GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA QUILAMAPU

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

S E M I N A R I O

Aplicación de herramientas biotecnológicas para la obtención de nuevas variedades de trigo, arroz y poroto, de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y de buena calidad.

10 de diciembre de 2003.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN QUILAMAPU

Vicente Méndez 515, Chillán.

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA-QUILAMAPU

GOBIERNO DE CHILE
FUNDACION PARA LA
INNOVACION AGRARIA

SEMINARIO

"Aplicación de herramientas biotecnológicas para la obtención de nuevas variedades de trigo, arroz y poroto, de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y de buena calidad"

PROGRAMA

08:30-09:00 Inscripciones.
09:00-09:15 Palabras de bienvenida, Director CRI Quilamapu.
SEREMI Agricultura, VIII Región.

09:15-09:45 Principales desafíos comerciales del trigo, arroz y porotos en una agricultura abierta, Hugo Martínez, ODEPA.

Moderadora: Viviana Becerra.
09:45-10:15 Situación del mejoramiento del poroto en Chile, Juan Tay.
10:15-10:45 Caracterización del germoplasma de poroto chileno, Mario Paredes.
10:45-11:15 Aplicaciones biotecnológicas al mejoramiento del poroto, Paul Gepts.
11:15-11:25 Preguntas y discusión.

11:25-11:50 Café.

Moderador: Santiago Hernaíz.
11:50-12:20 Situación del mejoramiento del arroz en Chile, Roberto Alvarado.
12:20-12:50 Aplicaciones biotecnológicas al mejoramiento del arroz, Thomas Tai.
12:50-13:00 Preguntas y discusión.

Tarde

Moderador: Mario Mellado.
14:30-15:00 Situación del mejoramiento genético en trigo, Iván Matus.
15:00-15:30 Aplicaciones biotecnológicas al mejoramiento de trigo, Oscar Riera-Lizarazu.
15:30-16:00 Estado actual del estudio y control de las royas en Chile, Ricardo Madariaga.

16:00-16:20 Café.

16:20-16:50 Caracterización molecular de trigo y roya estriada, Viviana Becerra.
16:50-17:40 Aplicaciones biotecnológicas al estudio de royas, Manilal William.
17:40-17:50 Preguntas y discusión.

Moderador: Alvaro Vega.
17:50-18:30 Visión del comercio de semillas en Chile, Belfor Portilla (INIA), Juan Carlos Coronata (Agricultor), Víctor Olivo (Exportador).
18:30:18:45 Conclusiones. Jorge González, Subdirector de I&D INIA Quilamapu.

GOBIERTNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA - Quilamapu

SITUACION DEL MEJORAMIENTO DEL POROTO EN CHILE [1]

Juan Tay Urbina
INIA CRI-Quilamapu

[1] Trabajo presentado al seminario "*Aplicación de herramientas biotecnológicas para la obtención de nuevas variedades de trigo, arroz y poroto de alto rendimiento, resistente a enfermedades y de buena calidad*", INIA – Quilamapu, Chillán – Chile, 10 de diciembre de 2003.

INDICE

Contenido	Página
INTRODUCCION	2
SUPERFICIE DE SIEMBRA PRODUCCION Y RENDIMIENTOS	2
EXPORTACIONES	3
MEJORAMIENTO VARIETAL	3
CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES OBTENIDAS POR CRUZAMIENTOS	4
CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES INTRODUCIDAS DE OTROS PAISES	6
CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES OBTENIDAS POR SELECCIÓN	8
CONCLUSIONES	10
BIBLIOGRAFIA	11

SITUACION DEL MEJORAMIENTO DEL POROTO EN CHILE

Juan Tay Urbina
INIA CRI-Quilamapu

INTRODUCCION

El poroto en Chile se cultiva de Arica (18° 28' S) a Chiloé,(42° 29' S) en una amplia variedad de suelos y climas. A fines de los setenta se llegaron a sembrar hasta 120.000 ha, sin embargo a partir de los ochenta hay una significativa reducción en la superficie de siembra, debido principalmente a su baja competitividad frente a otros cultivos en el valle regado (Odepa, 2003). Esta disminución de la superficie de siembra ,ha sido en promedio de un 62%, aunque la baja de la producción fue de un 51%, debido a un significativo aumento de los rendimientos, en las últimas temporadas.

Chile, ha sido un exportador tradicional de poroto y otras leguminosas de granos, a un gran número de países principalmente europeos y latinoamericanos. Por esta razón, se ha trabajado con un gran número de variedades para grano seco, para satisfacer el mercado interno y externo, y las de uso hortícolas.

SUPERFICIE DE SIEMBRA PRODUCCION Y RENDIMIENTOS

En los Cuadros 1, se presenta la evolución de la superficie de siembra, producción y rendimientos del poroto, desde 1980/81-2002/03. Se observan claramente la fuerte reducción en la superficie de siembra y de su producción de este cultivo, a partir de mediados de los noventa. En relación a los rendimientos promedios, en los 5 últimos años se observan un significativo aumento, obteniéndose en la temporada 2002/2003 el más alto rendimiento promedio nacional registrado, con 18,5 qq/ha. (Odepa, 2003).

Cuadro 1. Superficie(ha), producción (ton) y rendimientos promedios de poroto (qq/ha).

Año	Superficie ha	Producción Ton	Rendimiento promedio qq/ha
1980/81	117.740	137.700	.11.7
1982/83	121.500	162.500	.13.4
1983/84	86.400	84.400	.10.0
1984/85	84.500	94.100	.11.1
1985/86	89.830	89.218	10.0
1986/87	..85.660	81.179	.9.5
1987/88	..75.670	99.774	.13.2
1988/89	63.400	73.017	.11.5
1989/90	68.560	87.088	.12.7
1990/91	88.440	116.954	.13.2
1991/92	70.010	90.693	.13.0
1992/93	46.710	54.560	.11.7
1993/94	44.330	53.980	.12.2
1994/95	46.579	55.895	12.0
1995/96	..49.353	65.581	.13.3
1996/97	30.252	35.998	11.9
1997/98	38.694	55.466	14.3
1998/99	29.058	30.778	10.6
1999/00	31.386	44.274	14.1
2000/01	35.620	60.447	17.0
2001/02	28.190	45.043	16.0
2002/03	25.870	47.909	.18.5
2003/04	29.730	-	-

Fuente : Odepa,2003.

EXPORTACIONES

En los Cuadros 2; se presenta los volúmenes de exportación y el precio promedio por ton, de más de 12 clases de poroto que Chile llegó a exportar en los noventa.

Cuadro 2.Toneladas exportadas de poroto, valor total y valor promedio por toneladas, período 1990-2002.

Año	Ton	Valor total (US$FOB)	Valor Ton (US$FOB)
1990	55.723	40.477.072	726
1991	61.355.	29.196.536	475
1992	71.815	27.382.238	381
1993	40.409	18.612.893	460
1994	31.924	18.847.991	590
1995	31.600	22.018.628	697
1996	23.556	14.954.268	635
1997	17.974	11.673.440	650
1998	17.235	14.411.602	836
1999	9.900	5.153.190	521
2000	9.234	2.937.246	318
2001	8.544	3.775.235	442
2002	11.150	6.784.192	608

Fuente : Odepa,2003.

MEJORAMIENTO VARIETAL

El mejoramiento sistemático del poroto se inició en los años cuarenta, primero con el ex departamento de Investigaciones Agrícolas y desde 1964, con el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ambas instituciones pertenecientes al Ministerio de Agricultura.

Chile, es un país consumidor y exportador de poroto , por esta razón se ha trabajado con un gran número de variedades para grano seco, para satisfacer el mercado interno y externo, y las de uso hortícolas, poroto verde y poroto granado. La abundancia de variedades de porotos en Chile, queda reflejada ya en el año 1871, con la participación en una exposición en Lima, Perú, en donde se envía un muestrario y catálogo con las siguientes variedades (Catálogo, 1871) :

- Arvejillas
- Bayos claros grandes
- Bayos claros chicos
- Bayos oscuros chicos
- Bayos oscuros grandes
- Caballeros
- Canario
- Coscorrones
- Gatos
- Hallados chicos
- Hallados grandes
- Manteca
- Peruanos
- Peumo
- Rosados
- Trigo

De éstas variedades todavía siguen vigentes los Coscorrones, Peumo, Hallados, Bayos y Manteca.

Las variedades de poroto se pueden clasificar de acuerdo a varios criterios. Al considerar la forma de consumo, tenemos variedades para consumo como grano seco, poroto granado y poroto en tabla o poroto verde. Además en nuestro país por su comercialización, se clasifican en variedades de consumo interno y de exportación. Aunque para este fin es más importante la clase comercial, que es una combinación de todas las características de grano, (color, brillo, tamaño, forma) a que pertenece cada variedad. Una completa descripción de las clases comerciales de porotos más importante en el mundo se encuentra en Voysest,(2000). Desde el punto de vista agronómico generalmente se utilizan la duración del período vegetativo, entonces tenemos

variedades precoces, semi-precoces y tardías. Sin embargo una de las características más importante para clasificar las variedades desde el punto de vista agronómico es el hábito de crecimiento, característica que determina ciertas prácticas de cultivos que son propia para cada tipo (INIA, 1977; INIA, 1979; Voysest, 1983, Voysest, 2000). Así las variedades se clasifican entre determinadas e indeterminadas (Singh, 1982; Debouck, 1993). En las variedades determinadas su tallo principal y ramas laterales terminan en un racimo floral o inflorescencia, en cambio en las indeterminadas su tallo principal y ramas laterales terminan en un meristema vegetativo capaz de formar nuevos órganos. En las variedades determinadas, las inflorescencias están localizadas lateralmente, directamente insertadas en los nudos del tallo principal y ramas laterales .

El término "variedad criolla", en el presente trabajo es utilizando en relación a un grupo de variedades de consumo interno, que se sembraron en el país o se siguen sembrando en pequeñas superficies y sin gran importancia económica, y cuyo origen en la mayoría de los casos fueron selecciones hechas por los propios agricultores, introducidas de otros países o es desconocido. Para una misma variedad criolla, pueden existir más de un nombre según la localidad.

CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES OBTENIDAS POR CRUZAMIENTOS.

En el Cuadro 3, se presentan las características de las variedades mejoradas obtenidas a través de cruzamiento , donde están representadas la mayoría de las clases comerciales. Desde los inicios el mejoramiento tuvo como objetivo principal incorporar resistencia al Mosaico Común del Poroto, a las razas Tipo, Nueva York 15 y Necrótica y al Mosaico Amarillo del Poroto, a las razas Común y Severa. Lo que refleja la importancia de éstas enfermedades, especialmente el Mosaico Común del Poroto, que es transmitido principalmente por la semilla y áfidos. Además debemos agregar que la gran mayoría de las variedades criollas chilenas son susceptibles a los virus, por lo que constituyen fuentes de inóculo permanente. Por está razón el mejoramiento varietal ha consistido en incorporar genes de resistencia a las variedades chilenas o criollas, conservando la forma y color de sus granos y sobre todo su excelente calidad culinaria. Como padres mejorantes se utilizaron en los inicios variedades provenientes de EEUU, como Great Northern 31, Columbia Pinto, Seminole, Topcrop y Wiscosin Refugee.

Cuadro 3.Variedades de poroto desarrolladas por cruzamientos en Chile: genealogía y reacción a los virus del Mosaico Común (BCMV) y Mosaico Amarillo (BYMV).

Variedad	Lanzamiento		Genealogía	BCMV			BYMV		Mejoradores
	Obtentor	Año		Tipo	NY15	Necrótica	Benigno	Severo	
Clase: Tórtola									
Tórtola Diana	INIA	1974	Tórtola x Topcrop	R	R	S	S	S	Cafati, Alvares, Bascur
Tórtola INIA	INIA	1981	Tórtola x Columbia Pinto	R	R	R	R	R	Tay, Paredes, Kramm
Torcaza INIA	INIA	1994	(Tórtola INIA x Amanda) x Blanco Español INIA	R	R	S	S	S	Tay
Clase: Coscorrón									
Suave	INIA	1970	Coscorrón x Seminole	R	R	S	S	S	Guglielmetti
Coscorrón Granado	INIA	1986	Coscorrón x Blanco INIA	R	R	S	S	S	Bascur, Herrera
Nubarrón SNA	SNA	1994	Francisca x Tuniche 1095	R	R	S	S	S	Sepúlveda
Cimarrón SNA	SNA (Alliance Seeds)	1994	Francisca x Tuniche 1095	R	R	S	S	S	Sepúlveda
Clase: Pinto									
Hallados Dorado	INIA	1973	UI 114 X Seminole	R	R	S	S	S	Guglielmetti
Clase: Cranberry									
Araucano 85 INIA	INIA	1985	Red Kidney Shell x Sanilac	R	R	R	S	S	Tay, France, Paredes
Rayo INIA	INIA	1994	Frutilla Cañete x Blanco Español INIA	R	R	S	S	S	Tay
Clase : Bayo									
Bayo Titán	INIA	1971	Bayo x Topcrop	R	R	S	S	S	Ziver, Alvarez, Cafati
Clase: Manteca									
Cuyanos INIA	INIA	1985	Manteca x Burros Argentinos	R	R	R	S	S	Tay, France, Paredes
Clase: Navy									
Albo SNA	SNA	1993	ICA Bunsi x IVT 80415	R	R	R	S	S	Sepúlveda
Clase: Cristal									
Cristal Blanco Fenix	INIA	1977	Wisconsin Refugee x Cristal Blanco	R	R	S	S	S	Bascur, Cafati
Clase Negro									
Orfeo INIA	INIA	1979	Negro Argel x GN 31	R	R	R	R	R	Bascur, Cafati, Aeschlimann
Bruno SNA	SNA	1991	Gratiot x IVT 80415	R	R	R	S	S	Sepúlveda
Sombrío SNA	SNA	1993	Ex Rico 23 x Monroe	R	R	S	S	S	Sepúlveda
Clase: Poroto Verde									
Apolo	INIA	1972	Cristal Bayo x Topcrop	R	R	S	S	S	Ziver, Alvarez, Cafati
Venus INIA	INIA	1994	Amanda x Apolo	R	R	R	S	S	Bascur, Sepúlveda

Fuente : Compilado por Voysest, 2000 , modificado por Tay, 2003.

CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES INTRODUCIDAS DE OTROS PAISES

En el Cuadro 4, se presentan las características de las variedades obtenidas a través de introducciones, la mayoría de EEUU. En el caso de las clases arroces, pintos y red kidney, todas las variedades han sido introducidas de ese país, lo que refleja la buena adaptación a nuestras condiciones que tienen los materiales de EEUU. En este grupo sobresale también, la variedad Negro Argel, que durante varios años fue la variedad más sembrada para la producción de grano negro, por su alto potencial de rendimiento. Actualmente está siendo reemplazada por Curi-INIA, que tiene la ventaja además de su alto potencial de rendimiento su buena arquitectura de planta y uniformidad de madurez que permite la cosecha directa. En los últimos años, también se han introducidos variedades de uso hortícolas, para la producción de poroto verde, como Magnum y Dade, ésta última de hábito de crecimiento trepador, para la producción bajo condiciones de invernadero.

Las variedades introducidas, desde luego toman menos tiempo en quedar disponible para el cultivo comercial. Se necesitan, a lo menos necesitan de 3 a 4 años, para efectuar una buena evaluación de su adaptación, su potencial de rendimiento y sobre todo su comportamiento frente a las enfermedades, antes de ser liberada como una nueva variedad.

Cuadro 4. Variedades introducidas de otros países : genealogía y reacción a los virus del Mosaico Común (BCMV) y Mosaico Amarillo (BYMV).

Identificación		Obtentor	Origen	Genealogía	BCMV			BYMV	
Original	Nueva				Tipo	NY15	Necrótica	Benigno	Severo
Clase: Arroz (Navy)									
Seaway	Seaway	INIA	EEUU	Mutante de X-ray Michelite*4/Topcrop	R	R	S	S	S
Tuscola	Blanco Graneros	SNA	EEUU	Líneaa pura proveniente de un dialelo 10x10	R	R	S	S	S
Fleetwood	Fleetwood	INIA	Canadá	Sanilac x California SW	R	R	S	-	-
Clase Great Northern									
GN 164-557	Blanco INIA	INIA	Desconocido	--					
GN Valley	GN Valley	INIA	EEUU	GN Nebraska # 1 Sel. 27/GN Neb. *Ibid*/GN 1140	R	R	R	R	R
GN Harris	GN Harris	INIA		Masal de plantas precoces de Valley	R	R	S	-	-
Clase: Blanco Grande									
WAF 9	Palomo INIA	INIA	CIAT	G 13141 x (G 5680 x G 14013)	R	R	S	S	S
Clase: Pinto									
UI 114	Pinto 114 (Hallados Alemanes 114)	INIA	EEUU	UI 111 x GN J-378	R	R	S	R	S
Clase: Red Mexican									
Red Mexican	Red Mexican	INIA	EEUU	-	R	R	S	S	S
Clase: Red Kidney									
Red Kidney	Red Kidney	INIA	EEUU	-	R	R	S	S	S
Red Kloud	Red Kloud	INIA	EEUU	Selección de California LRK	R	R	S	S	S
Clase: Negro									
Black Mexican	Negro Graneros	SNA	EEUU	-	R	R	S	S	S
Black Mexican	Black Mexican	INIA	EEUU	-	S	S	S	S	S
	Negro Argel	INIA	Desconocido	-	R	R	S	S	S
Clase: Poroto Verde									
Magnum	Magnum	SEMINIS	EEUU	-	R	R	R	-	-
Dade	Dade	SEMINIS	EEUU	-	R	R	R	-	-

Fuente: Compilado por Voysest, 2000, modificado por Tay, 2003.

CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES OBTENIDAS POR SELECCIÓN

En el Cuadro 5, se presentan las características de las variedades obtenidas a través de selección dentro de una determinada variedad. Aquí debemos destacar las variedades Arroz 3, que fue una de las principales variedades de exportación, con destino a Inglaterra y Holanda, hasta los fines de los setenta.

La variedad Trepador-INIA, obtenida a través de selección de una variedad criolla, se utiliza por su hábito de crecimiento trepador en la producción de poroto verde bajo invernadero, al igual que Peumo y Coyunda.

La variedad Astro-INIA, que se liberará al cultivo comercial el próximo año, fue descubierta durante un "roguing" rutinario, efectuado en una siembra de producción de semilla certificada de Coscorrón Granado-INIA, en 1995(Tay y France, 2001). Se seleccionó una planta de hábito de crecimiento arbustivo, con vainas de color rojo y granos tipo coscorrón, que posteriormente a través de selección por línea pura , dio origen a esta nueva variedad.

Cuadro 5. Variedades obtenidas por selección: genealogía y reacción a los virus del Mosaico Común (BCMV) y Mosaico Amarillo (BYMV).

Identificación Original	Obtentor	Origen	Genealogía	BCMV			BYMV	
				Tipo	NY15	Necrótica	Benigno	Severo
Clase : Navy(Arroz)								
Arroz 3	INIA	Chile	Selección de arroz corriente	S	S	S	S	S
Blanco Graneros	SNA	EEUU	Selección de Tuscola	R	R	R	S	S
Clase: Blanco grande Canellini								
Garza INIA	INIA	España	Selección en genotipo GP 507 (0540) (Faba de Asturias)	S	S	S	S	S
Clase: Cranberry								
Frutilla INIA	INIA	Chile	Selección de Araucano corriente	S	S	S	S	S
Araucano INIA	INIA	Chile	Selección de Araucano corriente	S	S	S	S	S
Clase Coscorrón								
Astro-INIA	**INIA**	**Chile**	**Selección de Coscorrón Granado-INIA**	**R**	**R**	**S**	**S**	**S**
Clase Negro								
Curi-INIA	CIAT	Colombia	Selección de Bat-1554	R	R	S	S	S
Clase:PorotoVerde								
Trepador-INIA	INIA	Chile	Selección. masal de una variedad de criolla recolectado en la V Región	R	S	S	S	S
Peumo	INIA	Chile	-	R	R	S	S	S
Coyunda	-	Chile	-	R	S	S	S	S

Fuente : Compilada por Voysest, 2000 , modificado por Tay, 2003.

CONCLUSIONES

El mejoramiento sistemático del poroto se inició en los años cuarenta, a través de selecciones de variedades criollas, introducciones de otros países y cruzamientos, ha liberado aproximadamente 50 variedades que representan las principales clases comerciales para grano seco, tanto para el mercado interno como externo y las de uso hortícola.

Las variedades obtenidas a través de cruzamientos, han tomado en promedio de 12 a 15 años desde, la hibridación hasta que quedan disponible para los agricultores.

En la actualidad se siembran alrededor de 12 variedades.

El reemplazo de las variedades criollas, generalmente por su alta susceptibilidad a los virus, por variedades mejoradas con resistencia a los virus ha sido casi total.

Las variedades criollas se han recolectados en todo el país, y se conservan en los bancos de germoplasma del INIA, con un total de 1.239 accesiones.

Los avance más destacable en los últimos años 10 años, han sido modificar el hábito de crecimiento y mejorar la arquitectura de la planta, de la más importantes clases de poroto consumidos en el país, como los Tórtolas(Torcaza-INIA) y recientemente Coscorrón (Astro-INIA). Además debemos señalar, que ambas clase de poroto, son únicas en el mundo Por esta razón no es posible la introducción de variedades del extranjero; como se puede hacer con las variedades para el mercado externo; y su mejoramiento depende sólo de las investigaciones que se hagan en el país.

Para mejorar la competitividad del cultivo los principales desafíos son :

- Continuar mejorando la arquitectura* de la planta para satisfacer las demanda de las prácticas agronómicas modernas, como el riego por aspersión, alta densidad de plantas y cosecha directa.
- Obtener variedades más precoces (80-85 días , desde siembra a cosecha), para ser utilizadas en segundas siembras y/o expandir el cultivo hacia zonas con una estación de crecimiento más corta, como al sur de la región del Bío-Bío.

*Se define con buena arquitectura, a una planta con firme enraizamiento, erecta, sin tendedura, alta insercción de las vainas sobre el suelo, con un tallo principal vigoroso, con pocas ramas secundarias y un perfil estrecho.

BIBLIOGRAFÍA

CATALOGO DE LOS PRODUCTOS AGRICOLAS. 1871. Bol. Soc. Nac. Agric. 3 . 291-300.

Debouck, D. 1993. Systematics and Morphology.En : Common Beans: research for crop improvement. A. van Schoonhoven and O. Voysest edits. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia . pp. 75-102

INIA. 1977. Cultivo del poroto en la Zona Centro Sur. Boletín Técnico N°9 (6QU).Estación Experimental Quilamapu, Chillán, Chile. 51 p.

INIA. 1979. INIA. Variedades de frejol. Boletín Divulgativo N°51. Estación Experimental La Platina, Santiago, Chile. 20 p.

ODEPA, 2003. Cultivos anuales producción nacional. Año Agrícola 1989/1990-1999/2002. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Disponible en http://odepa.gob.cl.:. Leído el 28/11/2003.

ODEPA, 2003. Comercio Exterior Silvoagropecuario. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Disponible en http://www.odepa.gob.cl. Leído el 28/11/2003.

Singh, P. S. 1982. A key for identificaction of different growth habits of ***Phaseolus vulgaris*** L. Annual Report Bean Improvement Cooperative 25:92-95.

Tay, U. J. y France, I. A. 2001. Discovery and selection of "Coscorrón "lines with determinate habit and earliness. Bean Improvement Cooperative 44 : 173 – 174.

Voysest, V. 0. 1983. Variedades de frijol en América Latina y su origen. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 87 p.

Voysest, V. 0. 2000. Mejoramiento genético del frijol (***Phaseolus vulgaris***): legado de variedades de América Latina 1939-1999. Publicación CIAT N° 321 Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 195 p.

GOBIERTNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA - Quilamapu

CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES COMERCIALES DE POROTOS CREADAS, INTRODUCIDAS O SELECIONADAS POR EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA) MANTENIDAS EN MULTIPLICACION DE SEMILLAS O CONSERVADAS EN EL BANCO DE GERMOPLASMA[1].

Juan Tay Urbina
INIA CRI-Quilamapu

[1] Trabajo presentado al Seminario "*Aplicación de herramientas biotecnológicas para la obtención de nuevas variedades de trigo, arroz y poroto de alto rendimiento, resistente a enfermedades y de buena calidad*", INIA – Quilamapu, Chillán – Chile, 10 de diciembre de 2003.

