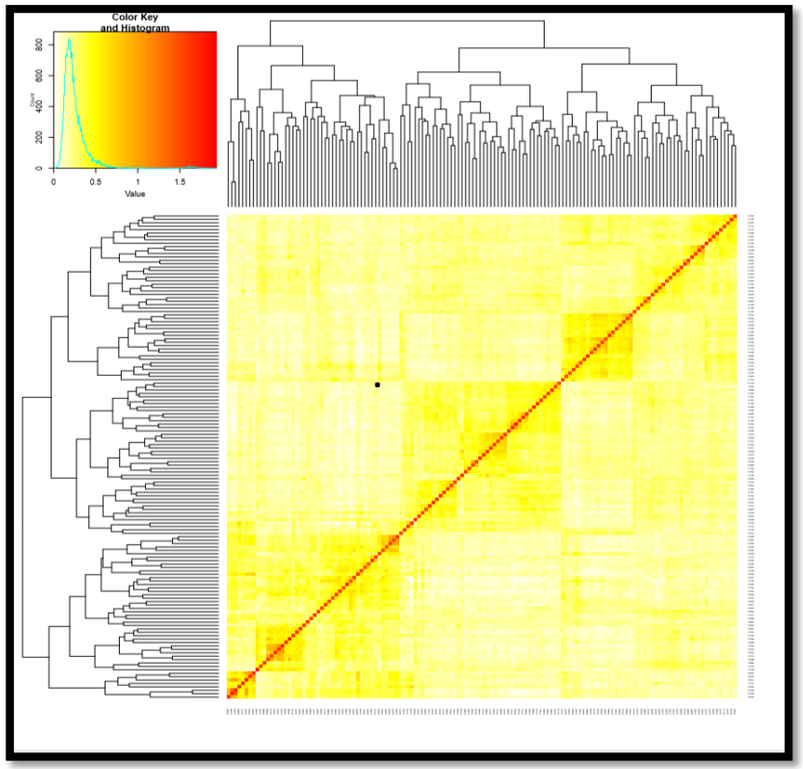
Selección de líneas

- ✓ **Liberadas como variedades**
- ✓ **utilizarse en programas de cruzamiento**

(Meng, Zhao, et al., 2016).

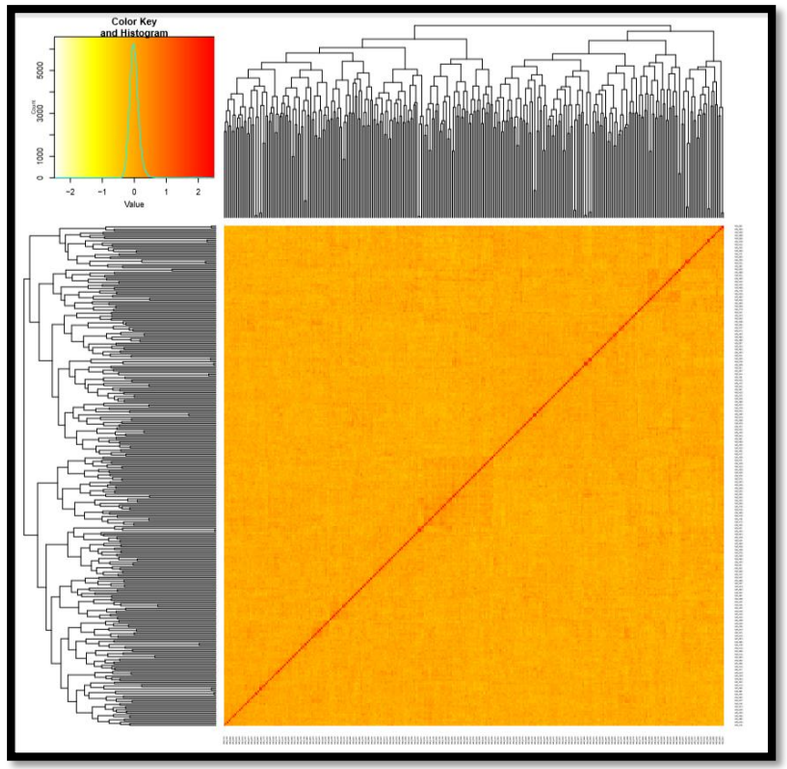
Identificacion De Regiones LD Comunes

Grafico de parentesco - Kinship Panel De Diversidad



Mayor probabilidad de descubrimiento

Grafico de parentesco - Kinship MAGIC



Mayor profundidad y certeza

✓ **Fuente confiable de QTL útiles para el fitomejoramiento.**

BAJA RADIACIÓN EN ARROZ

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

Factor climático limitante durante la etapa de llenado de granos

- Reduce los rendimientos hasta en un 40%.
- Reducción del 50 % de la radiación, disminuye el llenado de las espiguillas, el peso de granos y el rendimiento.

ESTUDIOS:

- **Tolerancia a baja radiación:** Pequeños número de genotipos; Panel de diversidad (inicio de estrés en estado vegetativo)
- **Mapeo de asociación:** 3 poblaciones MAGIC (rasgos agronómicos); Panel de diversidad/ MAGIC (Plasticidad fenotípica de arroz).

Poca informacion en la literatura:

Mapeo de asociación para la **identificacion de QTLs para la toleracia a baja radiación** durante la etapa de llenado de grano con **dos fuentes de diversidad genética** en condiciones de campo.

(Delerce et al. 2016) (Wang et al., 2015, 2016).
(Wang, Deng y Ren, 2015a) (Wei et al., 2018) (Wang et al., 2016) (Wang, Deng y Ren, 2015b) (Dutta et al., 2018).
(Meng, Guo, et al., 2016; Meng, Zhao, et al., 2016) (Mezmouk et al., 2011).

Tolerancia a la baja radiación

CONDICIONES DE POCA LUZ

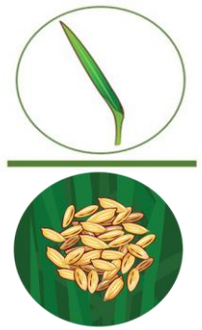
Genotipos tolerantes/ Mayor llenado de espiguillas (capacidad de Fuente)

Reduce directamente la actividad del sumidero.

La evaluación de los rasgos asociados:

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

Relaciones fuente-sumidero



SUMIDERO de Co2:
Panículas , granos

Identificación de rasgos y regiones genéticas

Asociadas a la respuesta de la planta a la baja radiación en el arroz.

