



CIMMYT
Soluciones Genéticas para la Viabilidad Global del Trigo

AGROVEGETAL
Empoderar Agricultores con el Control de Su Semilla



Soluciones Genéticas Pre-CIMMYT

N. E. Borlaug y la roya del tallo en los 1950s



- ▶ **Borlaug utiliza la resistencia de “McFadden” contra roya del tallo**

- **Yaqui 50** con rendimientos récord en Sonora
- ¡¡¡¡Una solución genética que duro más de 50 años!!!!



Edgar S. McFadden
(1891 – 1956)
South Dakota SU

- ▶ **Los agricultores de Sonora realicen que la genética es un poderoso agente de cambio de sus campos**



Soluciones Genéticas Pre-CIMMYT

Los trigos enanos

- ▶ **1955: Agua de riego disponible en el Yaqui**
 - Intensificación posible
 - Variedades altas non-adaptadas a la intensificación
- ▶ **1960s: Liberación del primer trigo semi-enano en México**
 - Gen único del trigo Japonés Norin 10, obtenido de la USDA (Dr. O. Vogel)
 - *Arquitectura de planta modificada drásticamente para beneficio del ser humano*
- ▶ **¡Los trigueros de Sonora multiplican sus rendimientos por 2!**
 - *El mejoramiento genético es primordial para su prosperidad*
- ▶ **1966: Creación del CIMMYT como Centro Internacional con sede en México**



Soluciones Genéticas CIMMYT

Los trigos enanos y la Revolución Verde



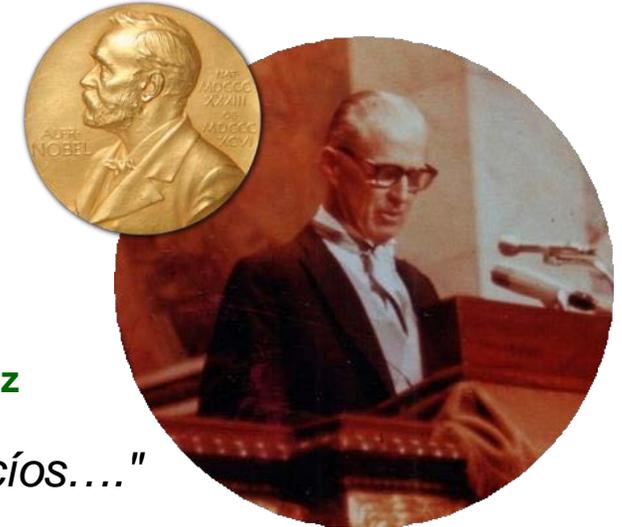
► **1970s: La Revolución Verde, una solución genética más significativa para el ser humano:**

- México autosuficiente
- Asia del Sur: **Semilla de Sonora** previene hambruna para millones en India y Pakistán
- África del Norte, Sur de Europa, etc... Revolución en los sistemas de producción de trigo



► **1970s: Efecto planetario sobre la seguridad alimentaria mundial**

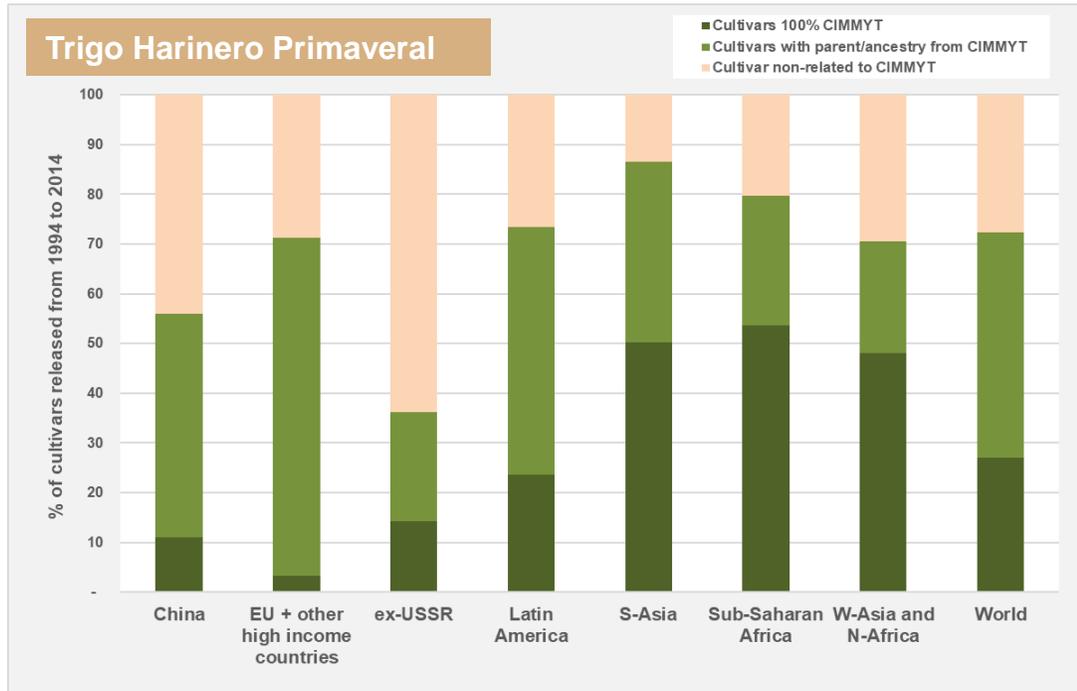
- Pakistán, India, Turquía auto-suficientes
- **N.E. Borlaug recibe el premio Nobel por la Paz**



"No se puede construir Paz con estómagos vacíos...."