INDICE

Contenido	Página
Características de las variedades creadas , introducidas o seleccionadas por INIA	2
Tórtola-INIA	3
Torcaza-INIA	4
Pinto114	5
Blanco-INIA	6
Blanco Español-INIA	7
Garza-INIA	8
Fleetwood	9
Negro Argel	10
Curi-INIA	11
Red Mexican	12
Redkloud	12
Cuyano-INIA	13
Manteca	14
Rayo-INIA	15
Araucano-85-INIA	16
Sapitos	17
Cosocrrón Granado-INIA	18
Astro-INIA	19
Apolo	20
Venus-INIA	21
Gringos	22
Trepador-INIA	23
Peumo	24
Bibliografía	25

CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES DE POROTOS CREADAS INTRODUCIDAS O SELECCIONADAS POR INIA

Juan Tay Urbina
INIA CRI-Quilamapu

Los antecedentes sobre la fenología y características agronómicas de las diferentes variedades que se describen, se han extraído de ensayos realizados en el Centro Regional de Investigaciones Quilamapu, en su Campo Experimental Santa Rosa (36° 32´S y 71° 55´ W), ubicado en el km 22, del camino Chillán a Cato. El período vegetativo por lo tanto variará en algunos días, según se siembre más al norte o al sur de dicha localidad.

Un aspecto interesante de destacar en el cultivo del poroto en nuestro país, es una cierta zonificación de las variedades en determinadas zonas, lo cual creemos que se debe principalmente a una falta de difusión sobre la existencia de más de 15 variedades comerciales, que los agricultores pueden elegir. Es obvio que esta elección sea por aquellas que tienen mejores precios. Sin embargo, es importante destacar que variedades como Blanco-INIA, Blanco Español-INIA, Pinto 114, Fleetwood y Rayo-INIA, que por su precocidad, adaptación y buen potencial de rendimiento, son de gran valor para la zona centro sur , pero que no tendrían ninguna restricción para sembrarla en cualquier zona porotera del país. Estas variedades además, son las más recomendadas para segundas siembras o siembras tardías, que se realizar a fines de noviembre o mediados de diciembre, y especialmente para aquellas zonas en que el período libre de heladas, donde es posible cultivar poroto, no va más allá de cuatro meses. Lo anterior, es válido especialmente para zonas en que ocurren heladas tardías o cuando las lluvias son abundante durante el mes de marzo, lo que impide la cosecha de un producto de buena calidad. Estas variedades, también serían las más adecuadas para aquellas zonas donde se siembra poroto en suelos de vegas, bajo condiciones de secano, como en los secanos costeros de la VII, VIII y IX regiones.

En general podemos decir que el trabajo de mejoramiento genético de las variedades para consumo interno; que tienen como objetivo primordial la obtención de nuevas variedades superiores a las actuales en uso; ha consistido principalmente en incorporar precocidad, resistencia a los virus y mejorar la arquitectura de la planta pero conservando la excelente calidad culinaria de las variedades criollas que se quiere reemplazar. Así por ejemplo las nuevas variedades Cuyano-INIA, Araucano-85-INIA y Torcaza-INIA, son variedades mejoradas superiores agronómicamente de las respectivas variedades criollas, Cuyano o Burros Argentino, Araucano y Tórtolas.

"Una variedad es una comunidad de plantas cultivadas claramente reconocible de otra variedad de la misma especie por sus características morfológicas y comportamiento, en relación, al hábito de crecimiento, reacción a enfermedades, rendimiento, precocidad y calidad culinaria ".

A continuación se presentan las características de las principales variedades de poroto que se siembran en el país, agrupadas por su clase comercial. Se entiende por clase comercial un conjunto de granos provenientes de variedades, que tienen en común sólo el color de sus granos y su calidad culinaria, por lo tanto su uso, pero que presentan diferentes características agronómicas. Por ejemplo la clase comercial Tórtola, la forman las diferentes variedades que tienen sus granos de forma arriñonada u ovoide y color gris o "tórtola", su hollejo delgado, caldo claro y sabor característico, como son Tórtola corriente, Tórtola Diana, Tórtola INIA y Torcaza-INIA. Sin embargo todas éstas variedades, son diferentes en cuantos a su tipo de planta, período vegetativo, tiempo de cocción y reacción a enfermedades causadas por virus. Por esta razón, su mezcla no es recomendable, tanto si va a sembrar como para consumirla. En el primer caso vamos a tener una siembra muy desuniforme, en cuanto a tipo de planta y período vegetativo, y en el segundo caso, tendremos granos con diferentes tiempos de cocción. Desde luego, al preparar la mezcla ésta presenta los granos en diferentes estados de cocción, todo lo cual genera un efecto muy negativo en la apreciación de los consumidores, a la hora de adquirir leguminosas.

TORTOLA-INIA

Clase comercial	Tórtola. La clase comercial tórtola, es la más importante del país por su alta preferencia en el mercado interno. Por esta razón, existen un buen número de variedades mejoradas y selecciones que se han liberado en el cultivo comercial, entre éstas tenemos a Tórtola-SNA, Tórtola Diana, que se sembraron en el pasado y que hoy han sido reemplazadas, especialmente en el cultivo a nivel comercial principalmente por la variedades Tórtola-INIA y Torcaza-INIA..
Origen	Variedad obtenida a través del cruzamiento y retrocruzamiento entre las variedades Tórtola Corriente x Columbia Pinto, efectuado en el CRI-Quilamapu en 1967 (Tay, Paredes, Kramm y Guglielmetti, 1981)
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento guiador, Tipo III, la altura del tallo principal puede alcanzar los 45 cm, con guías que pueden alcanzar sobre los 80 cm de largo. Las flores son de color lila suave, floreciendo aproximadamente a los 50 días después de la siembra. La vaina granada es de color amarillo claro y con 3 a 5 semillas.
Tipo de grano	Granos de color gris "Tórtola", de forma ovalada. El peso aproximado de 100 semillas es de 48.5 g.
Período vegetativo	Tórtola-INIA, alcanza la madurez para grano seco aproximadamente a los 118-120 días, es unos 10 días más precoz que Tórtola Corriente.
Resistencia a enfermedades	Es inmune a las tres las razas del virus del Mosaico Común del poroto, existen en el país. Es suceptible a la raza severa del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 20-22 plantas/m2.
Epoca de siembra	Por su período vegetativo, se debe sembrar hasta mediados de noviembre.
Rendimiento	Variedad con altos potencial de rendimientos.
Usos	Para grano seco, consumo interno. De calidad culinaria similar a los Tórtola Corriente, de sabor muy bueno, hollejo delgado y caldo claro..
Observación	Variedad que ha sido reemplazada en la zona centro sur, por Torcaza-INIA de mayor rendimiento y con mejor arquitectura de planta. Sin embargo se recomienda para en zonas con alta incidencia de virus.

TORCAZA-INIA

Clase comercial	Tórtola.
Origen	Variedad obtenida a través del cruzamiento entre la línea experimental T-a-8, de grano tórtola y hábito de crecimiento Tipo I y la variedad Blanco Español-INIA, efectuado en el CRI-Quilamapu en 1984 (Tay, Paredes, Vega, Valenzuela y Venegas, 1997).
.Características de la planta.	Planta de hábito de crecimiento guiador, intermedia entre los Tipos II y III, la altura del tallo principal puede alcanzar los 55 cm, con guías que pueden alcanzar sobre los 60 cm de largo. La planta permanece semi-erecta hasta la madurez de cosecha. Las flores son de color lila suave, floreciendo aproximadamente a los 61 días después de la siembra. La vaina granada es de color amarillo claro y con 3 a 5 semillas.
Tipo de grano.	Granos de color gris claro "Tórtola", de forma ariñonada, con el hilum de color blanco. El peso aproximado de 100 semillas es de 50.6 g.
Período vegetativo.	Tórtola-INIA, alcanza la madurez para grano seco aproximadamente a los 115-118 días .
Resistencia a enfermedades	Es inmune a la raza Tipo y Nueva York-15 del virus y susceptible a la raza Necrótica del virus del Mosaico Común del poroto. Es suceptible a la raza severa del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	20 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 20-22 plantas/m2.
Epoca de siembra	Por su período vegetativo, se debe sembrar hasta mediados de noviembre.
Rendimiento	Variedad con altos potencial de rendimientos. En siembras de agricultores se han obtenido sobre 35 qq/ha.
Usos	Para grano seco, consumo interno. De calidad culinaria similar a los Tórtola Corriente, de sabor muy bueno, textura suave y caldo claro.
Observación	Torcaza-INIA, se adapta a todo tipo de suelos, destacándose por su buen comportamiento en suelos arcillosos. Las semillas de Torcaza-INIA, producen al germinar, un porcentaje importante de plántulas con los bordes de sus hojas primarias arrugadas y con hendeduras, desarrollándose el resto en forma normal. Este es un problema genético heredado de unos de los padres, Blanco Español-INIA, que también presenta esta anormalidad en su germinación. Esta anormalidad no afecta el desarrollo de la planta, ni provoca reducción en los rendimientos.

PINTO 114

Clase comercial	Pinto.
Otros nombres comunes	Hallados, Hallados Alemanes , Cachiporra, Curita.
Origen	Variedad originaria de EEUU, de la Universidad de Idaho e introducida por el Programa Leguminosas de Granos del CRI-Quilamapu, en 1968.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento Tipo II, la altura del tallo principal puede alcanzar los 50 cm, con guías que pueden alcanzar sobre los 55 cm de largo, permaneciendo en un alto porcentaje de sus erecta hasta la madurez de cosecha. Las flores son de color blanco, floreciendo aproximadamente a los 45 días, después de la siembra. La vaina granada es de color verde con vetas de rojo pálido, de 8 a 10 cm de largo, con 4 – 5 semillas.
Tipo de grano	Grano tableado con extremos achatados, con pintas cafés alargadas sobre fondo crema. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 40.70 g.
Período vegetativo	Variedad muy precoz, para grano seco madura aproximadamente a los 96-100 días después de la siembra. De muy buena uniformidad de madurez.
Resistencia a enfermedades	Inmune sólo a la raza Tipo del virus del Mosaico Común, pero tiene una alta tolerancia a las razas Nuevo York-15 y Necrótica, e incluso es difícil observar los síntomas de éstos virus en el campo. Susceptible a las razas severa y Orfeo, del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 24-26 plantas/m2
Epoca de siembra	Por su precocidad se puede sembrar hasta mediados de diciembre. También es muy adecuada para las siembras segundas siembra o siembras tardías y de secano, que se hacen en suelos de vegas.
Rendimiento	Tiene un alto potencial de rendimiento. A nivel de agricultores se han obtenido sobre los 40 qq/ha.
Usos	Para grano seco, consumo directo y para conservería. Consumo interno y exportación.
Observaciones	Otras variedades de esta clase comercial que se han evaluado en el país, con buenos resultados similares o inferiores a Pinto 114, son las variedades Gala, Sierra, Othello, Olathe, Agate y Pindak, provenientes de EEUU.

BLANCO-INIA

Clase comercial	Great Northern.
Otros nombres comunes	Poroto INIA.
Origen	Variedad de origen desconocido, que se encontraba en el germoplasma del Programa de Leguminosa de Granos del CRI-Quilamapu, donde se le mantuvo bajo la denominación interna GN-164557 (Tay, Paredes y Kramm, 1984)
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento Tipo II, la altura del tallo principal puede alcanzar los 45 cm, con guías que pueden alcanzar sobre los 55 cm de largo, permaneciendo en un alto porcentaje erecta hasta la madurez de cosecha. Las flores son de color blanco, floreciendo aproximadamente a los 49 días. La vaina granada es de color crema con 3 – 5 semillas.
Tipo de grano	Los granos son de color blanco, de forma ovalada y ligeramente achatados en los extremos. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 44. g.
Período vegetativo	Variedad muy precoz, para grano seco madura aproximadamente a los 98-100 días después de la siembra. De muy buena uniformidad de madurez.
Resistencia a enfermedades	Inmune a todas las razas del Mosaico Común del Poroto, existente en Chile. Es inmune a la raza severa y susceptible a la raza Orfeo del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 24-26 plantas/m2
Epoca de siembra	Por su precocidad se puede sembrar hasta mediados de diciembre. También es muy adecuada para las siembras segundas siembra o siembras tardías y de secano, que se hacen en suelos de vegas.
Rendimiento	Tiene un alto potencial de rendimiento.
Usos	Esta variedad corresponde a la clase comercial conocida en el mercado internacional como Great Northern. Para grano seco para el mercado externo e interno. Variedad de excelente calidad culinaria, comparable con las variedades Tórtola y Coscorrón. Es de buen sabor, caldo claro y cutícula delgada.
Observaciones	Otras variedades de esta clase comercial que se han evaluado en el país, con buenos resultados son las variedades Valley y Harris, provenientes de EEUU.

BLANCO ESPAÑOL-INIA.

Clase comercial	Alubia redonda
Otros nombres comunes	Blanco Español o Blanco de Longavi.
Origen	Variedad obtenida a través de selección del tipo de poroto conocido como Blanco Español, realizado por el Programa de Leguminosa de Granos del CRI-Quilamapu.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento Tipo II, la altura del tallo principal puede alcanzar los 40 cm, con guías cortas, que pueden alcanzar sobre los 40 cm de largo, permaneciendo en un alto porcentaje de las plantas erecta hasta la madurez de cosecha. Las flores son de color blanco, floreciendo aproximadamente a los 48 días. La vaina granada es ancha y de color amarillo, con 3 – 5 semillas.
Tipo de grano	Los granos son de color blanco, esféricos. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 46.0 g.
Período vegetativo	Variedad precoz, para grano seco madura aproximadamente a los 104-108 días después de la siembra. De muy buena uniformidad de madurez.
Resistencia a enfermedades	Inmune a todas las razas del Mosaico Común del Poroto, existente en Chile. Es inmune a la raza severa y susceptible a la raza Orfeo del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 24-26 plantas/m2
Epoca de siembra	Por su precocidad se puede sembrar hasta mediados de diciembre. También es muy adecuada para las siembras segundas siembra o siembras tardías y de secano, que se hacen en suelos de vegas.
Rendimiento	Tiene un alto potencial de rendimiento.
Usos	Para grano seco. Variedad de excelente calidad culinaria, comparable con las variedades Tórtola y Coscorrón. Es de buen sabor, caldo claro y cutícula delgada.
Observación	Blanco Español-INIA tiene sus granos muy suceptibles al daño mecánico, la cutícula se desprende con facilidad de los cotiledones, lo que trae serios problemas de germinación en la siembra. Por esta razón en la cosecha se debe evitar el exceso de manipuleo y golpes. Si se trilla con máquina, debe hacerse a bajas revoluciones del cilindro y observando si hay daño en la cutícula. Para semilla es mejor trillar con sucesivas pasadas de tractor en forma longitudinal.

GARZA-INIA

Clase comercial	Canellini o Fabada.
Origen	Selección de la accesión GP 507, del Banco de Germoplasma del CRI-Quilamapu.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento Tipo III, la altura del tallo principal puede alcanzar los 50 cm, con guías que pueden alcanzar sobre los 80 cm de largo. A pesar de poseer guías largas las plantas se mantiene semi-erecta hasta la madurez de cosecha. Las flores son de color blanco, floreciendo a los 55 días. La vaina granada es de color crema, con 2 – 4 semillas .
Tipo de grano	Los granos son de color blanco de forma cilíndrica, de 16 a 20 mm de largo, y de 7 a 8 mm de ancho y redondeado en sus extremos. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 70 g. Debido a que ésta variedad es susceptible al virus del Mosaico Común ,el tamaño de la semilla dependerá de la intensidad del ataque. El peso de 100 semillas provenientes de siembras libres de virus puede alcanzar en promedio a los 73.8 g.
Período vegetativo	Para grano seco alcanza su madurez aproximadamente a los 110-115 días después de la siembra.
Resistencia a enfermedades	Susceptible a todas las razas del Mosaico Común del Poroto, existente en Chile. Susceptible al Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	130 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 16-18 plantas/m2
Epoca de siembra	Se puede sembrar hasta mediados de noviembre.
Rendimiento	Tiene un bueno potencial de rendimiento, cuando se utiliza semilla libre de virus.
Usos	Para grano seco de exportación, correspondiendo a la clase comercial conocida en Italia como Cannellini. De excelente calidad culinaria, de sabor muy bueno y hollejo delgado.
Observación	Esta variedad a pesar de su susceptibilidad a los virus se recomienda su siembra; siempre y cuando se cuente con semilla libre de virus; debido a que las variedades con este tipo de grano son escasas. Al respecto podemos señalar que en la zona centro-sur, el principal vehículo de la transmisión del virus del Mosaico Común es la semilla, siendo la transmisión por áfidos vectores mucho menor. Estos últimos, además se pueden controlar con aplicación de aceites minerales.

FLEETWOOD

Clase comercial	Navy bean .
Otros nombres comunes	Poroto arroz, tebo (Japón).
Origen	Variedad originaria de Canadá e introducida por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento tipo I, arbustiva, con planta erecta. Puede alcanzar una altura de 50 cm. Las flores son de color blanco, floreciendo aproximadamente a los 42 días. La vaina granada es de color amarilla con 4 –6 semillas.
Tipo de grano	Grano pequeño de forma elongada, de color blanco. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 20.50 g.
Período vegetativo	Variedad muy precoz, para grano seco madura aproximadamente a los 90-95 días después de la siembra. De muy buena uniformidad de madurez.
Resistencia a enfermedades	Inmune a la raza Tipo y Nueva York-15 del virus del Mosaico Común, y susceptible a su raza Necrótica. Susceptible a las dos razas del Mosaico Amarillo, que existen en el país.
Dosis de semilla	90 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 30-35 plantas/m2
Epoca de siembra	Por su precocidad se puede sembrar hasta mediados de diciembre. También es muy adecuada para las siembras segundas siembra o siembras tardías y de secano, que se hacen en suelos de vegas.
Rendimiento	Tiene un alto potencial de rendimiento. A nivel de agricultores se han obtenido sobre los 30 qq/ha.
Usos	Variedad de exportación, utilizada en conservería.
Observación	Esta variedad se introdujo para mejorar la calidad y la producción de esta clase de poroto conocida en el mercado internacional como Navy Bean o poroto arroz. Este tipo de poroto que fue muy importante hasta mediados de los ochenta por el volumen de su producción, toda destinada al mercado externo, especialmente para Inglaterra. Para su producción se utilizaban las variedades Arroz Corriente y Arroz-3,(Ziver y Cafati, 1968) ambas de alto potencial de rendimiento, pero muy susceptible al virus del Mosaico Común, presentando además un alto porcentaje de transmisión de la enfermedad por la semilla. Unido a lo anterior presentaban una gran desuniformidad en cuanto al tamaño y forma de sus granos. Esto constituía un gran problema, ya que este tipo de poroto se destina al mercado externo para conservería, siendo muy exigente en lo que se refiere a color, tamaño y uniformidad de los granos. Otras variedades tipo Arroz, que se introdujeron previo a Fleetwood fueron Sanilac, Seaway, Gratiot y Tuscola (Ziver, Alvárez y Cafati, 1969). En 1993 la Sociedad Nacional de Agricultura liberó Albo-SNA (Voysest, 2000). En la última década también se han evaluadas variedades Opalo, C-20, Laker, Sunrise, Harofleet y Creswood, provenientes de EEUU, con resultados similares a los obtenido con Fleetwood.

NEGRO ARGEL

Clase comercial	Negro.
Origen	Variedad se encontraba en el germoplasma del Programa de Leguminosas de Granos del CRI-La Platina.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento Tipo II, la altura del tallo principal puede alcanzar los 50 cm, con guías cortas que pueden alcanzar sobre los 40 cm de largo, con tendencia a la tendedura al final de la etapa de llenado de granos. Las flores son de color morado, floreciendo aproximadamente a los 58 días. La vaina granada es pequeña de color verde oscuro, de 6 a 8 cm de largo, con 4 – 6 semillas.
Tipo de grano	Grano pequeño de forma esférica de color negro, con la micropila blanca. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 18.10 g.
Período vegetativo	Su madurez para grano seco la alcanza aproximadamente a los 112-115 días después de la siembra. De madurez uniforme.
Resistencia a enfermedades	Inmune a la raza Tipo y Nueva York-15 del virus del Mosaico Común, y susceptible a su raza Necrótica. Susceptible a las dos razas del Mosaico Amarillo, que existen en el país.
Dosis de semilla	80 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 30-35 plantas/m2
Epoca de siembra	Según la zona se puede sembrar durante todo noviembre.
Rendimiento	Variedad de alto potencial de rendimiento y gran adaptación en todas las zonas del cultivo del país. A nivel de agricultores se han obtenido sobre los 45 qq/ha.
Usos	Para grano seco de exportación.
Observación	La variedad Black Mexican, al parecer fue la primera variedad de grano negro para la exportación que se sembró en el país, siendo común utilizar este nombre para denominar a todo poroto negro. Sin embargo Black Mexican, por su gran susceptibilidad a los virus del Mosaico Común y Amarillo, es de bajo rendimiento y fue reemplazada por Negro Argel, de rendimiento muy superior. También debemos mencionar, que es común encontrar la variedad Negro Argel, mezclada con Black Mexican; diferenciándose sólo de Negro Argel por la forma arriñonada de sus granos. Orfeo-INIA, fue una variedad mejorada que se introdujo al cultivo comercial por su resistencia a todas las razas del Mosaico Común del poroto y a la raza severa del Mosaico Amarillo del poroto, sin embargo por el desplazamiento del cultivo del área centro norte, zona de alta incidencia de éstas enfermedades, y un período vegetativo mayor que Negro Argel no tuvo una gran aceptación en la zona centro-sur. Otras variedades de grano negro liberadas por la Sociedad Nacional de Agricultura fueron Negro Graneros, Bruno-SNA y Sombrío-SNA (Voysest, 2000).

CURI-INIA

Clase comercial	Negro.
Origen	Variedad obtenida a través de una selección de planta individual por tamaño de grano realizada en la línea Bat-1554, introducida por el CRI-Quilamapu a través de los Viveros Internacionales de Rendimiento y Adaptación de Frijoles, del Centro Internacional de Agricultura Tropical, en 1983 (Tay, Paredes, Riquelme, Valenzuela y Venegas, 1995).
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento determinado, Tipo I, con un tallo principal fuerte y ramificaciones erectas, manteniendo esta excelente arquitectura hasta la madurez.El follaje es abundante de color verde claro, pudiendo alcanzar una altura de 60 cm, las flores son de color morada, floreciendo a los 60 días después de la siembra. La vaina granada es de color morada con 4 a 7 granos. Por arquitectura de planta, Curi-INIA es una variedad apta para la cosecha directa.
Tipo de grano	El grano es de color negro de forma elongada. El peso aproximado de 100 semillas es de 17. g.
Período vegetativo	Curi-INIA, alcanza la madurez para grano seco aproximadamente a los 115-118 días.
Resistencia a enfermedades	Es inmune a las razas Tipo y Nueva York-15 y susceptible a la raza Necrótica del virus del Mosaico Común del poroto. Es susceptible a la raza severa del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	70 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 30-35 plantas/m2.
Epoca de siembra	Por su período vegetativo, se debe sembrar hasta mediados de noviembre.
Rendimiento	Variedad con altos potencial de rendimientos, similar a Negro Argel.
Usos	Para grano seco de exportación.
Observación	Por su arquitectura* de planta, Curi-INIA es una variedad apta para la cosecha directa La característica fundamental que permite cosechar esta variedad en forma mecanizada es su tipo de planta erecta hasta la madurez de cosecha, la posición de las vainas inferiores a sobre 10 cm del suelo, y su madurez uniforme. Por su arquitectura de planta que permite una cosecha directa, Curi-INIA, no tiene mayor problema en soportar en su madurez lluvias muy intensa de verano, ya que el agua escurre rápidamente por su follaje y bastan 3 a 4 días para secarse y estar apta para la cosecha, sin afectarse la calidad de los granos. *Se define como de buena arquitectura, a una planta con firme enraizamiento, erecta, sin tendedura, alta inserción de las vainas sobre 10 cm del suelo; con el tallo principal vigoroso, con pocas ramas secundaria y un perfil estrecho. Para satisfacer las demanda de las prácticas agronómicas modernas, como el riego por aspersión, alta densidad de plantas y cosecha mecanizada.