OBJETIVO

Identificar QTL útiles para el fitomejoramiento asociados con rasgos morfofisiológicos que confieren buen rendimiento de grano en condiciones de baja radiación, usando las regiones LD comunes de dos poblaciones genéticamente diversas.

Panel De Diversidad

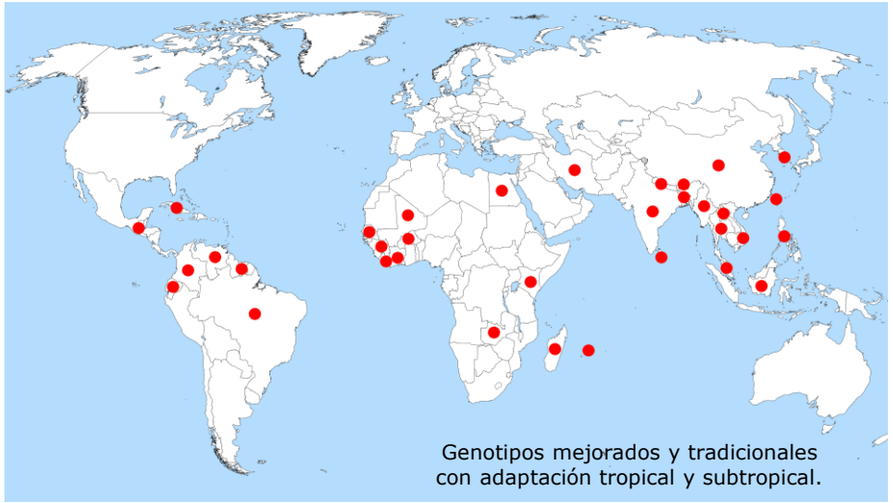
MAGIC

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal

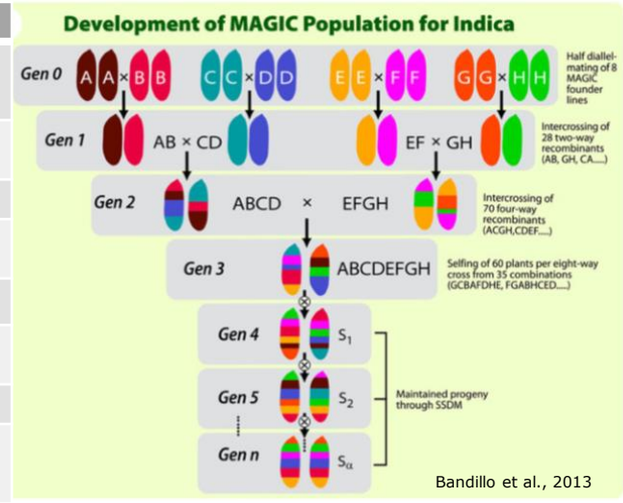
529 accesiones de arroz indica (*Oryza sativa* L.)

204 accesiones
Panel de diversidad de arroz (**PRAY**)
(subconjunto de 300 accesiones)
34 países de regiones tropicales y subtropicales



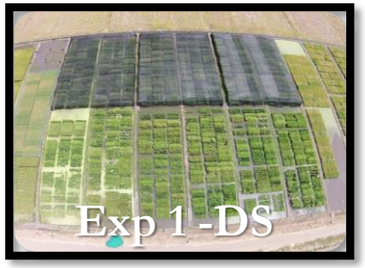
325 accesiones
Población MAGIC
Combinaciones endogámicas de ocho padres indica.

Germoplasma /variedad	Origen	Relevancia agronomica
Fedearroz-50	Colombia	Variedad popular en varios países, con rasgos de calidad, tolerancia a enfermedades, parental lineas fitomejoramiento
Shan-Huang zhan-2	China	Resistente a Pyricularia oryzae, alto rendimiento; en los pedigríes de muchas variedades en el sur de china
IR64633-87-2-2-3-3	IRRI	Variedad de alto rendimiento y la más popular de Filipinas.
IR77186–122–2 -2-3	IRRI	Variedad de alto rendimiento en nuevo tipo de planta II
IR77298–14–1-2-10	IRRI	Tolerancia a la sequía y resistencia al virus tungro
IR4630–22–2-5-1-3	IRRI	Buen tipo de planta, tolerante a la salinidad en las etapas de plántula y reproductiva
IR45427-2B-2-2B-1-1	IRRI	Tolerante a la toxicidad del Fe
Samba Mashuri + Sub1	IRRI	Megavariedad con amplia compatibilidad, buena calidad de grano y tolerancia a la subemergencia

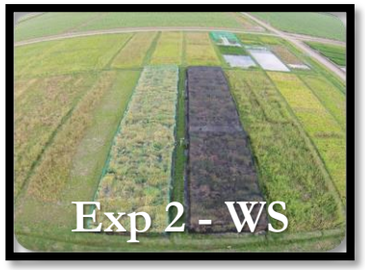


FENOTIPADO EN CAMPO

PRAY



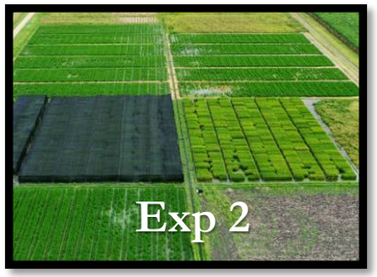
Alliance



MAGIC

Saldaña

Alliance



- Épocas contrastantes, 204 accesiones de arroz.
- Diseño experimental: Parcelas divididas, 3 repeticiones y 2 tratamientos: Control y estrés (**50% de radiación** durante la etapa de llenado de grano)

- Dos localidades, 325 accesiones de arroz.
- Diseño experimental: Replicas parciales (P-Rep), 2 tratamientos. Control y sombra (**50% de radiación** durante la etapa de llenado de grano).

- La siembra escalonada (grupos de genotipos); **sincronización en la floración.**
- **50% de floración**, fueron cubiertas hasta maduración con una malla de polietileno (tratamiento sombra), el resto de las plantas permanecieron como control (tratamiento control).

