

Incorporando genes valiosos de parientes silvestres al arroz cultivado

C.P. Martínez, J. Borrero, A. Almeida, S.J. Carabalí,
M.C. Duque, F. Correa, D. Delgado, J. Silva, J. Tohme

Proyecto IP-4 Mejoramiento de Arroz CIAT

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural



INTRODUCCIÓN

- **Diversidad genética: motor principal**
- **Género Oryza: 23 especies con amplia adaptación ecológica**
- **Mejoramiento intensivo: erosión genética y disminución variabilidad presente arroz cultivado**

Especies silvestres de *Oryza* representan una fuente de nuevos genes para el mejoramiento genético del arroz

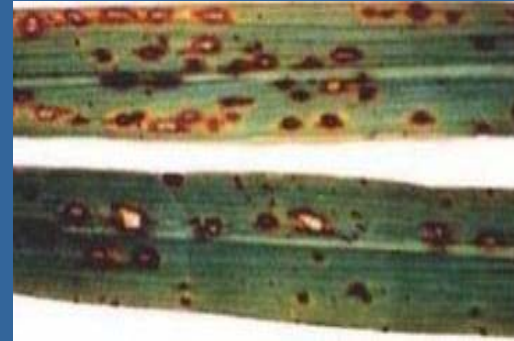
Rasgos transferidos de la especie silvestre	Autor
Resistencia al virus grassy stunt – <i>O. nivara</i>	Khush et. al 1977
Esterilidad citoplasmática - <i>O. perennis</i>	Lin and Yuan 1978
Resistencia a varios biotipos de saltamontes	Heinrichs et al. 1985
Aumento de rendimiento y mejora en la calidad de grano	Xiao et al. 1998
Resistencia a bacterias, <i>Piricularia</i> , virus tungro, tolerancia suelos ácidos	Brar et al. 2002

Planteamiento del problema

- Incremento de enfermedades e insectos en arroz como:



Rhizoctonia solani



Bipolaris oryzae



Sarocladium oryzae



Polymyxa graminis

- Están haciendo más intensiva la búsqueda de nuevas fuentes de resistencia

Objetivo

El Proyecto de arroz del CIAT propone, como una de sus estrategias, **transferir genes** que controlan la resistencia a plagas y enfermedades y otras características de importancia agronómica de las especies silvestres al germoplasma mejorado, utilizando métodos de mejoramiento convencional y biotecnológicos.

Relación de las Especies(23) en el Género *Oryza*

(Vaughan et al. 2003)

Complejo	Cant	Número cromosomas	Genoma	Distribución Geográfica
<i>O. sativa</i>	7	24	AA	Mundial
<i>O. officinalis</i>	10	24 48	BB, CC, EE BBCC, CCDD	Asia, África, América, Australia
<i>O. ridleyi</i>	2	48	HHJJ	Asia, Nueva Guinea
<i>O. granulata</i>	2	24	GG	Asia
<i>O. brachyantha</i>	1	24	FF	África
<i>O. schlechteri</i>	1	48	Desconocido	Nueva Guinea

Materiales y Métodos

O. rufipogon

Máxima diversidad genética, adaptación amplia, potencial rendimiento, tolerancia *Rhizoctonia* sp.



O. glaberrima

Competencia con malezas, tolerancia a sequía,
piricularia y entorchamiento, aroma.



O. barthii

Precocidad, calidad, peso mil granos, tolerancia entorchamiento.



Relación de Progenitores

Padre Recurrente	Origen	Observaciones
<i>Bg90-2</i>	Sri Lanka	Indica, alto rendimiento
<i>Oryzica 3</i>	Colombia	Indica, alto rendimiento
<i>Oryzica 1</i>	Colombia	Indica, alto rendimiento-calidad
<i>Progresso</i>	Brasil	Japónica Tropical - Secano
<i>Caiapo</i>	Brasil	Japónica Tropical - Secano
<i>O. Sabana 6</i>	Colombia	Japónica Tropical - Secano
<i>O. Turipaná 7</i>	Colombia	Japónica Tropical - Secano
<i>Lemont</i>	USA	Japónica Templado - Calidad
<i>Jefferson</i>	USA	Japónica Templado - Calidad
<i>O. Llanos 5</i>	Colombia	Indica, resistente a <i>Piricularia</i>
<i>Morelos A88</i>	México	Buena habilidad combinatoria
<i>Fedearroz 2000</i>	Colombia	Indica alto rendimiento
<i>Fedearroz 50</i>	Colombia	Indica alto rendimiento

Esquema de Mejoramiento

Material Local
(P. Recurrente)

Especies Silvestres
(P. Donador)

Introgresión / Incorporación

F₁

BC₂/BC₃
Familias

Generaciones Tempranas

Líneas Avanzadas

Ensayos Multilocales

Líneas Mejoradas
ó Progenitores

E.E. Santa Rosa

Pyricularia oryzae
Helminthosporium
Sarocladium
Rhynchosporium
Manchado de grano



Lab./Inv. CIAT-Palmira

VHB Tagosodes
Pyricularia
Rhizoctonia
Polymyxa
Calidad Grano
Molineria

* Sel. Fenotípica
Caracteres de Interés

Resultados

De 20 poblaciones desarrolladas desde 1995 las más estudiadas han sido:

Bg90-2 / *O. rufipogon*

Oryzica 3 / *O. rufipogon*

Bg90-2 / *O. glaberrima*

Lemont / *O. barthii*

Bg90-2 / O. rufipogon

. Caracteres Positivos

Buen tipo de planta, tallos fuertes y alto potencial de rendimiento. Resistencia a Rhizoctonia

