

MasAgro Biodiversidad - TRIGO

El valor del germoplasma exótico en líneas de mejoramiento: clave en el desarrollo de variedades de trigo resistentes al cambio climático

Contacto:

Sukhwinder Singh

suk.singh@cgiar.org

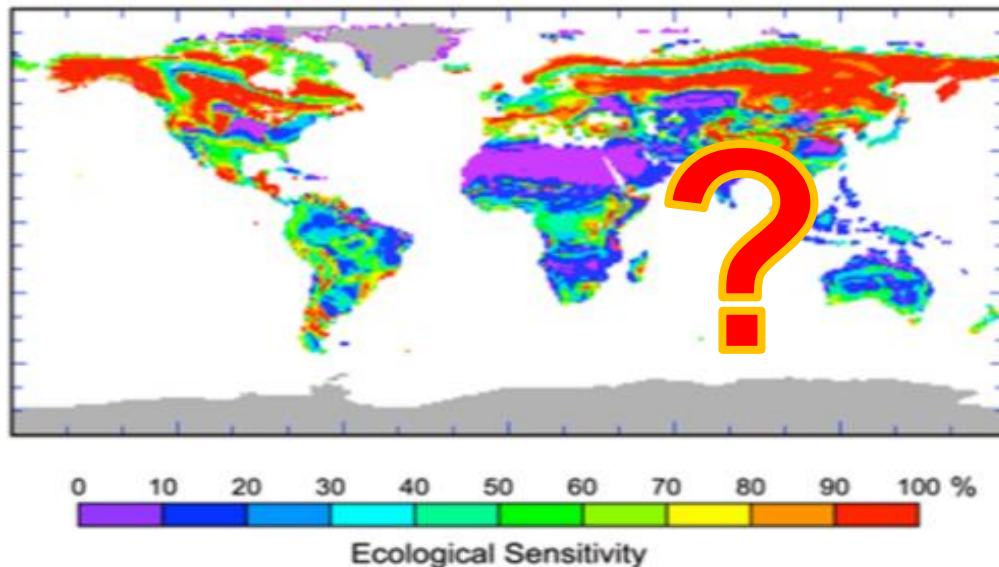
31 de Agosto

¿Por qué utilizar la biodiversidad del banco de germoplasma?

Variedades de la siguiente generación =
Resiliencia Climática + Rendimiento +
Respuesta impulso

Era del cambio climático

21st Century Ecological Sensitivity



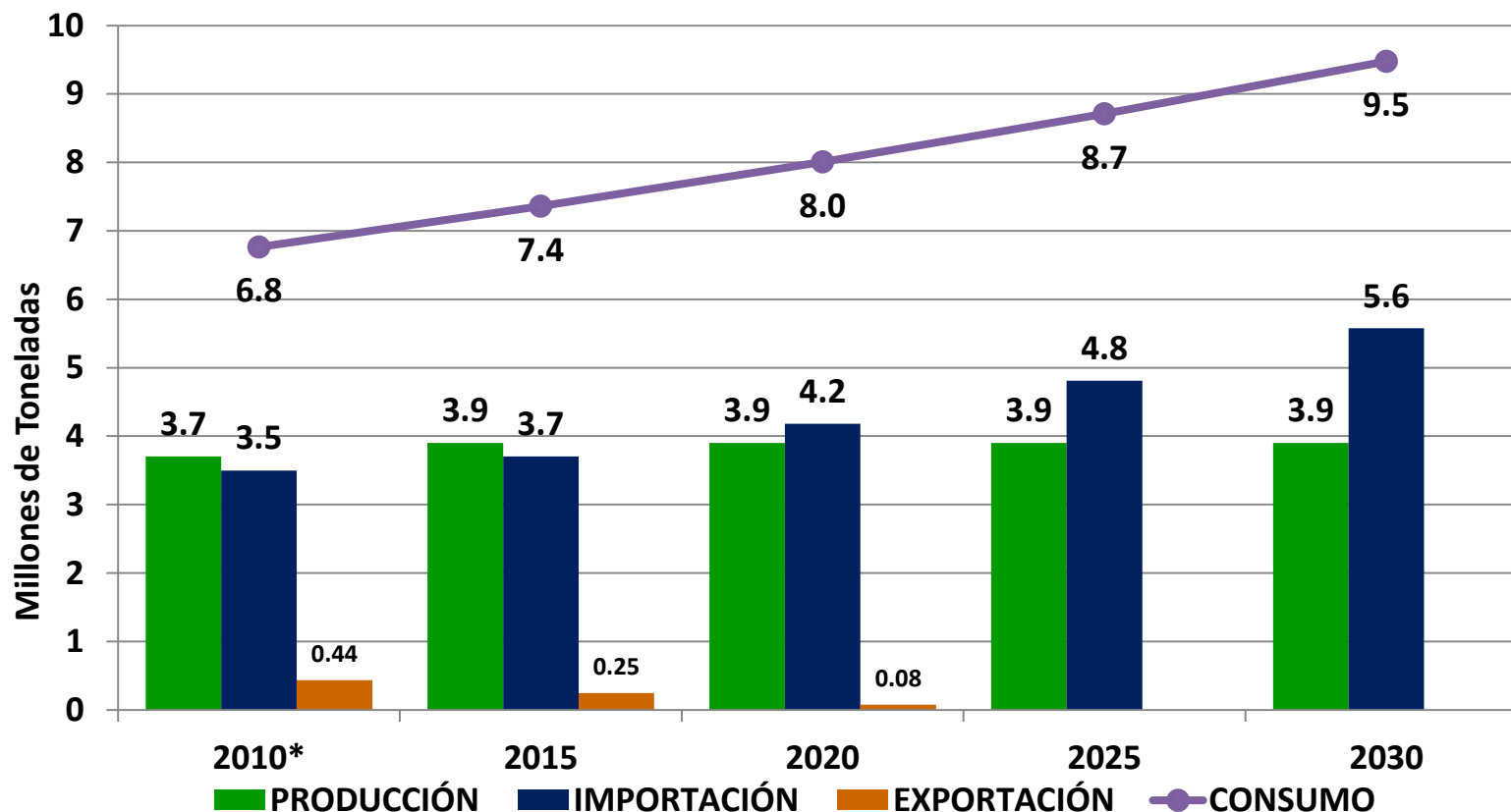
Era de la revolución verde



**Seguridad
Alimentaria
Global**



Trigo en México



Perspectivas en la oferta y demanda de trigo, al 2030

* La previsión de las necesidades de trigo para el periodo 2015-2030, se determinó mediante el actual consumo per cápita del cereal y la proyección de la población hacia el año 2030.