RED MEXICAN

Clase comercial	Red Mexican o rojo pequeño.
Origen	Variedad originaria de EEUU, de la Universidad de Idaho e introducida por el Programa Leguminosas de Granos del CRI-Quilamapu.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento Tipo II, con guías muy cortas y planta erecta. Puede alcanzar una altura de 40 cm. Las flores son de color blanco, floreciendo alrededor de los 50 días. La vaina granada es de color verde, con 4 a 6 granos.
Tipo de grano	El grano es de color rojo oscuro de forma esférica, con el hilum de color blanco. El peso aproximado de 100 semillas es de 16. 30 g.
Período vegetativo	Red Mexican alcanza la madurez para grano seco aproximadamente a los 104-106 días.
Resistencia a enfermedades	Es inmune a sólo a la razas Tipo, siendo susceptible a las razas Nueva York-15 y Necrótica, del virus del Mosaico Común del poroto. Es suceptible a la raza severa del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	70 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 30-35 plantas/m2.
Epoca de siembra	Por su período vegetativo, se puede sembrar durante todo noviembre.
Rendimiento	Variedad con altos potencial de rendimientos.
Usos	Para grano seco de exportación.

REDKLOUD

Clase comercial	Red Kidney.
Otros nombres comunes	Poroto Red kidney.
Origen	Variedad originaria de EEUU, de la Universidad de Cornell e introducida por el Programa Leguminosas de Granos del CRI - La Platina.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento determinado, Tipo I, con un tallo principal fuerte, hojas de gran tamaño y escasas ramificaciones, permaneciendo erecta hasta la madurez de cosecha. Puede alcanzar una altura de 40 cm. Las flores son de color blanco, floreciendo a los 45 días después de la siembra. La vaina granada es de color amarillo con 2-4 granos.
Tipo de grano	El grano de color rojo, tipo Red Kidney, de forma arriñonada. El peso aproximado 100 semillas es de 52.0 g.
Período vegetativo	Variedad muy precoz, la madurez para grano seco la alcanza aproximadamente a los 98-100 días.
Resistencia a enfermedades	Es inmune a las razas Tipo y Nueva York-15 y susceptible a la raza Necrótica del virus del Mosaico Común del poroto. Es susceptible a la raza severa del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	130 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 18-20 plantas/m2.
Epoca de siembra	Por su período vegetativo, se puede sembrar durante todo noviembre.
Rendimiento	Variedad de buen rendimiento.
Usos	Para grano seco de exportación.

CUYANO-INIA

Clase comercial	Cuyanos.
Otros nombres comunes	Burros argentinos
Origen	Variedad obtenida a través del cruzamiento entre las variedades Manteca x Burros Argentinos, efectuado en el CRI-Quilamapu en 1976 (Tay, France, Paredes y Kramm, 1987).
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento guiador, Tipo III, la altura del tallo principal puede alcanzar los 45 cm, con guías que pueden alcanzar sobre los 65 cm de largo. Con follaje verde oscuro y hojas pequeñas. Las flores son de color lila, floreciendo aproximadamente a los 49 días. La vaina granada es de color amarillo y con 3 a 5 granos.
Tipo de grano	El grano es similar a Burros argentinos o Cuyanos, esférico y de color café claro con el hilum blanco, rodeado de un halo café oscuro. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 39.60 g.
Período vegetativo	Cuyano-INIA, alcanza la madurez para grano seco aproximadamente a los 110-118 días, es unos 6 a 7 días más precoz que la variedad criolla Burros argentinos.
Resistencia a enfermedades	Es inmune a todas las razas del virus del Mosaico Común del poroto, que se conocen actualmente en el mundo. Es susceptible a la raza severa del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 24-26 plantas/m2
Epoca de siembra	Por su período vegetativo, se debe sembrar hasta mediados de noviembre.
Rendimiento	Variedad con uno de los más altos potencial de rendimientos. Experimentalmente se han obtenido 57 qq/ha.
Usos	Para grano seco, consumo interno.
Observación	Esta variedad por ser inmune a todas las razas del Mosaico Común del poroto, que se conocen actualmente en el mundo tienen un gran valor como padre mejorante, en los programa de mejoramiento genético. A pesar de ser la variedad chilena con él más alto potencial de rendimiento, que debe reemplazar a la variedad criolla Burros argentinos, ha tenido muy poca difusión entre los agricultores.

MANTECA

Clase comercial	Manteca
Origen	Variedad criolla que se siembra principalmente en la región de la Araucanía.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento guiador, Tipo III, la altura del tallo principal puede alcanzar los 35 cm, con guías que pueden alcanzar sobre los 55 cm de largo. Las flores son de color lila suave, floreciendo aproximadamente a los 60 días. La vaina granada es de color amarillo y con 3 a 5 granos.
Tipo de grano	El grano ovoide y de color amarillo claro a crema. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 41.1 g.
Período vegetativo	Manteca, alcanza la madurez para grano seco aproximadamente a los 130-135 días, siendo una variedad tardía.
Resistencia a enfermedades	Es susceptible a todas las razas del virus del Mosaico Común del poroto, presentes en el país. Es susceptible al Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 24-26 plantas/m2
Epoca de siembra	Por su período vegetativo, se debe sembrar durante la primera semana de noviembre.
Rendimiento	Variedad tardía, pero con alto potencial de rendimiento.
Usos	Para grano seco, consumo interno.

RAYO-INIA

Clase comercial	Borlotto.
Origen	Variedad obtenida a través del cruzamiento entre Frutilla Cañete, un tipo local de hábito de crecimiento Tipo I, y la variedad Blanco Español-INIA, en el CRI- Quilamapu, en 1986 (Tay y Paredes, 1999)
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento tipo I, permaneciendo erecta hasta la madurez de cosecha, con follaje color verde claro y hojas grandes. Puede alcanzar una altura de 40 –50 cm. Las flores son bicolor, con el estandarte morado y las alas de color lila, floreciendo aproximadamente a los 45 días. La vaina granada es de color rojo oscuro, de aproximadamente 12 cm de longitud, con un peso promedio de 9.5 g y con 3 a 5 semillas.
Tipo de grano	El grano corresponde a la clase comercial Borlotto, y es de forma redondeada de fondo crema y jaspeado con pintas de rojo oscuro. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 53.4 g.
Período vegetativo	Variedad muy precoz, para poroto granado el primer corte lo da aproximadamente a los 83 días, siendo 13 días más precoz que los tipos coscorrones y frutillas. Para grano seco alcanza su madurez aproximadamente a los 96 días. De muy buena uniformidad de madurez.
Resistencia a enfermedades	Inmune a la raza Tipo y Nueva York-15 del virus del Mosaico Común y susceptible a la raza Necrótica. Susceptible al virus del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	130 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 18-20 plantas/m2
Epoca de siembra	Por su precocidad se puede sembrar hasta mediados de diciembre. También es muy adecuada para las siembras segundas siembra o siembras tardías y de secano, que se hacen en suelos de vegas.
Rendimiento	Tiene un buen potencial de rendimiento. A nivel de agricultores, en grano seco en siembras con riego se han obtenido se han obtenido 25-30 qq/ha y en siembra de secano en suelos de vegas 15 a 22 qq/ha. En poroto granado tiene un alto potencial de rendimiento con sobre 10.000 kg/ha, con riego y de 4000 a 6000 kg/ha, en secano.
Usos	Para grano seco y poroto granado. Consumo interno y para exportación, dentro de la clase comercial Borlotto. El poroto granado cocido, presenta un color café pálido, de sabor suave, con textura harinosa suave y el caldo es de color café pálido.
Observación	Esta variedad por su precocidad y hábito de crecimiento arbustivo, es de gran valor agronómico, lo que ha quedado demostrado por su gran adaptación a las siembras de secano que se hacen en los secanos costero de las regiones del Maule, Bio-Bio y la Araucanía.

ARAUCANO-85-INIA

Clase comercial	Cranberry .
Otros nombres comunes	Frutillas, cranberry, uzura (japonés)
Origen	Variedad obtenida a través del cruzamiento entre las variedades Red Kidney Shell x Sanilac, efectuado en el CRI-Quilamapu en 1976 (Tay, France, Paredes y Kramm, 1988).
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento guiador, Tipo III, la altura del tallo principal puede alcanzar los 45 cm, con guías que pueden alcanzar sobre los 100 cm de largo. Las flores son bicolor, con el estandarte de color rosado y las de color lila, floreciendo aproximadamente a los 50 días. La vaina granada es de color rojo claro de aproximadamente 13 cm de largo, con un peso aproximado de 12 g y con 3 a 5 semillas.
Tipo de grano	El grano corresponde a la clase comercial cranberry. El grano es de forma arriñonada, de color jaspeado de rojo claro sobre fondo crema. El peso aproximado de 100 semillas es de 55.0 g.
Período vegetativo	Araucano-85-INIA, para granado la primera cosecha la da a los 109 y alcanza la madurez para grano seco aproximadamente a los 118-120 días, es unos 15 días más precoz que los tipos criollos, tales como Araucano, Frutilla y Pajaritos.
Resistencia a enfermedades	Es inmune a las tres las razas del virus del Mosaico Común del poroto, existen en el país. Es suceptible a la raza severa del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	130 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 18-20 plantas/m2.
Epoca de siembra	Por su período vegetativo, se debe sembrar hasta mediados de noviembre.
Rendimiento	Variedad con altos potencial de rendimientos.
Usos	Para grano seco, consumo interno y de exportación. Este tipo de poroto perteneciente a la clase comercial Cranberry es de alto consumo en Italia. También se utiliza para poroto granado, teniendo un sabor muy bueno y caldo oscuro.
Observación	Esta variedad por su resistencia a los virus y precocidad, debiera reemplazar a las variedades criolla de grano similar, como Frutilla, Araucano, Pajarito e Indiano.

SAPITOS

Clase comercial	Sapitos
Otros nombres comunes	Hallados grandes.
Origen	Variedad criolla
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento guiador, Tipo 3. Con flor de color morada, floreciendo a los 65 días después de la siembra. La vaina granada es de color azul.
Tipo de grano	El grano es de color blanco crema con pintas azul verdosas y de forma esférica. El peso de 100 semilla es de aproximadamente 61.8 g.
Período vegetativo	Sapitos alcanza la primera cosecha para poroto granado a los 102 días. Para grano seco alcanza su madurez a los 130 -140días.
Resistencia a enfermedades	Es susceptible las tres las razas del virus del Mosaico Común del poroto, que existen en el país. Es susceptible a la raza severa del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 16-18 plantas/m2.
Epoca de siembra	Variedad tardía debe sembrarse durante la primera quincena de noviembre.
Rendimiento	Variedad con un buen potencial de rendimiento siempre y cuando se utilice semilla libre de virus.
Usos	Grano seco. Variedad de excelente calidad culinaria, de buen sabor y hollejo delgado. Por sus características culinarias, es el poroto que alcanza los mayores precios en mercados y ferias.
Observación	El uso de semilla libre de virus y la siembra temprana, es fundamental para obtener buenos resultados con esta variedad.

COSCORRON GRANADO-INIA

Clase comercial	Coscorrón. En este tipo de poroto al igual que los Tórtolas, existen numerosas variedades locales y selecciones, entre otras tenemos a Coscorrón Méndez, Coscorrón Corriente, Coscorrón Alemán, Coscorrón Americano y dentro de las variedades mejoradas tenemos a Tuniche-1095, Francisca, Coscorrón Granado-INIA, Cimarrón SNA y Nubarrón SNA. Siendo éstas últimas tres las más sembradas actualmente.
Origen	Variedad obtenida a través del cruzamiento entre las variedades Coscorrón Tuniche 1095 y Blanco-INIA, efectuado en el CRI- La Platina (Bascur y Herrera, 1986).
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento guiador, Tipo III, la altura del tallo principal puede alcanzar los 45 cm, con guías que pueden alcanzar sobre los 80 cm de largo. Las flores son de rosado pálido, floreciendo aproximadamente a los 58 días después de la siembra. La vaina granada es de color rojo con vetas verde claro, con un peso promedio de 8 g. y con 3 a 5 semillas.
Tipo de grano	Granos de color blanco con vetas amarillas, de forma redonda-alargada. El peso aproximado de 100 semillas es de 50.6 g.
Período vegetativo	Coscorrón Granado-INIA, alcanza la primera cosecha para poroto granado a los 96-98 días y para grano seco a los 126 días.
Resistencia a enfermedades	Inmune a la raza Tipo y Nueva York-15 del virus del Mosaico Común y susceptible a la raza Necrótica. Susceptible al virus del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 18-20 plantas/m2.
Epoca de siembra	Para poroto granado se puede sembrar hasta mediados de diciembre. Para grano seco se debe sembrar hasta mediados de noviembre.
Rendimiento	Variedad con un buen potencial de rendimiento siempre y cuando se utilice semilla libre de virus.
Usos	Para poroto granado y grano seco. De excelente calidad culinaria, sabor muy bueno, hollejo delgado y caldo claro.
Observación	El uso de semilla libre de virus, es fundamental para obtener buenos resultados con esta variedad.

ASTRO - INIA

Clase comercial	Coscorrón.
Origen	Variedad obtenida a través del descubrimiento y selección de una planta de hábito de crecimiento arbustivo dentro de una siembra de Coscorrón Granado-INIA, en 1995 (Tay y France, 2001).
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento determinado o arbustivo, Tipo I, con un tallo principal fuerte que puede alcanzar una altura promedio de 48 cm y con ramificaciones secundarias erectas. El follaje es de color verde oscuro. Las flores son bicolor, con el estandarte morado claro y las alas de color lila, floreciendo aproximadamente a los 51 días después de la siembra. La vaina granada es de color rojo oscuro, con 3 a 6 granos, una longitud entre 11 a 14 cm y un peso promedio al estado fresco de 8,5 g.
Tipo de grano	Grano tipo coscorrón, con fondo crema con pintas amarillas muy tenues y de forma ovoide. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 54 g.
Período vegetativo	Astro-INIA, alcanza la primera cosecha para poroto granado a los 91 días después de la siembra y para grano seco a los 118 días.
Resistencia a enfermedades	Inmune a la raza Tipo y Nueva York-15 del virus del Mosaico Común y susceptible a la raza Necrótica. Susceptible al virus del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 18-20 plantas/m2.
Epoca de siembra	Para poroto granado se puede sembrar hasta mediados de diciembre. Para grano seco se debe sembrar hasta mediados de noviembre.
Rendimiento	Variedad con un buen potencial de rendimiento
Usos	Para poroto granado y grano seco. De excelente calidad culinaria, sabor muy bueno, hollejo delgado y caldo claro.
Observación	Esta variedad ha sido evaluada por la agroindustria para la cosecha directa en estado de vaina granada, destacándose por la calidad culinaria de sus granos (tamaño y color) y rendimiento. Además sobresalió por la firmeza de las plantas a desarraigarse; problema que presentan otras variedades, y que provoca atascamiento dentro de la máquina por el exceso de material que ingresa (raíces, tallos y hojas), causando demora en la cosecha ya que se debe detener la cosechadora para extraerlo. durante la cosecha.

APOLO

Clase comercial	Bayo
Origen	Variedad obtenida a través del cruzamiento entre Cristal Bayo y la variedad Top Crop, efectuado en el CRI- La Platina. (Cafati y otros, 1975).
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento Tipo I, permaneciendo erecta hasta la madurez de cosecha. Puede alcanzar una altura de 60 cm. Las flores son blanca con tonalidades rosadas, floreciendo aproximadamente a los 45 días después de I a siembra. La vaina verde es tableada, sin fibra (hilo) es de color verde claro, con un rango de 16-18 cm de largo y recta. La vaina granada es de color crema con 3 a 4 semillas.
Tipo de grano	Los granos son de color bayo, con un jaspeado ligeramente morado, con el hilum (ojo) blanco rodeada de una aureola café oscura y de forma arriñonada. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 50.4 g.
Período vegetativo	Variedad muy precoz, para vaina verde el primer corte lo da a los 66 días, unos 8 días antes que Cristal Bayo. Para grano seco alcanza su madurez a los 100-105 días.
Resistencia a enfermedades	Es inmune a las razas Tipo y Nueva York-15 y susceptible a la raza Necrótica, del Mosaico Común del poroto. Susceptible al virus del Mosaico Amarillo del poroto.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 20-22 plantas/m2
Epoca de siembra	Por su precocidad se puede sembrar hasta mediados de diciembre. También es muy adecuada para las siembras segundas siembra o siembras tardías y de secano, que se hacen en suelos de vegas.
Rendimiento	Tiene un alto potencial de rendimiento.
Usos	Para vaina verde al estado fresco, habiendo demostrado ser también de excelentes cualidades para conservería.
Observación	Variedad de alto valor hortícola por la calidad de sus vainas, precocidad, buena recuperación a la cosecha y alto potencial de rendimiento.

VENUS-INIA

Clase comercial	Bayo
Origen	Variedad obtenida a través del cruzamiento entre Amanda x Apolo, efectuado en el CRI- La Platina (Bascur, 2003).
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento tipo I, erecta hasta la madurez de cosecha. Puede alcanzar una altura entre 60 – 70 cm, siendo más erecta y alta que la variedad Apolo. Las flores son de color blanco con tonalidades rosadas, floreciendo aproximadamente a los 45 días después de la siembra. La vaina verde es tableada, sin fibra (hilo) es de color verde claro, con un rango de 16-18 cm de largo y recta. La vaina granada es de color crema con 3 a 5 semillas.
Tipo de grano	Los granos son de color bayo claro con un jaspeado más oscuro, plano y de forma alargada con sus extremos redondos. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 52.2 g.
Período vegetativo	Variedad muy precoz, similar a Apolo, para vaina verde el primer corte lo das a los 66 días. Para grano seco alcanza su madurez a los 100-105 días.
Resistencia a enfermedades	Es inmune a las razas del Mosaico Común del poroto que existen en Chile. Susceptible al virus del Mosaico Amarillo del poroto.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 20-22 plantas/m2
Epoca de siembra	Por su precocidad se puede sembrar hasta mediados de diciembre. También es muy adecuada para las siembras segundas siembra o siembras tardías y de secano, que se hacen en suelos de vegas.
Rendimiento	Tiene un alto potencial de rendimiento.
Usos	Para vaina verde al estado fresco.
Observación	Variedad con vaina de similar calidad que Apolo, excepto que posee una mayor uniformidad del tamaño comercial de las vainas, con un 11 % más superiores a 15 cm de largo, deforma recta y plana

GRINGOS

Origen	Variedad criolla.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento Tipo 3, postrada. Puede alcanzar una altura entre 40-50 cm, con guías de hasta 80 cm. Las flores son de color lila, floreciendo aproximadamente a los 62 días después de la siembra. La vaina verde es tableada, sin fibra (hilo) es de color verde oscuro, de 14 a 16 cm de largo cm de largo y ligeramente curvada.
Tipo de grano	Los granos son de color rojo pálido, alargado y semi-redondo. El peso de 100 semillas es de aproximadamente 59.6 g.
Período vegetativo	Para vaina verde el primer corte lo da aproximadamente a los 74 días. Para grano seco alcanza su madurez a los 115-120 días.
Resistencia a enfermedades	Susceptible a las razas tres del Mosaico Común del poroto. Susceptible al Mosaico Amarillo del poroto.
Dosis de semilla	120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 20-22 plantas/m2
Epoca de siembra	Para vaina verde se puede sembrar hasta la primera semana de diciembre. Para grano seco hasta mediados de noviembre.
Rendimiento	Tiene un menor potencial de rendimiento que Apolo.
Usos	Para vaina verde al estado fresco. Esta variedad tiene gran aceptación en algunas mercados, principalmente por su calidad culinaria, buen sabor y el color verde oscuro de las vainas después de la cocción.
Observación	Esta variedad es muy susceptible al virus del Mosaico Común del Poroto, lo que impide alcanzar buenos rendimientos. Siendo el uso de semilla libre de virus, es fundamental para obtener buenos resultados con esta variedad.

TREPADOR-INIA

Origen	Trepador-INIA, fue obtenida por selección masal a partir de un ecotipo recolectado en la provincia de San Felipe, V Región, por el CRI-La Platina (Bascur, B.G., 2002)
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento trepadora, Tipo 4, con tutores puede alcanzar una altura de hasta 2 m. Con flor de color lila, floreciendo bajo condiciones de invernadero a los 40-45 días, después de la siembra. La vaina verde es plana de color verde, recta, sin fibra (hilo) de unos 16 a 20 cm de largo y de 1.2 cm de ancho.
Tipo de grano	El grano de color morado oscuro intenso con un grado intermedio de brillo, de forma largada cilíndrica con extremos redondeados. El peso de 100 semilla es de aproximadamente de 55.5 g.
Período vegetativo	Bajo condiciones de invernadero alcanza la primera cosecha para poroto verde a los 65 días. El período de cosecha puede durar aproximadamente un mes como consecuencia de una floración escalonada y de larga duración.
Resistencia a enfermedades	Es susceptible las tres las razas del virus del Mosaico Común del poroto, que existen en el país.
Dosis de semilla	Para siembra en invernadero con tutores, a 60 cm entre hileras y a 20 cm sobre la hilera, con una población de 8 a 10 pl/m2. Se utilizan aproximadamente 67 kg/ha o 6,7 g de semilla por metro cuadrado.
Epoca de siembra	En invernadero para siembra de invierno, julio - agosto
Rendimiento	De alto potencial de rendimiento, puede rendir entre 15-30 t/ha, según se siembre en otoño o primavera, bajo condiciones de invernadero.
Usos	Para poroto verde.

PEUMO

Origen	Variedad criolla que se siembra principalmente en la provincia de Concepción y Arauco.
Características de la planta	Planta de hábito de crecimiento trepadora, Tipo 4, con tutores puede alcanzar una altura de hasta 2 a 3 m. Con flor bicolor, con las alas lilas y el estandarte rosado, floreciendo a los 63 días después de la siembra. La vaina verde es de color verde oscuro, sin fibra (hilo) de 14 a 16 cm de largo y semi-curvada.
Tipo de grano	El grano de color café rojizo, con el hilum (ojo) blanco rodeada de una aureola café rojizo oscuro, de forma elongada. El peso de 100 semilla es de aproximadamente 52.4 g.
Período vegetativo	Peumo, alcanza la primera cosecha para poroto verde a los 83 días, el período de cosecha puede durar más de un mes, como consecuencia de una floración escalonada y de larga duración. Para grano seco alcanza su madurez, al aire libre, aproximadamente a los 130-135 días.
Resistencia a enfermedades	Es susceptible las tres las razas del virus del Mosaico Común del poroto, que existen en el país. Es susceptible a la raza severa del Mosaico Amarillo.
Dosis de semilla	Para siembra sin tutores, 120 kg/ha. Si la siembra se hace con una máquina neumática la dosis puede ser menor. Debe tenerse a lo menos una población de 16-18 plantas/m2. Para siembra en invernadero a 60 cm entre hileras y a 20 cm sobre la hilera, se utilizan 60 kg/ha, con una población de 8 – 10 plantas/m2.
Epoca de siembra	Para poroto verde al aire libre se puede sembrar durante todo el mes de noviembre y diciembre. En invernadero para siembras de invierno y primavera
Rendimiento	Variedad con un buen potencial de rendimiento
Usos	Para poroto verde. Esta variedad goza de cierta preferencia entre los consumidores de la zona sur, por su buena calidad culinaria y sobretodo por el color verde oscuro del poroto verde después de la cocción.

Bibliografía

Bascur, B. G., Herrera, G.G. 1986. Coscorrón Granado-INIA: Nueva variedad de poroto para consumo en vaina granada. Agricultura Técnica (Chile) 46(2): 217-220.

Bascur, B. G. 2002. Trepador-INIA. Variedad de poroto verde (***Phaseolus vulgaris*** L.) para cultivo bajo invernadero. Agricultura Técnica (Chile) 62(1): 158-165.

Bascur, B. G. 2003. Variedades Nuevas : Venus-INIA y Trepador-INIA. Tierra Adentro 53: 42-43.

Cafati,C., Aeschlimann y Tapia, F. 1979. INIA: variedades de frejol. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. Boletín Divulgativo N° 51. 20 p.