VARIABLES EVALUADAS

RENDIMIENTO DE GRANO; COMPONENTES

- ✓ Peso de 1000 granos
- ✓ Porcentaje de fertilidad
- ✓ Número de panículas por m2
- ✓ Granos por panícula

FENOLOGÍA

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

MORFOLOGIA

- ✓ Altura de planta
- ✓ Dimension de órganos (Tallos, hojas, panículas)

ACUMULACIÓN DE BIOMASA

- ✓ Materia seca de organos (Tallos, hojas, panículas)

CALIDAD DEL GRANO

- ✓ Amilosa
- ✓ Centro blanco

FUENTE / SUMIDERO RFS

- ✓ SPAD de hoja bandera después floración
- ✓ SLA: Área foliar especifica
- ✓ Llenado de grano

DATOS GENOTÍPICOS

PRAY

GENOTIPIFICACION

Un Panel Subconjunto de 300 accesiones Indica, protocolo de secuenciación (GBS) en la Universidad de Cornell.

(Elshire et al., 2011)

MAPEO DE ASOCIACIÓN GWAS

	MATRIZ GENOTÍPICA	MATRIZ FENOTÍPICA
Exp-1	83,789 SNP	142 accesiones
Exp-2	81,662 SNP	124 accesiones

MODELOS

- **MLM** (Modelo lineal mixto)
- **MLM1** (MLM modificado)
- **GLM+PCA** (Modelo lineal generalizado + PCA).

MAGIC

325 accesiones Indica, población MAGIC, protocolo de secuenciación (GBS) en la Universidad de Cornell.

(Elshire et al., 2011)

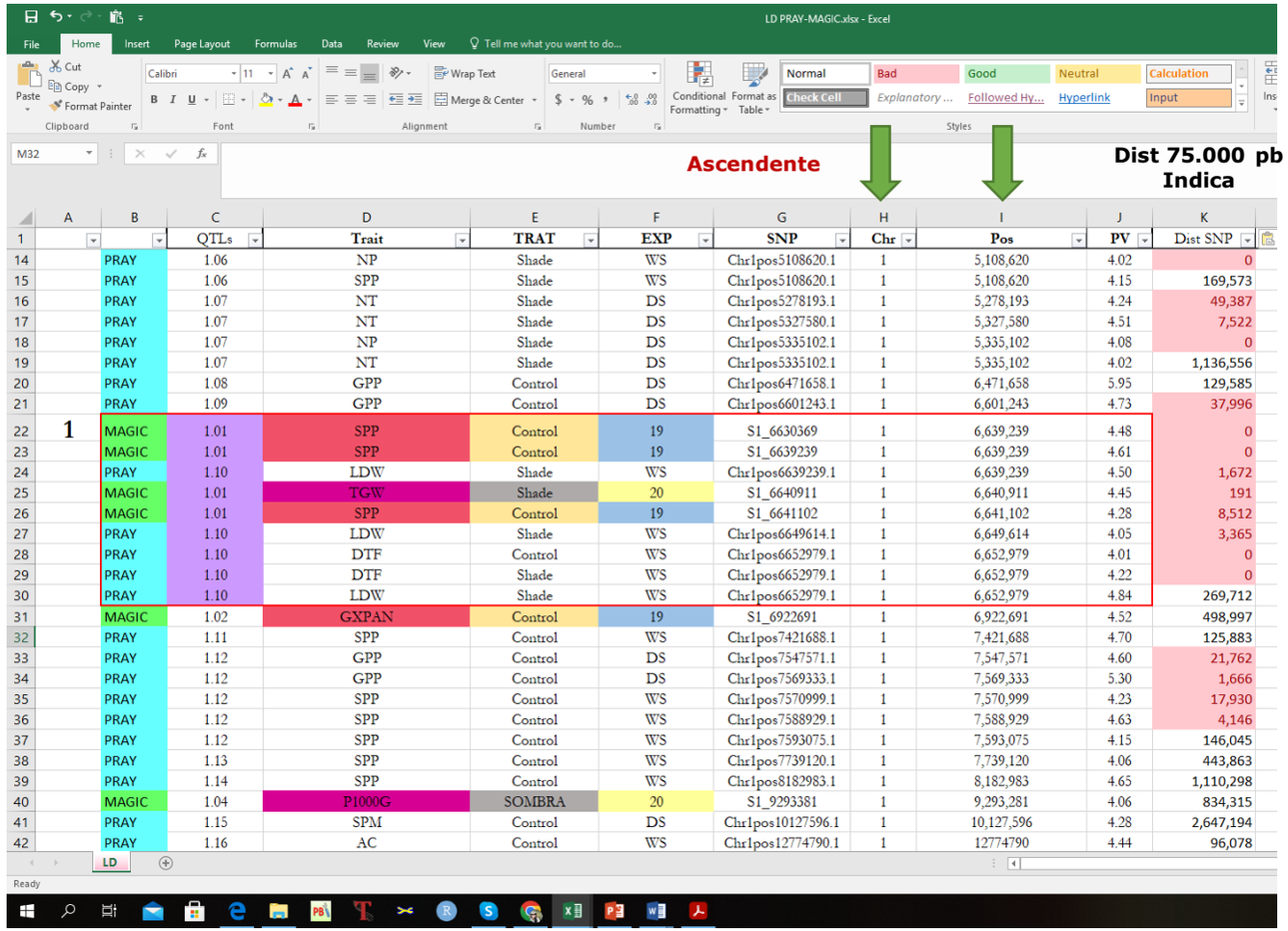
EXP	TRAT	MATRIZ GENOTÍPICA	MATRIZ FENOTÍPICA
Exp-1	CONTROL	27 041 SNP	325 accesiones
	SOMBRA	26 891 SNP	248 accesiones
Exp-2	CONTROL	26 995 SNPs	320 accesiones
	SOMBRA	26 982 SNPs	310 accesiones

- **MLM** (Modelo lineal mixto)
- **CMLM** (MLM comprimido)
- **GLM+PCA** (Modelo lineal generalizado + PCA).

Significativa toda asociación con Log -10 **superior a 4**
Regiones LD (linkage disequilibrium)**,** software Haploview 4.2
(Barrett, Fry, Maller, & Daly, 2005).