Nota: El consumo interno incluye el trigo nacional destinado los sectores pecuario y de alimentos balanceados

Fuente: CANIMOLT, con datos de SIAP/SAGARPA, ADUANAS



Valor del Banco de Germoplasma

Rasgo / Carácter

- Tolerancia al estrés
- Calidad

**Recursos Genéticos
+
Herramientas genómicas
= Pre – mejoramiento**

Enfoque sinérgico

Genómica

- Cuellos de botella en el mejoramiento
- Mejorar la eficiencia
- Mejorar la precisión

Recursos genéticos

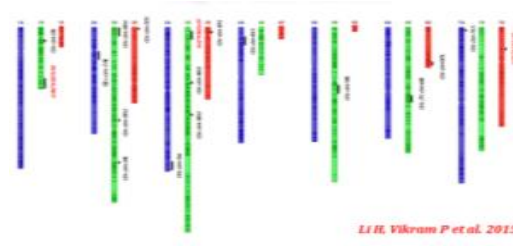
- Movilizar el germoplasma para nuevas variaciones
- Aprovechar
 - Segregación transgresiva
 - Recombinación

Expansión del repertorio genético de líneas élite cultivadas

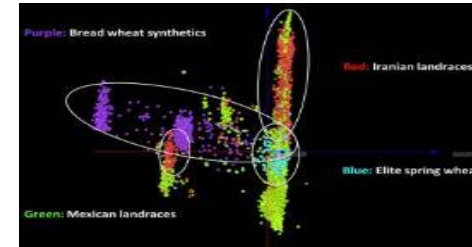
Recursos Genéticos y Genómicos



Caracterización del germoplasma a gran escala



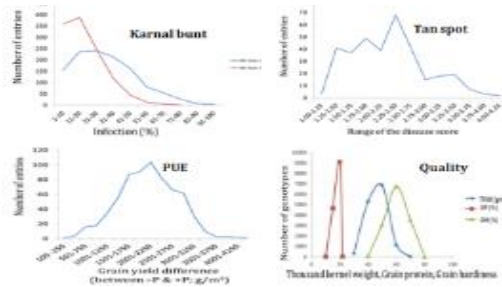
Mapa GBS de trigo -28K



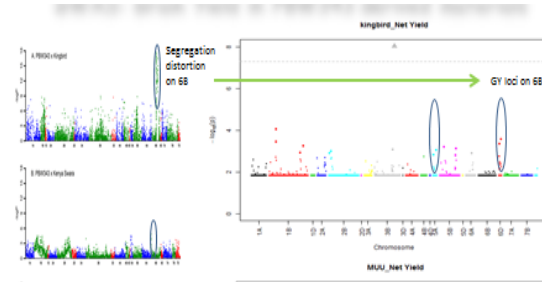
Perfil de diversidad global de trigo



Núcleo de datos de trigos criollos



Rasgos a heredar para calor, sequía, enfermedades y calidad



GWAS para calor, sequía, enfermedades y calidad



Nuevos alelos para rasgos adaptados a diferentes ambientes



Pre-mejoramiento a gran escala para mayor impacto

Impacto de las líneas en el pre-mejoramiento

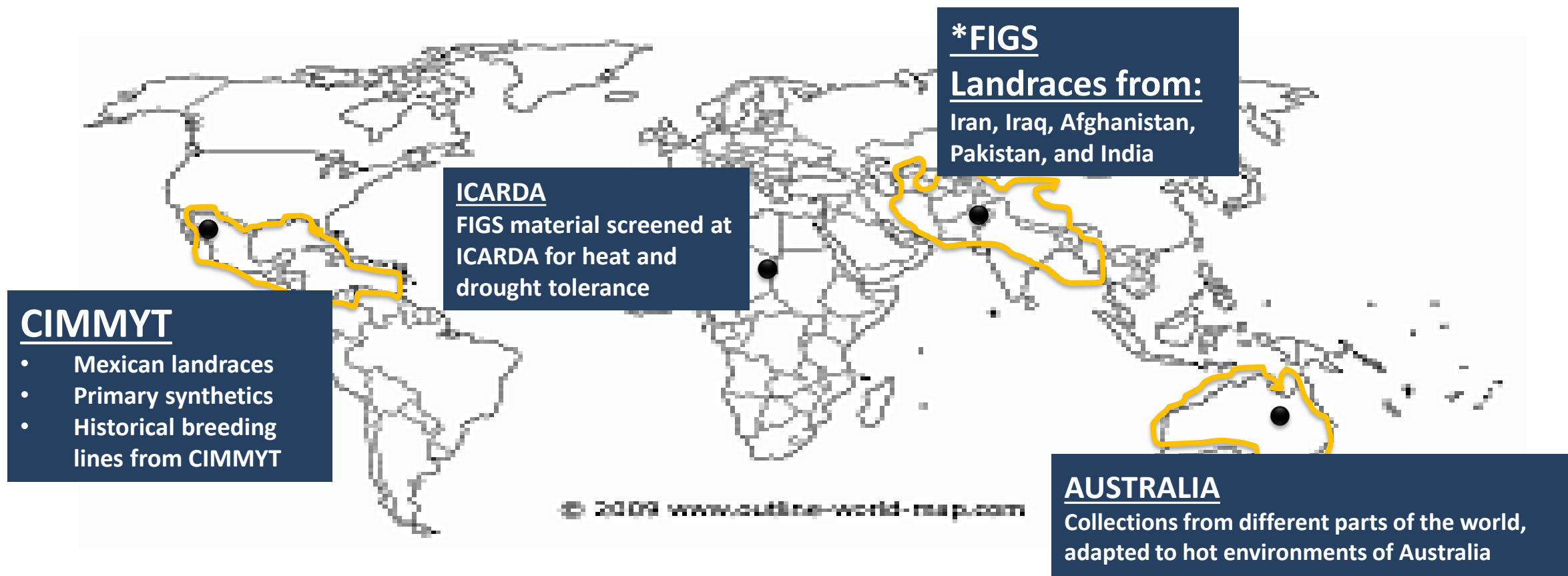


**8000 genotipos avanzados
de pre-mejoramiento**

Variedades de Trigo

- Alto rendimiento
- Tolerantes al estrés biótico y abiótico
- Ricas en nutrientes

Pre-mejoramiento de poblaciones: Exóticas X Élites



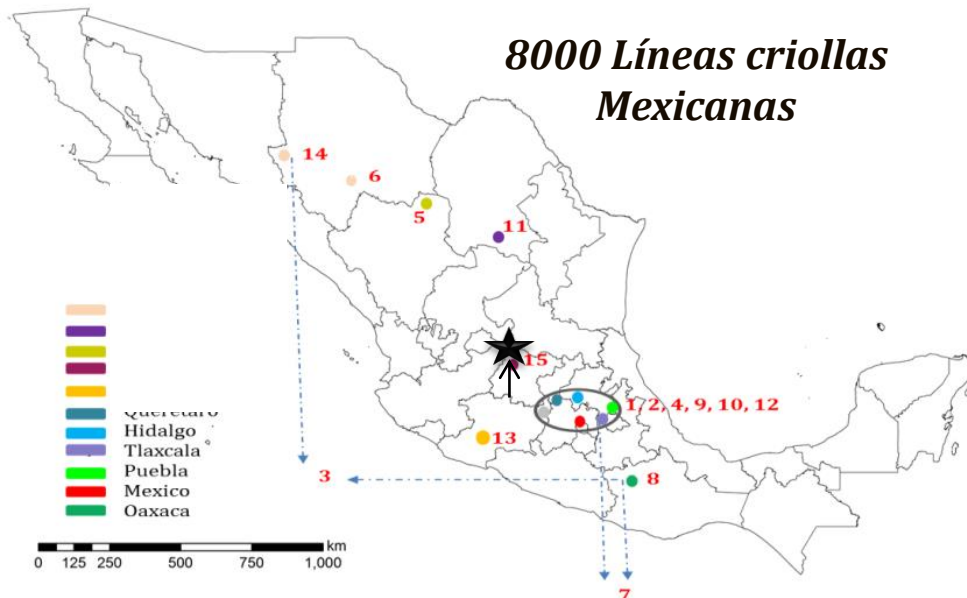
Elites: Los mejores 25 genotipos Elite de CIMMYT