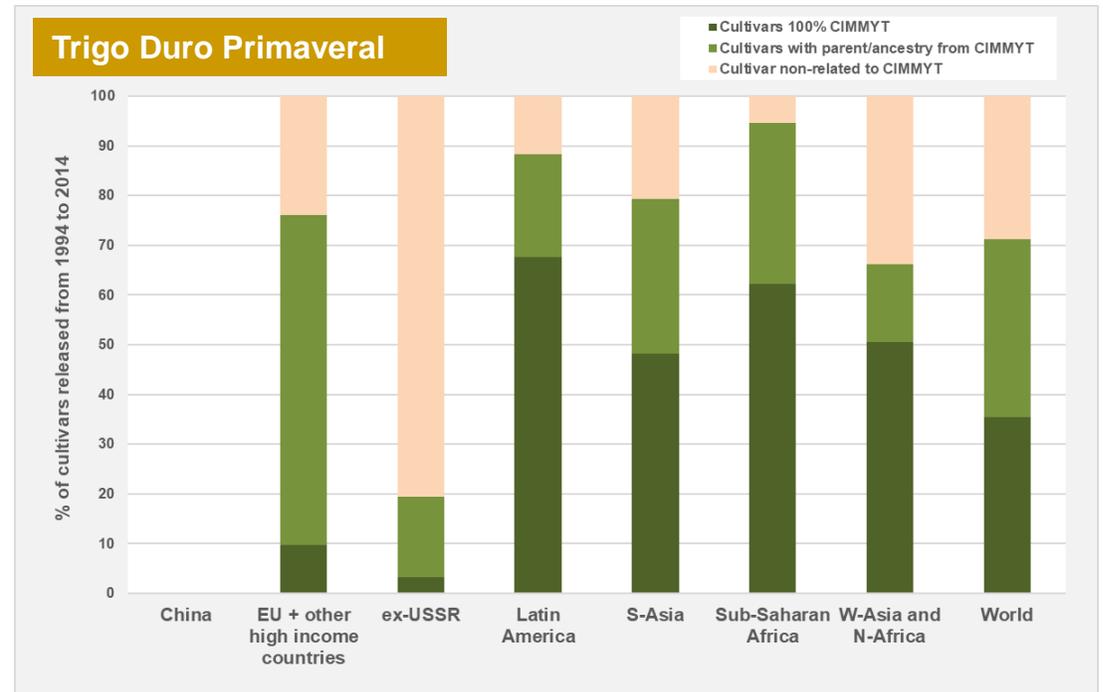
Soluciones Genéticas CIMMYT - Hoy

Dominante a nivel Mundial – 70% de las variedades liberadas del 1994 al 2014



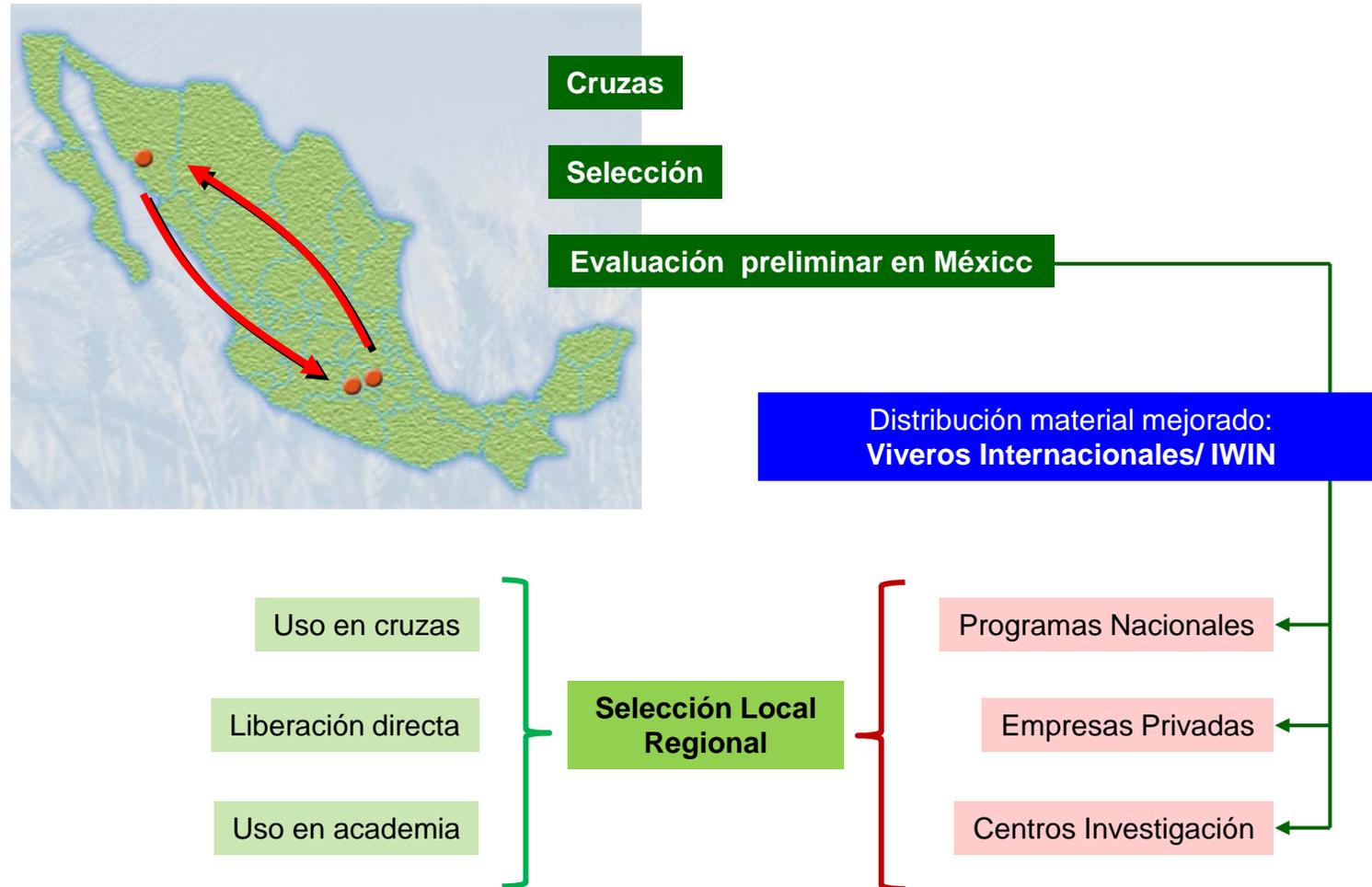
La genética CIMMYT domina el mejoramiento de trigo en el Mundo post Revolución Verde

Variedades liberadas por parte de colaboradores del 1994 al 2014



Soluciones Genéticas CIMMYT

Un programa centralizado en México ... para el Mundo



Soluciones Genéticas CIMMYT

Un programa centralizado en México ... para el Mundo



Selección "Shuttle Breeding"

► **Shuttle-Breeding:**

- 2 ciclos / año
- 3 años desde cruce a ensayos
- Condiciones de selección drásticamente diferentes
- Clave de la adaptación amplia
- Resiliencia a cambio climático



Uso en cruces

Liberación directa

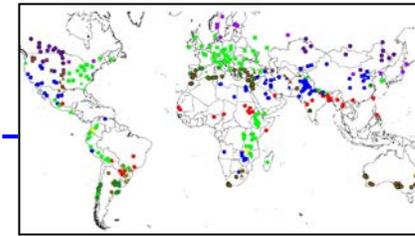
Uso en academia

Cruzas

Selección

Evaluación preliminar en México

Selección Local Regional



Información desde el Mundo

► **IWIN:**

- Relevancia Global
- Adaptación Amplia
- Resiliencia a cambio climático

Distribución material mejorado: Viveros Internacionales/ IWIN

Programas Nacionales

Empresas Privadas

Centros Investigación

Una Infraestructura de Investigación Única

CENEB, Obregón – La Meca de la mejora de trigo en el Mundo



**Ing. Rodrigo
Rascón**

- ▶ **Progreso continuo en Potencial de Rendimiento**
 - Excelentes condiciones experimentales
 - Rendimientos de 7 a 10 t/hectáreas realizables
 - **Desempeño en CENEB altamente relacionado al desempeño en más de 40 millones de hectáreas globalmente**

- ▶ **Selección por resiliencia al cambio climático**
 - Simulación de sequía vía riego reducido por goteo
 - Simulación de calor extremo vía siembras tardías



CIMMYT-CENEB Obregón: Mas de 100,000 parcelas experimentales evaluadas por rendimiento bajo diferentes condiciones ambientales

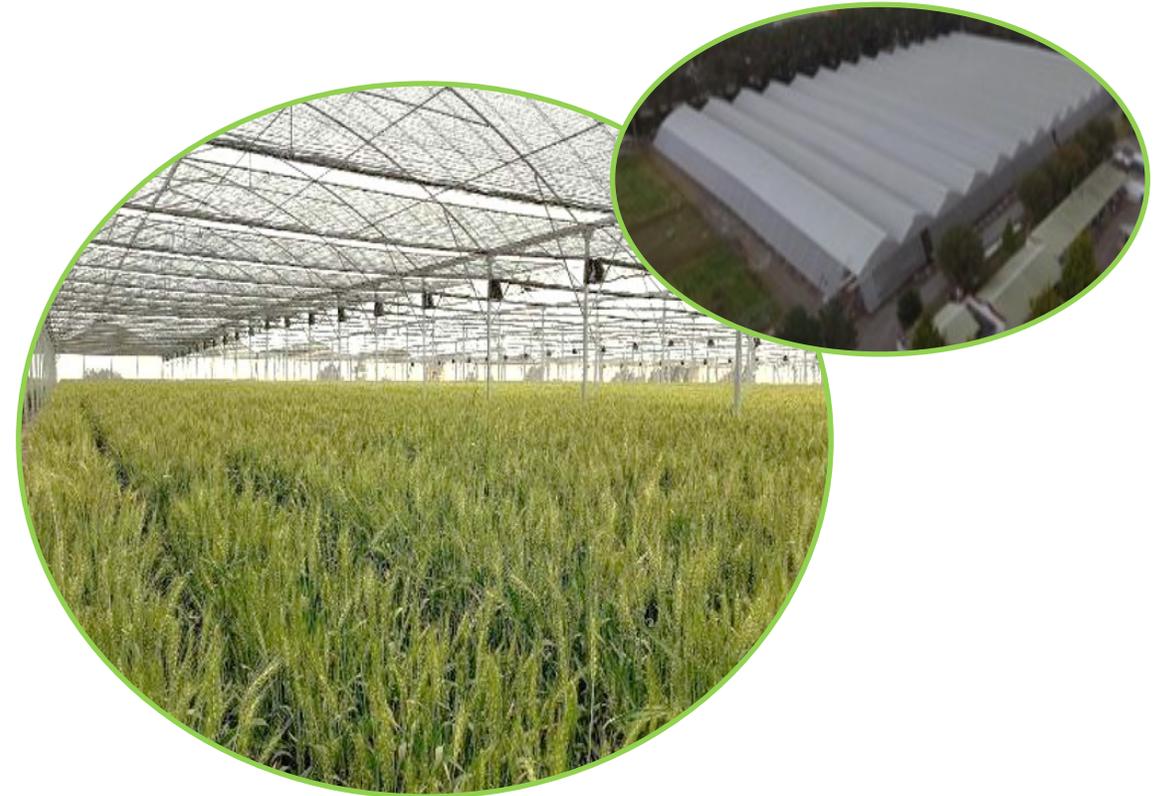
Una Infraestructura de Investigación Única