Tay, U. J., Paredes, C..M., Kramm, M.V., Guglielmetti, M. H. 1981. Tórtola-INIA. Nueva variedad de frejol resistente al Mosaico Común y Mosaico Amarillo. Agricultura Técnica (Chile) 41(3): 169

Tay, U. J., Paredes, C..M., Kramm, M.V. 1984. Blanco-INIA, variedad de poroto de consumo interno y de exportación, resistente al Mosaico Común y Mosaico Amarillo. Agricultura Técnica (Chile) 44(4): 377.

Tay, U. J., France, I. A., Paredes, C..M., Kramm, M.V. 1987. Cuyano-INIA, una nueva variedad de frejol resistente al Mosaico Común. Agricultura Técnica (Chile) 47(2): 187.

Tay, U. J., France, I. A., Paredes, C..M., Kramm, M.V. 1988. Araucano-INIA, nueva variedad de poroto (***Phaseolus vulgaris*** L.) tipo Cranberry, resistente al Mosaico Común. Agricultura Técnica (Chile) 48(1): 55.

Tay, U. J., Paredes, C..M., Riquelme, S.J., Valenzuela, S. A., Venegas, R.F. 1995. Curi-INIA, una nueva variedad de frejol (***Phaseolus vulgaris*** L.) de grano negro apta para cosecha directa. Agricultura Técnica (Chile) 55(2): 183-185.

Tay, U. J., Paredes, C..M., Vega, S. A.., Valenzuela, S. A., Venegas, R.F. 1997. Torcaza-INIA.Nueva variedad de poroto (***Phaseolus vulgaris*** L.) de grano Tórtola con planta semi-erecta. Agricultura Técnica (Chile) 57(4): 302-303.

Tay, U. J., Paredes, C. M. 1999. Rayo-INIA: nueva variedad precoz de poroto (***Phaseolus vulgaris*** L) de grano frutilla para granado y grano seco. Agricultura Técnica (Chile) 59 (2) :136-138

Tay, U. J. y France, I. A. 2001. Discovery and selection of "Coscorrón" lines with determinate habit and earliness. Bean Improvement Cooperative 44 : 173 – 174.

Voysest, V. 0. 2000. Mejoramiento genético del frijol (***Phaseolus vulgaris***): legado de variedades de América Latina 1939-1999. Publicación CIAT N° 321 Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 195 p.

Ziver, M. A., Cafati, K. C. 1968. Arroz-3, nueva variedad de frejoles de exportación. Investigación y Progreso Agrícola, 2 : 32-33.

Ziver, M. A., Alvárez, A.M., Caffati, K.C. 1969. Seaway: un frejol para la exportación. Investigación y Progreso Agrícola, 3:36.

Caracterización de germoplasma de poroto "chileno"

Mario Paredes C., INIA
Viviana Becerra V. INIA
Paul Gepts, U. California
Daniel Debouck, CIAT

Importancia

- ✓ Conocimiento científico del *Phaseolus* y del germoplasma nacional
- ✓ Base del programa de mejoramiento genético
- ✓ Producción de nuevas variedades

Organización del germoplasma

- ✓ Pool mesoamericano
  - ✓ Raza Mesoamerica
  - ✓ Raza Jalisco
  - ✓ Raza Durango
- ✓ Pool andino
  - ✓ Raza Chile
  - ✓ Raza Perú
  - ✓ Raza Nueva Granada

Origen del frejol chileno

Establecimiento poroto silvestre

- ✓ Siembra accesiones silvestres: 11
  - ✓ Argentina (3), Bolivia (2), Perú (2), Ecuador (2), México (2).
- ✓ Localidades
  - ✓ Santiago, Talca, Chillán
- ✓ Evaluación
  - ✓ Emergencia, floración, producción grano

Floración y producción grano de poroto silvestre. (14-11 hrs. de luz, nov-abril)

Lugar de Colecta	País	Floración		Prod. grano	
		Sant	Chillán	Sant	Chillán
Apurimac	Perú	-	-	-	-
Huanuco	Perú	+	+	+++	++
Cochabamba	Bol	+	+	-	+++
Tarija	Bol	+	+	-	-
Jujuy	Arg	+	+	+	-
Salta	Arg	+	+	+	-
Tucuman	Arg	+	+	++	+

Accesiones de México y Ecuador: no florecieron

Comparación poroto silvestre *vs* cultivado

- ✓ **Material**
  - ✓ **Chileno: 32 genotipos (9 clases comerciales)**
    - ✓ Endémicos: Tórtola, Cosc., Suave, Manteca
    - ✓ Naturalizados: Bayo, Cran, Sapito, Blanco, Cuyano
  - ✓ **Silvestres:** 11 genotipo (Argentina, Perú, Bolivia, Ecuador, México).
- ✓ **Marcadores**
  - ✓ RFLP-PCR (cpDNA, mtDNA)
  - ✓ AFLP

Similitud genética por clase comercial de poroto "chileno". AFLP.

	Clase comercial	Pool andino*	Ecuador	México
Endémicos	Tórtola	88.7	81.5	81.6
	Cascarrón	89.9	79.2	82.0
	Suave	89.3	77.6	82.0
	Manteca	88.4	78.9	81.0
Nat.	Cuyano	88.4	81.0	82.5
	Bayo	88.7	81.8	82.0
	Cranberry	88.6	80.3	81.0
	Blanco	85.2	78.3	80.0
	Sapito	88.4	79.0	83.0

* Promedio accesiones Argentina, Perú y Bolivia

Similitud genética (%) entre accesiones silvestre de acuerdo a su origen.

Origen	Argentina	Perú	Bolivia	Ecuador	México
Argentina	-				
Perú	91.3	-			
Bolivia	91.6	91,3	-		
Ecuador	82.2	81,3	82.0	-	
México	82,6	81,5	83,0	80,0	100

Diversidad genética del germoplasma de poroto "chileno"

Germoplasma poroto "chileno"

- ✓ Prospección, año 1990.
  - ✓ Arica-Chiloé
  - ✓ 600 accesiones
  - ✓ Almacenadas en el Banco de Germoplasma
- ✓ Foto variabilidad y banco

Germoplasma poroto "chileno"

- ✓ Análisis diversidad genética
  - ✓ Número de accesiones: 96
  - ✓ Isoenzimas y faseolina
    - ✓ Estructura genética
- ✓ Diversidad genética total (Ht): 0,159
  - ✓ Entre poblaciones (Dst): 0,156
  - ✓ Dentro de poblaciones (Hs) : 0,004
- ✓ Identidad genética (Nei): 0,85

Distribución de faseolina en el germoplasma de poroto chileno

Distribución	Tipos de Faseolina		
	S	T	C
Norte Centro (I-VI)	5,0	0,0	65,0
Centro-Sur y Sur (VII-X)	13,3	22,4	54,7
Promedio	9,2	11,4	59,9

Germoplasma-Mejoramiento genético de porotos

Mejoramiento genético

- ✓ Consumidor: Clases comerciales
- ✓ Hibridaciones entre pool genéticos
  - ✓ Germoplasma: características complementarias; hábito de crec, potencial de rendimiento, caract. moleculares
  - ✓ Resultados: incompatibilidad, segregación distorsionada, escasos recombinantes útiles
- ✓ Hibridaciones dentro del pool genético, clase
  - ✓ Resultados: recombinantes útiles, vulnerabilidad, menor potencial de rendimiento, presencia de ligamientos

Niveles de polimorfísmo

Poblaciones F2 (RFLP)

Raza Chile x Raza Mesoamérica: 66.9%
Raza Chile x Raza Durango : 65.2%
Raza Chile x Raza Jalisco : 65.8 %

Raza Chile x Raza N. Granada : 21.8%
Raza Chile x Raza Chile : 13.0%
Raza Chile x Raza Perú : 15.2%

Transmisión preferencial de alelos meso-americanos en cruzamientos con genotipos chilenos (RFLP).

	Grupo de ligamiento			
Cruzamiento	D5		D7	
Chile x meso	61.4	38.6	52.8	47.2
Durango x Chile	56.1	43.9	54.3	46.2
Chile x Jalisco	68.5	31.5	57.7	42.3
Promedio	60.7	39.3	54.4	45.5
Exceso	10.7		4.4	

Clases comerciales

Clases comerciales

- ✓ Tórtola, Coscorrón, Suaves, Manteca, Frutilla, Cuyano, Bayo, Banco, Sapito
- ✓ Marcadores
  - ✓Isoenzimas
  - ✓RAPDs

Similitud genética y sistemas isoensimáticos polimorficos

Clase comercial	Similitud (%)	Sistemas isoenzimáticos			
		SKDH	DIAP	PER	AAT
Tórtola	95.8	+	-	-	-
Coscorrón	95.8	+	+	+	-
Suave	96.7	+	+	-	-
Sapito	98.3	+	-	-	-
Cranberry	97.6	-	+	+	-
Cuyano	95.0	+	-	-	-
Bayo	88.9	+	-	-	+
Blanco	94.4	+	-	-	-

Manteca: ausencia polimorfismo

Similitud genética por clase comercial de poroto chileno (RAPDs)

Clase comercial	Similitud (%)	Rango (%)
Tórtola	98	96-100
Coscorrón	96	90-98
Suaves	96	92-99
Manteca	97	93-100
Frutilla	96	91-100
Sapito	95	90-99
Bayo	96	92-100
Cuyano	95	90-98
Promedio	96	

Similitud genética dentro de la clase comercial Tórtola (RAPDs)

Genotipos	1	2	3	4	5
Tórtola 20	100				
Tórtola 64	98	100			
Tórtola327	99	100	100		
Tórcaza INIA	96	97	97	100	
Tórtola INIA	98	100	100	98	100

Variedades comerciales de poroto chileno

Características agronómicas de la Raza Chile

- ✓ Hábito de crecimiento: III
- ✓ Internudos: cortos
- ✓ Precocidad: Intermedia a tardía
- ✓ Reacción a virus: Susceptible a MC y MA
- ✓ Vainas: bajo contenido de fibra, 3-5 semillas
- ✓ Semilla: mediana, redonda o oval
- ✓ Color semilla: plomo, blanco con vetas amarillas
- ✓ Clases com.: Tórtola, Coscorrón, suave, manteca
- ✓ Rendimiento: bajo

Identificación de variedades de poroto "chileno"

Variedades/clase comercial	Sistemas isoenzimáticos		
	SKDH	DIAP	PER
Rayo INIA - Araucano INIA	-	-	+
Cosc. Granado INIA Cimarrón	+	+	+
Torcaza INIA - Tórtola INIA	+	-	-

+ : discrimina entre variedades

Identificación de variedades de poroto "chileno"

Variedades/clase comercial	RAPD (38 partidores)
Rayo INIA - Araucano INIA	25
Cosc. Granado INIA - Cimarrón	19
Torcaza INIA - Tórtola INIA	19

Resumen

- ✓ Germoplasma:
- ✓ Necesidad
  - ✓ Integrar y generar información científica-técnica
  - ✓ Entender las ventajas y limitaciones de de algunas combinaciones genéticas entre y dentro pool de genes
  - ✓ Incorporar nuevas herramientas y métodos de mejoramiento
- ✓ Utilidad
  - ✓ Introgresión de genes de diferentes fuentes para ampliar la base genética de los nuevos cultivares y,
  - ✓ Obtener nuevos recombinantes para aumentar el rendimiento y estabilidad del cultivo.
  - ✓ Potencial puente genético entre pool de genes

Agradecimientos

INIA
Univ. California, Davis
CONICYT (Fondecyt)
CIAT

Susan Araya
Juan C. Bustamante
Jony Flores
Claudio Vera
Alfonso Valenzuela

Aplicaciones Biotecnológicas al Mejoramiento del Poroto

Paul Gepts
Department of Agronomy & Range Science
University of California, Davis

Contribuciones de …

- Christiane Schinkel
- Rose Koenig
- Rubens Nodari
- Epimaki Koinange
- Mario Paredes
- Viviana Becerra
- Victor Llaca
- James Kami
- Rosanna Freyre
- William Johnson
- Valérie Geffroy
- Valérie Poncet
- Roberto Papa

- USDA NRI Plant Genome, CSREES
- US AID Bean/Cowpea CRSP, PSTC, OICD
- Lindbergh Foundation
- McKnight Foundation
- UC MexUS
- California Crop Improvement Association
- California Dry Bean Board

Biotecnología

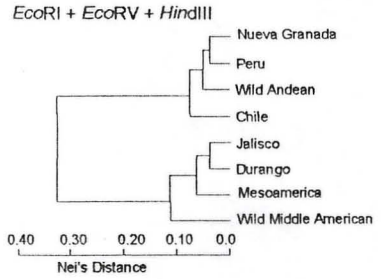
- Uso de marcadores
  - Diversidad genética
  - Filogenética y genealogía
  - Mapas moleculares de ligamiento y selección indirecta
- Mapa físico del genomio y desarrollo de bancos BAC
  - Hibridación fluorescente *in situ*
  - Bancos BAC
    - Selección de genotipos y características
    - Usos
- Que falta por hacer?
  - Secuenciación a la fecha
  - ESTs
  - Transformación
- El Proyecto Phaseomics (Phaseolus Genomics)

Diversidad genética

- Analices moleculares:
  - Proteinas de la semilla, Isoenzimas
  - RFLPs, RAPDs, SCARs, AFLPs, microsatelites, ISSRs, Secuencias de ADN
- Resultados:
  - Acervos genéticos y razas
  - Evolución de la diversidad genética
  - Flujo de genes entre poblaciones silvestres y domesticadas
  - Flujo de genes entre acervos o razas
    - RFLPs entre acervos, razas, y formas silvestres: Becerra-Velásquez & Gepts 1994
    - Introgresión de germoplasma mesoamericano en germoplasma chileno: Paredes & Gepts 1995
    - "DNA fingerprinting"

Ejemplos de uso de marcadores I

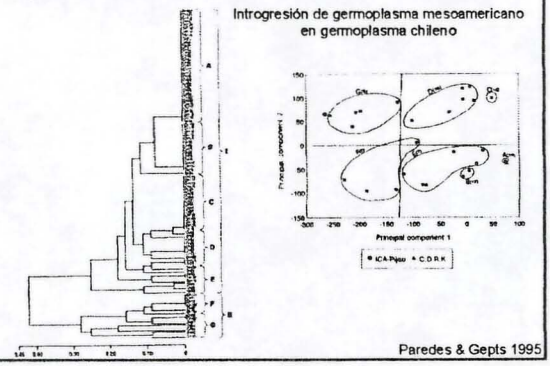
Acervos y razas en el germoplasma del poroto



Becerra-Velásquez & Gepts 1994

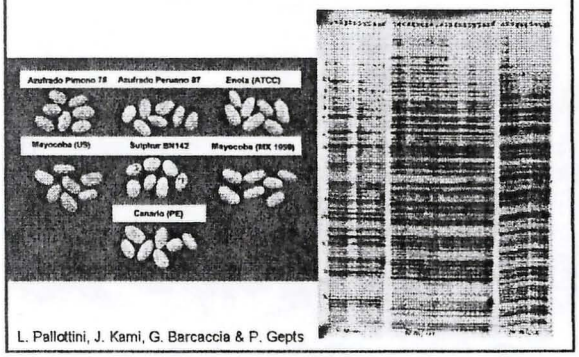
Ejemplos de uso de marcadores II

Introgresión de germoplasma mesoamericano en germoplasma chileno



Paredes & Gepts 1995

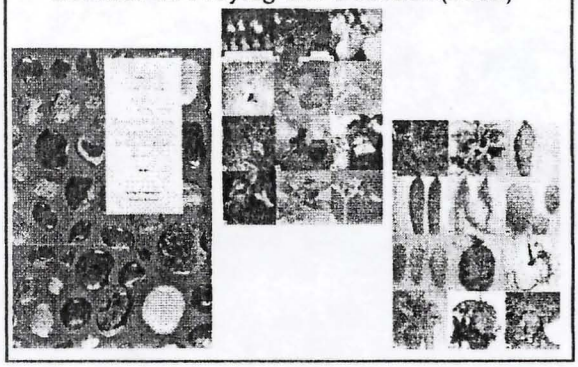
"DNA fingerprinting"

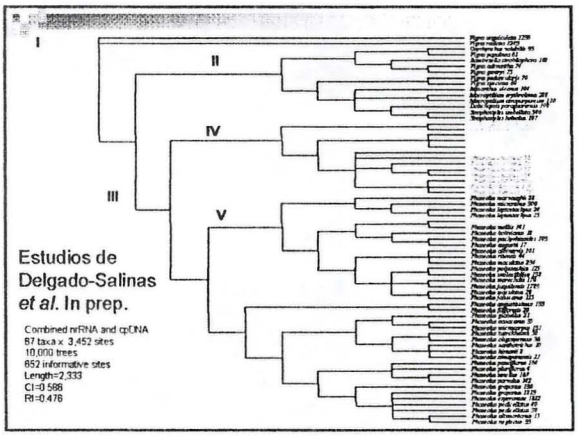


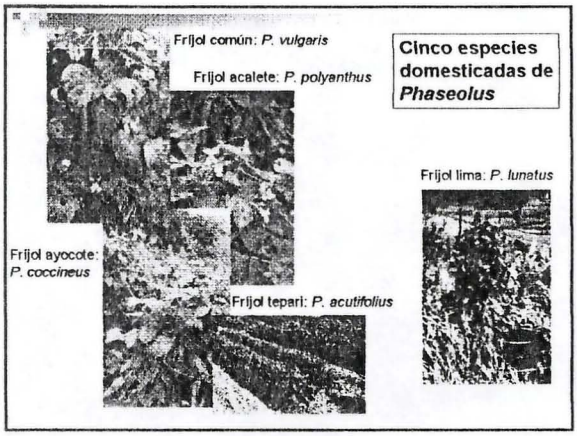
L. Pallottini, J. Kami, G. Barcaccia & P. Gepts

Filogenética y genealogía de *Phaseolus*

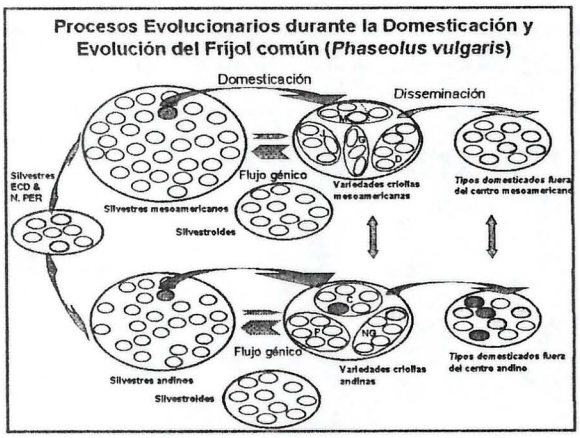
Estudios de Freytag and Debouck (2002)




I
II
IV
III
V
Estudios de Delgado-Salinas *et al.* In prep.
Combined mRNA and cpDNA
87 taxa x 3,452 sites
10,000 trees
852 informative sites
Length=2,333
CI=0.588
RI=0.478


Frijol común: *P. vulgaris*
Frijol acalete: *P. polyanthus*
Cinco especies domesticadas de *Phaseolus*
Frijol lima: *P. lunatus*
Frijol ayocote: *P. coccineus*
Frijol tepari: *P. acutifolius*

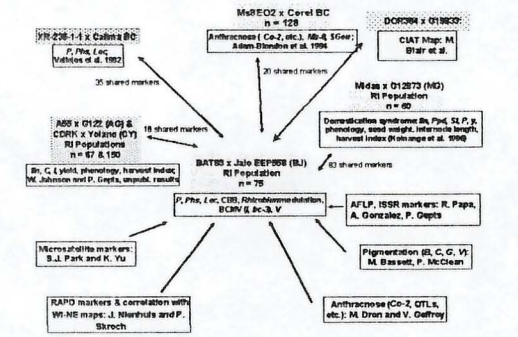
Distribución de *Phaseolus vulgaris* silvestre y domesticaciones
Frijoles silvestres
• Mesoamericano
◦ Ancestral
• Andino
Domesticaciones
Mesoamericana
Andina
Dispersión de frijoles silvestres



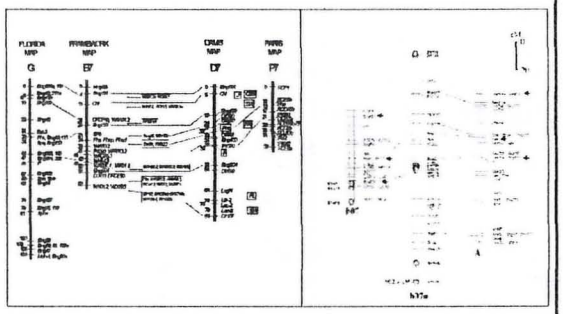
Mapas moleculares

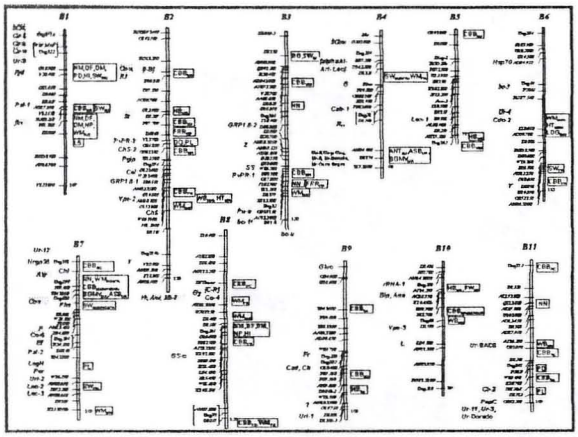
- RFLPs, RAPDs, AFLPs, Microsatélites, ISSRs
- 17 poblaciones (RI)
- Mayoría: A x M y domesticado x domesticado
- También: domesticado x silvestre

Coordenación entre mapas moleculares



Correlación entre mapas





Correlación entre mapas

- Agrupamiento de genes de resistencia:
  - 15 posibles grupos
  - Resistencia a distintos hongos, bacterias y virus
- Pocos grupos de ligamiento involucrados en domesticación
  - Grupo B1: *fin* – *Ppd* – largo de entrenudos:
    - Tipo trepador, indeterminado, sensible al fotoperíodo contra Tipo arbustivo, determinado, insensible al fotoperíodo
- Mapas y marcadores: entendimiento de "enfermedades difíciles"
  - Mosaico dorado, *Sclerotinia*, bacteriosis común

Selección indirecta por marcadores

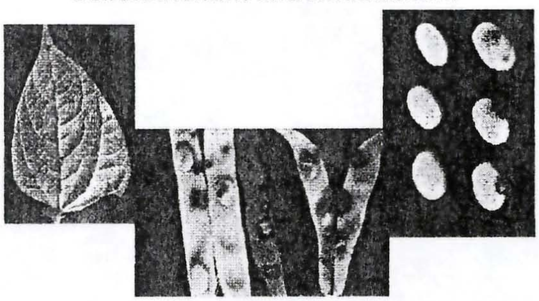
DNA SCAR markers linked with disease resistance traits in bean (*Phaseolus vulgaris*) Updated: 7/14/03 by Phil Miklas

SCAR Name	RAPD of Origin	Pathogen	Size (bp)	Sequences of SCARS	Tagged Locus	LG	Reference
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] 2000
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible] TAG GCG GCG GAA GTG GCG GTG	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Etc.