*FIGS: Método eestratégico de identificación del germoplasma (FIGS en Ingles)

*ICARDA: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

Diversidad del banco de germoplasma en el proceso de mejoramiento

(A) Análisis de diversidad

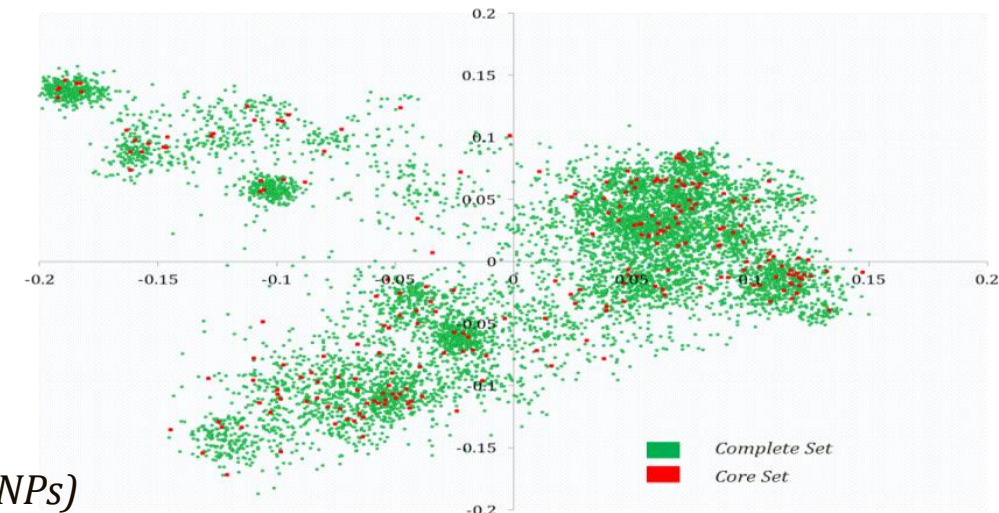


Michoacán: Región importante de alelos raros

(B) Desarrollo Núcleo de accesiones

Fenotipo
(Calor, sequía, calidad)

Perfil GBS (20K SNPs)



(E) Pre-mejoramiento

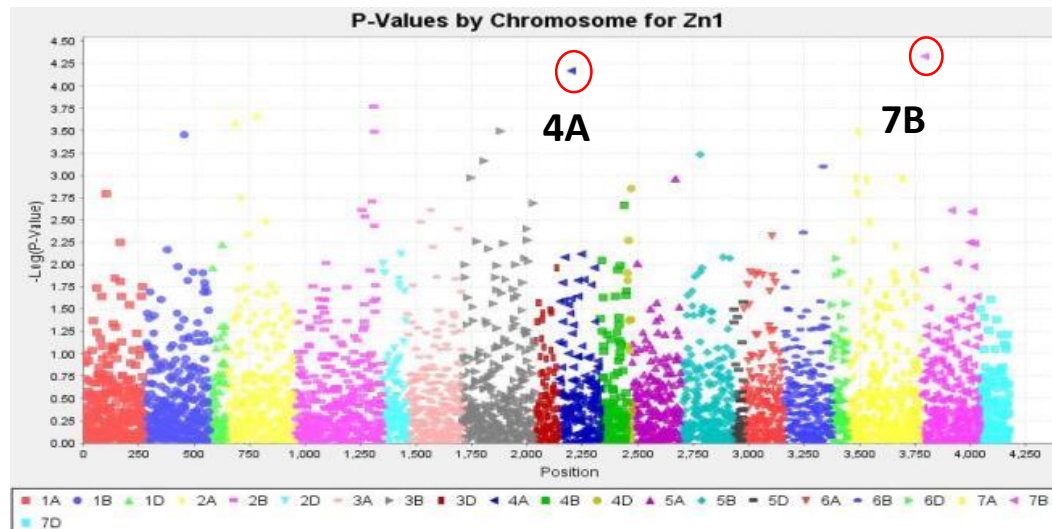
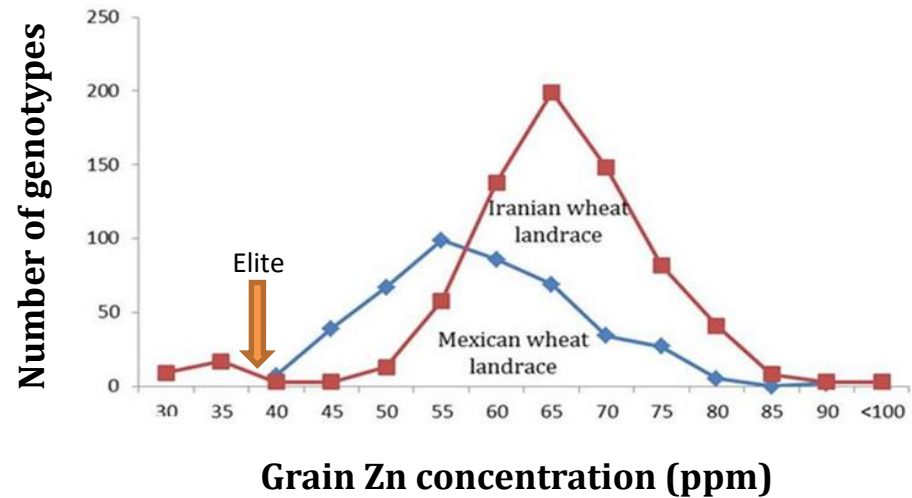
(D) Identificación del rasgo deseado