Toluca - Clave para lograr una adaptación amplia

- ▶ **Estación Experimental S. Rajaram:** Cerca de Toluca, 2700 m., 75 ha.,
Un paraíso para enfermedades



**Ing. Fernando
Delgado**



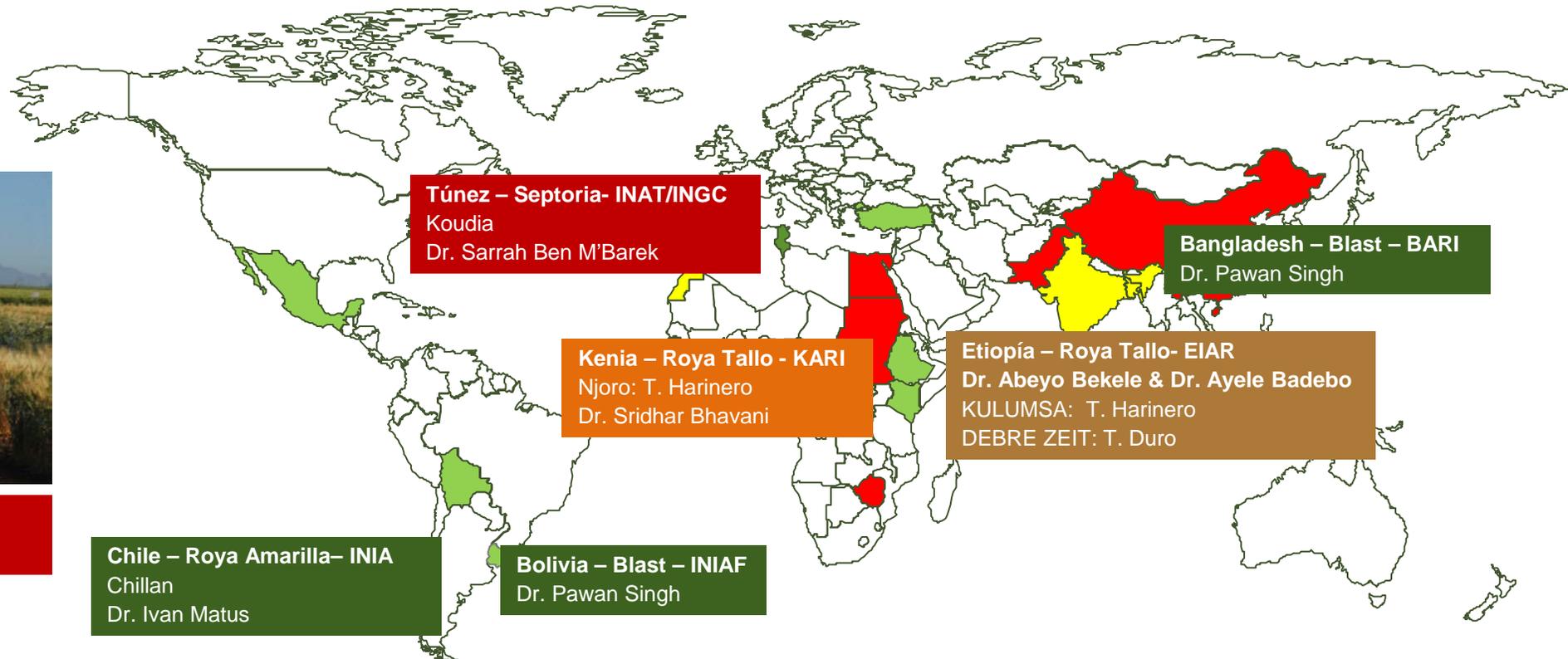
- ▶ **Infraestructura de avance rápido de generaciones**
 - 2.1 ha de invernadero iluminado
 - 3 generaciones en un año

Una Red de Plataformas de Precisión

Evaluación para reacción a enfermedades ausentes en México



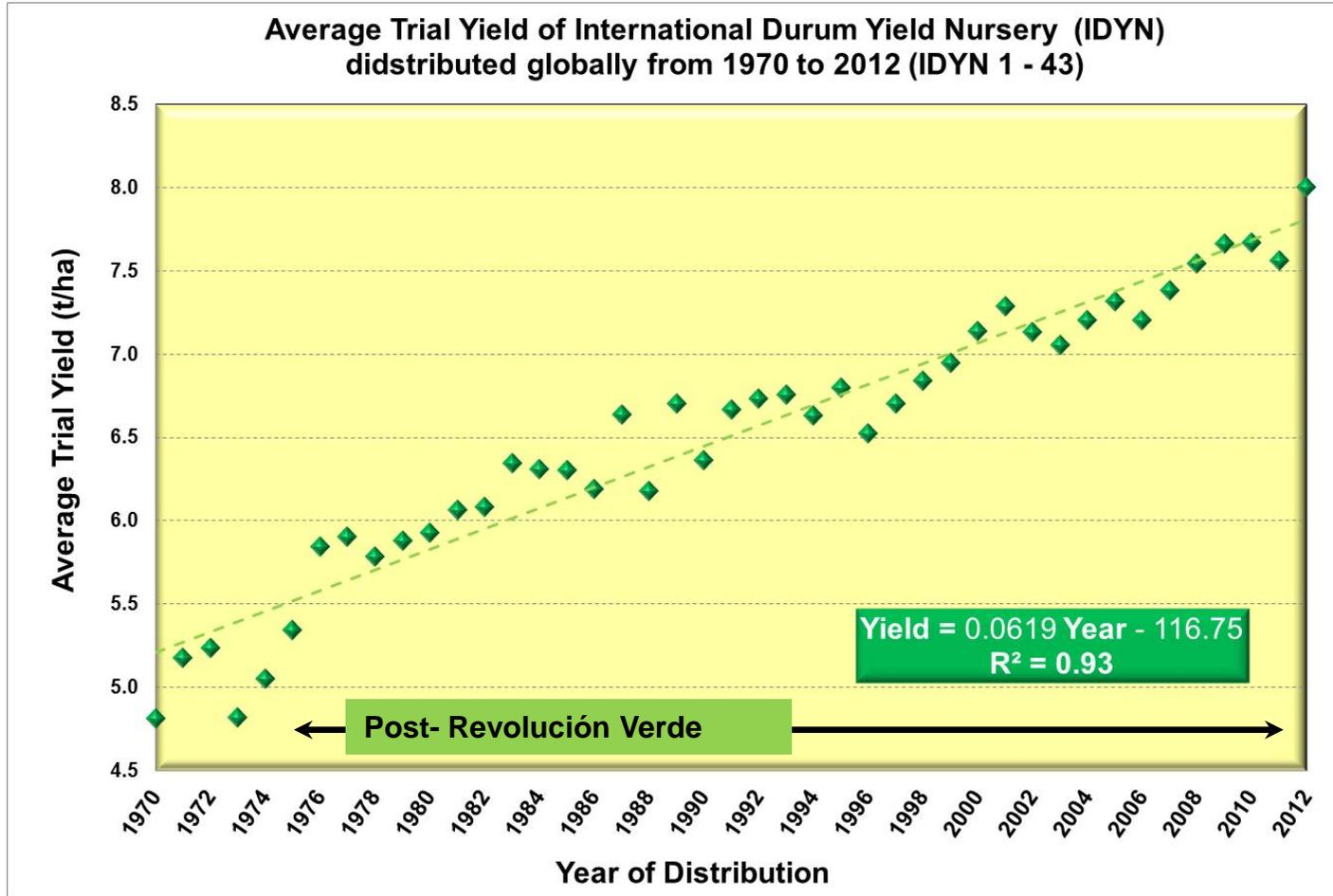
**Dr. Carolina
Saint Pierre**



- ▶ Enfermedades importantes ausentes en México
- ▶ Colaboraciones con los Programas Nacionales
- ▶ **Miles de líneas evaluadas anualmente**