Evaluación campo agricultores en 11 Localidades - 2002

CIAT-ION-2003

. Caracteres Negativos

Susceptible a Piricularia , Tagosodes, VHB, calidad de grano

Datos Agronómicos de Líneas F₅ del Cruce Bg90-2/*O. rufipogon* CIAT 1999

Pedigree	Rendi- miento Mt/ha	Floración (dias)	Peso 1000 granos	Centro blanco (0 - 5)	Longitud Grano
CT13956-29-M-3-M	7.4	96	33.3	3.0	L
CT 13976-7-M-6-M	7.2	98	30.2	2.2	M
CT13958-13-M-26-M	6.7	102	28.1	0.6	L
CT13959-3-M-10-M	6.7	99	31.1	1.8	L
CT13941-27-M-14-M	6.5	104	28.5	0.8	L
Bg90-2 (recurrent parent)	5.9	105	29.5	2.6	L
<i>O. rufipogon</i>	3.8	90	26.7	1.4	M

Oryzica 3 / O. rufipogon

. Caracteres Positivos

Excelente tipo de planta, buen porte, vigor, calidad de grano, buen potencial de rendimiento.

Fuente de genes de resistencia a Rhizoctonia.

Datos Agronómicos y Reacción a Enfermedades de Líneas Avanzadas del Cruce Oryzica 3/O. rufipogon

	PALMIRA 99A						SANTA ROSA 99		
	Rendi		Centro	Amilosa	Hoja		Helminthosporium	Piricularia	
	miento	Floración			Blanco	%		Sogata	Blanca
	MT/ha								
CT 14545-5-M-1	6.1	107	0.4	30.4	3	5	3	3	7
CT 14537-6-M-3	6.1	108	0.4	29.8	7	5	1	4	5
CT14534-25-M-M	6.1	110	0.2	29.6	9	5	5	4	7
CT 14534-35-M-M	6.0	105	0.2	30.0	9	3	3	3	5
CT 14539-26-M-3	6.0	110	0.6	28.6	1	7	3	3	7
CT 14545-5-M-M	6.0	106	0.3	28.4	7	5	3	3	7
CT 14539-34-M-M	6.9	110	0.2	29.6	3	5	5	4	7
CT 14546-6-M-M	5.8	106	0.4	30.7	5	5	5	4	7
CT 14556-2-M-M	5.8	110	0.4	30.2	7	5	3	3	7
CT1 14537-8-M-M	5.8	110	0.2	28.5	7	5	3	3	7
Oryzica 3 (recurrent p.)	5.5	106	0.2	29.8	3	3	3	3	7
Oryzica 1	4.4	99	0.2	29.6	7	5	7	4	7
C.V.%	13.6								

Líneas Avanzadas Oryzica 3 / O. rufipogon tolerantes a varias enfermedades Saldaña. Tolima. Fedearroz 2002.

Pedigree	Rhizoctonia1	Sarocladium1	Helminthosporium1	Helminthosporium2
CT14524-2-M-2-M	3	3	5	15
CT 14524-2-M-3-3	3	3	5	15
CT 14529-12-M-1-2	3	1-5	5	0
CT 14529-12-M-2-3	3	5	7	30
CT 14529-18-M-3-M*	3	1-5	3	0
CT 14529-18-M-4-M*	3	1-5	3	20
CT 14534-12-M-1-3	5	3	7	0
CT 14534-12-M-3-4*	3	1	1	0
CT 14534-12-M-4-1	5	3	1	0
CT 14537-8-M-4-M	3	1	1	0
CT 14537-9-M-4-1*	3	5	3	0
CT 14537-21-M-6-3	3	3	3	0
CT 14539-31-M-1-1*	3	5	3	0
CT 14539-34-M-4-M-2*	3	3	3	0
Oryzica 3 (Check)	7-9	5-7	1-3	0-20
CT 14524-3-M-2-2	7-9	7	5-7	40

¹ Escala del IRRI (1-9)

² % de infección de cuello panícula

+ Variedades Comerciales/ Susceptibles

Bg90-2 / *O. glaberrima*

. Caracteres Positivos

Excelente vigor de planta, tallos vigorosos y buen potencial de rendimiento.

Resistencia a entorchamiento

. Caracteres Negativos

Esterilidad, calidad de grano

Tolerancia al virus causante del entorchamiento líneas derivadas del Cruce Bg90-2 /*O. glaberrima*. CIAT 2002

Pedigree	Entorchamiento	Rayas /Anaraj.	Enanismo	Muertas	Sanas
CT15150-M-50-2-1	0	0	2.5	0	97.5
CT15150-M-50-2-5	0	0	0	0	100
CT15150-M-79-9-3	0	0	0	0	100
CT15150-M-79-11-2	5.3	5.3	7.8	2.8	89
CT15150-M-79-11-4	0	0	0	0	100
CT15150-M-92-3-5	22.8	35	40.3	0	59.7
CT15150-M-106-5-2	0	0	0	2.5	97.5
CT15150-M-124-1-2	2.5	2.5	2.5	0	97.5
CT15150-M-129-1-2	0	0	0	0	95
CT15150-M-129-1-3	0	2.5	5	0	95
CT15150-M-149-1-1	2.5	2.5	2.5	0	97.5
CT15150-M-181-4-1	0	0	2.5	0	97.5
CT15150-M-190-2-1	2.5	5	2.5	7.5	87.5
CT15150-M-242-3-1	0	0	0	0	100
<i>Oryza glaberrima</i>	0	0	0	0	100
Oryzica 3	55	72.5	72.5	7.5	17.5
Bg90-2	41.9	57.2	54.7	7.5	30.3
Coprosem 1	20	30	35	2.5	62.5