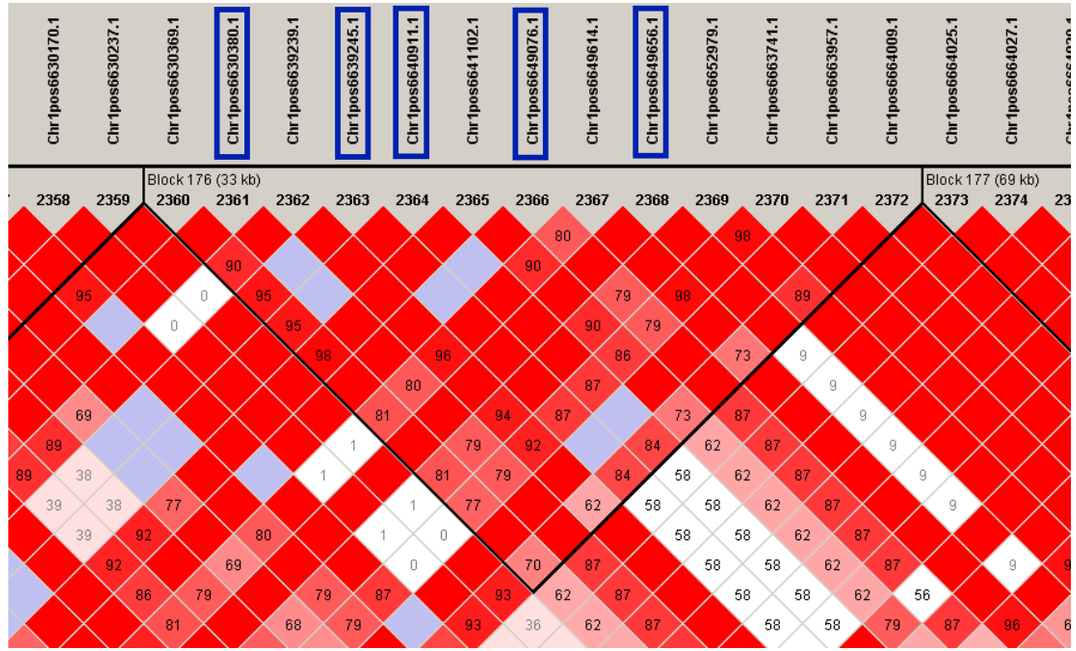
El futuro es de todos
Gobierno de Colombia
COLOMBIA CIENTÍFICA
ómica

IDENTIFICACION REGIONES LD COMUNES



		QTLs	Trait	TRAT	EXP	SNP	Chr	Pos	PV	Dist SNP
14	PRAY	1.06	NP	Shade	WS	Chr1pos5108620.1	1	5,108,620	4.02	0
15	PRAY	1.06	SPP	Shade	WS	Chr1pos5108620.1	1	5,108,620	4.15	169,573
16	PRAY	1.07	NT	Shade	DS	Chr1pos5278193.1	1	5,278,193	4.24	49,387
17	PRAY	1.07	NT	Shade	DS	Chr1pos5327580.1	1	5,327,580	4.51	7,522
18	PRAY	1.07	NP	Shade	DS	Chr1pos5335102.1	1	5,335,102	4.08	0
19	PRAY	1.07	NT	Shade	DS	Chr1pos5335102.1	1	5,335,102	4.02	1,136,556
20	PRAY	1.08	GPP	Control	DS	Chr1pos6471658.1	1	6,471,658	5.95	129,585
21	PRAY	1.09	GPP	Control	DS	Chr1pos6601243.1	1	6,601,243	4.73	37,996
1 22	MAGIC	1.01	SPP	Control	19	S1_6630369	1	6,639,239	4.48	0
23	MAGIC	1.01	SPP	Control	19	S1_6639239	1	6,639,239	4.61	0
24	PRAY	1.10	LDW	Shade	WS	Chr1pos6639239.1	1	6,639,239	4.50	1,672
25	MAGIC	1.01	TGW	Shade	20	S1_6640911	1	6,640,911	4.45	191
26	MAGIC	1.01	SPP	Control	19	S1_6641102	1	6,641,102	4.28	8,512
27	PRAY	1.10	LDW	Shade	WS	Chr1pos6649614.1	1	6,649,614	4.05	3,365
28	PRAY	1.10	DTF	Control	WS	Chr1pos6652979.1	1	6,652,979	4.01	0
29	PRAY	1.10	DTF	Shade	WS	Chr1pos6652979.1	1	6,652,979	4.22	0
30	PRAY	1.10	LDW	Shade	WS	Chr1pos6652979.1	1	6,652,979	4.84	269,712
31	MAGIC	1.02	GXPAN	Control	19	S1_6922691	1	6,922,691	4.52	498,997
32	PRAY	1.11	SPP	Control	WS	Chr1pos7421688.1	1	7,421,688	4.70	125,883
33	PRAY	1.12	GPP	Control	DS	Chr1pos7547571.1	1	7,547,571	4.60	21,762
34	PRAY	1.12	GPP	Control	DS	Chr1pos7569333.1	1	7,569,333	5.30	1,666
35	PRAY	1.12	SPP	Control	WS	Chr1pos7570999.1	1	7,570,999	4.23	17,930
36	PRAY	1.12	SPP	Control	WS	Chr1pos7588929.1	1	7,588,929	4.63	4,146
37	PRAY	1.12	SPP	Control	WS	Chr1pos7593075.1	1	7,593,075	4.15	146,045
38	PRAY	1.13	SPP	Control	WS	Chr1pos7739120.1	1	7,739,120	4.06	443,863
39	PRAY	1.14	SPP	Control	WS	Chr1pos8182983.1	1	8,182,983	4.65	1,110,298
40	MAGIC	1.04	P1000G	SOMBRA	20	S1_9293381	1	9,293,281	4.06	834,315
41	PRAY	1.15	SPM	Control	DS	Chr1pos10127596.1	1	10,127,596	4.28	2,647,194
42	PRAY	1.16	AC	Control	WS	Chr1pos12774790.1	1	12774790	4.44	96,078

MANUAL: Se agruparon las matrices de resultados de QTLs de ambas poblaciones (Excel) y se identificaron regiones comunes que estuvieran en LD (Haploview 4.2).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