Soluciones Genéticas CIMMYT

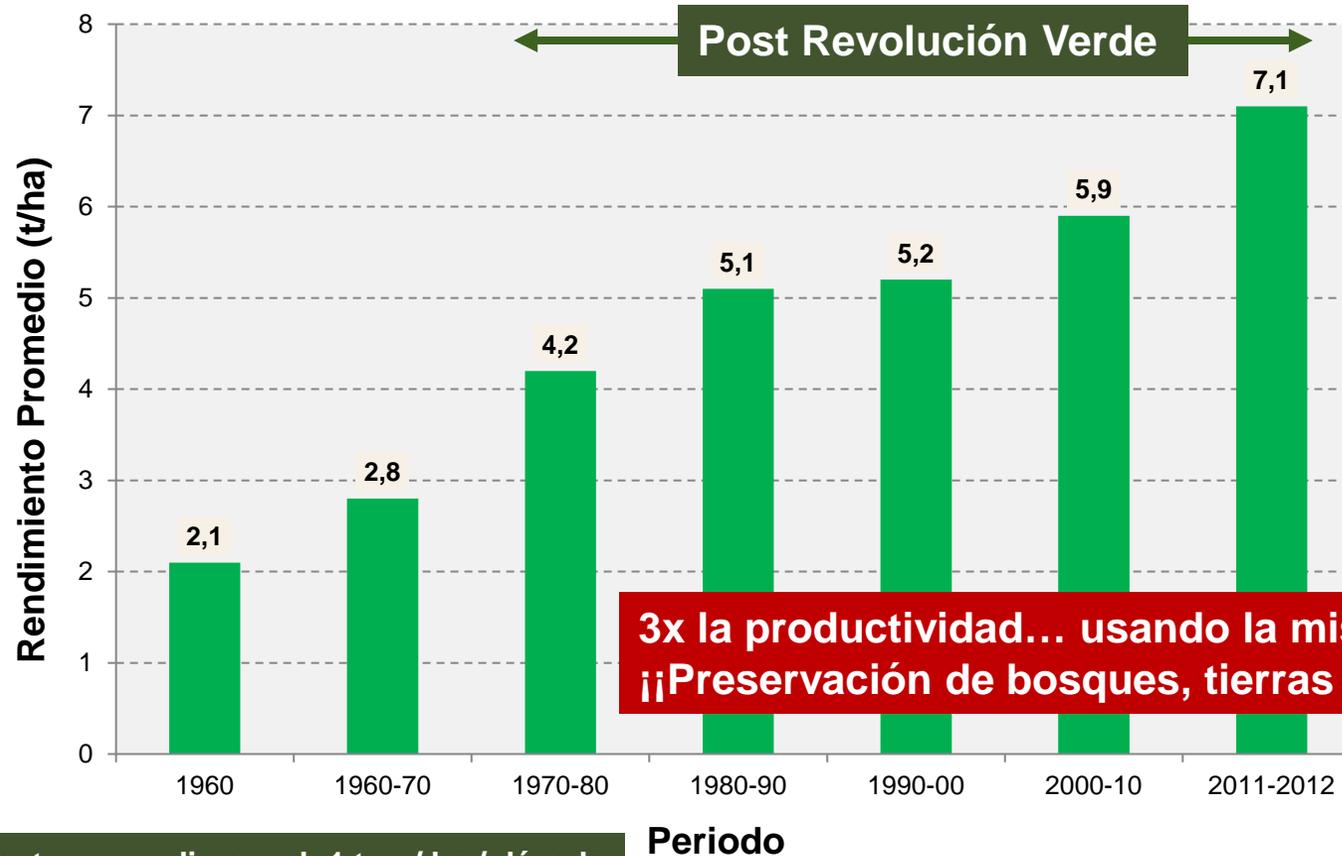
Logros bajo riego Post-Revolución Verde – Rendimientos experimentales trigo duro CIMMYT



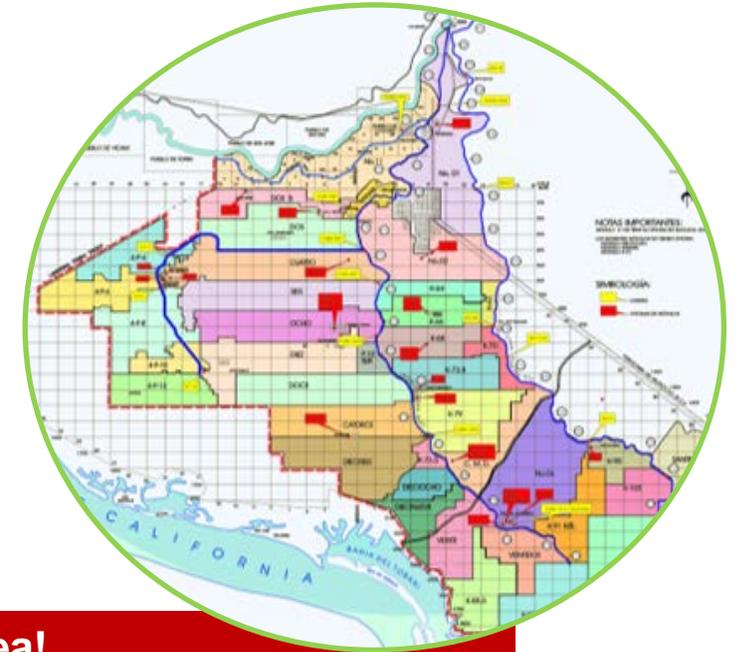
Soluciones Genéticas CIMMYT

Logros Post-Revolución Verde – Rendimiento comerciales bajo riego

Rendimiento Promedio del Valle del Yaqui (>170,000 ha)



3x la productividad... usando la misma área!
¡¡Preservación de bosques, tierras marginales y áreas naturales!!