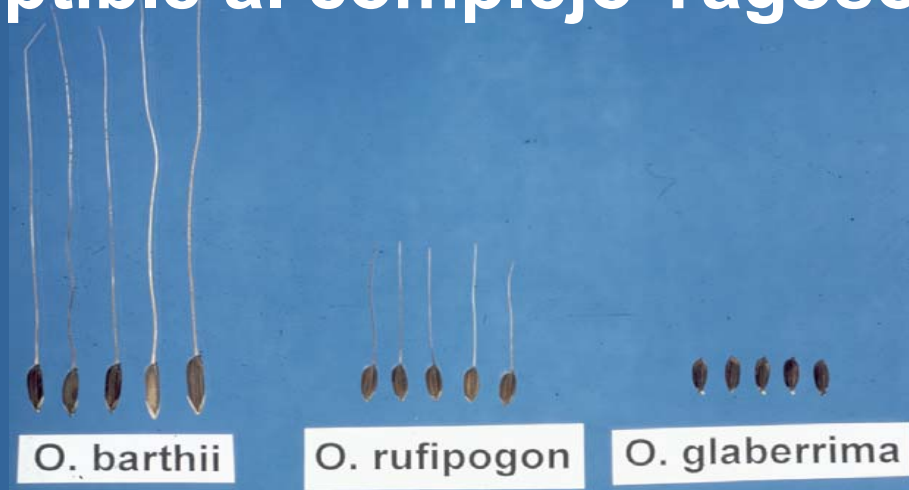
Lemont/*O. barthii*

Caracteres Positivos

- Precocidad, excelente calidad grano (cocción y molinería), grano largo/delgado, translúcido y resistente al manchado de grano, follaje verde y limpio, tallos fuertes y panícula larga

Caracteres Negativos

- Muy susceptible al complejo Tagosodes hoja blanca



Discusión

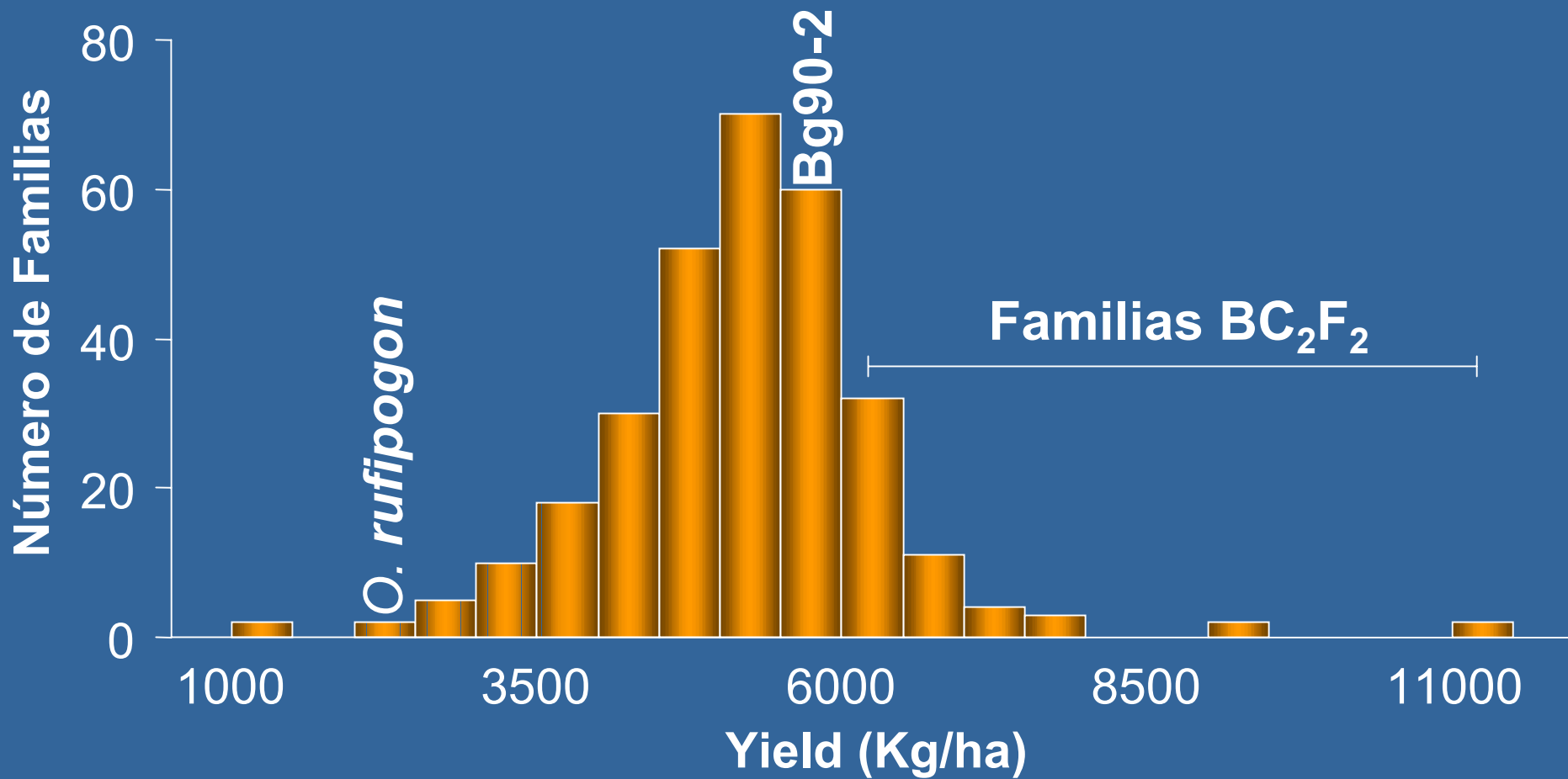


- ✓ Nuestros resultados indican que *O. rufipogon*, *O. glaberrima* y *O. barthii* poseen alelos con efectos positivos sobre varias características agronómicas.
- ✓ Métodos de mejoramiento convencionales, han sido exitosos en transferir genes de especies silvestres al arroz mejorado.
- ✓ El rescate de embriones y el C.A. ayudan a recuperar genotipos fértiles producidos en los cruzamientos inter-específicos.
- ✓ Alta variabilidad genética se ha observado para casi todas las características de interés agronómico en los cruces inter-específicos realizados en nuestro proyecto.