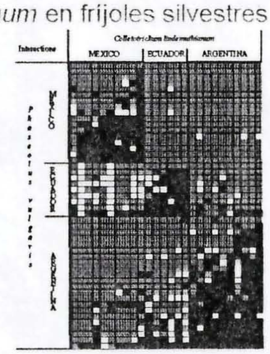
También para Mosaico común, roya, Mosaico dorado, Sclerotinia, Antracnosis, Mancha angular (http://www.usda.prosser.wsu.edu/miklas/Scartable3.pdf)

Anthracnose causado por *Colletotrichum lindemuthianum*



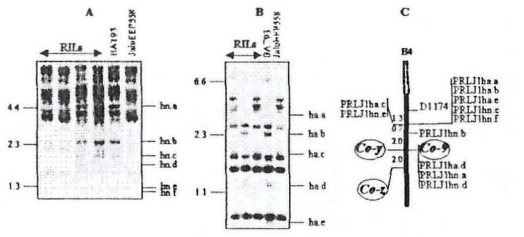
(APS Diseases of Legumes)

Inoculaciones cruzadas por *Colletotrichum lindemuthianum* en frijoles silvestres



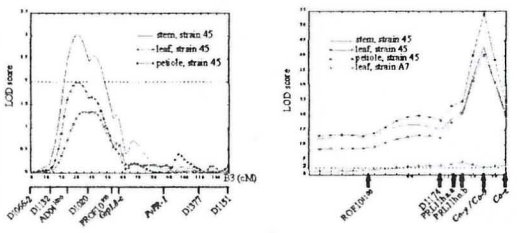
Geffroy et al. 1999

Análogos de resistencia y genes mayores de resistancia a la antracnosis en un agrupamiento en B4



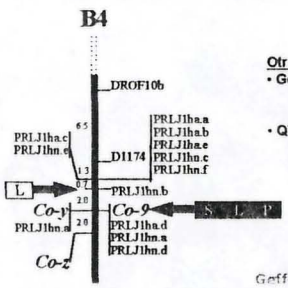
Geffroy et al. 1999

QTLs de resistencia a la antracnosis



Geffroy et al. 2000

Un agrupamiento de genes de resistencias a la antracnosis en B4



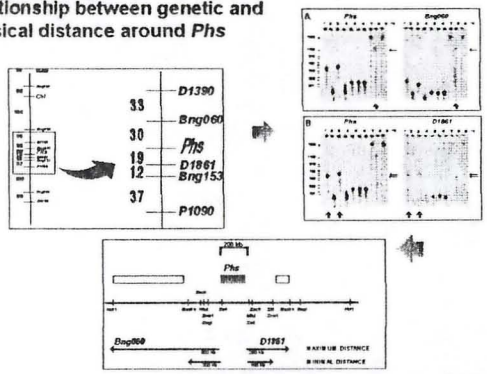
Otros genes de resistencia:

- **Genes mayores:**
  - **Roya: *Ur-5*, *Ur*-Dorado, *Ur*-Ouro Negro**
- **QTLs:**
  - ***Macrophomina phaseoli***
  - **Mosaico dorado**

Geffroy et al. 1999, 2000; Kelly et al. 2003

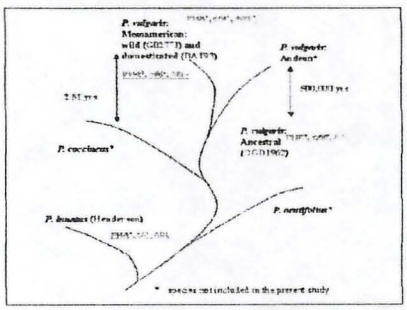
Mapa físico del genomio y desarrollo de bancos BAC

Relationship between genetic and physical distance around *Phs*



Llaca and Gepts. 1996. Genome 32: 722-729

Genotipos escogidos para el desarrollo de bancos BAC

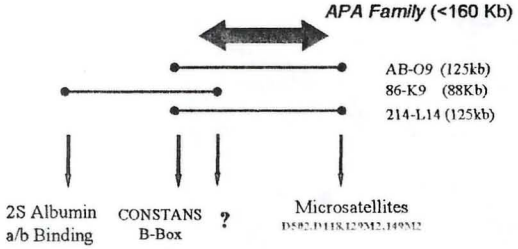


Características de bancos BAC

Table 1. Main characteristics of *P. vulgaris* BAC libraries developed at UC Davis

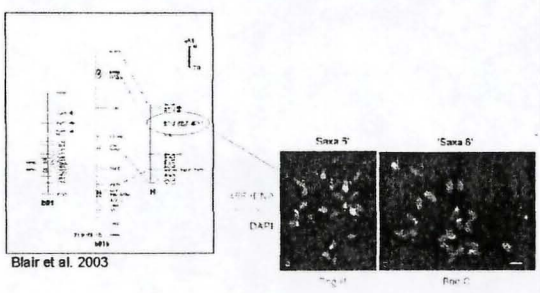
Library	Number of clones	Size	Genome equivalents	Empties %	Chloroplast #	Chloroplast %	APA #	Phaseolin #
			Phaseolus vulgaris					
BAT93-A	36,864	~110	5.7	11	21	0.05	5	6
BAT93/*Hin*dIII	110,592	125	20.8	<0.5	50	0.04	16	13
DGD1962	52,608	105	8.7	1.40	200	0.4	10	11
G02771	55,296	139.4	12.1	<0.5	49	0.08	38	14
			Phaseolus lunatus					
'Henderson'	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

BAT 93 Contig - APA



J. Kami & P. Gepts

Analices citogenéticos del genomio



Blair et al. 2003

Pedrosa et al. 2003

Otros aportes de la biotecnología

DNA Sequencing

Entrez records	November 30, 2003
Database name	Direct links
Nucleotide	1,588
Protein	762
Structure	13
Popset	10
3D Domains	63

+ Proyectos EST:
- México: G. Hernandez; CIAT: M. Blair
- Nodulación, desarrollo de vainas

Secuencias

- Seed proteins
  - Phaseolin, APA (arcelin, phytohaemagglutinin, α-amylase inhibitor)
- Flavonoid pathway
  - Dihydroflavonol-4-reductase, chalcone synthase, chalcone isomerase, phenylammonia lyase
- Microsatellite sequences
- Resistance gene analogues
- Rhizobium response

Phaseomics

Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes

W. J. Broughton[6,*], G. Hernández[2], M. Blair[3], S. Beebe[3], P. Gepts[4] & J. Vanderleyden[5]

- Propósito: coordenar investigaciones en genómica de *Phaseolus*
- Red internacional: Europa, Américas, Australia,...

Conclusiones

- Uso?
  - Mapas y marcadores
- Más mapas (chilenos) y sobre todo más marcadores:
  - PCR
  - Microsatélites
    - Secuenciación: ESTs, BACs

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA-QUILAMAPU

Situación del mejoramiento del arroz en Chile

J. Roberto Alvarado A.
Programa Arroz
INIA Quilamapu

Presentado en el Seminario "Aplicación de herramientas biotecnológicas para la obtención de nuevas variedades de trigo, arroz y poroto, de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y de buena calidad". Chillán, 10 diciembre, 2003.

ANTECEDENTES GENERALES

El arroz es considerado como uno de los cultivos tradicionales en Chile. Se cultiva solo bajo condiciones de inundación desde siembra a madurez, usando semilla pregerminada y sembrada al voleo ya sea por avión o manualmente. El promedio de superficie por agricultor alcanza a las 10 hectáreas. El área de cultivo está localizada en el Valle Central de riego entre lo 34 y 36°L.S. La superficie en los últimos años alcanza a 28.000 has con un rendimiento medio de 50 qq/ha. Cada año es necesario importar arroz, cantidad que depende de la producción nacional. La investigación en arroz del INIA está en el CRI Quilamapu.

El arroz fue introducido alrededor de 1920 pero llegó a ser un cultivo importante a finales de la década de los treinta. El arroz cultivado en Chile era una mezcla de tipos que diferían en período de crecimiento y altura, el grano variaba entre un grano pequeño y medio con una alta presencia de panza blanca. La última variedad liberada del trabajo de selección de líneas de arroz fue Oro, variedad de grano medio que desplazó del cultivo a todas las otras variedades que se cultivaban. En los ochenta comenzó el cultivo comercial de la variedad Diamante-INIA de grano largo y translúcido, que desplazó a Oro en las preferencias del consumidor y que es todavía la variedad más sembrada en el país. La s variedades de grano largo presentan un ciclo de crecimiento más tardío que Oro.

Las principales limitantes del arroz en Chile son: temperaturas bajas, durante todo el ciclo de crecimiento, nivelación de suelos, fertilidad de suelos, alta presencia de malezas, el manejo de agua y época de siembra. Existen dos limitantes bioticas en el arroz, una es la conocida genéricamente como pudrición del tallo, la que incluye la pudrición del tallo propiamente tal y la pudrición de la vaina, causadas por ***Sclerotium hidrophilum*** y ***Rhizoctonia oryzae sativae respectivamente.*** La aplicación de potasio controló esta enfermedad. El otro problema es el manchado de grano o decoloración de las glumas, causada principalmente por la bacteria ***Pseudomonas syringae***, aunque existen una serie de organismos asociados a esta enfermedad. El control se realiza por resistencia genética. Chile es un lugar de cultivo en que no se presentan grandes problemas de enfermedades e insectos.

El clima del área es templado y temperaturas bajas son realmente comunes durante el desarrollo del cultivo. Las bajas temperaturas afectan principalmente durante la germinación y durante la floración del arroz. Las consecuencias de la baja temperatura son: pérdida de plantas, alargamiento del periodo de crecimiento, amartelamiento de las hojas y aumento en la esterilidad floral, vanazón. Por lo tanto la tolerancia a bajas temperaturas es uno de los principales objetivos del programa de fitomejoramiento de arroz.

MEJORAMIENTO GENÉTICO

Alrededor de 1953, el Ministerio de Agricultura creó el proyecto de mejoramiento genético de arroz. El primer resultado fue la liberación de varias variedades producto de la selección en poblaciones heterogéneas. Sin embargo en el arroz cultivado en Chile no existía suficiente variabilidad, por lo que se comenzó la introducción de germoplasma, que en su

mayoría no se adaptaron a las condiciones chilenas. En 1964 se creó el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, y el programa comenzó un nuevo programa de introducciones, cruzamientos e intercambio de material y se contó con la cooperación del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. En este momento existe la cooperación con CIRAD y CIAT, especialmente en el mejoramiento de poblaciones.

Aun los esfuerzos realizados han sido exitosos, todavía quedan problemas por resolver. Las variedades de grano largo son más tardías, no hay resistencia verdadera a las pudriciones del tallo y vaina, el rendimiento potencial se ha mantenido relativamente estable por muchos años y los mejores agricultores se acercan al rendimiento potencial.

En este momento los objetivos del programa de fitomejoramiento de arroz son:

Tolerancia la frío. In todas las variedades es necesaria la tolerancia al frío. Mucho del germoplasma que se introduce no tiene buena adaptación nuestras condiciones ambientales. Ha sido difícil combinar grano largo con tolerancia al frío.

Potencial de rendimiento. Es necesario aumentarlo, para ser lo más competitivo posible.

Precocidad. Es importante tener variedades con un período de crecimiento menor a los actuales, pues ayudan a cosechar antes del periodo de lluvias y al sembrar más tarde de lo recomendado ayuda a evitar bajas temperaturas.

Variabilidad. El consumo doméstico histórico se ha basado en grano medio. Solo con la liberación de Diamante el consumo cambió mayoritariamente a grano largo translúcido. Como en Chile se está pensando en que el arroz sea un producto exportable, es necesario tener otros tipos de arroces que permitan producir calidades de acuerdo a los mercados a los que se quiere llegar.

Además de estos objetivos, el arroz debe poseer resistencia a la tendedura o acame, resistencia al desgrane, buena calidad industrial, contenido intermedio de amilosa.

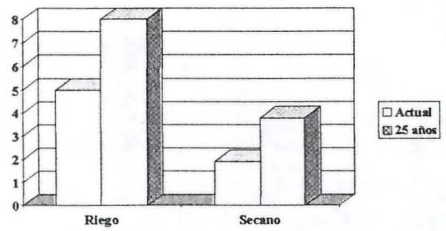
FUTURO

En este momento, la investigación en arroz está pasando por problemas por falta de financiamiento, por lo tanto se hace necesario preparar uno o varios proyectos que permitan usar algunos métodos biotecnológicos, como cultivo de anteras y marcadores moleculares para ser más eficientes en la selección por tolerancia al frío. Además se debe renovar el germoplasma que se posee y caracterizarlo en su tolerancia al frío, y en sus características agronómicas como de calidad.

SITUACIÓN INTERNACIONAL:

- Crecimiento de la población
  80 a 100 millones anuales
- Disminución del consumo per capita
  de 58,2 en 1991 to 56,5 en 2001
- Mayor demanda de producción
  310 Mt en1993 a 410 Mt in 2003
- Déficit en la producción
- Disminución de stocks

Rendimiento actual y necesario para la demanda de arroz en el mundo (IRRI).



Situación nacional:

Crecimiento de la población.

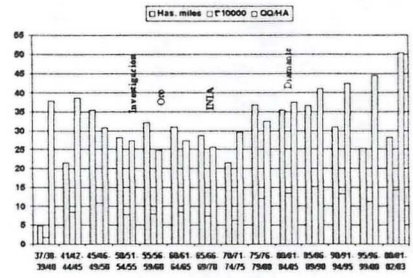
Déficit en la producción.

Competencia con el arroz importado.

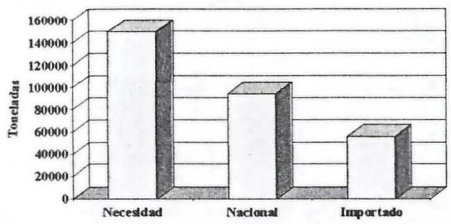
⇩

Mejorar nuestra competitividad.

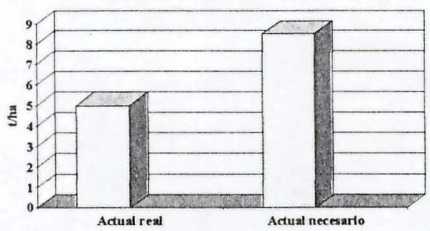
Rendimiento, area y producción promedio de arroz y hechos relevantes.



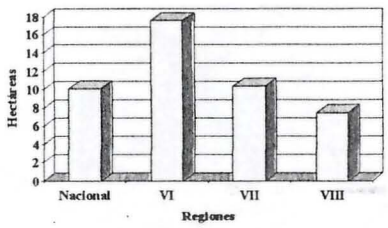
Disponibilidad de arroz, y arroz nacional e importado.



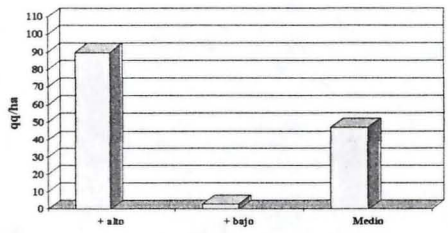
Rendimiento actual y necesario para satisfacer la demanda de arroz en Chile (28.000 ha.).



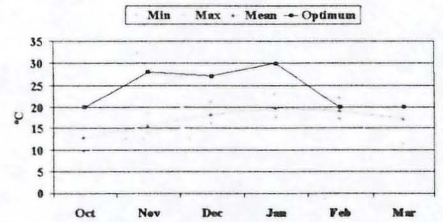
Superficie promedio por agricultor Censo 1996/97

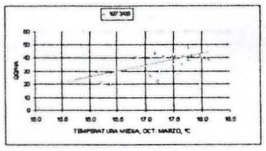


Rendimiento mas alto, mas bajo y promedio. Censo 1996/97



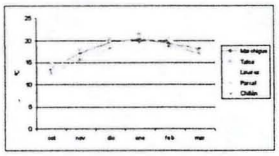
Temperatura media mensuales durante el período de crecimiento del arroz.
Estación Agrometereológica, U. de Concepción, Chillán.



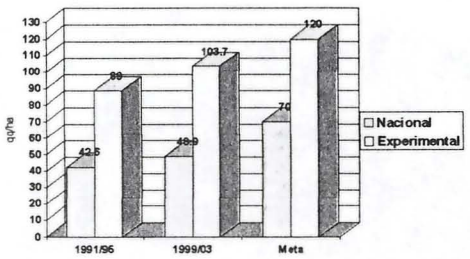


Relación entre temperatura media y rendimiento promedio de arroz.

Temperatura media mensual en diferentes localidades.



Rendimiento promedio y esperado a nivel nacional y experimental.



COMO:

- *Modernizando el cultivo.*
- *Abriendo nuevos mercados.*
- *Diversificando la producción arrocera (aromáticos, glutinosos o mochi, medianos etc.)*
- *Aumentando el potencial de rendimiento.*

FITOMEJORAMIENTO DE ARROZ

INIA-CRI QUILAMAPU

LOGROS DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO

1953-64	1965-1979	1980-1995	1996-2003
MINAGRI	INIA	INIA	INIA
- RENDIFEN	- QUELLA	- BU[illegible]	- BRILLANTE
- PRECOFEN	- ÑIQUEN		- AMBAR
- MAPUFEN	- **DIAMANTE**		
HUENCUECHO	INDUS		
- L. AMARILLA	- PERLA		
- CENTENARIO	- CRISTAL		
- GAVILLA			
- LLANERA			
- PERLA			
MINAGRI Y HUENCUECHO	Respuesta a la fertilizacion	Evaluación del daño de frio	
- **ORO**			

CAMBIO EN EL TIPO DE ARROZ

OBJETIVO GENERAL:

Mejorar el cultivo del arroz para que sea sustentable, competitivo y se pueda mantener como empresa en el tiempo, mediante la generación, adaptación y transferencia de tecnología.

Objetivos específicos:

- Mejorar el potencial de rendimiento
- Tolerancia al frío
- Buenas características agronómicas
- Precocidad
- Calidad de acuerdo a la demanda del consumidor

Líneas de Trabajo en Mejoramiento Genético:

- **Recursos genéticos (caracterización)**
- **Introducción**
- **Creación de variabilidad, selección y evaluación (cruzamientos, mutaciones, mejoramiento poblacional, pedigrí, ensayos de rendimiento)**
- **Biotecnología (cultivo de anteras, marcadores moleculares)**
- **Producción de semillas (genética y básica)**

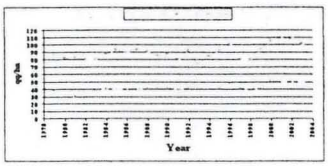
- **Cultivo de anteras**

→ **Método ajustado a material chileno.**
F1 y F2
Poblaciones

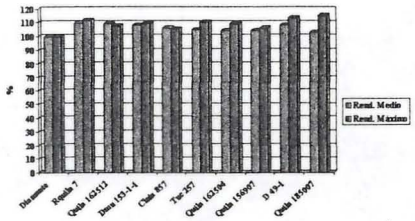
- **Marcadores moleculares**
28 genotipos; 20 SSR

MEJORAMIENTO:

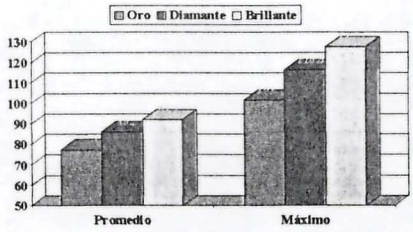
- AUMENTAR EL POTENCIAL DE RENDIMIENTO



- AUMENTAR EL POTENCIAL DE RENDIMIENTO



Rendimiento promedio y máximo de 3 variedades.



14 ensayos y 5 temporadas agrícolas.

↔ TOLERANCIA A FRÍO

Germinación:

- Dos sistemas genéticos, inicio de germinación, Z00, y semilla pregerminada, Z07.

Floración:

- A nivel de campo, en base a épocas de siembra.

Doble susceptibilidad

Ch 1016 Delta/Quila 64129(Oro/Delta)
Ch 1135 F2Delta/Quila 64129//Cristal
Ch 876-49 Quila 1002/Cr2637

Solo Germinación

Ch 1002 M606-1-5/Quila 64129
Ch 1028 L201/Quila 67802
Quila 722-15 Diamante/Quila 26002(Norin19/L28-1-1)
Quila 880-65 Quila 1006(Oro/L138-1-1)/IR2637

Solo reproductivo

Ch 881-15 Quila 1006(Oro/L130-1-1)Moosa Tarum
Ch 881-38 Quila 1006(Oro/L130-1-1)Moosa Tarum
Ch 1023-1 L201/Diamante

Resultados esperados

Un cultivo de arroz competitivo

Rice Genetics and Germplasm Enhancement for Temperate Environments

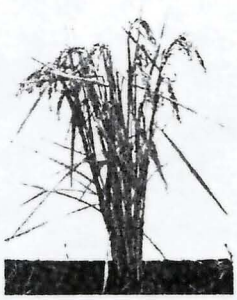
Thomas H. Tai
Research Geneticist, USDA-ARS
Crops Pathology and Genetics Research
Agronomy and Range Science
Davis, CA 95616

Overview

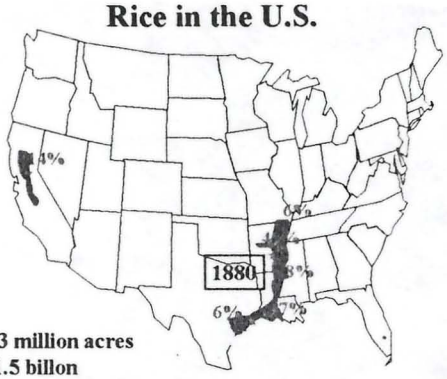
- Rice in the U.S.
- Research Program
- Specific Projects
- Molecular Markers
- Concluding Remarks

Rice (*Oryza sativa* L.)

- Semi-aquatic, grass (cereal), diploid (n-12)
- Cultivated ≥ 10,000 years, staple for half the world
- Genetic diversity
- Model crop plant
- Extensive genetic, molecular, and physical maps
- Rice genome sequenced
- 30,000 to 50,000 predicted genes
- Thousands to millions of molecular markers



Rice in the U.S.



~3.3 million acres
~$1.5 billon

Genetic Approaches

- Gene Discovery and Isolation:
  Trait > Population > Mapping > Gene
- Forward Genetics:
  Mutation > Phenotype > Gene
- Reverse Genetics:
  Gene > Mutation > Phenotype

These approaches also lead to markers that may be used for fingerprinting and selection.

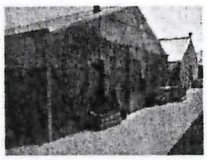
Research Projects

- Molecular Evaluation of Germplasm
  - Microsatellite Marker Genotyping
  - Microsatellite Marker Development
  - Allele and Expression Profiling
- Gene Identification and Characterization
  - Mapping and Positional Cloning
  - Forward and Reverse Genetics
- Development of Enhanced Germplasm
  - Cold Tolerance
  - Stem Rot/Aggregate Sheath Spot Resistance

Molecular Lab

Germplasm

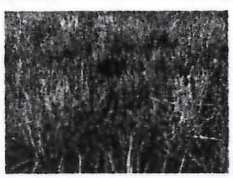
Rice Field



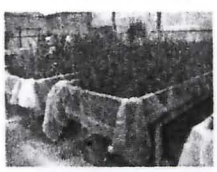
Greenhouse

Identification and Development of Genetic Materials

Natural and Induced Genetic Variation



Germplasm Collections



Mapping Populations

Mutagenized Populations

Traits of Interest

- Cold Tolerance
  - Seedling, Reproductive
- Disease Resistance
  - Stem Rot, Aggregate Sheath Spot, Blast
- Competitive Ability
  - Seedling Vigor, Root/Shoot Morphology
- Grain Quality
  - Milling, Cooking
- Miscellaneous
  - Silicon

Molecular Markers

- Restriction Fragment Length Polymorphisms (RFLPs)
- Randomly Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs)
- Sequence Tagged Sites (STS) / Sequence Characterized Amplified Regions (SCARs)
- Cleaved Amplified Polymorphic DNAs (CAPs)
- Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLPs)
- Microsatellites/Simple Sequence Repeats (SSRs)
- Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs)

Microsatellite Markers

- First reported in rice over 10 years ago
- 1996-97, ~ 200 to 300 markers published
- 2000-01, genome sequence used to discover markers
- 2002-03, publicly available markers >2,500 (www.gramene.org)
- Genome sequencing reveals tens of thousands of microsatellite markers

Microsatellite Markers

A)

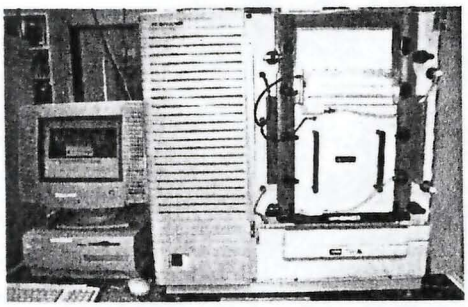
CTGATACCGATATATATATTCCGTAGTA
GACTATGGCTATATATATAAGGCATCAT

B)

CTGATACCGATATATTCCGTAGTA
GACTATGGCTATATAAGGCATCAT

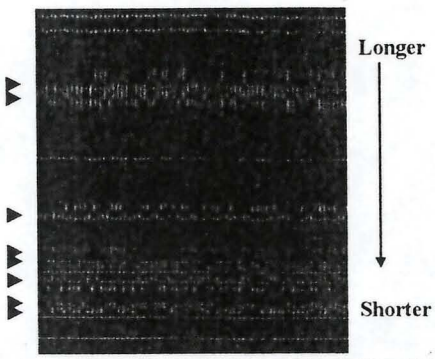
The microsatellite is AT(n) where n=number of repeats. In A, n=5 and in B, n=3. Flanking DNA (green) is identical in both, but unique in the genome. DNA markers A and B are distinguished by size.