Calor, sequía, calidad y enfermedades

(C) Evaluación de colección núcleo

* Biofortificación

Evaluación del contenido de Zn + GWAS



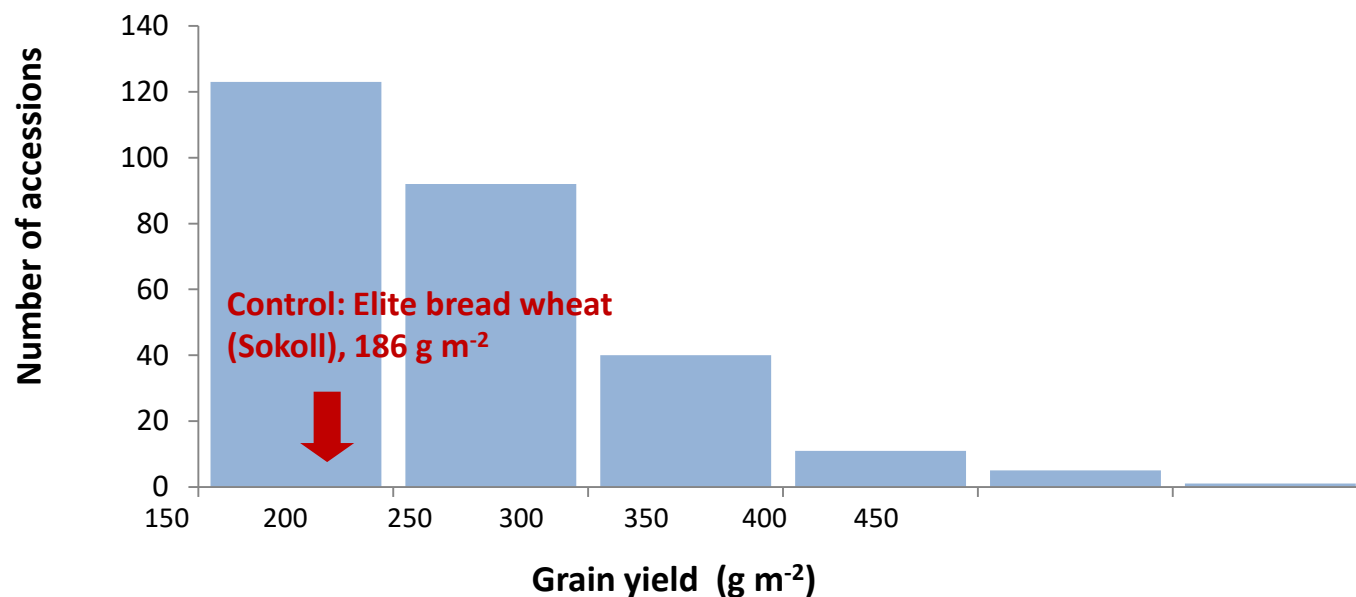
* Resistencia a roya amarilla

Accession / Pedigree	YR (%) in Mexico	YR (%) in India
CHIH95.5.18	20	10
CHIH95.5.23	10	10
DGO95.3.8	20	10
OAX93.1.1.1	20	5
Susceptible check	100	100



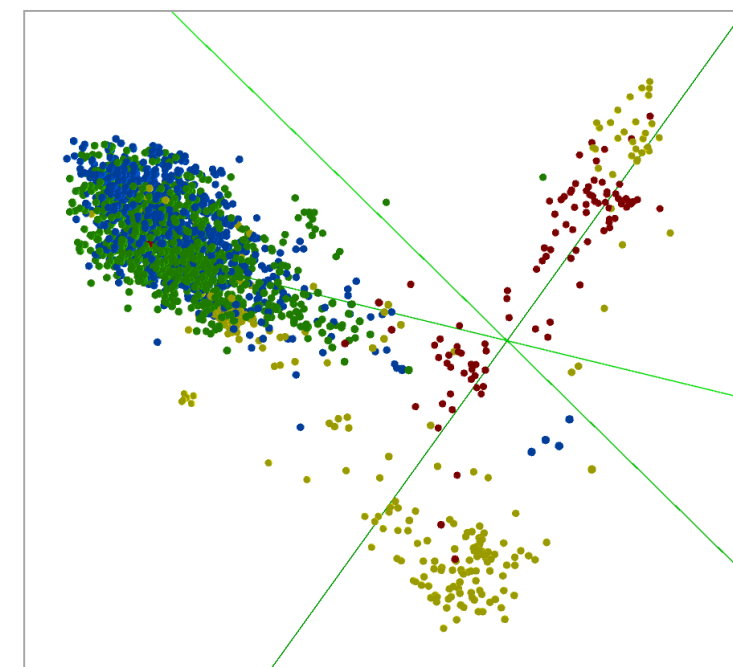
* Rendimiento de Grano

Variedades criollas mexicanas con rendimiento de grano $> 150 \text{ g m}^{-2}$ bajo estrés por calor (Cd. Obregón, México)



* Rasgos adaptados a calor

PCA



- Variedades tolerantes criollas mexicanas (AMARILLAS)
- Variedades tolerantes criollas Irán (RED)
- Líneas Elite (AZUL y VERDE)

Exotic

x

Elite₁



F1

x

Elite₂



TC₁F₁



Segregating population

F2



F_n

Selection

**Heat,
Drought,
Yield, Disease**

**Bridging germplasm for
breeding pipelines**

**Pre-mejoramiento:
ampliación de
la base genética del
trigo elite**



RESUMEN DE LOS RESULTADOS EN LOS ENSAYOS DE PRE-MEJORAMIENTO DE TRIGO: 2016 - 2017

**Evaluación fenotípica de 230 genotipos
avanzados de pre- mejoramiento en
diferentes localidades de México**

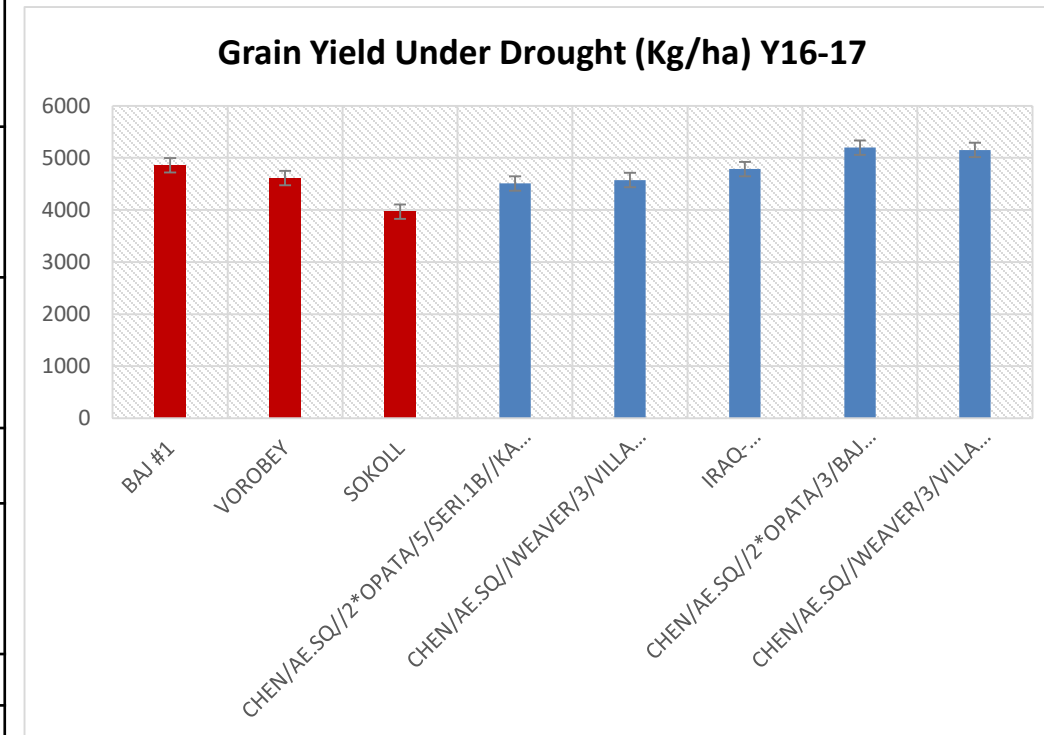


Tabla 1. Rendimiento de grano (Kg / ha)

*	RIEGO	SEQUIA	CALOR
BAJ #1	5754	4857.6	2215.7
VOROBAY	5856	4612.5	1985.1
REEDLING # 1	5882	4655.9	2332.4
SOKOLL	5624	3968.2	2023.4
RANGE (BLUPS)	3474 - 6511	2396 - 5198	1470 - 2488
TRIAL MEAN	5459	4050	1995
CV (%)	6.45 %	6.86 %	19 %