Análisis de la Adaptación de Líneas Interespecíficas de Arroz en América Latina

Antecedentes

- **Especies silvestres arroz: fuente potencial de nuevos alelos (Brar et al. 2002; Moncada et al. 2002; Xiao et al. 1998; Tanksley and McCouch 1997)**
- **Trabajos basados en evaluación poblaciones F_2BC_2**
- **Evaluación en 1-2 sitios**



Distribución del rendimiento (kg/ha) de 300 familias BC₂F₂ del cruzamiento Bg90-2/*O. rufipogon*

Estabilidad en rendimiento (Ton/ha) de líneas BC₂ del cruce Bg90-2 / *O. rufipogon*

	BC ₂ F ₂ (1996) **	BC ₂ F ₃ (1997) *	BC ₂ F ₅ (1999) *
Pedigrí			
CT13941-27-M-14-M	7.0	7.3	6.5
CT13959-3-M-10-M	6.8	6.7	6.7
CT13958-13-M-5-M	6.8	7.0	6.5
CT13943-2-M-2-M	6.7	6.7	6.7
CT13976-7-M-6-M	5.9	7.5	7.2
CT13956-29-M-3-M	6.0	7.2	7.4
Bg90-2	6.0	6.5	5.9
<i>O. rufipogon</i>	2.2	5.0	3.8

* Promedio de 4 reps. ** Promedio de 2 reps.