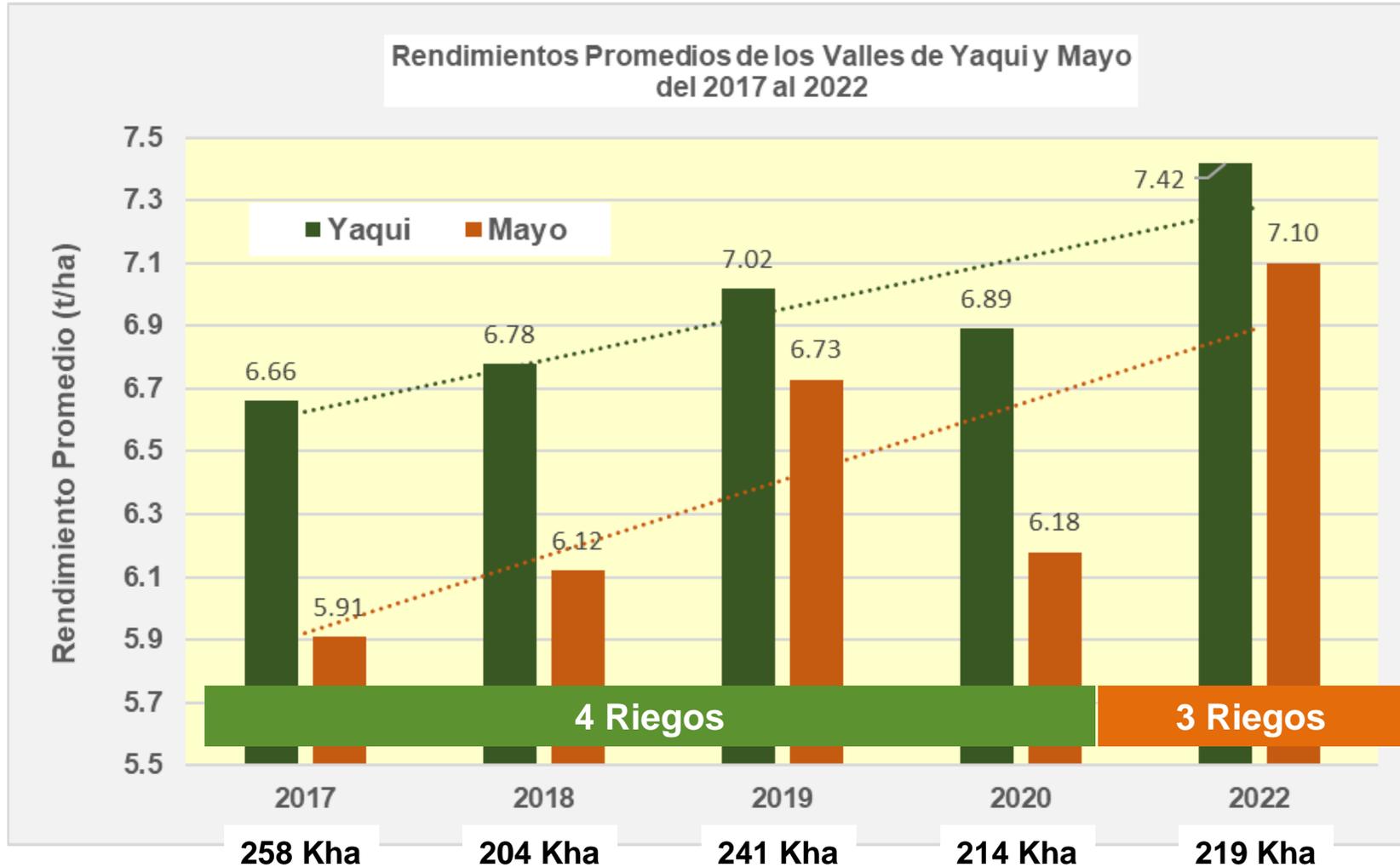


Incremento promedio anual: 1 ton / ha / década

Fuente: INIFAP

Soluciones Genéticas CIMMYT

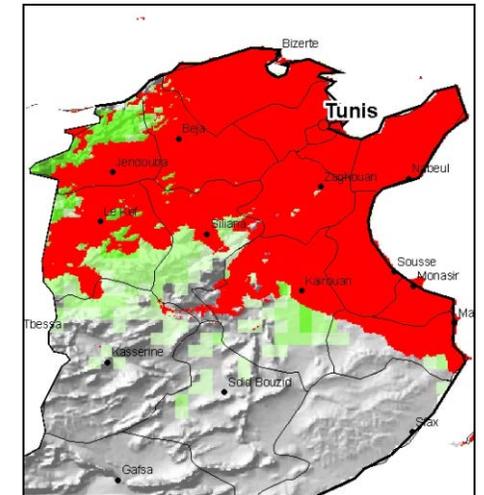
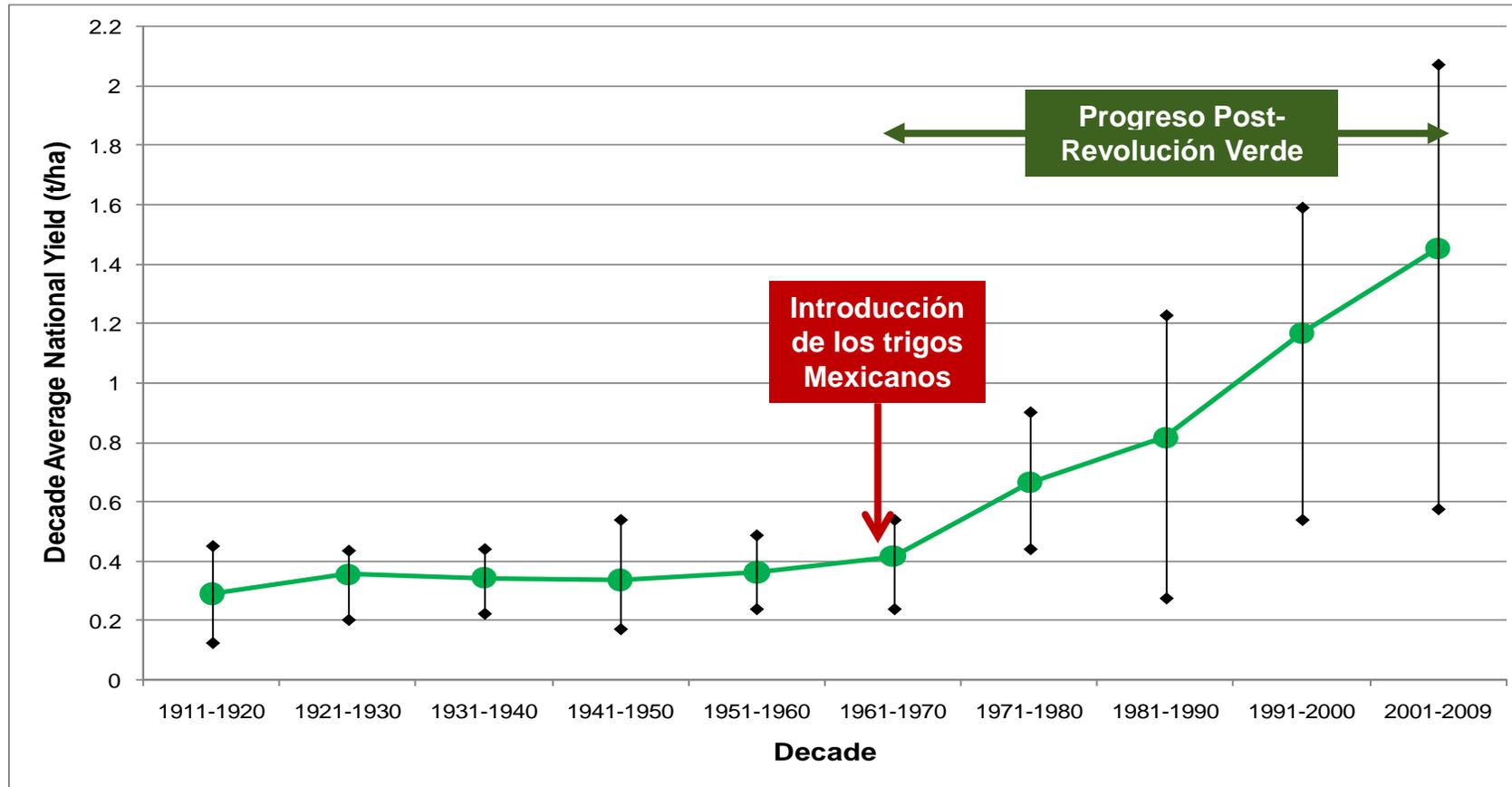
Logros Recientes – Rendimiento comerciales bajo riego



- **Genética CIMMYT en ambientes de alto potencial de rendimiento:**
- Una variedad dominante
 - Aprovecha de las mejores condiciones climáticas
 - **A pesar de las restricciones en disponibilidad de agua**

Soluciones Genéticas CIMMYT

Logros Recientes – Rendimientos Nacionales en temporal (sequia frecuente)



Impacto de la genética y el manejo agronómico sobre el rendimiento nacional de trigo duro en Túnez. INRAT.