Líneas prometedoras de pre- mejoramiento de trigo para la tolerancia a la sequía

Cruza	Rendimiento de grano Sequía Y16-17	Rendimiento de grano Riego Y16-17	Rendimiento de grano Calor Y16-17
CHEN/AE.SQ//WEAVER/3/VILLA JUAREZ F2009/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1	5151.3	6042.3	2075.8
CHEN/AE.SQ//WEAVER/3/VILLA JUAREZ F2009/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1	4574.1	5794.1	1860.6
CHEN/AE.SQ//2*OPATA/5/SERI.1B//K AUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/F RET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRA P//KAUZ/5/KACHU	4509.7	6237.2	2027.3
CHEN/AE.SQ//2*OPATA/3/BAJ #1/4/SUP152	5198.3	6113.9	2041.1
IRAQ-34/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ*2/TRAP//KAUZ/5/KACHU	4786.6	5708.5	1737.7
VOROBey	4612.5	5855.7	1985.1
BAJ #1	4857.6	5753.7	2215.6
SOKOLL	3968.3	5624.3	2023.4
LSD	457	536	385.5

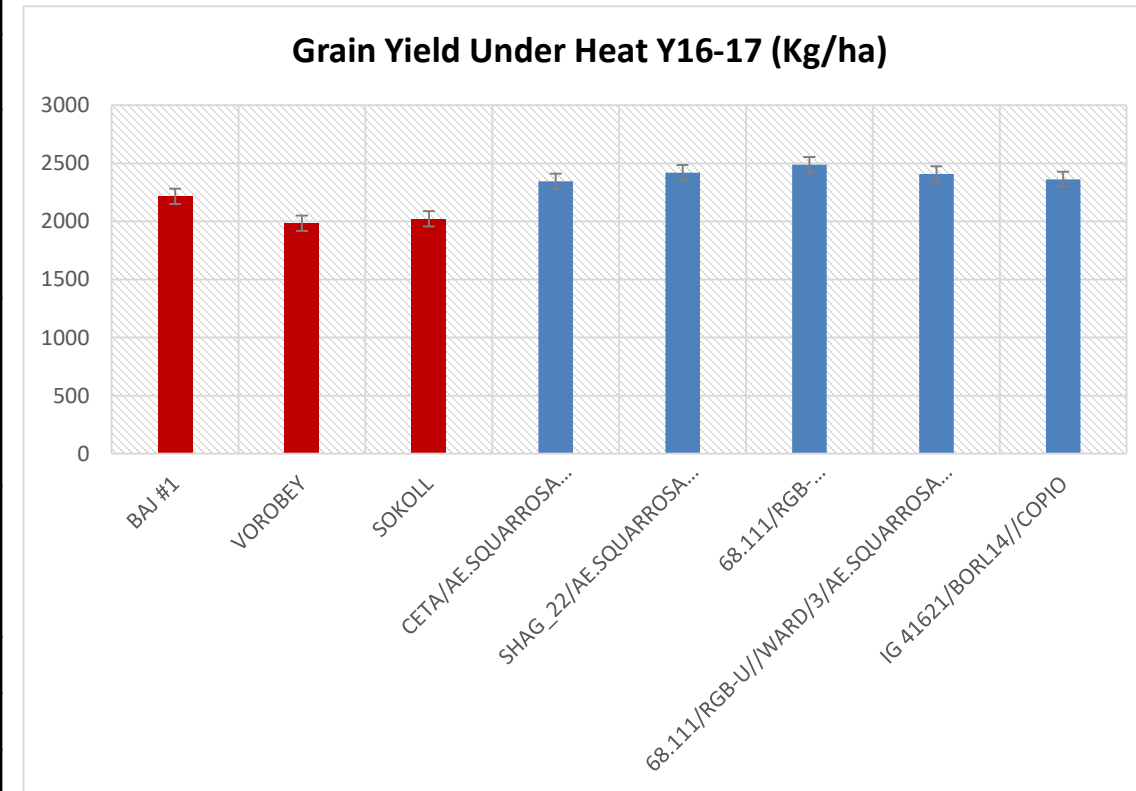


*Rendimiento de grano (Kg / ha)

Líneas prometedoras de pre- mejoramiento de trigo para la tolerancia a calor

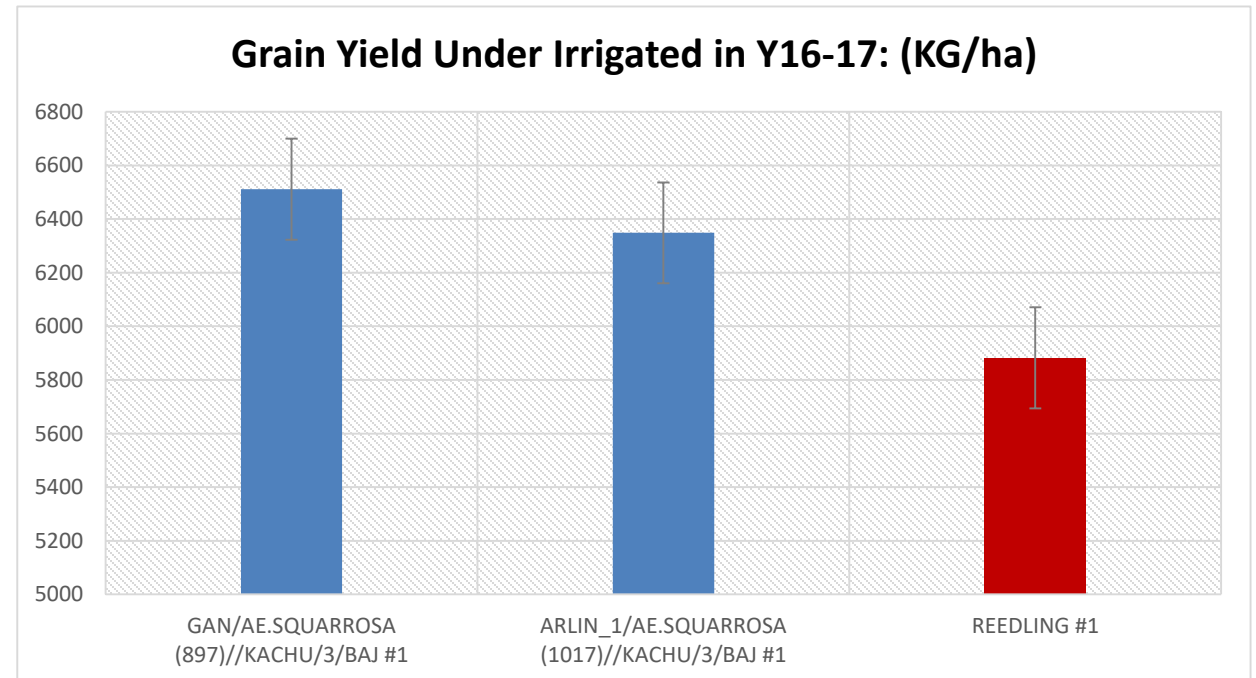
Cruza	Rendimiento de grano Calor Y16-17	Rendimiento de grano Sequía Y16-17	Rendimiento de grano Riego Y16-17
CETA/AE.SQUARROSA (1055)//KACHU/3/BAJ #1	2346.2	3514.4	5539.7
SHAG_22/AE.SQUARROSA (721)//WHEAR/KRONSTAD F2004/7/SHA7/VEE#5/5/VEE#8/ /JUP/BJY/3/F3.71/TRM/4/2*WE AVER/6/SKAUZ/PARUS//PARUS	2418.3	4969.1	6322.2
68.111/RGB- U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.S QUARROSA (809)/6/COPIO/7/KACHU #1/KIRITATI//KACHU	2487.7	4031.1	5313.6
68.111/RGB- U//WARD/3/AE.SQUARROSA (452)/4/2*OASIS/KAUZ//4*BC N/5/NAVJ07/6/KACHU	2407.2	4421.6	5858.8
IG 41621/BORL14//COPIO	2362.4	4264.7	5860.9
VOROBAY	1985.1	4612.5	5855.7
BAJ #1	2215.6	4857.6	5753.7
SOKOLL	2023.4	3968.3	5624.3
LSD	385.5	457	536