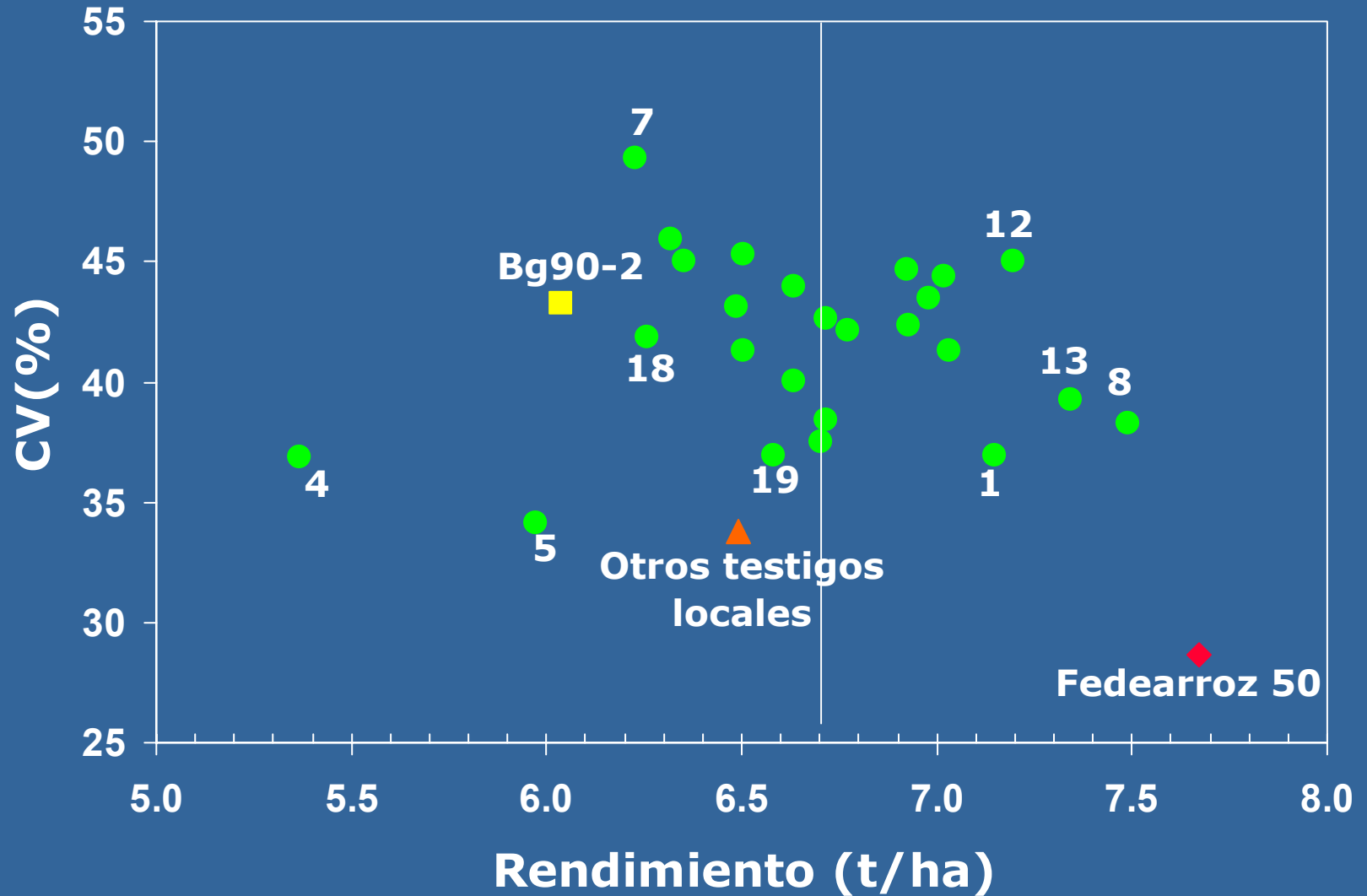
Materiales y Métodos

- **25 líneas (F₈) BC₂ Bg90-2/*O. rufipogon***
- **Ensayos de rendimiento en: Colombia (7), Argentina, Surinam, Uruguay y Venezuela**
- **Prácticas agronómicas y testigos locales**
- **Bloques al azar, 3 rep. Análisis combinado de varianzas. Paquetes estadísticos GEBEI y AMMI**

Relación de Genotipos

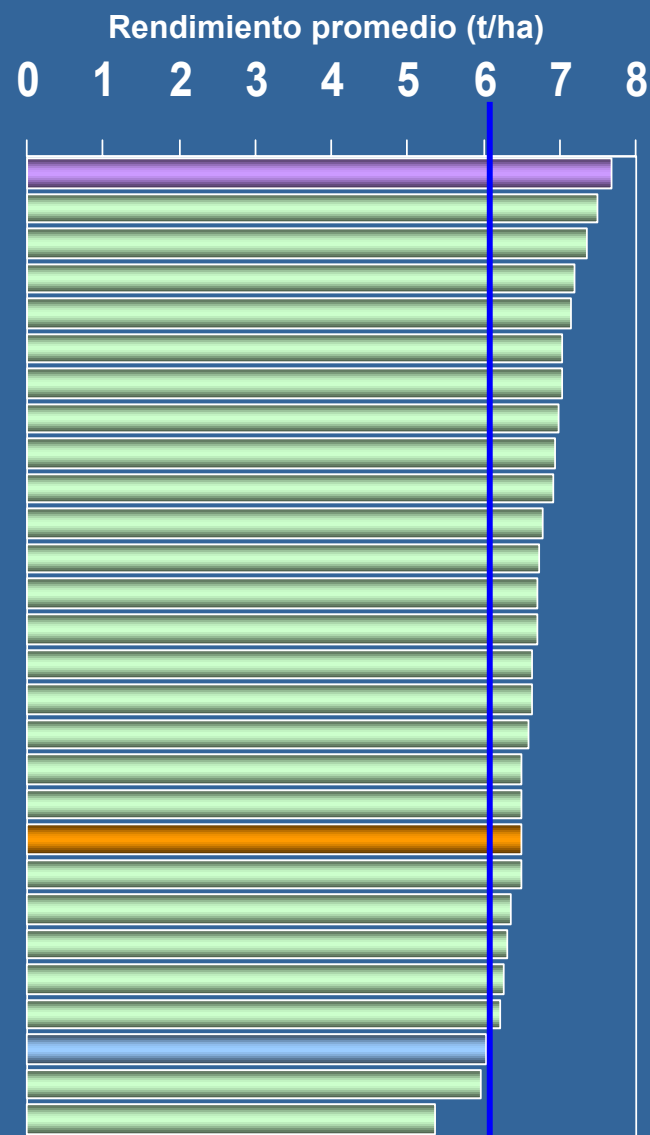
Nº Línea	Línea	Promedio	Desviación Estándar	Varianza	Coefficiente de Variación (%)
1	CT13941-11-M-25-1-M-M	7.148 (4)	2.6	7.0	36.9
2	CT13941-11-M-25-4-M-M	6.718	2.6	6.7	38.4
3	CT13941-11-M-25-5-M-M	6.924	3.1	9.6	44.7
4	CT13941-27-M-4-1-M-M	5.367	2.0	3.9	36.9
5	CT13941-27-M-5-4-M-M	5.972	2.0	4.2	34.2
6	CT13941-27-M-15-3-M-M	6.704	2.5	6.3	37.5
7	CT13941-27-M-19-1-M-M	6.227	3.1	9.4	49.3
8	CT13946-26-M-5-3-M-M	7.489 (1)	2.9	8.2	38.3
9	CT13946-26-M-5-6-M-M	6.980	3.0	9.2	43.5
10	CT13956-29-M-14-1-M-M	6.926	2.9	8.6	42.4
11	CT13956-29-M-25-7-M-M	6.355	2.9	8.2	45.1
12	CT13958-12-M-1-7-M-M	7.197 (3)	3.2	10.5	45.0
13	CT13958-13-M-17-5-M-M	7.342 (2)	2.9	8.3	39.3
14	CT13958-13-M-2-1-M-M	6.714	2.9	8.2	42.6
15	CT13958-13-M-2-3-M-M	7.032 (5)	2.9	8.4	41.3
16	CT13958-13-M-2-4-M-M	6.506	3.0	8.7	45.3
17	CT13958-13-M-7-5-M-M	6.774	2.9	8.1	42.1
18	CT13958-13-M-26-4-M-M	6.256	2.6	6.9	41.9
19	CT13958-13-M-26-5-M-M	6.580	2.4	5.9	36.9
20	CT13958-13-M-33-1-M-M	6.504	2.7	7.2	41.3
21	CT13956-29-M-29-2-M-M	7.018 (6)	3.1	9.7	44.4
22	CT13956-29-M-8-3-M-M	6.319	2.9	8.4	46.0
23	CT13959-3-M-10-4-M-M	6.633	2.9	8.5	43.9
24	CT13959-3-M-10-5-M-M	6.633	2.7	7.0	40.0
25	CT13976-7-M-14-1-M-M	6.486	2.8	7.8	43.1
26	Bg90-2	6.039	2.6	6.8	43.3
27	Fedearroz 50	7.670	2.2	4.8	28.6
99	Otros Testigos Locales	6.490	2.2	4.8	33.8
	GLOBAL	6.697	2.8	7.6	41.2