QTLs IDENTIFICADOS

PRAY

TRATAMIENTOS	EXPERIMENTOS	
	EXP-1	EXP-2
CONTROL	56	88
SOMBRA	88	94
C-S	5	10
COMUNES	10	
TOTAL	**351**	

MAGIC

TRATAMIENTOS	EXPERIMENTOS	
	EXP-1	EXP-2
CONTROL	15	9
SOMBRA	10	21
C-S	16	20
COMUNES	85	
TOTAL	**176**	

Regiones LD Comunes

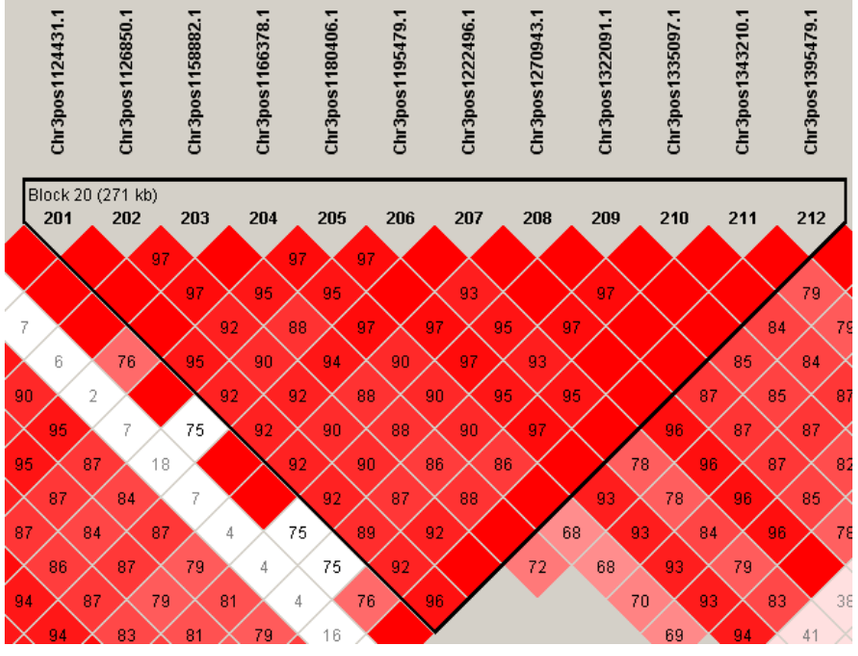
LD	Chr	Tratamiento	Pos QTLs	QTL PRAY	QTL MAGIC
1	1	Control - Sombra	6630369 - 6652979	1.10	1.01
2	1	Sombra	23402810 - 23430945	1.37	1.07
3	1	Sombra	23443747 - 23447189	1.38	1.08
4	1	Sombra	23583588 - 23614928	1.40	1.09
5	1	Control	30819501 - 30940952	1.49	1.14
6	1	Control - Sombra	30972403 - 31182879	1.50	1.15
7	1	Control - Sombra	36011593 - 36343148	1.53	1.33
8	1	Control - Sombra	37522805 - 37689110	1.56	1.38
9	1	Control - Sombra	38286772	1.58	1.39
10	1	Control - Sombra	39365582 - 39523838	1.59	1.45
11	1	Control - Sombra	41921147 - 42048728	1.61	1.60
12	3	Control - Sombra	1124431 - 1395479	3.01	3.08
13	3	Control - Sombra	1817619 - 1909342	3.02	3.11
14	3	Control - Sombra	16725803 - 16736753	3.15	3.18
15	3	Control - Sombra	16804378 - 16837736	3.16	3.2
16	3	Control - Sombra	16955911 - 17044632	3.17	3.22
17	5	Control - Sombra	4771067 - 4940192	5.03	5.04
18	6	Control - Sombra	1545628 - 1631244	6.05	6.05
19	6	Control - Sombra	1637636 - 1693088	6.06	6.06
20	6	Control - Sombra	1705179 - 1760469	6.07	6.07
21	6	Control - Sombra	1784528 - 1860738	6.08	6.08
22	6	Control - Sombra	1866928 - 1967284	6.09	6.09
23	6	Control - Sombra	3297051 - 3350893	6.10	6.23
24	7	Control - Sombra	24239177 - 24279896	7.32	7.13
25	10	Sombra	11388953 - 11402809	10.12	10.03

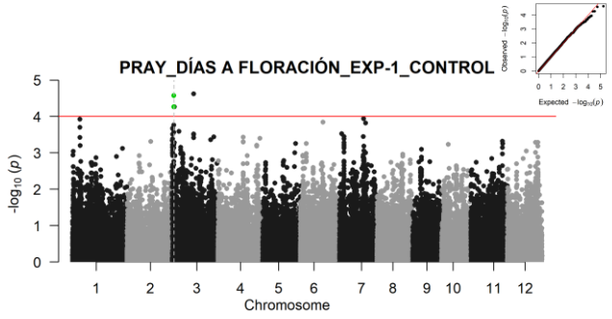
- **4 LD Tratamiento SOMBRA**
- **3 LD - FENOLOGÍA**
- **6 LD - MORFOLOGIA**
- **11 LD - CALIDAD DEL GRANO**
- **2 LD - FUENTE / SUMIDERO**

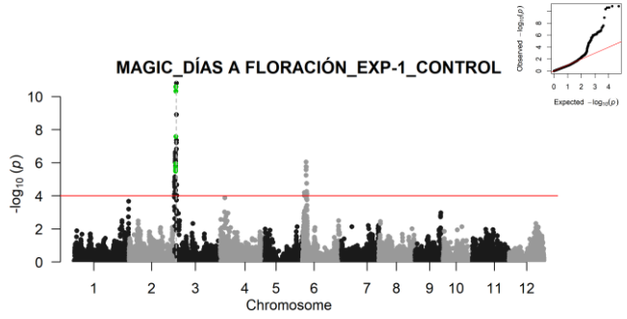
GENES IDENTIFICADOS – REGIONES COMUNES LD

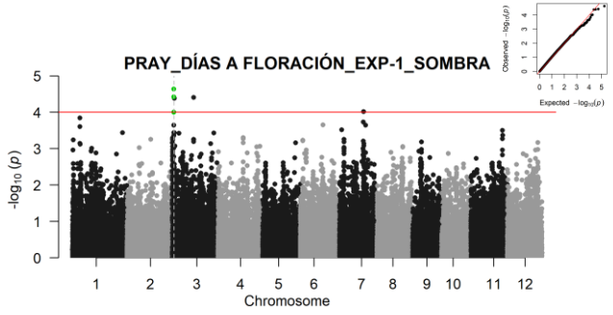
LD-12

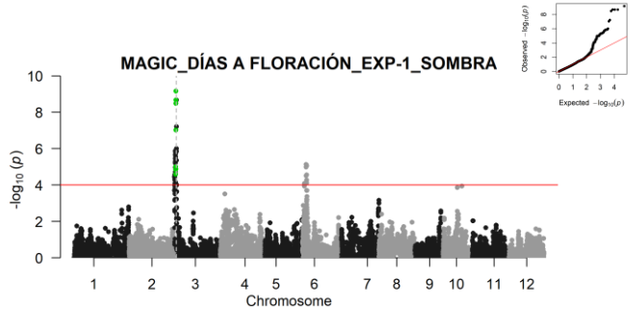
Locus	Gen	Pos gen	Función	Ref
LOC_Os03g03070	**Osmads50**	1269856 - 1271783	Tiempo de floracion	Lee et al., 2004