*Rendimiento de grano (Kg / ha)



Líneas prometedoras de pre- mejoramiento de trigo para riego

Cross	Rendimiento de grano Riego Y16-17	Rendimiento de grano Sequía Y16-17	Rendimiento de grano Calor Y16-17
GAN/AE.SQUARROSA (897)//KACHU/3/BAJ #1	6511.1	4058.9	1882.4
ARLIN_1/AE.SQUARROSA (1017)//KACHU/3/BAJ #1	6348.5	4370.8	2224.3
REEDLING #1	5882.4	4655.9	2167.7
LSD	536	457	385.5





Trabajos realizados con copartícipes Mexicanos



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN

inifap

Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



Fenotipificación y evaluación de líneas de trigo harinero seleccionadas bajo calor y sequía, en tres /seis localidades del Centro de México

Primero / Segundo Ciclo Pre Mejoramiento de Trigo
(2016 -2017)

Dr. Ernesto Solis Moya

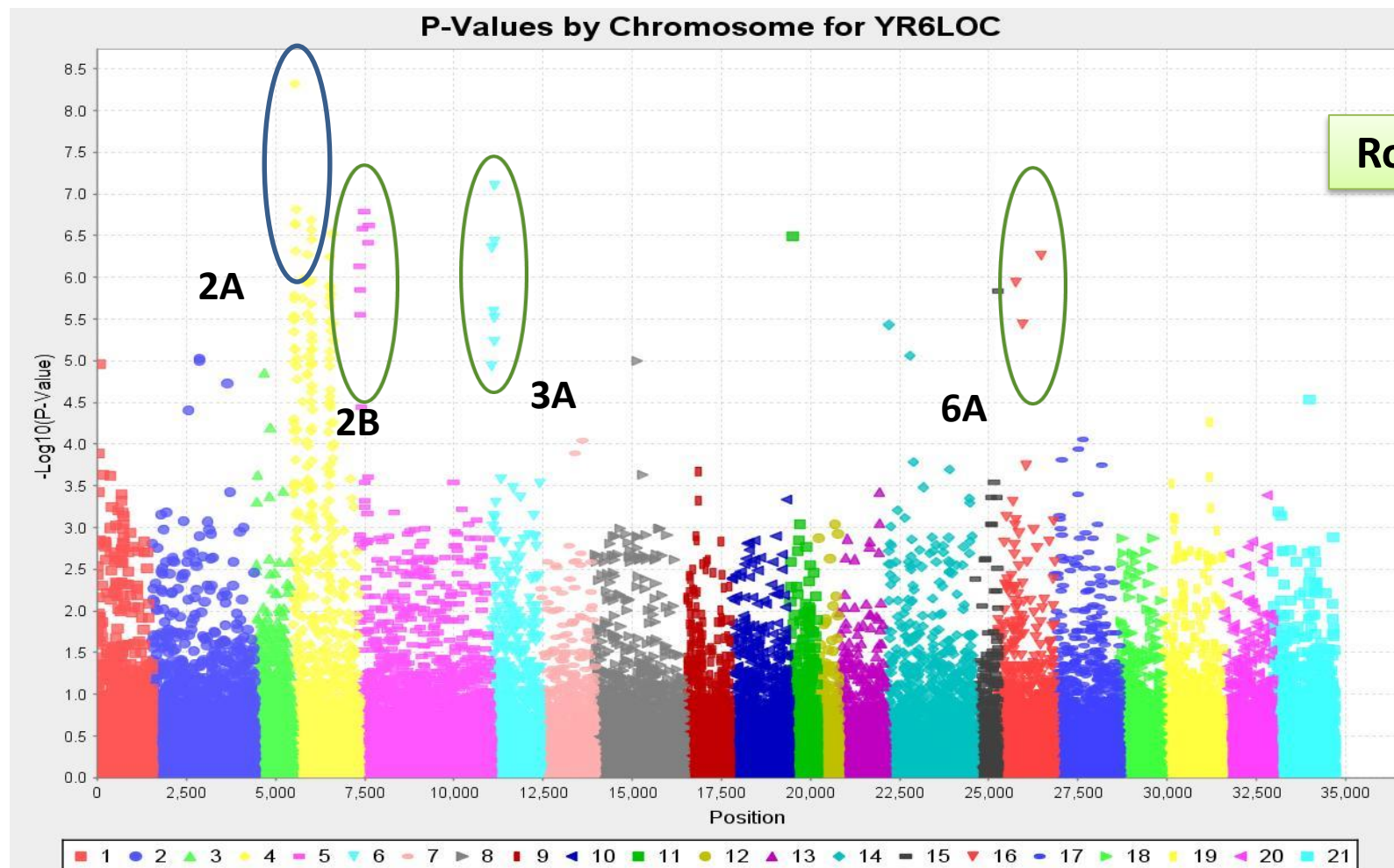
Dr. Javier Ireta



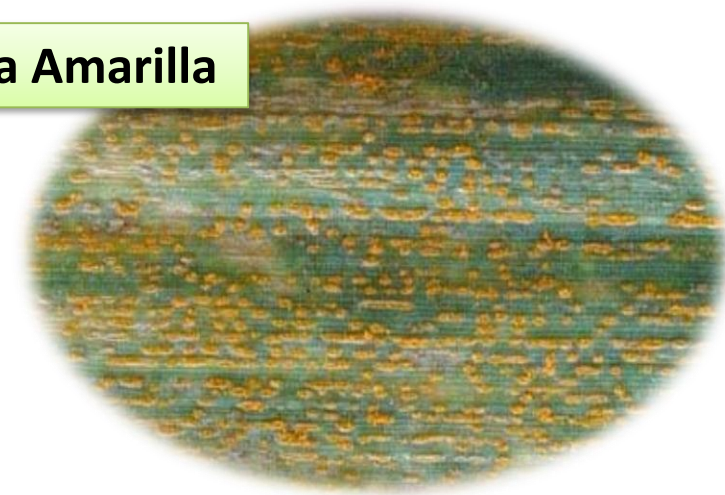
NOMBRE DEL EXPERIMENTO	EXP. SEED LTP1	EXP. LINEAS AVANZADAS	EXP. SUKH LTP2	EXP. LINEAS AVANZADAS
NUMERO DE LINEAS MasAgro	517	73 (5 Progenitores)	391	132
NUMERO DE LINEAS Inifap	13	224	14	
NUMERO DE REPETICIONES	2	1	2	1
DISEÑO	ALFA LATICE		ALFA LATICE	
UNIDADES EXPERIMENTALES	530	297	405	132
LOCALIDADES SEMBRADAS	3	2	2	1

Identificación de las 15 líneas más resistentes a roya amarilla en las 6 localidades del Centro de México.