Soluciones Genéticas CIMMYT

Respuestas a crisis fitosanitarias – Roya de la Hoja en trigo duro en México



- ▶ **Marzo 2001:** Nueva raza de roya aparece en Sonora
- ▶ Todas las variedades Mexicanas susceptibles, >85% del germoplasma del CIMMYT
- ▶ **Amenaza a la economía regional**



Dr. Wolfgang Pfeiffer



Drs. P. Figueroa y J. Huerta. INIFAP

- ▶ **Mayo 2001:** Una línea resistente identificada con rendimiento aceptable
- ▶ **Verano 2001:** Registro “en emergencia” de la variedad **JUPARE C2001**
- ▶ **Noviembre 2003:** Semilla comercial para sembrar **>50,000 ha** de JUPARE C2001
- ▶ **Respuesta de la investigación y de las agencias estatales/Federales de manera emergente y en tiempo record: Única a nivel mundial**

Soluciones Genéticas CIMMYT

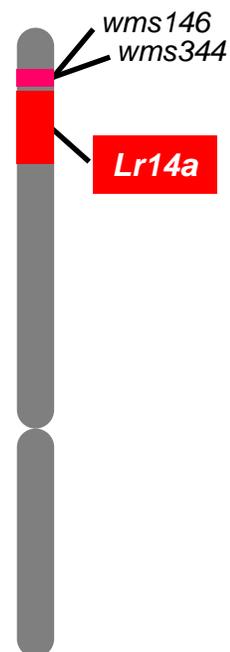
Previniendo crisis fitosanitarias en España – Roya de la Hoja en trigo duro



Con Nour Ahmed, estudiante Univ. Sevilla & Agrovegetal en viveros de roya de la hoja



- ▶ **Vulnerabilidad genética debida a la protección por el gen de resistencia *Lr14a***
 - Non-efectivo en Francia desde el 2009, en España y Túnez desde el 2012-13
 - Razas virulentas en España confirmadas por CIMMYT-US-Agrovegetal
 - Marcador molecular disponible para diagnóstico de presencia del gen



▶ Estrategia preventiva del CIMMYT:

- Diagnóstico molecular de todo el material avanzado CIMMYT
- Nada de cruzas con solo *Lr14a*, combinar otros genes
- Enviar a Agrovegetal material resistente con otros genes



Dr. Susanne Dreisigacker

Soluciones Genéticas CIMMYT

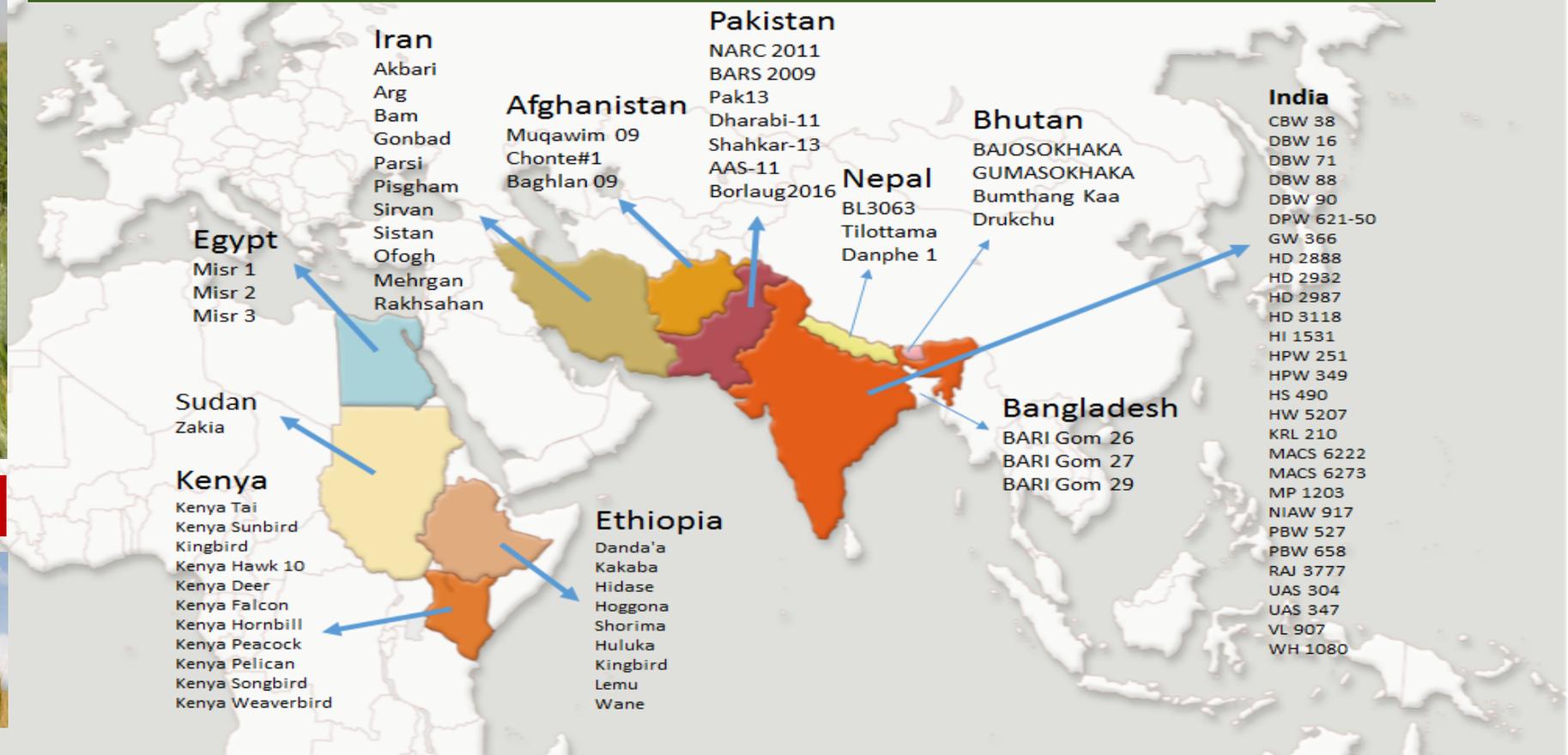
Prevención de crisis fitosanitarias globales – Roya del Tallo Ug99 +

Variedades de Alto Rendimiento y Tolerancia a Calor, Resistentes a Roya del Tallo Ug99, Liberadas del 2005-2016:

270+ en 11 países de alto riesgo

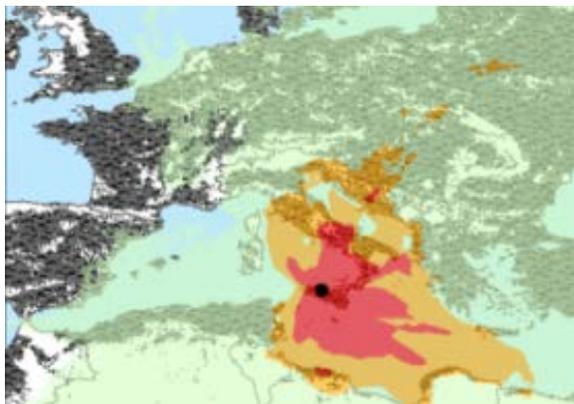


Dr. Ravi Singh



Soluciones Genéticas CIMMYT

Previniendo crisis fitosanitarias en España – Roya del Tallo en el Mediterráneo



David Hodson et al. 2017, B. Randazzo, 2017



Ignacio Solís (AGROVEGETAL), F. Martínez (U. Sevilla), 2018



S. Ayed (INRAT-Tunez, 2019

► 2016-2017: “Raza Siciliana”

- Altamente virulenta sobre trigo duro

► 2018-2019: “Raza Andaluza”

- Identificada en contra estación en Conil
- Altamente virulenta sobre trigo duro

► 2019: Túnez

- Identificada en material tardillo



► Colaboración CIMMYT-EIAR Etiopia para evaluación de resistencia a Roya del Tallo

- Razas Etopes altamente virulentas sobre trigo duro
- Mas de 10 años evaluando miles de líneas en Etiopia
- Una gran parte de la resistencia identificada en Etiopia útil en España