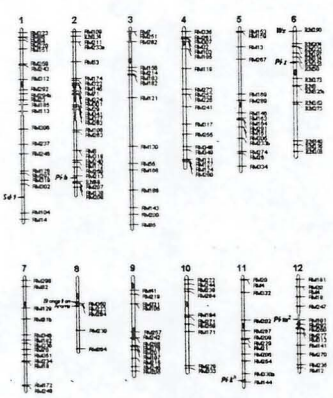
DNA Marker Analysis



ABI 377 DNA Sequencer

Microsatellite Marker Analysis





Research Projects

- Molecular Evaluation of Germplasm
- Gene Identification & Characterization
- Development of Enhanced Germplasm

Molecular Evaluation of Rice

Develop a foundation set of genotypic data for identifying genes underlying adaptive and agronomic traits

Rice Germplasm Collections

- Abundant genetic diversity in rice
- Large collections are maintained
- U.S. collection >20,000 *O. sativa*
- Phenotyping is expensive and difficult

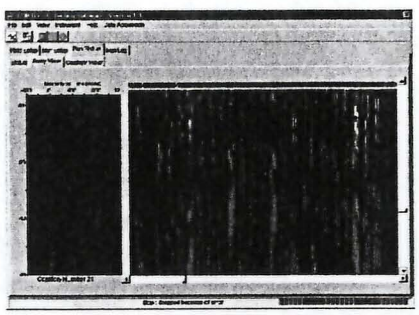
Objectives

- Genetic diversity and population structure of U.S. germplasm
- Genetic diversity and population structure of world-wide germplasm
- Genome-wide linkage disequilibrium among U.S. and world germplasm
- Linkage disequilibrium at specific loci (e.g. sd-1) in U.S. germplasm

Germplasm Accessions

- U.S. ancestral lines and cultivars (pre - 1990)
2. Modern U.S. cultivars (1990 - 2000)
3. IRRI core collection (subset)
4. Uniform rice nursery lines (2000)
5. Miscellaneous (non - U.S.)
6. Stuttgart (AR) breeding lines (Lagrue)

Genotyping via Capillary Electrophoresis

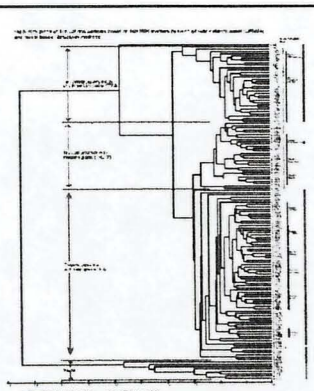


576 Accessions 169 SSRs

U.S. accessions:

Temperate Japonicas
Tropical Japonicas – medium grain
Tropical Japonicas – long grain
Indicas

Breeding patterns established prior to 1930 remain intact

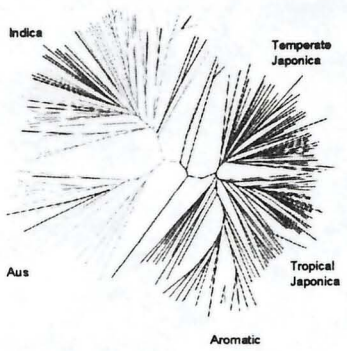


Unrooted Neighbor-Joining Cluster Tree

236 accessions

169 nuclear SSRs

2 chloroplast



Molecular Evaluation

- Genetic Diversity – direct collection of germplasm, eliminate duplicates
- Germplasm Utilization – use of "unstructured" populations to identify important loci (e.g. association mapping)
- Genotypic Profiles – polymorphic markers for mapping populations and fingerprinting

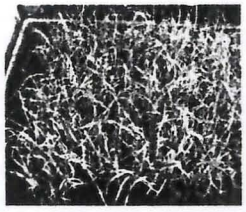
Cold Tolerance in Rice

- Major objective of temperate rice breeding programs (air and water)
- Seedling – Stand Establishment
- Reproductive – Sterility (no grains)
- Natural Variation (M-202: California temperate japonica, IR50: IRRI indica)

Cold Tolerance in Rice

- Objectives:
  - Identify genes controlling cold tolerance at the seedling and reproductive stages
  - Map and clone cold tolerance genes
  - Determine the function of these genes
- Anticipated Results:
  - Molecular markers for breeding
  - Cold tolerant germplasm
  - Cold tolerance genes

Seedling Cold Tolerance Screen



Two week old rice lines exposed to 9°C water for 2-3 weeks.

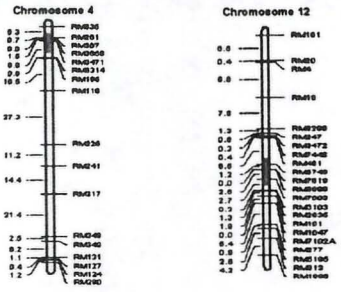
Resistant lines (green leaves) following a two week recovery period after cold water treatment.

Field Reactions of Resistant (M-202) and Susceptible (IR50) Rice Cultivars

M-202 IR50

M-202 IR50

Major QTL for Seedling Cold Tolerance



Leaf Yellowing Wilting

Results and Future Directions

- Identification and mapping of seedling QTLs
- Population Development
- Assay Development

- Continue Population Development
- Field and Greenhouse Cold Assays
- Genetic Mapping (QTL and fine)
- Candidate Gene, Expression Profiling, Mutation Approaches

Rice Diseases (Biotic)

- In U.S., primarily fungal (e.g. blast, sheath blight, stem rot)
- Temperate zone relatively disease free
- Burn ban, globalization, management practices
- Major diseases: Stem Rot, Aggregate Sheath Spot, Bakanae
- Genetic Resistance to Stem Rot: wild species *Oryza rufipogon*

Resistance to Stem Rot Disease (*M. salvinii* / *S. oryzae*)

- Objectives:
  - Determine the genetic basis of resistance derived from *O. rufipogon*
  - Map *O. rufipogon* resistance genes
  - Clone and characterize resistance loci
- Anticipated Products:
  - Molecular markers for breeding
  - Resistant germplasm
  - Stem Rot resistance genes

Stem Rot Disease of Rice

Leaf Sheath

Stem

Stem Rot Project

- Mapping Populations:
  - Wide crosses between California cultivars (S-102, M-202, M-206, L-205) and *O. rufipogon* (Accn. No. 100912) for BC_2F_2 and RIL
  - California long grain 87Y550 derived materials (94Y561/L-205)
- Molecular Marker Survey:
  - 347 microsatellite markers used to survey *O. rufipogon* and California cultivars
  - 158 "universal" markers covering genome

Results and Future Directions

- Development of Mapping Populations
- Identification of Informative Markers

- Continue Population Development
- Field and Greenhouse Disease Assays
- Genetic Mapping
- Candidate Gene, Expression Profiling, Mutation Approaches

Molecular Markers

- Discovery
- Development
- Implementation

Marker Discovery

- Mapping Approach (Indirect)
  - Goal: Develop a framework (i.e. road map) of the chromosomes
- Targeted Approach (Direct)
  - Goal: Identify fragments of DNA that associate (i.e. linkage) with traits of interest

Both require experiments to confirm association of a marker and a trait of interest.

Marker Discovery

- With the sequence information available for rice (e.g. expressed sequence tags, genome), marker discovery has been greatly simplified and is much more cost-effective.

Marker Development

- Markers identified initially may ultimately not be suitable for use
  - Are they "tightly linked'?
  - Do they distinguish the parents in use?
  - Is the trait expressed in the materials of interest?
  - Is the marker assay robust and cost-effective?

Marker Development

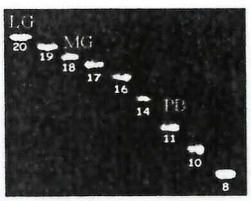
- Mapping and confirmation
  - marker dependent on phenotypic assay
- Determination of informativeness
  - assessment of breeding materials
- Assessing robustness
  - repeated testing for reliability
- Identifying cost-effective marker system
  - factoring in numbers, reliability, etc.

Marker Implementation

- Understanding the breeding process and the objectives
- Knowing the genetic materials
- Initiating marker-based selection at the appropriate time
- Developing high throughput, cost-effective and streamlined marker assays

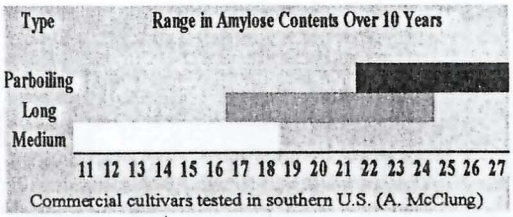
Waxy Marker: Amylose Content

- Granule Bound Starch Synthase gene ("Waxy") controls amylose content
- Main factor in cooking and processing quality
- Microsatellite within gene
- Excellent marker - stable, several different versions associated with different quality classes



Gel of various Waxy marker alleles resulting from differences in the number of CT motif repeats.

Slide courtesy of A. McClung

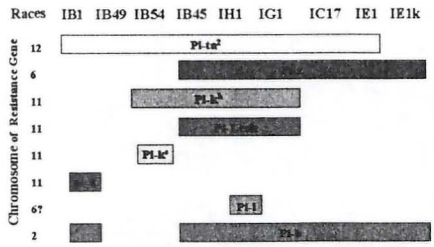


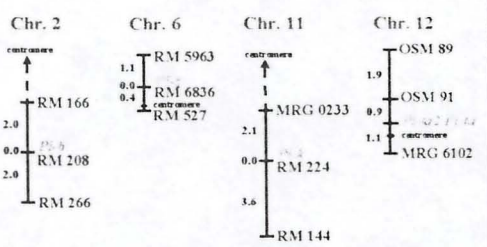
- Amylose content may vary up to 5% (environment)
- Leads to misclassifying cooking quality
- Waxy marker is more effective than standard analytical measurements
- Other genes affect amylose content

Rice Blast

- Prevalent in southern U.S., limited in California
- Many resistance genes have been identified
- Markers enable introgression of resistance to races not yet present in U.S.
- Environment may influence phenotyping
- Markers facilitate "stacking" of R genes

Major Resistance Genes for Predominant Races of Blast in the U.S. (courtesy A. McClung)





Genetic Maps of Blast Resistance Genes

Benefits of Markers in Breeding

- Selection based on genotype, not distorted by environment (robust)
- Early elimination of progeny with undesirable traits and rapid recovery of recurrent parent during backcrossing (expedite selection)
- Selection for multiple traits using one assay (high throughput)
- Dissection of complex traits (tractability)

Some Other Things to Consider

- Not all markers work for all crosses
- The correlation between markers and a trait is limited by accuracy of phenotypic data
- Markers are not perfect (e.g. recombination, effects of other genes)

Molecular Markers in Use in U.S. Breeding Programs

- USDA-ARS Rice Research Unit / Texas Agricultural Expt. Station: cooking quality, blast R genes, *sd-1*, aroma, and basmati-like cooked kernel elongation
- USDA-ARS Dale Bumpers National Rice Research Center/ University of Arkansas Rice Research and Extension Center: *Pi-ta*, *Waxy*, other blast R genes
- USDA-ARS Crops Pathology & Genetics/ California Rice Experiment Station: *Pi-z*, *Waxy*

Acknowledgements

- **USDA-ARS CPGRU / UC Davis**
  - Peter Colowit, Virgilio Andaya, Leslie Snyder, Cynthia Andaya, Lena Philip, Darryl Aragones
- **California Rice Experiment Station**
  - Kent McKenzie, Todd Campbell, Farman Jodari, Carl Johnson, Jeff Oster
- **Cornell University**
  - Susan McCouch, Hong Lu, Amanda Garris, Jason Coburn
- **USDA-ARS RRU**
  - Anna McClung, Robert Fjellstrom, Shannon Pinson, Christine Bergman
- **USDA-ARS DB NRRC**
  - J. Neil Rutger, Marc Redus, Gordon Miller
- **University of Arkansas Rice Research & Extension Center**
  - Karen Moldenhauer, James Gibbons, Virginia Johnson

Mejoramiento genético de trigo en Chile

Iván Matus T.
Proyecto Trigo
CRI-QUILAMAPU
INIA

Mejoramiento de trigo en Chile

- 1926 - 1931 Inicio trabajos de genética vegetal
- 1931 - 1947 Depto de genética y fitotecnia
- 1947 - 1964 Depto de investigaciones agrícolas
- 1964 - 2003 INIA

Rendimiento de trigo en Chile durante el Siglo XX

PERÍODO	QQM/HA
1907 - 1960	12
1961 - 1980	16
1981 - 1990	25
1991 - 2000	34

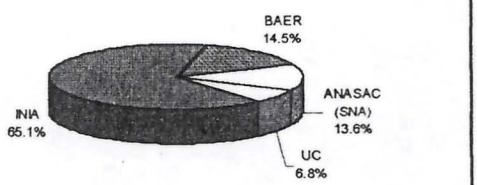
Fuente : M. Mellado, 2002

VARIEDADES CREADAS O INTRODUCIDAS EN CHILE DURANTE EL SIGLO XX

DECADA	N°
1921 – 1930	14
1931 – 1940	10
1941 – 1950	7
1951 – 1960	24
1961 – 1970	26
1971 1980	29
1981 – 1990	50
1991 – 2000	47
TOTAL	213

Fuente M. Mellado, 2002

Participación de instituciones en la creación de variedades de trigo



IMPORTANCIA DE LAS VARIEDADES DE TRIGO EN CHILE

VARIEDAD	CENTRO NORTE	CENTRO SUR	SUR
INVERNALES	-	3	1
FACULTATIVOS	3	2	1
PRIMAVERALES	1	1	3
CANDEALES	1	-	-

Objetivos del proyecto

Variedades

- Alto rendimiento
- Calidad de grano
- Amplia adaptación
- Resistencia a enfermedades

Diversidad genética

Alto rendimiento

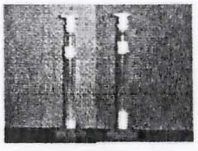
- Mayor número de espigas por superficie
- Mayor número de granos por espiga
- Menor altura de planta
- Mayor peso de grano

❖ **Mejor manejo del cultivo**
- ❖ Fertilidad
- ❖ Control de malezas
- ❖ Rotaciones(*)
- ❖ Riego

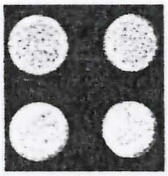
Avance: importante

Calidad

- Proteína
  - 10 %
- Sedimentación



- Dureza



- Gluten

Avance: modesto

Amplia adaptación

- Suelos regados
- Secano costero
- Secano interior
- Zona de precordillera
- Secano Sur

Avance: importante

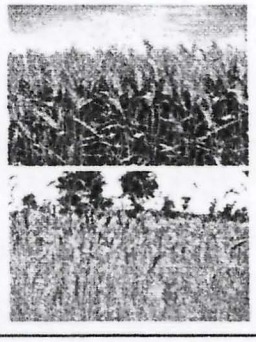
Resistencia a enfermedades

- Roya colorada (*Puccinia triticina*)
- Roya estriada (*Puccinia striiformis*)
- Septoria (*Septoria tritici*)
- Roya del tallo (*Puccinia graminis*)
- Otras

Avance: relativo

Diversidad genética

- Intercambio de germoplasma (USA, México, Europa, Latinoamérica)
- Colecciones nacionales de germoplasma
  - 5000 trigos diferentes antiguos y mejorados
  - 36% invierno y alternativos
  - 64% primavera



INVESTIGACION BIOTECNOLOGICA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE TRIGO EN CHILE

Artículos relativos al tema de biotecnología en trigo publicados en Chile

- **Mejoramiento genético y biotecnología** (Agro Sur 17(1): 72 - 79 1989)
  - Revisión respecto mejoramiento genético y biotecnología en trigo. Cultivo de embriones, Cultivo de anteras, DNA recombinante
- **Presente y futuro tendencias del mejoramiento en trigo** (Agro Sur 20(1): 66 - 77 1992)
  - Se plantea la importancia del uso de procedimientos biotecnológicos en el mejoramiento genético de trigo
- **Técnicas biotecnológicas aplicadas al mejoramiento genético de plantas** (Serie La Platina N 64 1995)
  - Se plantea la importancia de iniciar trabajos con marcadores moleculares, en caracterización y evaluación de germoplasma y en selección asistida

- **El desarrollo de cereales transgénicos** (Agr. Técnica 55 (1): 37-41 1995)
  - Revisión respecto de la producción de cereales transgénicos en cuatro cereales: trigo, arroz, maíz y cebada
- **Uso actual y potencial de marcadores moleculares en fitomejoramiento en Chile** (Serie Quilamapu N 77 1997)
  - Revisión de los trabajos realizados can marcadores moleculares y fitomejoramiento

Trabajos experimentales efectuados en Chile

Estudios basados en electroforesis de proteínas

- Electroforesis vertical en geles de poliacrilamida. (Agro Sur 11(1): 61 - 63, 1983)
- Electroforesis horizontal en geles de poliacrilamida. (Agro Sur 13(1): 13 - 23 1985)
- Composición de subunidades de gluteninas de alto peso molecular de trigos chilenos de pan (*Triticum aestivum* L.). (Agr. Técnica 54(3): 211-218 1994)

- Identificación de cultivares chilenos de trigos de pan (*Triticum aestivum* L.) y trigos candeales (*Triticum durum* Def.) basada en perfiles electroforéticos de gliadinas. (Agr. Técnica 57 (2): 102-112 1997)
- Mejoramiento de trigos harineros (Triticum aestivum L.) en la zona centro sur de Chile. IV. Caracterización de cultivares de trigo basado en perfiles electroforéticos de gluteninas y gliadinas. (Agr. Técnica 61 (1): 56-67 2002)

Objetivos

- **Optimizar metodologías**
- **Identificar y/o diferenciar variedades de trigo**
- **Identificar patrones de calidad**
- **Establecer relaciones entre alelos de calidad y caracteres fenotípicos de calidad**

Estudios basados en marcadores moleculares

- Análisis genético con marcadores moleculares de secuencias de ADN amplificadas (RAPD) en trigo. (Agro Sur 22(2): 133 - 142 1994)
- Secuencia de microsatélites asociadas a genes de proteínas de reserva en variedades chilenas de trigo harinero: descripción y posible uso como marcadores de calidad panadera. (Agr. Técnica 60 (1): 14-31 2000)

Objetivos

- Desarrollar protocolo para el análisis genético de trigo (RAPD)
- Caracterización de variedades de trigo con microsatélites asociados con gliadinas y gluteninas.
- Correlacionar información molecular con información de calidad.

Estrategias competitivas de mejoramiento molecular para calidad industrial en trigo

Proyecto FONDEF (1998-2002)

- Selección molecular para características de calidad agroindustrial, dureza del grano y gluten
- Caracterización molecular de progenitores con buena calidad
- Desarrollar poblaciones doblehaploides

Nuevo enfoque

- Incorporar herramientas biotecnológicas que permitan avanzar en aquellos objetivos mas complejos
  - Resistencia a enfermedades

Metodologías

- Caracterización de germoplasma usando marcadores moleculares
- Desarrollo de mapas genéticos
- Asociación genotipo/fenotipo
- Selección asistida por marcadores

Aplicaciones Biotecnológicas al Mejoramiento de Trigo: Selección Asistida por Marcadores (MAS)

Oscar Riera-Lizarazu

Dept. Crop and Soil Science
Oregon State University

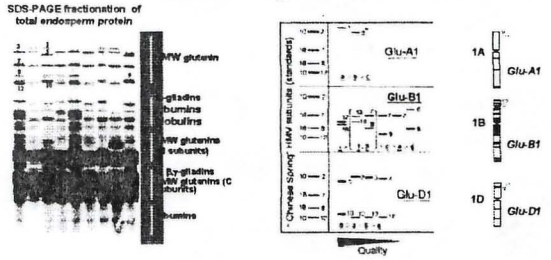
Selección asistida por marcadores (MAS)

- marcadores moleculares ofrecen la posibilidad de efectuar selección indirecta de una característica

Selección asistida por marcadores (MAS)

- Individuos, en cualquier estado o generación, se pueden seleccionar
- Componentes de características multigénicas pueden manejarse simultaneamente
- Genes recesivos o aquellos que no se prestan a la selección fenotípica se pueden manejar y mantener en poblaciones, especialmente en programas de retrocruzamiento

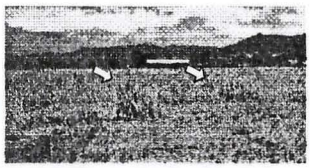
Asociación entre gluteninas de alto peso molecular y calidad



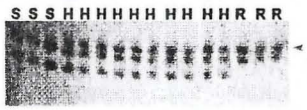
(Payne *et al.* 1984. Philos Trans R Soc Lond B 304:359-371)

Alelos específicos explican ~20% de la variación en calidad

Asociación de un alelo de la endopeptidasa (*Ep-D1b*) con *Pch1*, un gene de resistencia a la pudredumbre de tallo (eyespot) causado por *Pseudocercosporella herpotrichoides*



Hyslop Farm, Corvallis, Oregon, USA (Summer 2002)



Asociación entre *Ep-D1b* y *Pch1*

(McMillin et al. 1986. TAG 72:743-747)

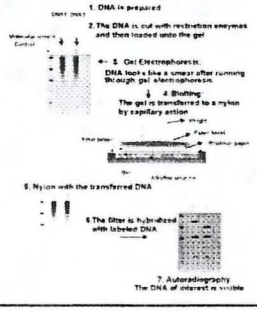
Mapas de ligamiento

- ~20 mapas genéticos de trigo
- ~4.700 loci
- Saturación:
  - 3.500 cM / 4.700 marcadores = 0,5 a 1,0 cM por marcador

Graingenes database
http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/maps.shtml

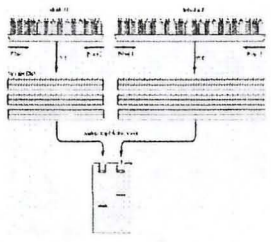
Marcadores basados en polimorfismos de ADN - RFLPs

- polimorfismos basados en diferencias de tamaño de fragmentos generados por enzimas de restricción (RFLPs)
  - ~1.500 marcadores
  - saturación: 2.3 cM/marcador



Marcadores basados en polimorfismos de ADN – Microsatélites (SSRs)

- polymorfismos generados por la amplificación de microsatélites o unidades de repetición de secuencias simples (SSRs)
  - ~1.200 marcadores
  - saturación: 2.8 cM/marcador



Retrocruzamientos con Selección Asistida

germoplasma con la característica de interés x **Variedad adaptada (padre recurrente)**

F_1 — **retrocruza con la línea recurrente**

selección asistida BC_1 BC_1 BC_1 BC_1 BC_1 — **individuos seleccionados son retrocruzados con la línea recurrente**

selección asistida BC_2 BC_2 BC_2 BC_2 BC_2 BC_2 — **individuos seleccionados son retrocruzados con la línea recurrente**

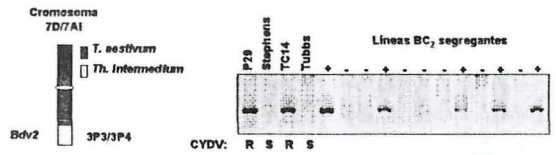
selección asistida BC_3 BC_3 BC_3 BC_3 BC_3 BC_3

Líneas con fenotipo general del padre recurrente que además poseen la característica de interés

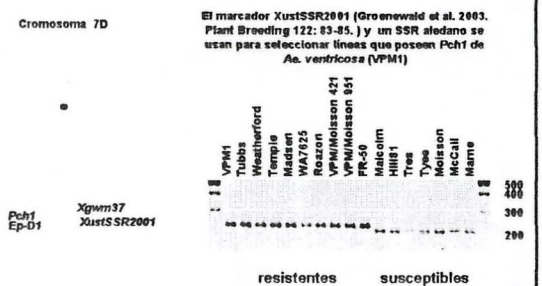
Transferencia de *Bdv2*, un gen de resistencia al virus del enanismo amarillo de cereales (CYDV) procedente de *Thinopyrum intermedium*

FISH - Sharma et al. (1995). Genome 38(2):406-413

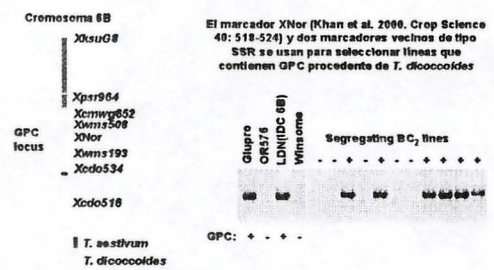
El marcador 3P3/3P4 (Wang and Wei. 1995. Genome 38: 1221-1229) se usa para seleccionar líneas que contienen resistencia a CYDV procedente de *Th. intermedium*

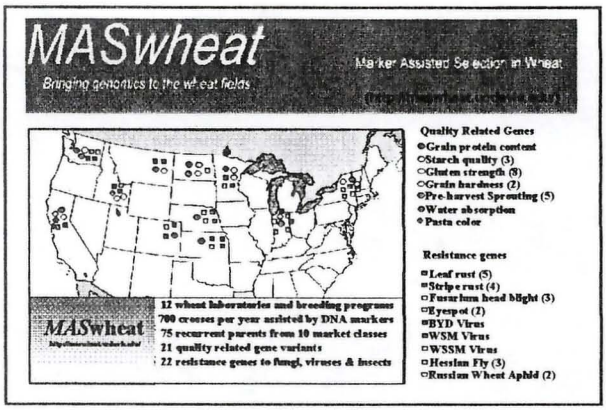


Monitoreo de la resistencia a eyespot (causado por *Pseudocercosporella herpotrichoides*) procedente de *Aegilops ventricosa*



Transferencia de GPC un factor que eleva la acumulación de proteína en el grano





Nuevo Germoplasma

- 322 líneas y variedades nuevas con
  - 23 genes de resistencia
  - 17 genes relacionados con calidad
- Todo el material genético será público
- Las variedades se distribuirán con PVP pero como germoplasma público.