M.C Lourdes Ledesma Ramirez
(Estudiante de Doctorado)



Roya Amarilla



- Fenotipificación
- Genotipificación
- Análisis GWAS

CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DE GERMOPLASMA DIVERSO PREMEJORADO DE TRIGO HARINERO PARA TOLERANCIA A FUSARIOSIS (*F. proliferatum*)



FUSARIOSIS DE CORONA

	GID	Tratamiento	% FC
LTP	7641901	98	5
ELITE	4313703	485	5
LTP	7640845	22	7.5
LTP	7641094	25	7.5
LTP	7641427	63	7.5
LTP	7642641	145	7.5
LTP	7643074	216	7.5
LTP	7643358	295	7.5
LTP	7643363	297	7.5
LTP	7643385	302	7.5
LTP	7643938	360	7.5
LTP	7645408	415	7.5
LTP	7645891	441	7.5
ELITE	6178402	478	7.5

M.C Maria del Pilar Suaste
(Estudiante de Doctorado)

FUSARIOSIS DE RAIZ

	GID	Tratamiento	% FR
LTP	7641094	25	12.5
LTP	7641347	53	12.5
LTP	7642324	123	12.5
LTP	7642641	145	12.5
LTP	7643363	297	12.5
LTP	7643385	302	12.5
LTP	7643466	322	12.5
LTP	7645408	415	12.5
ELITE	6178402	478	12.5
ELITE	4313703	485	12.5

- Fenotipificación
- Genotipificación
- Análisis GWAS

Búsqueda de nuevas fuentes de resistencia a roya amarilla (*Puccinia striiformis*), mediante un estudio de asociación de genoma amplio, en la serie histórica de variedades mexicanas de trigo harinero"

Dr. Pedro Figueroa

Evaluación de Roya Amarilla en 3 diferentes localidades:

- Pullman WA – Respuesta en plántula en **invernadero**

Evaluación en Campo

- Pullman WA
- Mt. Vernon WA
- Toluca, Mexico



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

MasAgro
Modernización Sustentable de la Agricultura Tradicional

Líneas de pre-mejoramiento de trigo que muestran resistencia a la enfermedad de carbón parcial

Guillermo Fuentes

inirap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Cross Name	Severity (%)
68.111/RGB-U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.SQUARROSA (809)/6/CNO79//PF70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92*2/5/FH 6-1-7/7/KACHU #1/KIRITATI//KACHU	0.25
H-1442/KACHU//BAJ #1	0.56
LOCAL RED/AE.SQUARROSA (222)/3/ATTILA*2/PBW65//MURGA/4/REEDLING #1	0.95
BCN//CETA/AE.SEARSII (34D)/3/VILLA JUAREZ F2009/4/WBLL1/KUKUNA//TACUPETO F2001/3/BAJ #1	2.36
DOY1/AE.SQUARROSA (318)/3/KACHU #1/KIRITATI//KACHU/4/PBW343*2/KUKUNA*2//FRTL/PIFE D	2.46
Susceptible check	100



Líneas de pre-mejoramiento de trigo con alto contenido de zinc (Zn)

Cross Name	Exotic Group	Zn-Yr1	Zn-Yr2
IG 41514/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/ SHAMA//KACHU	Landrace Derived	52	49
OAX93.15.1//WHEAR/KRONSTAD F2004/7/SHA7/VEE#5/5/VEE#8//JUP/BJY/3/F3.71/TRM/4/2*WEAVER/6/SKAUZ/PARUS//PARUS	Landrace Derived	47	44
ARVAND 1/3/ATTILA*2/PBW65//MURGA/4/BORL14	Landrace Derived	42	43
ARVAND 1/3/ATTILA*2/PBW65//MURGA/4/BORL14	Landrace Derived	47	42
IG 107121/3/HUW234+LR34/PRINIA*2//KIRITATI/4/WHEAR/KRONSTAD F2004	Landrace Derived	43	41
IG 122164/3/ATTILA*2/PBW65//MURGA/4/BORL14	Landrace Derived	46	42
CROC_1/AE.SQUARROSA (481)//KACHU/3/BAJ #1	Synthetic Derived	58	51
CHEN/AE.SQ//WEAVER/5/SERI.1B//KAUZ/HEVO/3/AMAD*2/4/KIRITATI/6/FRET2*2/SHAMA//KACHU	Synthetic Derived	46	41
T.DICOCCON PI94625/AE.SQUARROSA (502)//WHEAR/KRONSTAD F2004/7/SHA7/VEE#5/5/VEE#8//JUP/BJY/3/F3.71/TRM/4/2*WEAVER/6/SKAUZ/PARUS//PARUS	Synthetic Derived	49	44
68.111/RGB-U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.SQUARROSA (809)/6/NELOKI/7/ATTILA*2/PBW65//MURGA	Synthetic Derived	48	46
68.111/RGB-U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.SQUARROSA (878)/6/ATTILA*2/PBW65//MURGA/7/BORL14	Synthetic Derived	43	43
68.111/RGB-U//WARD/3/FGO/4/RABI/5/AE.SQUARROSA (878)/6/ATTILA*2/PBW65//MURGA/7/BORL14	Synthetic Derived	48	43
Reedling # 1	Check	40	32
KACHU #1	Check	36	34



Resumen y siguientes pasos

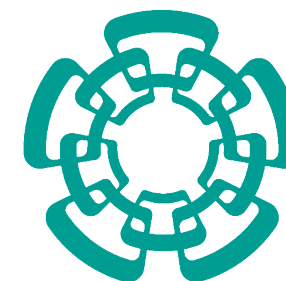
- Se ha identificado amplia variación para rasgos agronómicos, de calidad, y para resistencia a enfermedades.
- 1,000 accesiones exóticas usadas en pre- mejoramiento.
- Líneas avanzadas de germoplasma listas para usar como vínculo en el mejoramiento.
- Rasgos donantes identificados y compartidos con los mejoradores para la introgresión en germoplasma élite.
- Caracterización genómica de 50,000 + 30,000 accesiones.
- Colecciones núcleo de variedades criollas disponibles.
- Se esta formando una red de colaboradores evaluando materiales pre-mejorados.

MAPEO DE QTLs ASOCIADOS A LA FENOLOGÍA Y CARACTERES RELACIONADOS CON RENDIMIENTO DEL GRANO EN TRIGO

PRESENTA
CYNTHIA ORTIZ ROBLES

Para obtener el grado de Maestra en Ciencias

**En la especialidad de
Biotecnología vegetal**



Cinvestav

2014 - 2016

Dr. Sukhwinder Singh

Dra. Beatriz Xoconostle Cázares

CIMMYT

DBB

¡Gracias por su participación!

Jonás Aguirre (UNAM), **Flavio Aragón** (INIFAP), **Gary Atlin**, **Odette Avendaño** (LANGEBIO), **Michael Baum** (ICARDA), **David Bonnett**, **Hans Braun**, **Ed Buckler** (Cornell Univ.), **Juan Burgueño**, **Vijay Chaikam**, **Alain Charcosset** (AMAZING), **Gabriela Chávez** (INIFAP), **Jiafa Chen**, **Charles Chen**, **Andrés Christen** (CIMAT), **Angelica Cibrian** (LANGEBIO), **Héctor M. Corral** (AGROVIZION), **Moisés Cortés** (CNRG), **Sergio Cortez** (UPFIM), **Denise Costich**, **Lino de la Cruz** (UdeG), **Etienne Duveiller**, **Marc Ellis**, **Armando Espinosa** (INIFAP), **Néstor Espinosa** (INIFAP), **Gilberto Esquivel** (INIFAP), **Luis Eguiarte** (UNAM), **Mustapha El-Bouhssini** (ICARDA), **Gaspar Estrada** (UAEM), **Juan D. Figueroa** (CINVESTAV), **Pedro Figueroa** (INIFAP), **Jorge Franco** (UDR), **Guillermo Fuentes** (INIFAP), **Bonnie Furman**, **Amanda Gálvez** (UNAM), **Héctor Gálvez** (SAGA), **Karen García**, **Silverio García** (ITESM), **Noel Gómez** (INIFAP), **Gregor Gorjanc** (Roslin Inst.), **Sarah Hearne**, **Carlos Hernández**, **Juan M. Hernández** (INIFAP), **Víctor Hernández** (INIFAP), **Luis Herrera** (LANGEBIO),