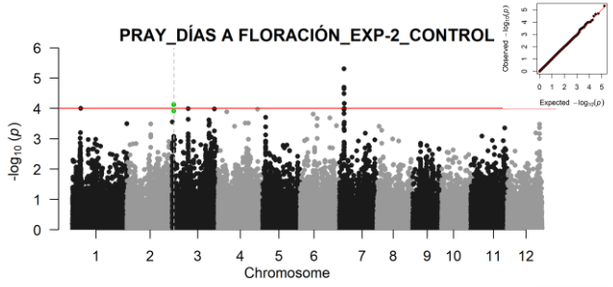


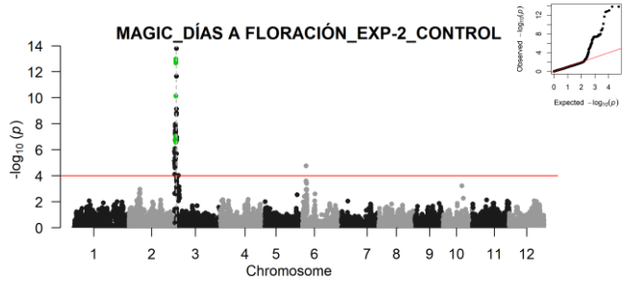


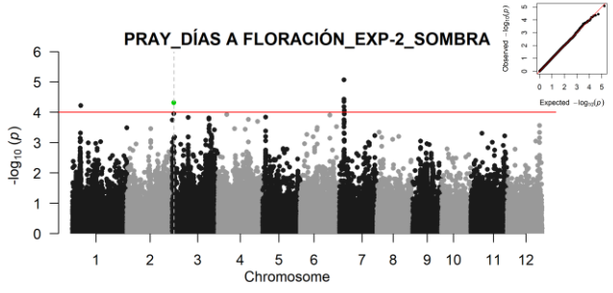


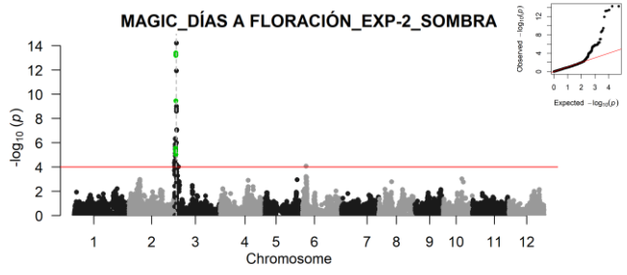










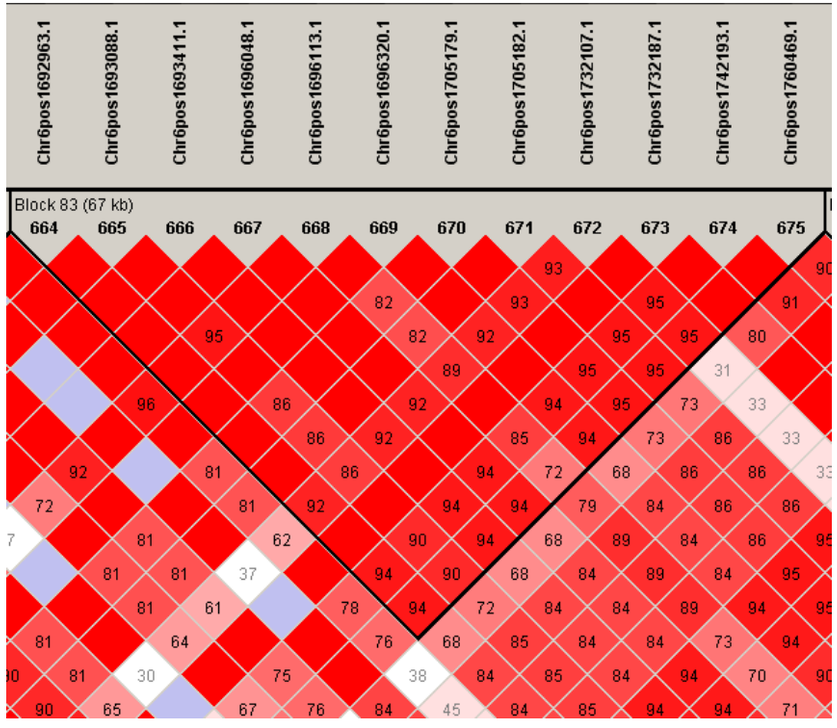


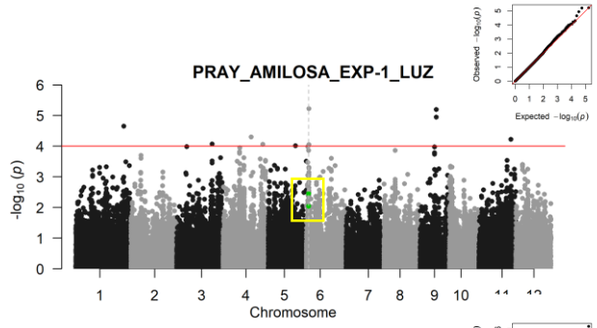
GENES IDENTIFICADOS – REGIONES COMUNES LD