Promedios vs CVs para Genotipos



Comportamiento^{1/} de líneas derivadas del cruce Bg90-2/O. rufipogon en fincas de agricultores en diferentes localidades, 2002

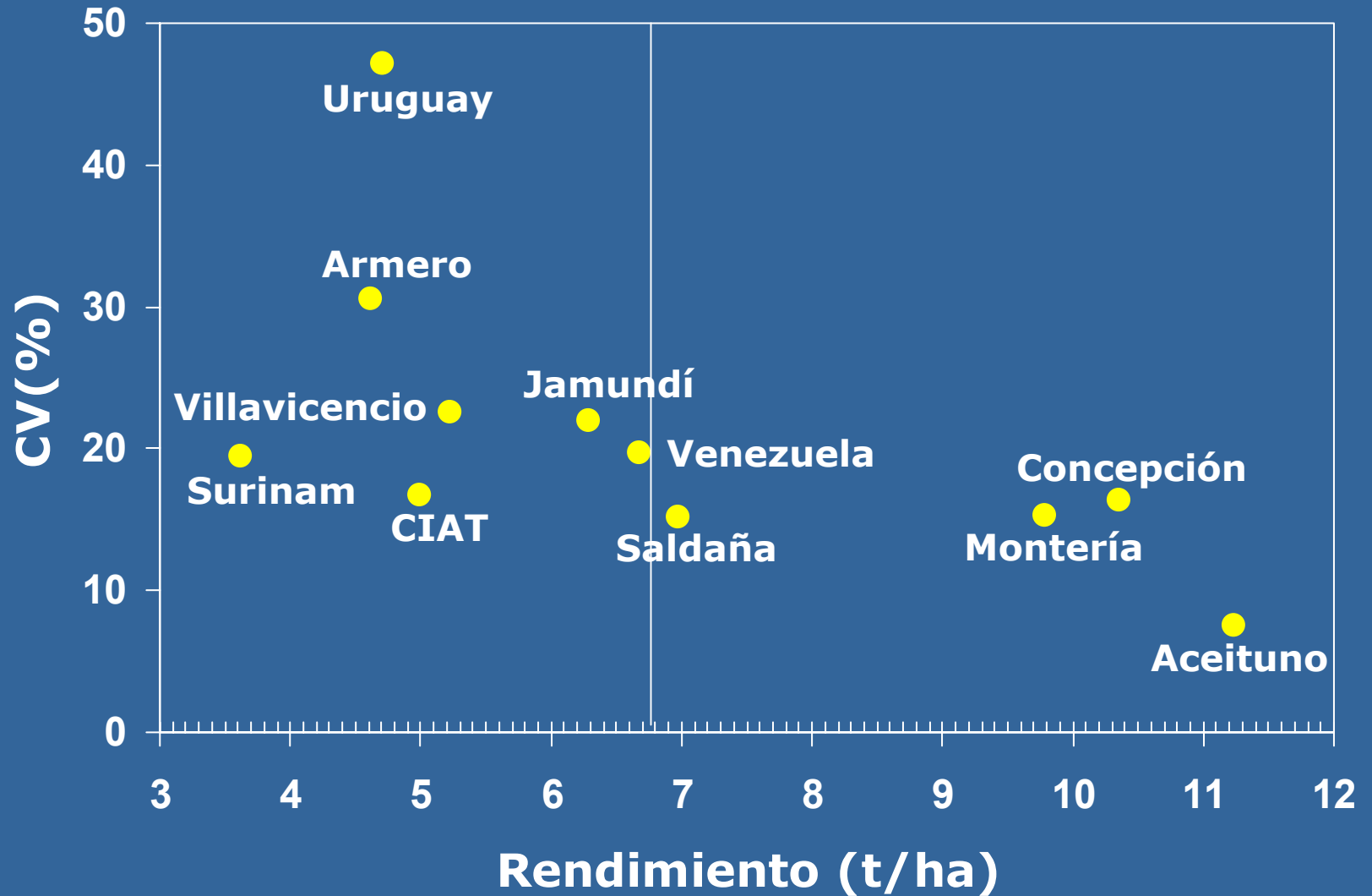
Línea	Localidad ^{2/}										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Fedearroz 50	0.97	--	1.05	1.00	--	1.52	1.15	1.10	1.71	--	--
CT13946-26-M-5-3-M-M	1.09	1.28	1.05	1.01	1.20	0.94	1.40	1.11	1.31	2.09	0.93
CT13958-13-M-17-5-M-M	1.05	1.09	1.26	0.98	0.94	1.24	1.40	1.02	1.33	1.93	1.08
CT13958-12-M-1-7-M-M	1.13	1.33	1.01	1.02	1.01	0.81	1.35	0.85	1.40	1.83	1.18
CT13941-11-M-25-1-M-M	1.04	1.09	1.18	0.83	0.89	1.31	1.51	1.20	1.27	1.35	1.24
CT13958-13-M-2-3-M-M	1.06	1.13	1.16	0.82	1.08	1.19	1.02	1.18	1.04	1.85	1.04
CT13956-29-M-29-2-M-M	1.08	1.34	1.01	0.93	0.94	1.04	1.27	1.14	1.02	1.59	0.97
CT13946-26-M-5-6-M-M	1.06	1.20	1.11	0.82	0.95	1.34	1.25	0.89	1.20	1.54	1.06
CT13956-29-M-14-1-M-M	1.02	1.23	1.10	0.74	1.07	1.23	1.38	1.12	1.11	1.14	1.09
CT13941-11-M-25-5-M-M	1.07	1.08	1.17	0.96	0.77	1.20	1.52	1.21	1.36	0.82	1.00
CT13958-13-M-7-5-M-M	1.11	0.94	1.06	0.99	1.15	0.87	1.18	1.07	1.26	0.95	1.20
CT13941-11-M-25-4-M-M	0.98	0.99	1.04	0.91	0.85	1.37	1.30	1.05	1.35	1.17	1.07
CT13958-13-M-2-1-M-M	1.04	1.14	1.04	0.85	1.11	0.76	1.07	1.12	1.22	1.22	1.14
CT13941-27-M-15-3-M-M	--	1.06	--	1.04	1.01	1.53	1.16	--	1.05	--	1.16
CT13959-3-M-10-4-M-M	1.05	1.24	0.96	0.93	0.83	0.97	1.16	0.79	1.49	1.30	1.06
CT13959-3-M-10-5-M-M	1.13	--	0.99	1.02	1.07	0.94	1.16	1.03	1.23	1.58	1.22
CT13958-13-M-26-5-M-M	1.07	1.00	0.94	0.87	1.03	1.09	1.01	1.11	1.30	1.58	1.01
CT13958-13-M-2-4-M-M	1.05	1.10	1.02	0.80	0.89	1.06	0.93	1.13	0.97	1.40	1.17
CT13958-13-M-33-1-M-M	1.11	1.01	0.93	0.80	0.95	0.94	1.22	1.01	1.43	1.18	1.05
Otros testigos locales	0.95	1.00	0.87	0.78	0.96	1.14	1.16	0.60	1.14	2.41	1.09
CT13976-7-M-14-1-M-M	1.03	1.15	0.93	0.97	0.70	0.82	1.03	0.98	1.21	1.74	1.01
CT13956-29-M-25-7-M-M	0.99	1.06	1.10	0.76	1.00	0.77	1.27	0.94	0.88	1.36	1.12
CT13956-29-M-8-3-M-M	1.02	0.94	1.08	0.94	0.92	0.94	1.24	0.80	1.40	1.00	0.80
CT13958-13-M-26-4-M-M	1.05	--	1.03	0.83	1.00	0.94	1.13	1.00	0.92	1.82	1.02
CT13941-27-M-19-1-M-M	0.96	1.19	0.98	0.76	0.91	1.21	1.13	1.00	1.11	0.44	0.92
Bg90-2	1.00	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CT13941-27-M-5-4-M-M	--	0.94	--	0.89	0.88	1.27	1.07	--	1.33	--	0.84
CT13941-27-M-4-1-M-M	--	0.84	--	0.80	0.71	1.08	--	--	1.13	--	0.78