(J. Dubcovsky, MASwheat: http://maswheat.ucdavis.edu/)

Productos Biotecnológicos

- Mejores marcadores moleculares y métodos de MAS
  - Nuevos marcadores y más fáciles de usar
  - Nuevos métodos de extracción de ADN
  - Manejo de gran número de muestras
  - Adquisición de datos y análisis
- Un programa nacional de MAS en trigo

(J. Dubcovsky, MASwheat: http://maswheat.ucdavis.edu/)

ESTs y Unigenes de Trigo

- ~ 500.000 ESTs de trigo
- ~ 35.000 sequencias únicas (unigenes)

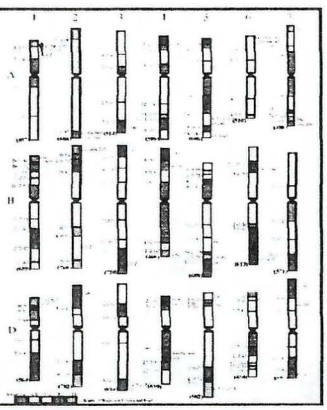
International effort by public and private institutions

Mapa transcriptómico de trigo

~ 7.000 ESTs (~16.000 loci) se han asignado a 159 secciones de los 21 cromosomas de trigo

B.S. Gill, unpublished

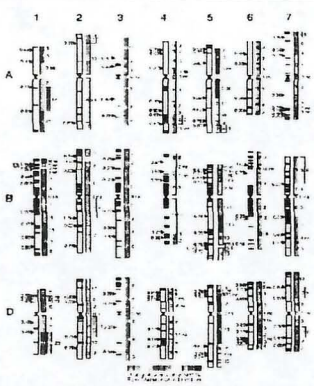
NSF-funded U.S. Wheat EST Project (http://wheat.pw.usda.gov/NSF/)



Sintenía entre trigo y arroz

los homólogos de ~4.485 ESTs de trigo se identificaron en 2.251 clones genómicos secuenciados de arroz

Sorrells et al. 2003. Genome Research 13:1818-1827.



SNPs

- Polimorfismos basados en cambios puntuales de ADN (SNPs)
  - ~1 SNP por 350 bp de sequencia en trigo

- ~$US 0,10 a 1,00 por muestra
  - el costo bajará a $US 0,01 por muestra

SNPs de Trigo

- 1.800 SNPs y su localización (J. Dvorak et al.)
- herramientas para la detección de SNPs
- Esfuerzos similares se están llevando a cabo a nivel internacional

Sequenciación del genoma de trigo?

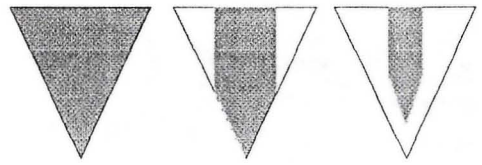
Bibliotecas Genómicas en Cromosomas Bacterianos Artificiales (BACs)

- **~3,6 millones de BACs ordenados de *T. aestivum***
  - **var. Chinese Spring (Y. Ogihara, B.Chalhoub y G. Moore)**
  - **var. Glenlea (S. Cloutier)**
  - **var. Renan (B. Chalhoub)**
- otras colecciones de BACs:
  - ***Ae. tauschii* (mapa físico del genoma D) (J. Dvorak)**
  - ***T. monococcum* (genoma A^m) (J. Dubcovsky)**
  - ***T. urartu* (genoma A) (J. Dvorak)**
  - ***T. turgidum* (genomas A y B) (J. Dubcovsky)**

Efecto de la implementacion de MAS

Numero de lineas

Tiempo



Balance

costo adicional

valor añadido

¿Invertir o no invertir en MAS?

Costo vs. posición competitiva

Predicciones

MAS servirá en cuatro áreas

- selección accelerada de un número limitado de características que son difíciles de manejar a través de su evaluación fenotípica
- mantenimiento de alelos recesivos en retrocruzas
- piramidación de genes
- selección de líneas parentales

Conclusiones finales

MAS és y será siempre una herramienta más que el mejorador tendrá a su disposición pero no será en sí un método que suplante al mejoramiento convencional

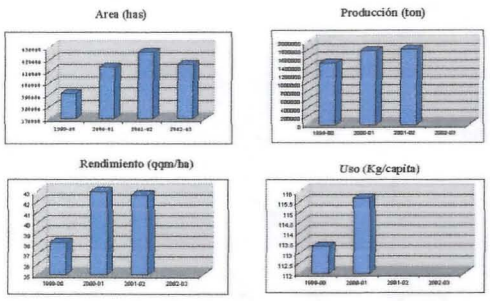
El mejoramiento convencional del trigo continurará siendo la vía principal por la cual se producirán nuevas variedades

INIA

Estado actual del estudio y control de las royas (del trigo) en Chile

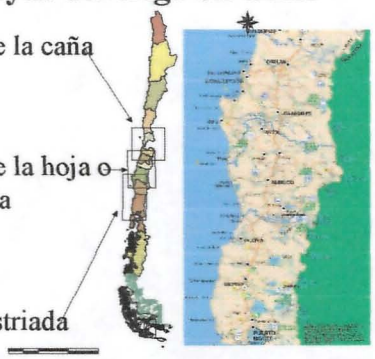
Dr. Ricardo Madariaga Burrows

El Cultivo de trigo en Chile



Royas del trigo en Chile

- Roya de la caña
- Roya de la hoja o colorada
- Roya estriada



Roya de la caña

- **Enfermedad**: Polvillo de la caña o roya de la caña
- **Agente causal**: El hongo basidiomicete *Puccinia graminis* var. *tritici*. El huesped alternante *Berberis* fue accidentalmente introducido a Chile como ornamental.
- **Plantas Huespedes**: Trigo
- **Sobrevive:** Plantas voluntarias
- **Diseminación:** Por el aire desde plantas infectadas. Es un parasito obligado. Predomina de Santiago a Curicó
- **Control:** Variedades geneticamente resistentes. De baja frecuencia en la última decada. Resistencia de Sr 3 altamente efectiva a virulencias de Chile.

Roya estriada

- **Enfermedad**: Polvillo estriado o roya estriada, también roya anaranjada o roya de la gluma
- **Agente causal**: El hongo basidiomicete *Puccinia striiformis* var. *tritici*
- **Plantas Huespedes**: Trigo
- **Sobrevive:** Plantas voluntarias
- **Diseminación:** Por el aire desde plantas infectadas. Es un parasito obligado. Predomina de Los Angeles al Sur
- **Control:** Variedades geneticamente resistentes. Fungicidas en la semilla y/o al follaje

Roya de la hoja

- **Enfermedad**: Polvillo de la hoja o colorado, también roya de la hoja
- **Agente causal**: El hongo basidiomicete *Puccinia triticina* var. *tritici*
- **Plantas Huespedes**: Trigo
- **Sobrevive:** En plantas huachas o voluntarias.
- **Diseminación:** Por el aire. Aparece mas tarde que roya estriada. Predomina de Los Angeles al Norte.
- **Control:** Variedades resistentes. Fungicidas al follaje.

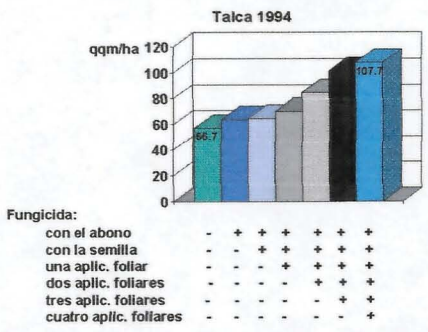
Creación de variedades, una historia de grandes éxitos y desilusiones

Período que permaneció la variedad de trigo Nobo INIA en la recomendación

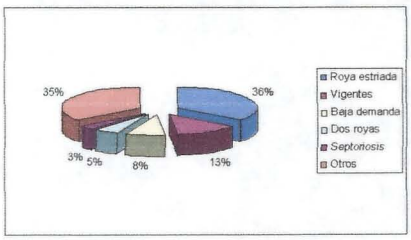
Número	Variedad	Año de registro	Primer año en la recomendación	Ultimo año en la recomendación	Años de duración	Factor de descarte
42	Nobo	1985	1985	1996	10	Roya estriada

Nobo = KVZ/BUHO//KAL/BB

Rendimiento de trigo Nobo atacado por roya estriada

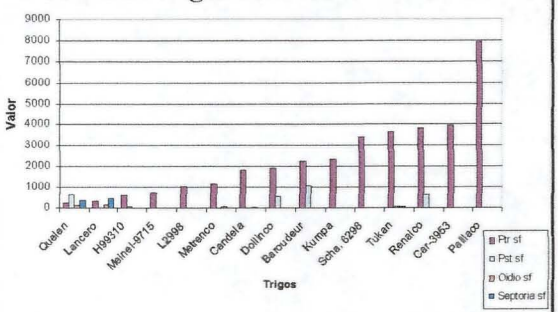


Impacto de las royas en el descarte de variedades de trigo



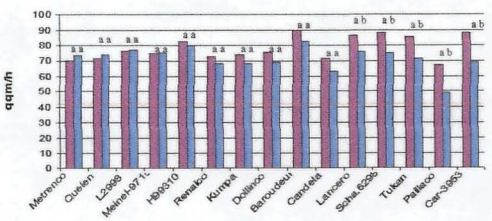
- **Las royas del trigo son los principales factores del cambio periódico de variedades de trigo que se realiza en el país.**

Severidad de enfermedades: AUDPC en trigos de Invierno 2001 2002

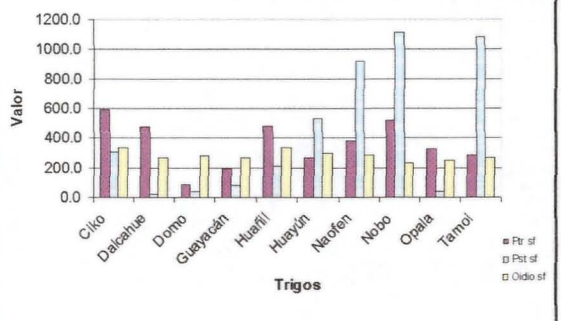


Pérdidas de rendimiento por royas en trigos de Invierno

Fuente:	Pr > f
Fungicida	0,0065
Cultivar	0,0001
Interacción	0,0231

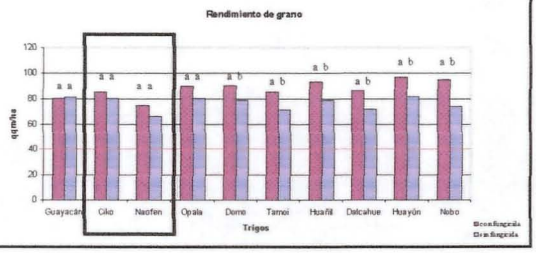


Severidad de enfermedades: AUDPC en trigos de Primavera 2001 2002

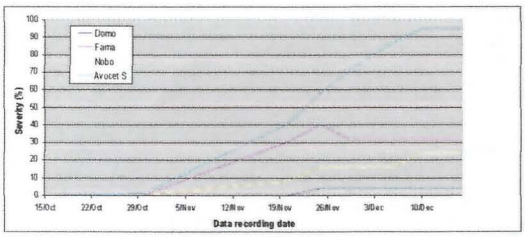


Pérdidas de rendimiento por royas en trigos de Primavera

Fuente:	Pr > f
Fungicida	0,0737
Cultivar	0,0001
Interacción	0,042



El desarrollo de la epifitia de roya estriada en variedades de trigo de primavera con reacciones diferentes al proceso de infección



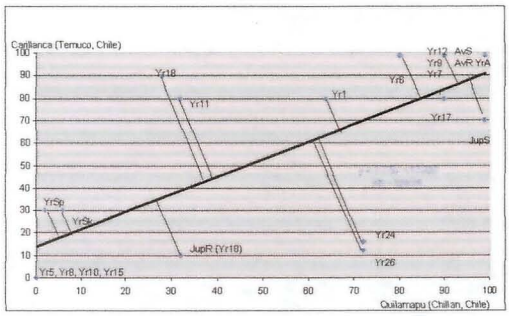
Severidad de roya estriada en genotipos invernales avanzados

Year	N° of genotypes studies	Avergage disease severity			
		Stripe rust	Leaf rust	Septoria	Powdery Mildew
1991	90	2.17	4.61	5.01	-
1992	90	2.67	4.78	6.00	-
1993	*120*	*4.58*	*21.25*	*4.11*	-
1994	120	2.42	12.83	3.63	-
1995	180	3.61	11.41	3.24	-
1996	210	10.30	11.70	3.00	-
1997	135	0.10	0.20	5.10	-
1998	171	11.58	3.60	3.98	3.59
1999	120	0.00	1.34	4.98	2.18
2000	90	5.40	1.50	1.0	0.40
2001	116	4.10	21.20	4.3	Traze
2002	121	0	12.5	5.5	0

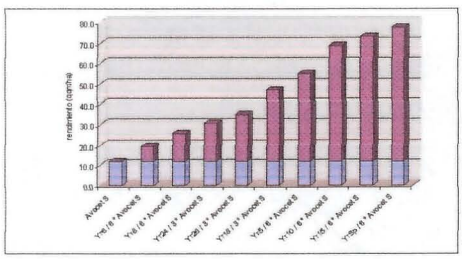
Severidad de roya estriada en genotipos primaverales avanzados

Year	N° of genotypes studies	Average rust severity	
		Stripe rust*	Leaf rust*
1991/92	180	25.0	7.9
1992/93	210	9.3	14.1
1993/94	180	6.8	10.6
1994/95	180	10.9	7.5
1995/96	240	22.0	14.8
1996/97	210	28.3	6.0
1997/98	120	4.5	3.3
1998/99	270	20.0	1.1
1999/00	330	2.4	5.1
2000/01	240	9.8	3.8
2001/02	270	14.1	13.0
2002/03	268	4.8	26.6

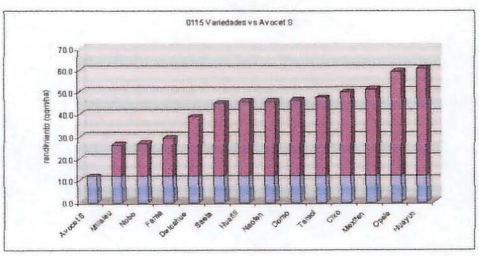
Líneas Avocet evaluadas en dos localidades en Chile. Estudios FONDECYT 2001.



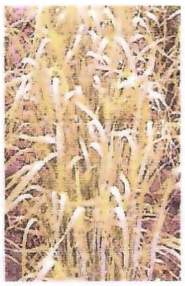
Contribución de los genes Yr's para restablecer el rendimiento en el trigo susceptible Avocet S. Los Angeles Chile, 2001. Exp 115



Rendimiento de grano de trigos de primavera comparados con el trigo susceptible Avocet. Los Angeles-Human, Chile 2001.



Avocet S

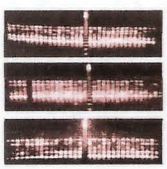


Linea Yr15/6*Avocet S
Origen T. diccocoides...

Palabras finales:

- Las royas o polvillos del trigo son las principales limitantes de origen biológico a la producción de trigo en Chile.
- Una variedad de trigo para ser utilizada en forma exitosa por los agricultores tienen que tener resistencia genética a roya estriada y roya de la hoja.
- La roya de la caña, podría convertirse en un grave problema comercial, si llegara a fallar, la resistencia que actualmente es efectiva.
- La escasez de suelo obliga al agricultor a realizar una agricultura intensiva de alto consumo de insumos. El uso de fungicidas ha aumentado para el control de otras enfermedades del trigo, desafiando nuestro lema.....

" Las variedades INIA no requieren la aplicación de fungicidas foliares"



INIA

rmadaria@quilamapu.inia.cl
mmellado@quilamapu.inia.c
imatus@quilamapu.inia.cl

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA CRI QUILAMAPU

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE EDUCACION
CONICYT FONDECYT

VARIABILIDAD GENETICA EN TRIGO Y ROYA AMARILLA A TRAVÉS DE RAPD.

Viviana Becerra
Ricardo Madariaga
Mario Mellado

Trigo

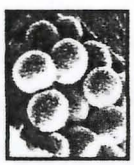
- Importancia
  - Siembra: III a la X Región:
  - Sup. 369.899 has
  - Prod.: 13.981,5 Ton
  - Consumo:150Kg/hab/año

Roya estriada

- Condiciones ambientales
  - T°, Humedad y Luz
- Centro-sur; sur del país
- Efectos principales:
  - Area fotosintética
  - Peso del hectólitro
  - Rendimiento
  - Precio del producto

Descarte de variedades en 4 a 5 años

RAPD



- Dominante
- Gran nivel de polimorfismo
- Metodología simple y barata
- Automatizada
- Pequeñas cantidades de ADN
  - microorganismos biotróficos obligados

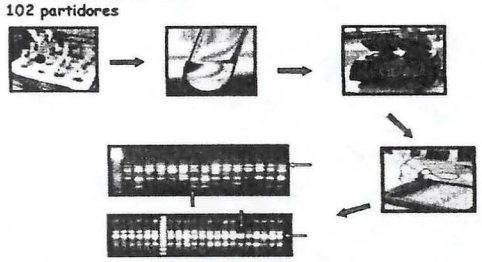
- Estudios de caracterización y estructura genética-molecular de *Pst* son escasos, y en Chile no existen.

Objetivo general

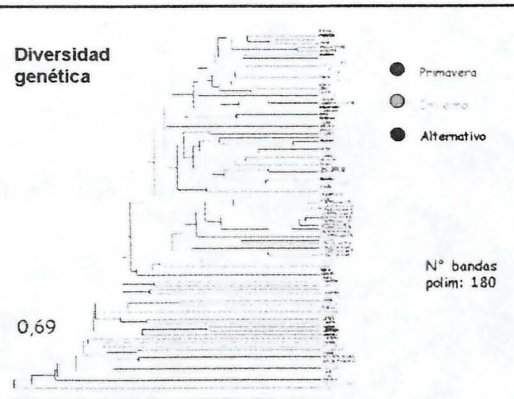
- Determinar el nivel de diversidad genética germoplasma de trigo y poblaciones de roya amarilla mediante el uso de RAPD.

Materiales y Métodos

- 95 genotipos de trigo de pan
  - T. Invernal: 31
  - T. Alternativo: 12
  - T. Primaveral: 52
- 102 partidores



Diversidad genética



Similitud variedades T. invierno

Genotipos	1	2	3	4	5	6
1.Lautaro	1.0					
2.Tukan	0.79	1.0				
3. Taita	0.73	0.73	1.0			
4. Vilmorín	0.76	0.77	0.75	1.0		
5. Capelle D.	0.78	0.80	0.73	0.73	1.0	

Similitud variedades de T. primavera

Genotipos	1	2	3	4	5	6	7	8
Huañil	1.00							
Huayún	0.89	1.00						
Opala	0.84	0.80	1.00					
Dalcahue	0.81	0.80	0.79	1.00				
Tamoi	0.78	0.73	0.77	0.74	1.00			
Ovación	0.84	0.80	0.80	0.82	0.75	1.00		
Quijote	0.87	0.82	0.83	0.79	0.77	0.91	1.00	
Mexifén	0.84	0.85	0.80	0.75	0.75	0.84	0.84	1.00

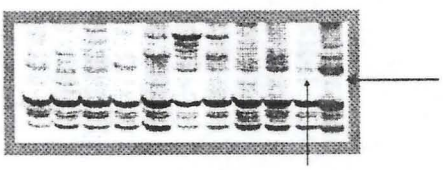
Similitud de variedades T.alternativos

Genotipo	1	2	3	4	5
Crac	1.0				
Dollinco	0.84	1.0			
Kalipan	0.81	0.77	1.0		
Renaico	0.85	0.85	0.80	1.00	
Lilifén	0.77	0.74	0.73	0.78	1.00

Similitud de genotipos Yr

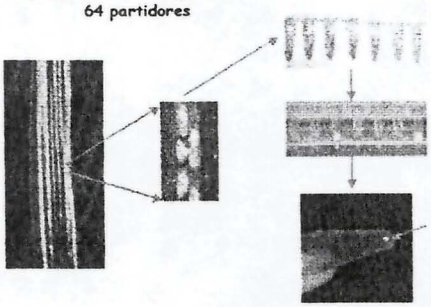
Genotipos	1	2	3	4	5	6	7
Yr5/6*Avocet S	1.0						
Yr6/6*Avocet S	0.92	1.0					
Yr7/6*Avocet S	0.96	0.94	1.0				
Yr8/6*Avocet S	0.94	0.93	0.95	1.0			
Yr9/6*Avocet S	0.90	0.87	0.88	0.89	1.0		
YrSk/6*Avocet S	0.89	0.88	0.89	0.89	0.97	1.0	
YrSp/6*Avocet S	0.87	0.87	0.88	0.88	0.96	0.98	1.0

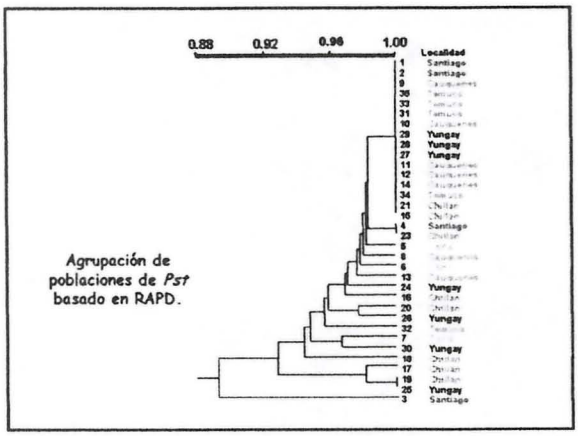
Bandas asociadas a resistencia a roya estriada: OPA15- Yr; OPY15 (580 bp)-Yr 17



Materiales y Métodos

35 poblaciones (Santiago- Temuco)
64 partidores





Similitud entre poblaciones de *Pst* colectadas en Santiago.