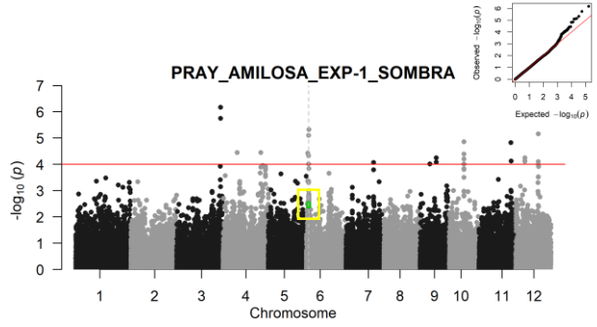
LD-20

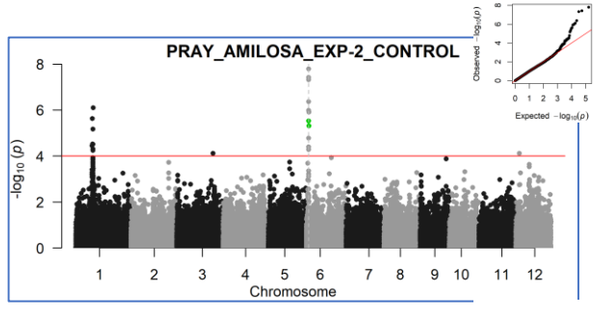
LD19 CORREGIR

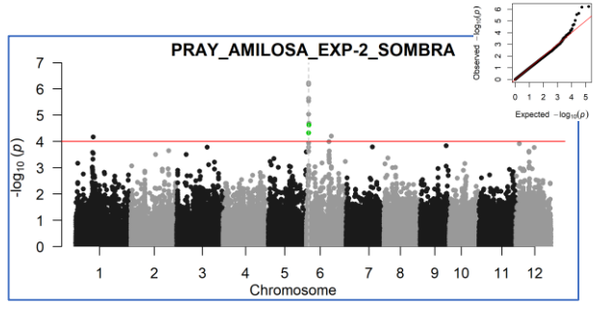
Locus	Gen	Pos	Funcion	Ref
LOC_Os06g04200.1	**Wx - waxi**	1765622 - 1770656	Contenido de amilosa en semilla.	Wang et al 1995