CNRG, Octubre 2013

John Hickey (Roslin Inst.), **Huntington Hobbs**, **Puthick Hok** (DART), **Javier Ireta** (INIFAP), **Andrzej Kilian** (DART), **Huihui Li**, **Marta Lopes**, **Francisco J. George Mahuku**, **Manjarrez** (INIFAP), **David Marshall** (JHI), **César Martínez**, **Carlos G. Martínez** (UAEM), **Manuel Martínez** (SAGA), **Ky Matthews**, **Iain Milne** (JHI), **Terrence Molnar**, **Moisés M. Morales** (UdeG), **Henry Ngugi**, **Francis Ogonnaya** (ICARDA), **Alejandro Ortega** (INIFAP), **Iván Ortíz**, **Leodegario Osorio** (INIFAP), **Natalia Palacios**, **José Ron Parra** (UdeG), **Tom Payne**, **Javier Peña**, **Cesar Petroli** (SAGA), **Kevin Pixley**, **BM Prasanna**, **Ernesto Preciado** (INIFAP), **Matthew Reynolds**, **Sebastian Raubach** (JHI), **María Esther Rivas** (BIDASEM), **Carolina Roa**, **Alberto Romero** (Cornell Univ.), **Ariel Ruíz** (INIFAP), **Carolina Saint-Pierre**, **Jesús Sánchez** (UdeG), **Gilberto Salinas**, **Yolanda Salinas** (INIFAP), **Carolina Sansaloni** (SAGA), **Ruairidh Sawers** (LANGEBIO), **Sergio Serna** (ITESM), **Paul Shaw** (JHI), **Rosemary Shrestha**, **Aleyda Sierra** (SAGA), **Pawan Singh**, **Sukhwinder Singh**, **Giovanni Soca**, **Ernesto Solís** (INIFAP), **Kai Sonder**, **Ken Street** (ICARDA), **Maria Tattaris**, **Maud Tenaillon** (AMAZING), **Fernando de la Torre** (CNRG), **Heriberto Torres** (Pioneer), **Samuel Trachsel**, **Grzegorz Uszynski** (DART), **Ciro Valdés** (UANL), **Griselda Vásquez** (INIFAP), **Humberto Vallejo** (INIFAP), **Víctor Vidal** (INIFAP), **Eduardo Villaseñor** (INIFAP), **Prashant Vikram**, **Martha Willcox**, **Peter Wenzl**, **Víctor Zamora** (UAAAN)



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



 **CIMMYT**^{MF}
International Maize and Wheat Improvement Center

F6 Biparental population

BOTNO/AE.SQUARROSA (666)
Synthetic Line



Kachu
ELITE

260 RILs (Recombinant Inbred Lines)
Single Seed Descent



Field evaluation

- Vegetative damage caused by Stripe rust
- Two different environments: Batán – Toluca México



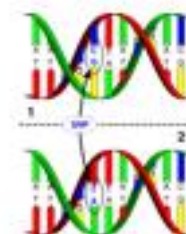
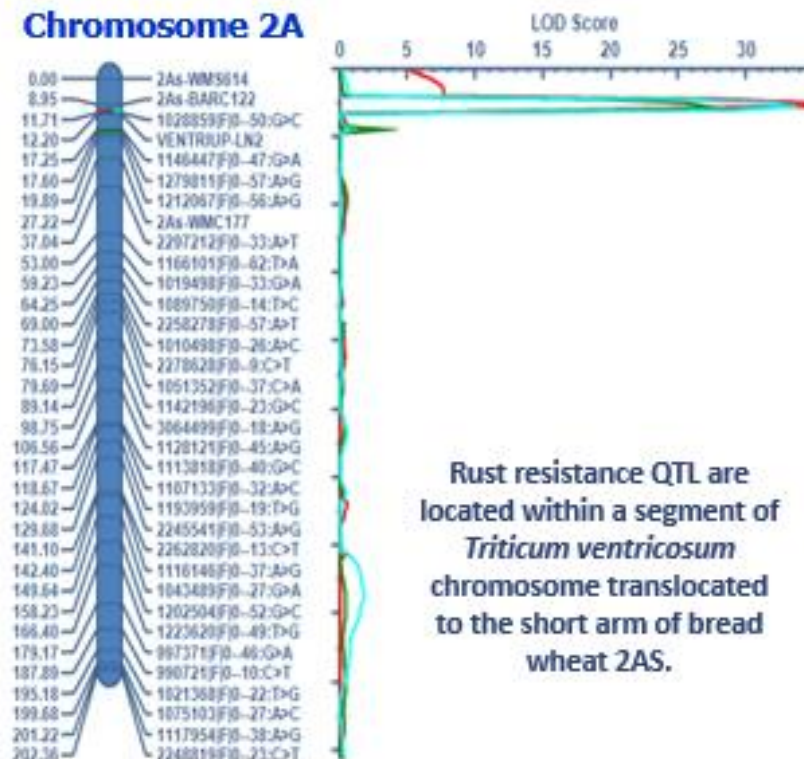
Susceptible control



Resistance control



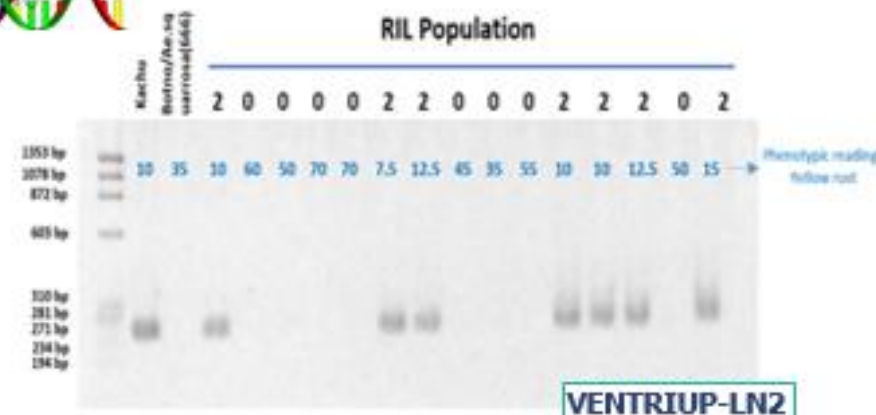
Chromosome 2A



GBS
Genotyping-by-sequencing

Single
Nucleotide
Polymorphism

Trait	Left Marker	Right Marker	LOD logarithm of the odds	PVE (%) Phenotypic variation	Add Additive effect
YR Batán D1	BARC122	1028859 F 0-50:G>C	34.7265	48.8416	-11.6629
YR Batán D2	1028859 F 0-50:G>C	VENTRIUP-LN2	18.6075	22.1807	-10.1747
YR Toluca D1	BARC122	1028859 F 0-50:G>C	31.58	46.0896	-18.2789



Fragment containing the genes *Lr37/Yr17/Sr38*.