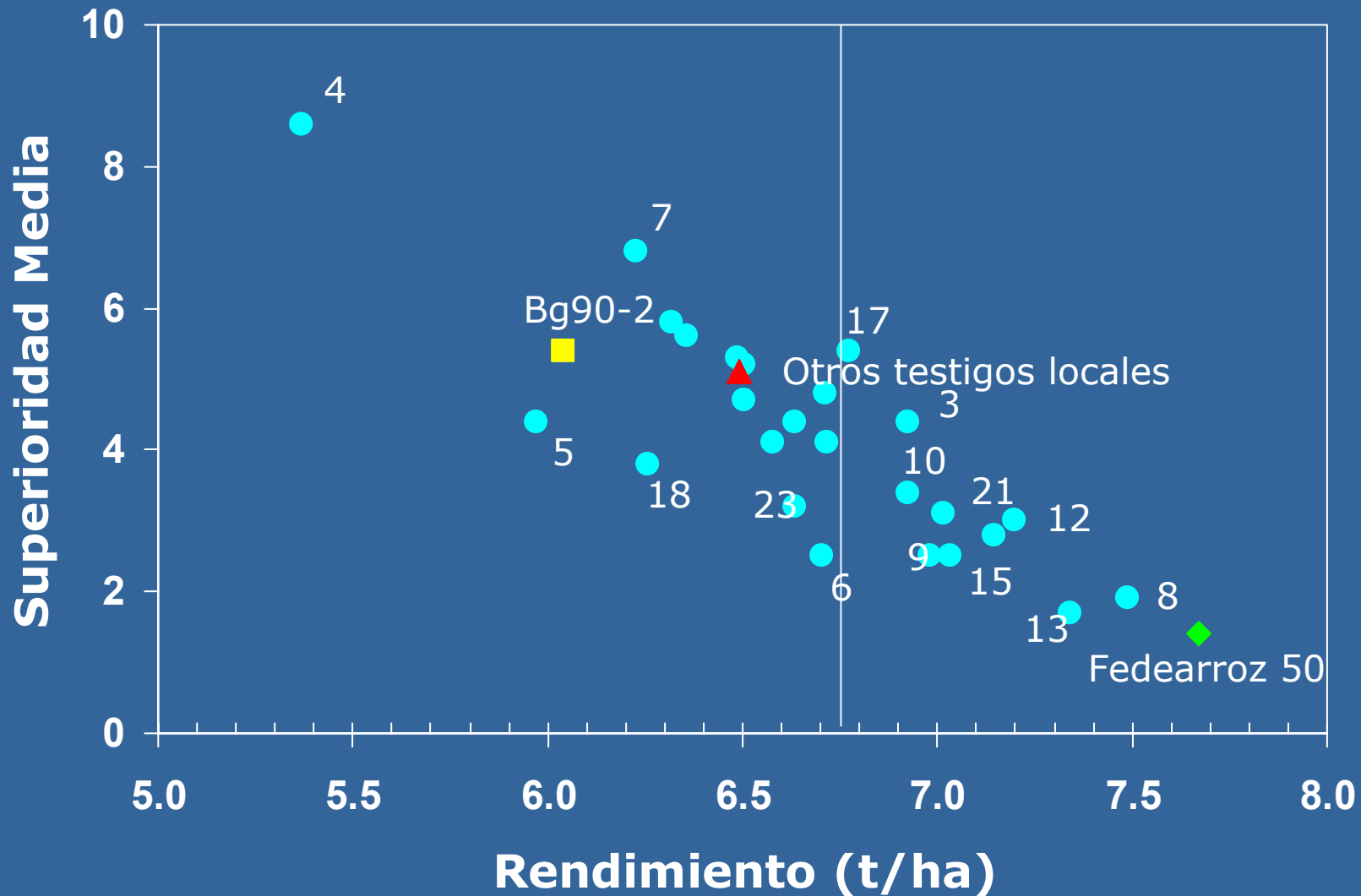
1/ Índice de rendimiento con relación a Bg90-2, excepto para Concepción (Argentina) donde los valores se basaron en El Paso 144