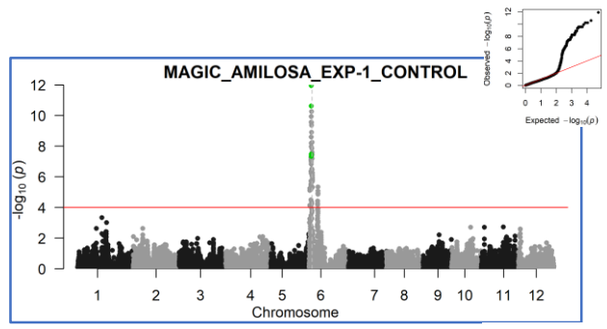


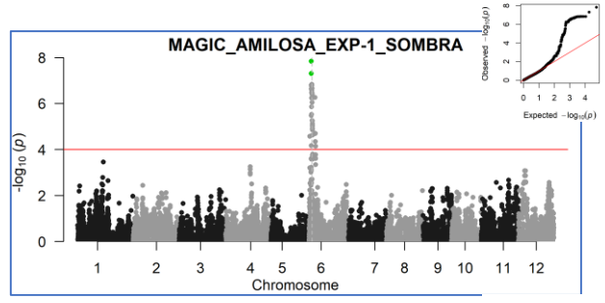


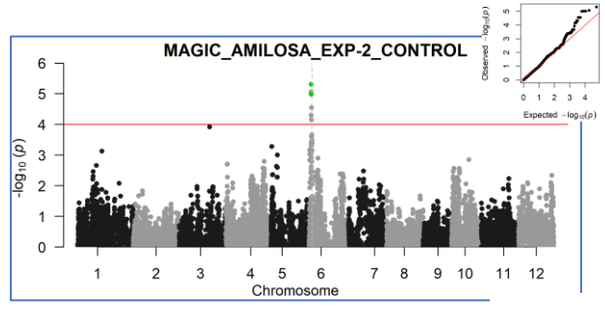


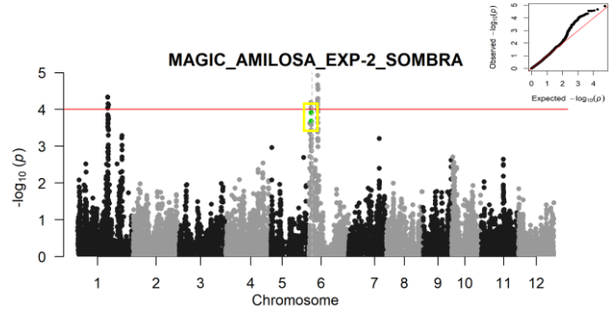








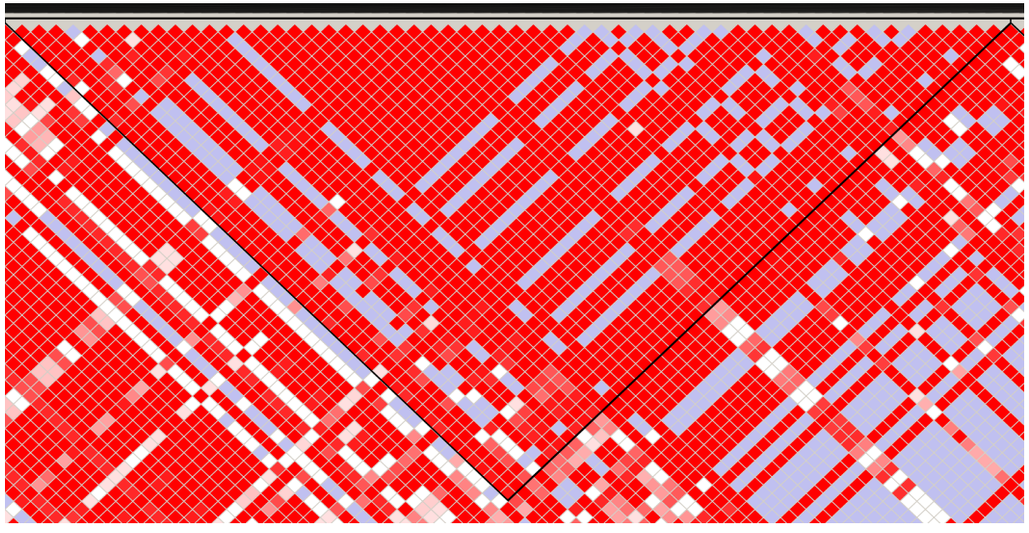


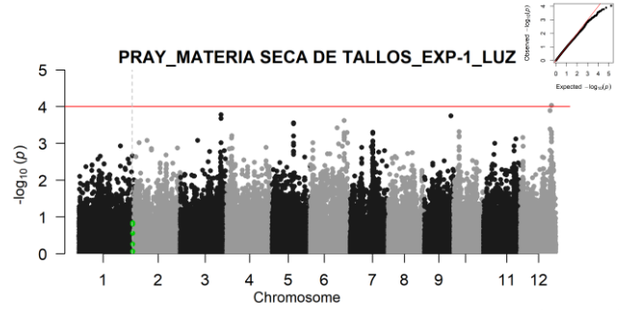


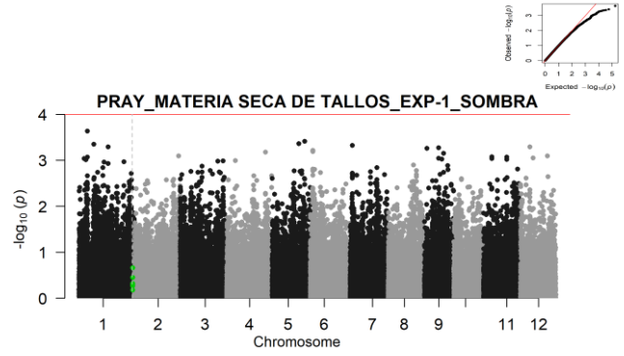
GENES IDENTIFICADOS – REGIONES COMUNES LD

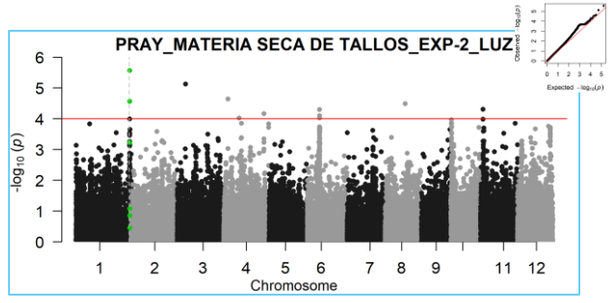
LD-11

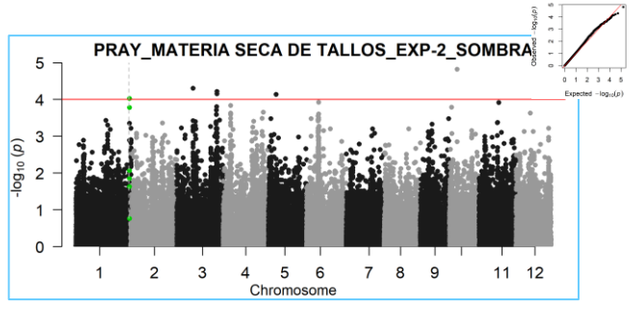
Locus	Gen	Pos gen	Función	Ref
LOC_Os01g72480.1	**OsPIE1**	42025672 - 42027986	Desarrollo embrionario, homeostasis de Fosfato (Pi)	Xu et al., 2010 Yang et al., 2018

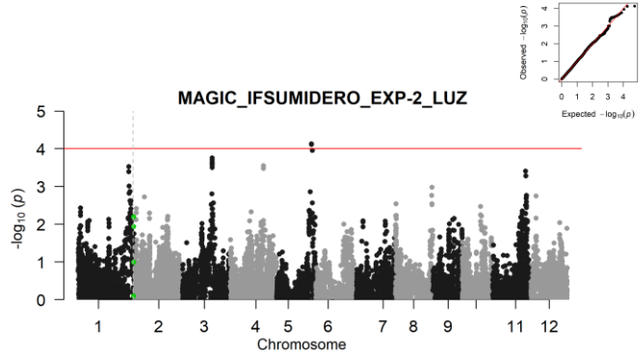


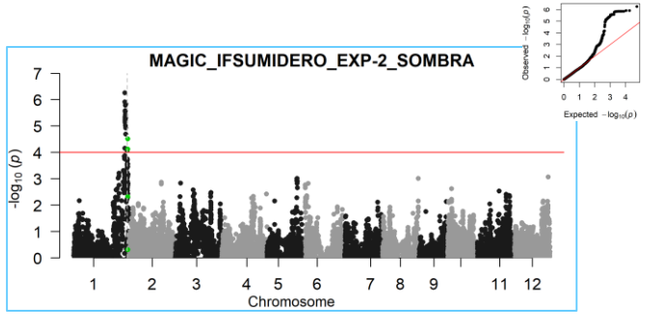












GENES IDENTIFICADOS – REGIONES COMUNES LD

QTLs	Locus	Gen	Pos gen	Función	Ref
LD-11	LOC_Os01g72480.1	**OsPIE1**	42025672 - 42027986	Desarrollo embrionario, homeostasis de Fosfato (Pi)	Xu et al., 2010 Yang et al., 2018

- La expresión regulada por Brasinoesteroides (BR).
- Existe una interacción entre la inclinación de la hoja, la deficiencia de Pi y BR.

(Yang et al., 2018).

La importancia de **BR** para la regulación del crecimiento de plantas dependiente de la luz ha sido ampliamente identificada.

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

Involucrada en la capacidad de capturar luz para la fotosíntesis

✓ **OsPIE1** puede estar asociado con la **respuesta** de las plantas a la baja radiación.

CONCLUSIONES

- La población PRAY presento una **mayor diversidad genética,** triplicando en número de QTLs encontrados a la población MAGIC.
- El gen **OsPIE1** cuya expresión está regulada por BR (fitohormona que interviene en la regulación del crecimiento vegetal dependiente de la luz), identificado en la región común LD 11, **puede estar asociado con la respuesta de las plantas a la baja radiación.**
- La identificación de regiones LD comunes en poblaciones con alta diversidad genética como las utilizadas en este estudio son fuente confiable de **QTL útiles para el mejoramiento de plantas.**
- Se necesita optimización de la metodología para realizar **una mayor exploración de las regiones LD comunes** que se encontraron en este estudio para determinar las funciones de otros genes que pueden estar asociados con los QTL para la tolerancia a la baja radiación en el arroz.

GRACIAS

ómicas

Aliados

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

cenicaña

FEDEARROZ
FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS

NIAB

intelecto
Soluciones y Tecnología

HITECH
AUTOMATIZACION S.A.

Caltech

GHENT UNIVERSITY

東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

ILLINOIS

Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

IES Ancla

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

Universidad de Ibagué

UNILLANOS
UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS

Universidad de los Andes
Colombia

UNIVERSIDAD ICESI

Pontificia Universidad JAVERIANA Bogotá

Apoyan

El futuro es de todos
Gobierno de Colombia

COLOMBIA CIENTÍFICA