	Poblaciones	1	2	3	4	5	6	7
1	119/2K	1						
2	117/2K	1	1					
3	Fito 0117	0.92	0.93	1				
4	X7 PAN	0.99	0.98	0.90	1			
5	Fito 0120-40	0.98	0.98	0.89	0.97	1		
6	Fito 0120-30	0.99	0.98	0.88	0.98	0.96	1	
7	Fito 0120-10	0.95	0.96	0.87	0.94	0.93	0.93	1

Similitud entre poblaciones de *Pst* colectadas en Chillán

	Poblaciones	15	16	17	18	19	20	21	23
15	Fito 0119-07	1							
16	Fito 0118-40	0.96	1						
17	Fito 0118-21	0.91	0.90	1					
18	Fito 0118-06	0.95	0.94	0.87	1				
19	Fito 0103-26	0.94	0.91	0.98	0.90	1			
20	Fito 0103-25	0.95	0.93	0.87	0.92	0.89	1		
21	Fito 0103-21	1	0.98	0.90	0.95	0.93	0.96	1	
23	Fito 0103-13	0.98	0.96	0.91	0.94	0.94	0.93	0.98	1

Similitud entre poblaciones de *Pst* colectadas en Terruco

	Poblaciones	31	32	33	34	35
31	Fito 0112-21	1				
32	Fito 0112-12	0.95	1			
33	Fito 0112-10	1	0.97	1		
34	111/2K	1	0.97	1	1	
35	110/2K	1	0.97	1	1	1

Consideraciones finales

- Los cultivares de trigo invernal, alternativo y primaveral presentan un rango variable de similitud genética donde se pueden encontrar cultivares con alta y baja similitud.
- Las líneas isogénicas Avocet presentaron un nivel variable de uniformidad, el que no estuvo relacionado con el número de retrocruzas.

Consideraciones finales

- No se presentaron patrones de bandas asociados con la presencia de genes de resistencia en las líneas casi isogénicas de los genotipos de trigo de distinto hábito de crecimiento.

Consideraciones finales

- Se estableció un protocolo de extracción, y amplificación para *Pst*
- Se detectó una baja diversidad genética en las poblaciones de *Pst* analizadas con RAPD.
- No se presentó asociación entre la diversidad genética y la distribución geográfica de las poblaciones

Consideraciones finales

- La localidad de Temuco presentó la mayor similitud entre poblaciones. Mientras que Santiago y Chillán presentaron un menor nivel de similitud.
- Se observó una ligera agrupación entre patógeno y hábito de crecimiento del huésped.
- Se observaron fenotipos 'escasos' en áreas de mayor diversidad genética.

CIBNYT®

Aplicación de la biotecnología en el mejoramiento del trigo

CIMMYT®

Esquema general

- Introducción – Centro de Biotecnología Aplicada
- Mejoramiento del trigo – Retos
- Uso de herramientas biotecnológicas en el mejoramiento del trigo

CIBNYT®

Centro de Biotecnología Aplicada

Mandatos

Incrementar la eficiencia y efectividad en el mejoramiento del maiz y el trigo a través del uso de la biotecnología

&

Proporcionar entrenamiento en la aplicación de la biotecnologia

Centro de Biotecnología Aplicada

Proyectos de Investigación

1. Apomixis
(O Leblanc)

2. Diversidad genética
(M Warburton)

4. Resistencia a insectos
(D.Hoisington, A Pellegrineschi)

3. Estrés biótico
(J-M Ribaut)

5. Resistencia a hongos
(M William, A Pellegrineschi)

Balance entre la investigacion basica y la aplicada

CIMMYT

1. Apomixis

Asociación con IRD, Pioneer, Novartis, Limagrain

Enfoque múltiple

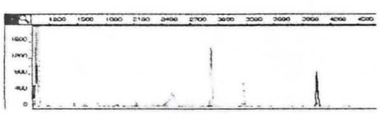
- Introgresión de segmentos de *Tripsacum*
- Clonación de genes de *Tripsacum*
- Genes candidatos
- Factores que afectan el desarrollo del endospermo

Entendimiento de la biología reproductiva

CIMMYT

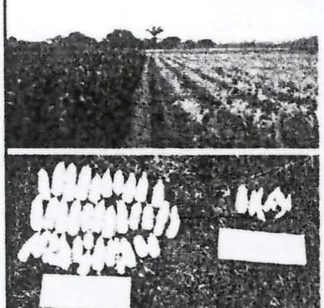
2. Diversidad genética

- Mediante la amplificación de SSRs simultaneos en maiz:
  - Se completó estudio de huella genetica de las lineas de maiz del CIMMYT
  - Análisis de variedades de polinización abierta y de poblaciones, en proceso
  - Identificacion de grupos heteroticos & caracterizacion de germoplasma
- ... de SSRs simultáneos en trigo se analizan

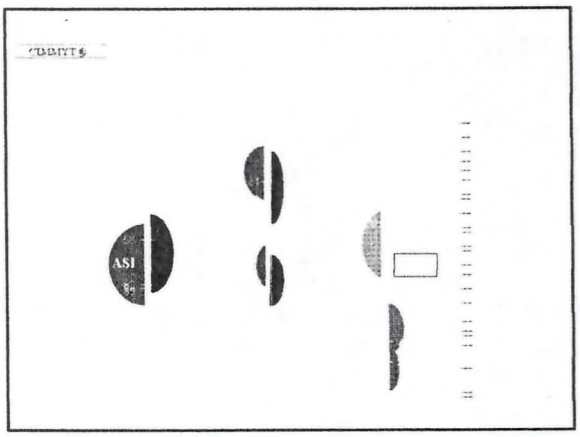


CIMMYT

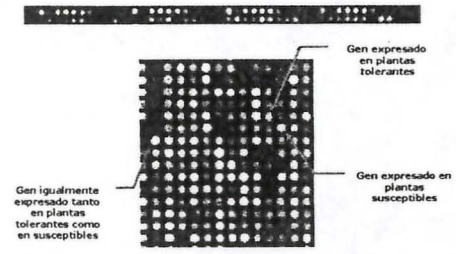
3. Tolerancia a estrés biótico



- Tolerancia a la sequia
  - 3 mapas de QTL & MAS completos
  - Parámetros bioquimicos investigados
  - Asociación genómica
- QTLs para bajo nivel de nitrogeno en maiz
- QTLs de tolerancia al aluminio en maiz



Genómica funcional - Microarreglos



4. IRMA – Maíz resistente a insectos para África

Meta

Incrementar la producción de maíz y la seguridad alimentaria a través del desarrollo y despliege de germoplasma resistente a insectos para reducir las pérdidas debidas a los barrenadores del tallo

Objectivos

- Desarrollar germoplasma de maíz resistente a insectos para Kenia y crear adecuadas estrategias de transferencia de este material en el país
- Evaluar el impacto del germoplasma de maíz resistente a los insectos

ENTRENAMIENTO EN ABC

- Cursos
  - Ingeniería Genética
  - Biotecnología Aplicada

- Visitantes científicos y estudiantes
- Networks y Transferencia de Biotecnología
  - AMBIONET - ADB
  - Laboratorio de marcadores moleculares en Kenia Zimbabwe

AMBIONET

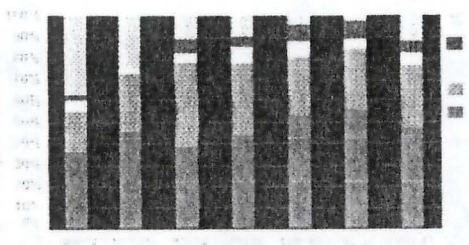
Filosofía para el mejoramiento de germoplasma

- Incrementar el potencial de rendimiento
- Tener germoplasma de amplia adaptación
- Rendimiento estable

Factores que afectan el potencial de rendimiento

- **Tolerancia al estrés abiótico**
  - Sequía
  - Temperatura
  - Acidez del suelo Toxicidad del Al
- Resistencia al estres biótico
  - Resistencia durable a las enfermedades

CIMMYT®



Impacto del Programa Global de Mejoramiento de Trigo del CIMMYT

CIMMYT®

Estrategias de mejoramiento para resistencia durable en el CIMMYT

Genes de resistencia en plantas adultas – raza no especificos

"Hope" derivó resistencia a la roya del tallo – Yaqui 50 – aun efectiva en los trigos semi-enanos del CIMMYT

Amplia adaptación de los semi-enanos del CIMMYT– debida parcialmente a la resistencia durable a la roya del tallo

Resistencia lenta a la roya foliar y amarilla – Dr Rajaram a principios de los 70

CIMMYT®

Mejoramiento de germoplasma en el contexto de Mega Ambientes (MEs)

ME	Area (mha)	Enfermedades importantes/plagas
1 Irrigados	32	Lr, Yr, KB, PM
2 Alta RF	10	Lr, Yr, Septoria tritici, Fusarium spp, BYD, PM
3 Suelos ácidos	1.7	Lr, Sr
4 Baja RF	21.6	Royas, Septoria, BYD, RWA
5 Alta Temp	7.1	Lr, Sr, Helminthosporium sativum
6 Alta latitud	5.4	Lr, Sr

CIMMYT ®

Royas del trigo

CIMMYT ®

Resistencia a enfermedades

Incrementar la productividad y sustentabilidad del trigo

Estreses bióticos

- Epidemiología de las principales enfermedades del trigo
- Identificación y combinación de diversas fuentes de resistencia-tolerancia a enfermedades en el trigo y triticale
- Desarrollo de marcadores moleculares & estrategias de selección asistida para resistencia-tolerancia a estreses bióticos

CIMMYT ®

Estrategia de mejoramiento para resistencia durable en CIMMYT

Buena, pero con nuevos enfoques

10-12 genes de resistencia [illegible] en CIMMYT

Se han caracterizado [illegible]

Uso de marcadores moleculares

- Determinar el número de genes [illegible]
- Identificación de genes con marcadores moleculares [illegible]

Centro de Biotecnología Aplicada & Programa de Trigo

CIMMYT

Poblaciones

1. Avocet X Pavon 76 - 148 RILs
2. Avocet X Parula - 141 RILs
3. Avocet X Tonichi - 144 RILs
4. Avocet X Pastor - 40 F_5 lines
5. Frontana X Inia66 - 1[illegible] RILs
6. Fukuhomughi X Oligoculm (JIRCAS) - 107 DHs

CIMMYT

Enfoque

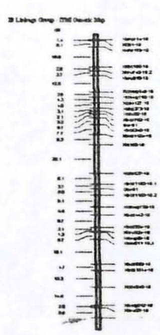
Análisis de segregación en bulk y mapas de ligamiento parcial

Mapas de ligamiento en trigo – alto costo de inversión

10-12 entradas combinadas para hacer bulks R & S

Análisis de los bulks y sus padres con diferentes marcadores & mapeo de la población con los marcadores polimorficos

CIMMYT

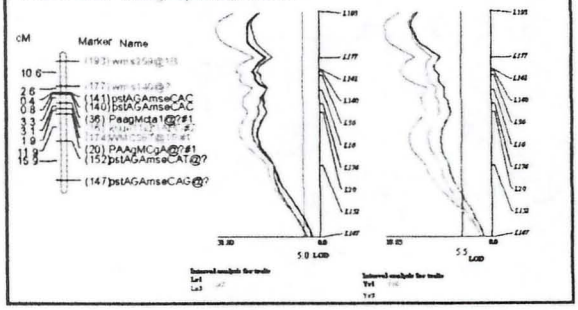


Lr46/Yr29

CIMMYT ®

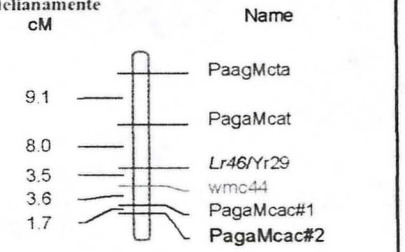
Resistencia durable – Lr / Yr

Avocet X Pavon Linkage Gp 1BL (*Lr46 Yr29*)



CIMMYT ®

Mapeo de QTLs con efecto principal en características que segregan mendelianamente



Se usa una poblacion con un solo cromosoma recombinate

CIMMYT ®

Resumen

Pavon 76	% de reducción en la media de la severidad de la enfermedad			
Cromosoma	Marcador	Roya foliar	Roya amarilla	Genes
1BL	gwm 259	35	27	*Lr46, Yr29*
4B	gwm 368	18	15	
6A	gwm 356	14	18	
6B	PaggMcaa	---	18	
3BS	PacgMcgt	---	11	*Yr30, Sr2*

CIMMYT®

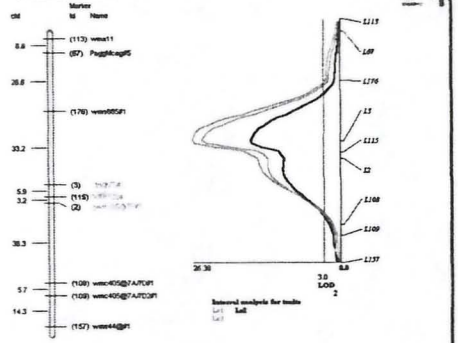
Resumen

Parula — % de reduccion de la media de la severidad de la enfermedad

Cromosoma	Marcador	Roya foliar	Roya amarilla	Genes
1BL	gwm 259	15	16	*Lr46, Yr29*
7DS	gwm 130/*Ltn*	56	46	*Lr34, Yr18*
7B / 7D	Pcr 156	29	--	
3BS	Glk2	-	12	*Sr2, Yr30*

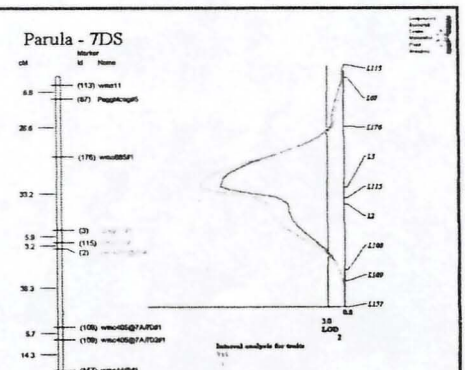
CIMMYT®

Parula - 7DS



CIMMYT®

Parula - 7DS

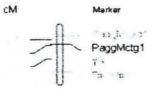


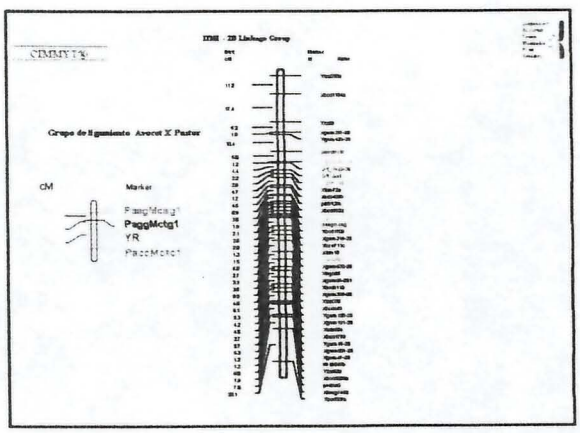
Avocet x Pastor

Analisis de segregacion en bulk 10 entradas resistentes
12 entradas susceptibles
Datos colectados en familias F_2 para roya amarilla
48 combinaciones de primers AFLP para analisis en bulk

40 entradas usadas en el mapeo

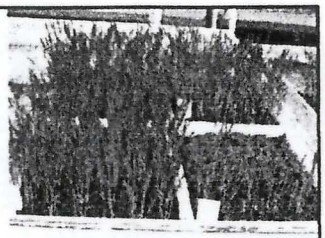
Grupo de ligamiento Avocet X Pastor





CIMMYT®

Opata x Pastor



Yr27 **– no es efectivo en Mexico**
Pastor tiene un gen mayor que mapea en 2BS y es efectivo en Mexico

Población Opata x Pastor
Opata tiene *Yr27* y Pastor tiene un gen mayor no conocido & *Lr23* – mapea en 2BS

Pruebas en plantulas & de campo para evaluar la relación de *Yr27* & el gen desconocido – el gen identificado en Pastor es nuevo – *Yr31*

CIMMYT®

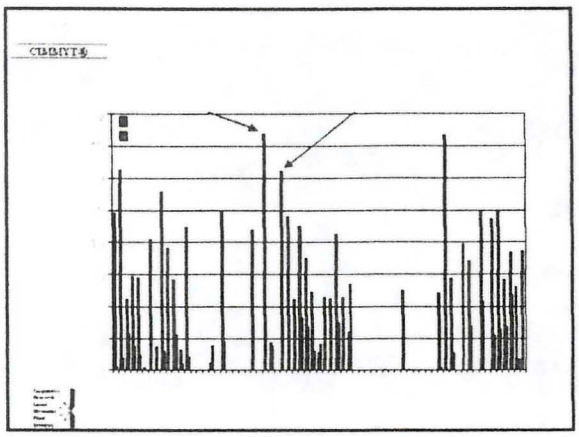
Genes estimados para resistencia lenta a la roya

Cultivar	No. de genes	
	Roya foliar	Roya rayada
Pavon76	*Lr46* + 1	3
Parula	*Lr34* + 2	*Yr18* + 2/3
Tonichi	*Lr34* + 2	*Yr18* + 2

CIMMYT®

Genes estimados para resistencia lenta a la roya

Cultivar	No. de genes	
	Roya foliar	Roya rayada
Pavon76	*Lr46* + 1	***Yr29*** + ***Yr30*** + 1
Parula	*Lr34* + ***Lr46*** + 1	*Yr18* + ***Yr30*** + 1
Tonichi	*Lr34* + 2	*Yr18* + ***Yr30*** + 1
Pastor	2-3	***Yr31*** + 2



Ingeniería genética

Uso de la ingeniería genética para mejorar el maiz y el trigo en paises en vías de desarrollo

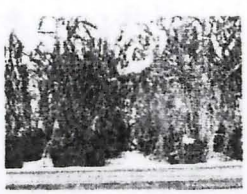
Meta: Mejorar la sustentabilidad del trigo y el maiz

Trigo: 1. Eficientes sistemas de transformación
2. Proteina parecida la Taumatina, 1,3 β-Glucanasa, Quitinasa
3. Gluteninas de bajo peso molecular
4. Anti-secalinas
5. Proteínas receptoras parecidas a la quinasa

6. Sequia y otros estreses abioticos

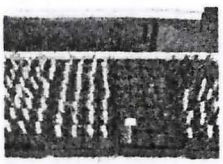
Plantas transgénicas TLP

- Lineas transgénicas resistentes a *Alternaria triticina* in vitro y in vivo.
- Resistencia contra otros patógenos en curso
- Quinta generación de transgénicas



Trigo transgénico DREB

- Número de plantas: 203
- Gen introducido: DREB 1A
- Fenotipo observado tolerancia a estrés hídrico
- Generación: T_1



rd29A-DREB1A plantas transgénicas

Plantas control

Laboratorio de Servicio ABC

Unidad dentro del Centro de Biotecnología Aplicada

Proporciona servicio de marcadores moleculares para los Programas Trigo & Maíz

Realiza extracciones de DNA , mapeo & pruebas de marcadores

Marcadores PCR

Actividades de implementación de marcadores en CIMMYT

CIMMYT®

Applied Biotechnology Center

CIMMYT®

Marcadores moleculares como herramientas Para el fitomejoramiento

Marcadores de diagnóstico o marcadores con estrecho ligamiento a genes de características importantes

Muy importantes para caracteristicas "difíciles" - aquéllas que no pueden ser fácil o confiablemente medidas usando metodología tradicional
Ej. Enfermedades de la raíz, virales, etc.

CIMMYT®

Extracción de DNA – 1. Extractor de savia

Uso de tejido foliar fresco o congelado

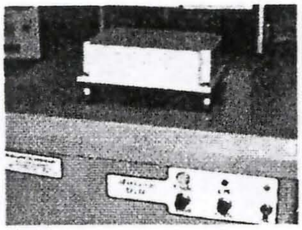
CIMMYT

Extracción de DNA– 2. Matrix mill

Se usan pequeños discos de tejido foliar [illegible]
– en microplacas

Maceración del tejido foliar [illegible]
usando un campo [illegible]

Se utiliza en [illegible]



CIMMYT

Implementación de marcadores - trigo

Los siguientes son los que ya se usan [illegible]

1. *Cre 1* – nematodo cyst del cereal [illegible]
2. *Cre 3* - nematodo cyst del cereal [illegible] material australiano)
3. BYDV – derivado de TC 14
4. Deleción *Ph1b*
5. *Ae. Ventricosa* derivo resitencia a *Lr*, Yr, CCN

En promedio, 6000 ensayos realizados por año (en BW & DW)

Cre 1 & *Cre3* – no se pueden estudiar sin marcadores en CIMMYT

BYDV – no hay forma de evaluar la resistencia en campo

CIMMYT

Servicios proporcionados

Analisis con marcadores [illegible]

– Selección para QPM (*O2*) - 20,000 muestras en 2001 & 2002

–Maíz – MSV, ensayos en sequia con seleccion asistida por marcadores

–Apareamiento de genes en trigo [illegible]

Marcador para el nematodo [illegible]

3000 muestras por [illegible]

Resistencia a BYDV [illegible]

T. intermedium en trigo - 2[illegible] muestras

–Resistencia al nematodo de la lesion de [illegible]

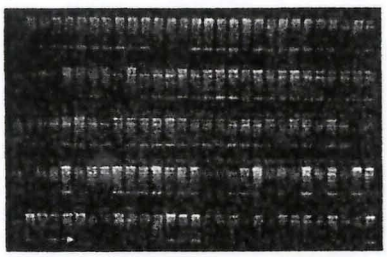
– Resistencia a la pudricion de la [illegible]

–Powdery mildew, scab , Rust, RWA etc estan siendo validados

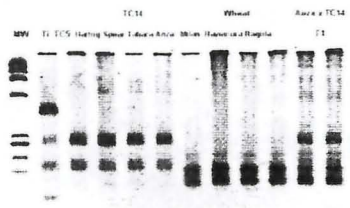
CIMMYT ©

Aplicación del marcador diagnóstico *ph 1b* en trigo

- Detecta la presencia de la delecion *ph1b* que controla el apareamiento de los cromosomas homólogos



CIMMYT ©

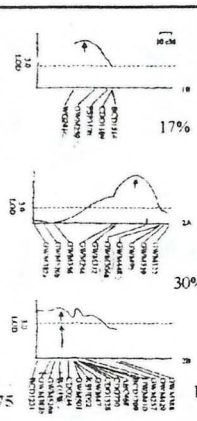


Ensayos de resistencia a BYDV derivada de la introgresion del segmento de *Agropyron intermedium*

CIMMYT ©

Personal del laboratorio de servicio con mejoradores del CIMMYT
Estación experimental de Toluca

Resistencia durable a la cenicilla polvorienta

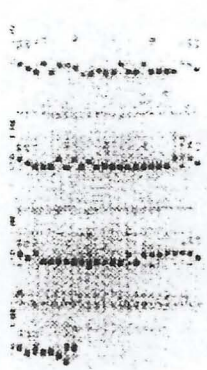


Liu *et al.*, Crop Sci. (2001) 41:1268-1275

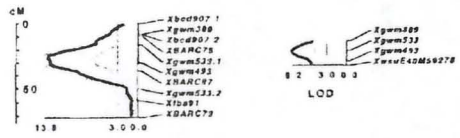
Validación de marcador para cenicilla polvorienta

(con controles de trigo de primavera e invierno)

Gwm 312 - @ chromosome 2A

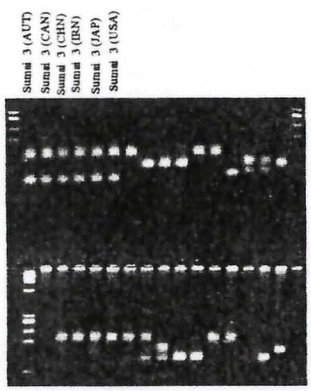


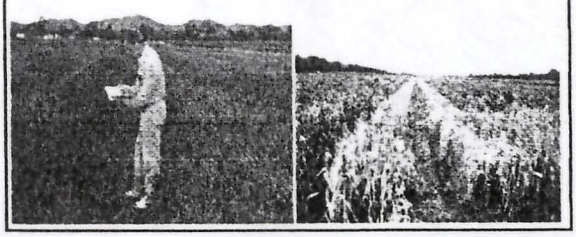
Fusarium Head Scab



Anderson et al. (2001) Theor Appl Genet 102:1164-1168

Scab Marker Validation





Marcadores Lr + Yr – *Lr46/Yr29* & *Lr34/Yr18*

Lr34/Yr18 - 40 cultivares checados – 90% de precisión

Lr46/Yr29 – material analizado en cruzamiento en bloque

Muchos alelos distintos

Posibilidad de usarlos en cruzas seleccionadas y derivados sintéticos para checar genes responsables de la resistencia durable