Soluciones Genéticas CIMMYT

Prevención de crisis fitosanitarias globales – “Blast” de trigo



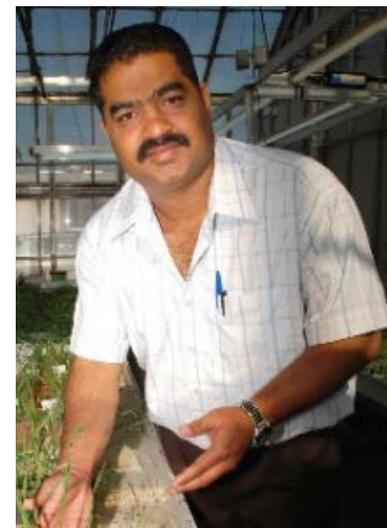
► Piricularia “Blast” del trigo

- Nueva enfermedad, Inicialmente de arroz, se movió a trigo en los últimos 10 años
- Evaluación de más de 20,000 líneas CIMMYT in Bangladesh & Bolivia
- Resistencia proveniente de especie silvestre
- Resistencia identificada en trigos de alto rendimiento
- Disponibilidad de marcadores moleculares confiables

11 variedades resistentes liberadas en Bangladesh, Nepal, India & Bolivia



125 técnicos/científicos de Bangladesh, India, Nepal, China, Zambia Etiopía y Afganistán entrenados



Dr. Pawan Singh

Soluciones Genéticas CIMMYT

Mejora de la calidad nutricional del trigo – Biofortificación Genética



Dr. Velu Govindan

Pakistán
AKBAR2019 biofortificada en Zinc liberada en el 2019 sembrada en más de 3 millones hectáreas en el 2022-23



India
10 variedades biofortificadas en Zinc liberadas en el 2020 y 2921, sembradas en más de 3 millones hectáreas en el 2022-23



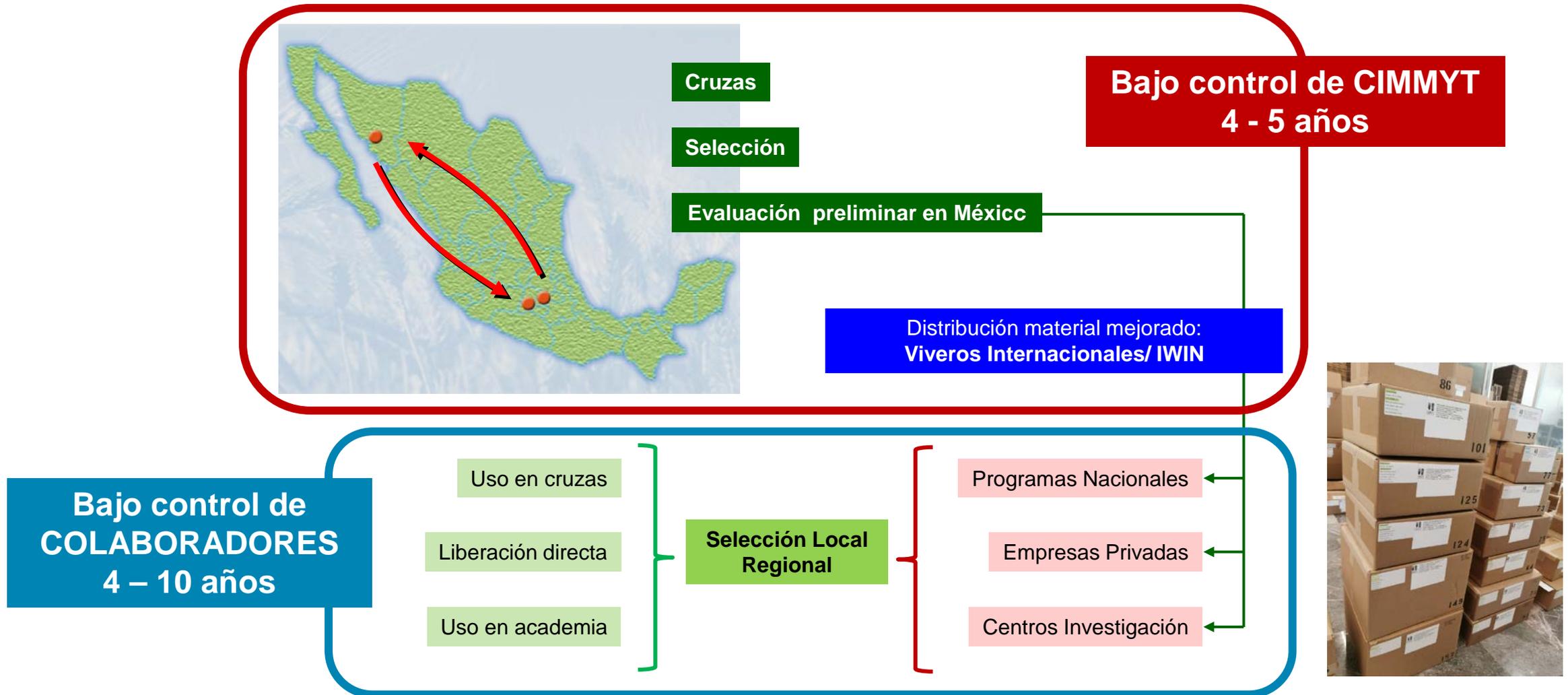
Soluciones Genéticas CIMMYT

Triticale: una opción forrajera de integración agro-ganadera económicamente viable



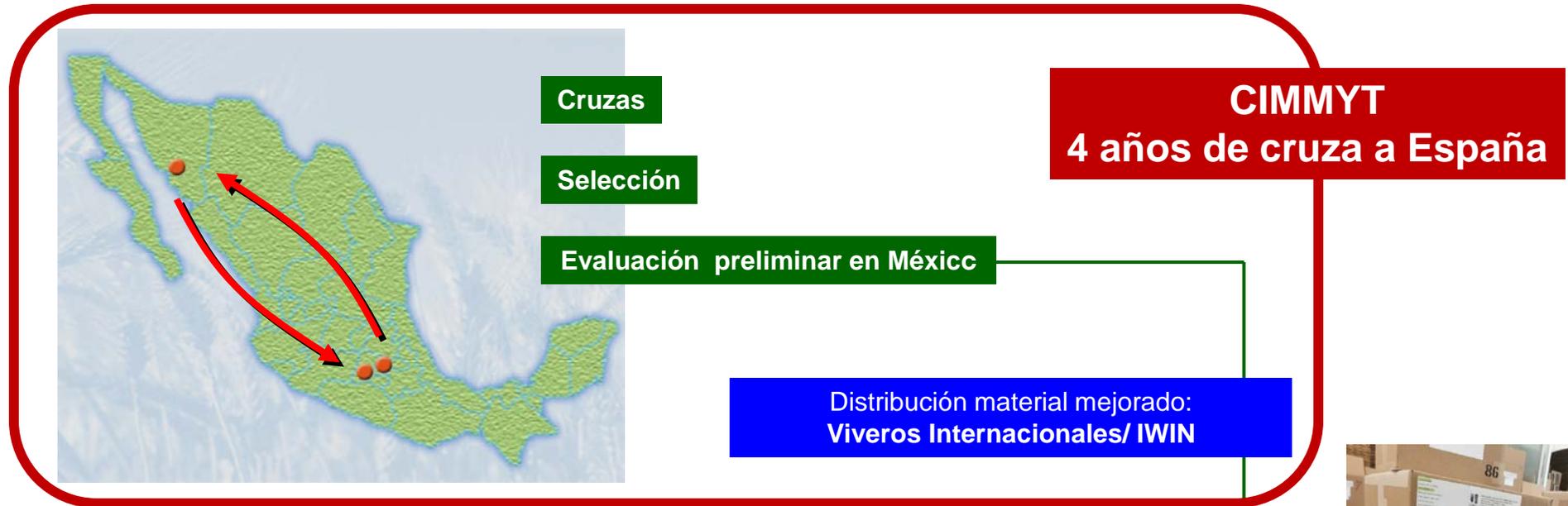
Soluciones Genéticas CIMMYT

Impacto local/regional y plazo depende de los colaboradores!!!



Soluciones Genéticas CIMMYT – Selección Varietal AGROVEGETAL

Una colaboración ejemplar entre los colaboradores a nivel Mundial



Selección Varietal AGROVEGETAL

Una colaboración ejemplar para un impacto rápido y sumamente efectivo



← Año 1: Introducción y evaluación en ensayos en 2 localidades →

← Año 2: Evaluación en ensayos en 6 localidades →

← Año 2: Purificación semilla + incremento →



← Año 3: Validación en ensayos en 6 localidades →

← Año 3: Registro + incremento semilla →

← Año 4: Reproducción de semilla →

Soluciones Genéticas CIMMYT – Selección Varietal AGROVEGETAL

¡¡¡¡¡Un modelo de colaboración que queremos duplicar globalmente!!!!

► Uso de datos de México

- Complemento a los datos locales
- Características no muy afectadas por el ambiente
- Visitas a México clave: ¡comunicación efectiva!



► Muestreo efectivo de los ambientes Andaluces

- 2 + 5-6 localidades estratégicamente seleccionadas
- Brinda seguridad y confiabilidad a la selección

► Muy buena calidad de ensayos/evaluaciones

- Capacidad de identificar ganadores en 2-3 años
- Equipo mínimo móvil disponible
- Monitoreo regular y relevante de los ensayos
- **Capital humano altamente calificado**

AVG	Y20			LR	Overall	M20			YR	Overall	SR ETH/OPHA	BLUE			BLUE			BLUE			PHT							
	LR	LR	LR			YR	YR	YR				Y20	Y21	Y22	Y20	Y21	Y22	Y20	Y21	Y22		Y20	Y21	Y22				
CD22_AVG	%	%	%	reac	%	%	%	reac	reac	reac	days	+/- JUP	+/- CR	days	+/- JUP	+/- CR	days	+/- JUP	+/- CR	days	+/- JUP	+/- CR	cm					
1	0	0	0	R	0	0	0	R	S	80	-0.5	-0.5	78	-4	-2	76	-6	-3	71	-4.6	-4.8	73	-2	-2	65	-1	-3	80
2	0	0	0	R	0	0	1	R	S	71	-9.5	-9.5	74	-7	-5	74	-8	-5	67	-8.9	-9.1	72	-4	-3	65	-2	-3	88
3	0	0	0	R	0	10	0	R	S	76	-4.1	-6.0	76	-4	-5	73	-9	-6	70	-5.2	-5.4	73	-3	-2	66	0	-2	85
4	0	0	0	R	0	0	0	R	MS	77	-2.5	-4.4	76	-4	-5	75	-7	-4	71	-4.5	-4.7	73	-4	-2	67	1	-1	85
5	0	0	0	R	0	0	0	R	S	79	-0.9	-2.8	78	-2	-3	75	-7	-4	71	-4.9	-5.1	73	-3	-2	65	-1	-2	85
6	0	0	0	R	0	5	1	R	S	72	-7.0	-10.0	78	-3	-3	72	-10	-7	69	-7.0	-7.1	74	-2	-1	66	0	-1	88
7	0	0	0	R	0	10	0	R	MS	78	-0.9	-3.1	80	0	-1	81	-1	2	77	2.0	0.5	76	-1	1	69	2	1	88
8	0	0	0	R	0	0	1	R	S	80	-0.4	-2.6	79	-2	-2	80	-2	1	75	-0.8	-1.2	75	-1	1	68	2	1	88
9	0	0	0	R	0	0	1	R	MS	80	-2.6	-2.7	77	-4	-4	79	-3	0	71	-4.5	-4.7	73	-3	-2	65	-2	-3	85
10	0	0	0	R	0	0	1	R	S	82	-1.6	-1.5	78	-3	-3	73	-9	-6	65	-6.8	-7.0	73	-4	-2	69	2	1	90
11	0	0	0	R	0	0	1	R	S	78	-5.0	-5.0	79	-1	1	79	-3	0	74	-1.1	-1.3	74	-3	-2	69	3	2	85
12	0	0	0	R	0	20	5	R	MS	81	-0.5	-1.3	80	0	2	80	-2	1	74	-1.0	-1.2	76	-1	1	66	-1	-2	83
13	0	0	0	R	0	0	1	R	S	75	-7.5	-8.0	74	-6	-5	72	-10	-8	68	-7.0	-8.0	73	-4	-3	65	-1	-2	88
14	0	0	0	R	0	0	1	R	S	82	-0.5	-1.0	80	-2	2	80	-1	-2	74	-0.8	-1.8	75	-1	1	69	2	3	83
15	0	0	0	R	0	0	0	R	S	76	-4.8	-3.4	77	-4	-4	76	-3	-4	73	-3.4	-3.6	74	-3	-4	66	-4	0	86

¡Selección varietal rápida y confiable en ambiente Mediterráneo!



Soluciones Genéticas CIMMYT – Selección Varietal AGROVEGETAL

¡¡¡¡¡Un modelo de colaboración que queremos duplicar globalmente!!!!

- ▶ **Purificación/reproducción de semilla junto con evaluación**
 - Contra estación en Conil: espigas/surcos
 - Reproducción de semilla para registro
 - **“¡Tiempo es dinero!”: Semilla lista para comercializar apenas se identifica una variedad sobresaliente**



Soluciones Genéticas CIMMYT – Selección Varietal AGROVEGETAL

Una colaboración única en el mundo para un impacto real del Triticale



► Agrovegetal le apuesta al Triticale!

- Triticale debería expandirse en todo el Mediterráneo
- Ha crecido de manera significativa solo en España
- Agrovegetal lo posicionó efectivamente en el mercado adecuado (pienso producido en condiciones difíciles)
- Futuro del Triticale fortalecido con la entrada de una cooperativa ganadera en Agrovegetal

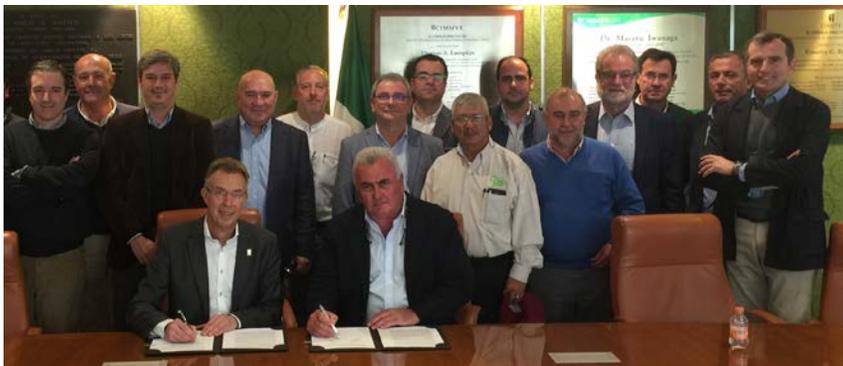
► CIMMYT-Agrovegetal en Triticale, una alianza que se debe de duplicar en todo el Mediterráneo!

- Variedades adaptadas existen
- Potencial enorme, pero mercado no bien diferenciado
- Falta de enfoque/toma de riesgo de los semilleros/gobiernos para impulsarlo y promoverlo

Agrovegetal
■ ■ ■ Seleccionadores de variedades

AGROVEGETAL

Un concepto institucional único... que se debería promover/duplicar en el Mediterráneo



► **Visión sabia y profesional de los “Fundadores” y Consejos posteriores:**

- Misión claramente articulada e implementada
- Una alianza estratégica con el CIMMYT
- Contratación de un equipo técnico sobresaliente con recursos adecuados y “dejarlo hacer su trabajo”
- Involucrar a técnicos de las cooperativas en el equipo de selección varietal
- Apoyo continuo para la selección de variedades útiles y producción de semilla de alta calidad

► **Papel visionario y efectivo de las autoridades públicas:**

- JUNTA de ANDALUCIA, miembro Fundador
- Impulsor de una iniciativa privada cooperativista
- Compartiendo riesgos iniciales de la aventura Agrovegetal
- Un modelo de papel de autoridades públicas que se debería promover y duplicar en otras partes del Mediterráneo....



Agrovegetal
■ ■ ■ Seleccionadores de variedades





Gracias...