2/ Localidad 1.Aceituno 2.Concepción 3.Monterfa 4.Saldaña 5.Venezuela 6.Jamundí 7.Villaviciencia 8.CIAT 9.Armero 10.Uruguay 11=Surinam

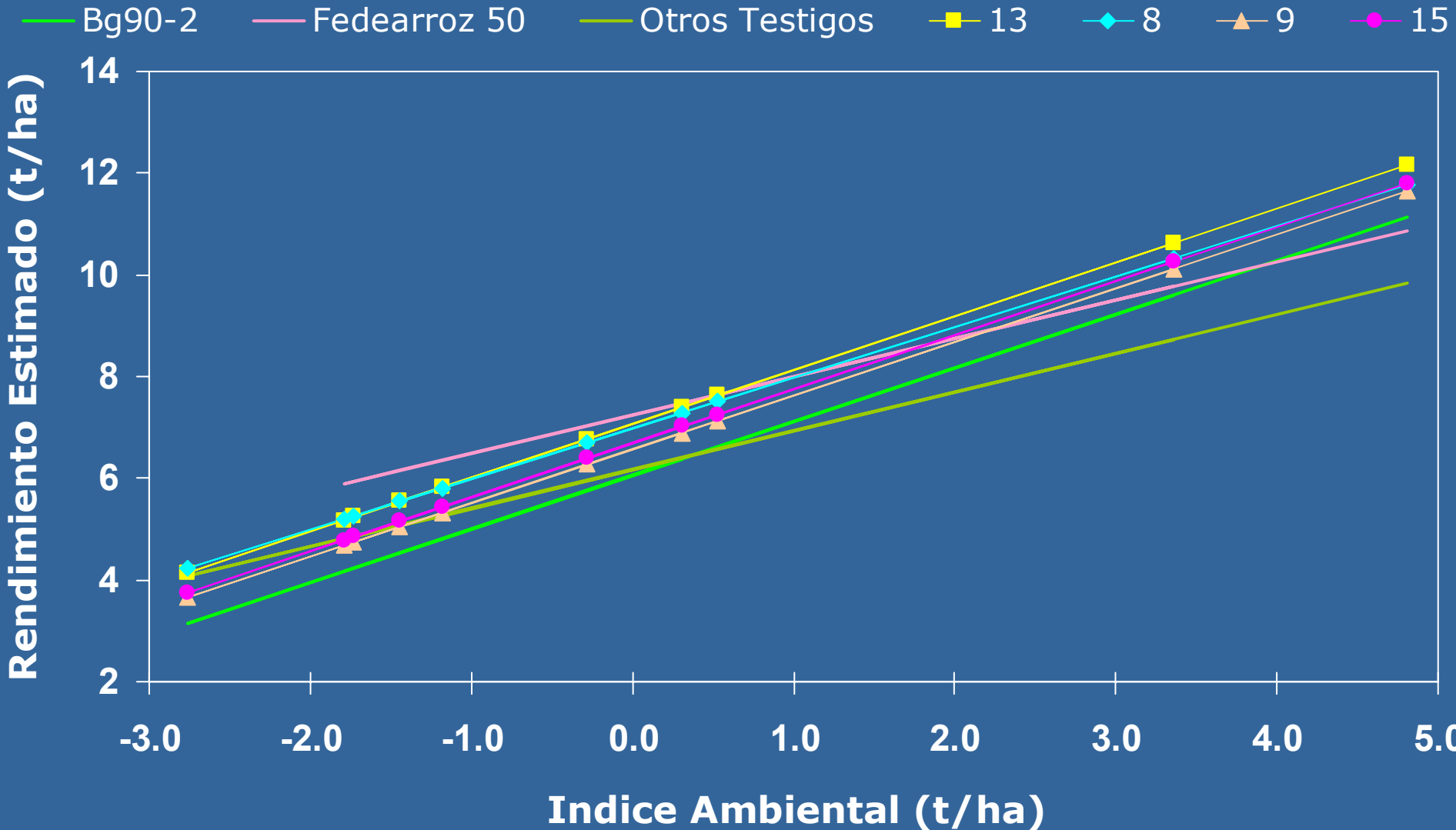
Promedios vs CVs para Ambientes



Promedios vs Superioridad Media para Genotipos



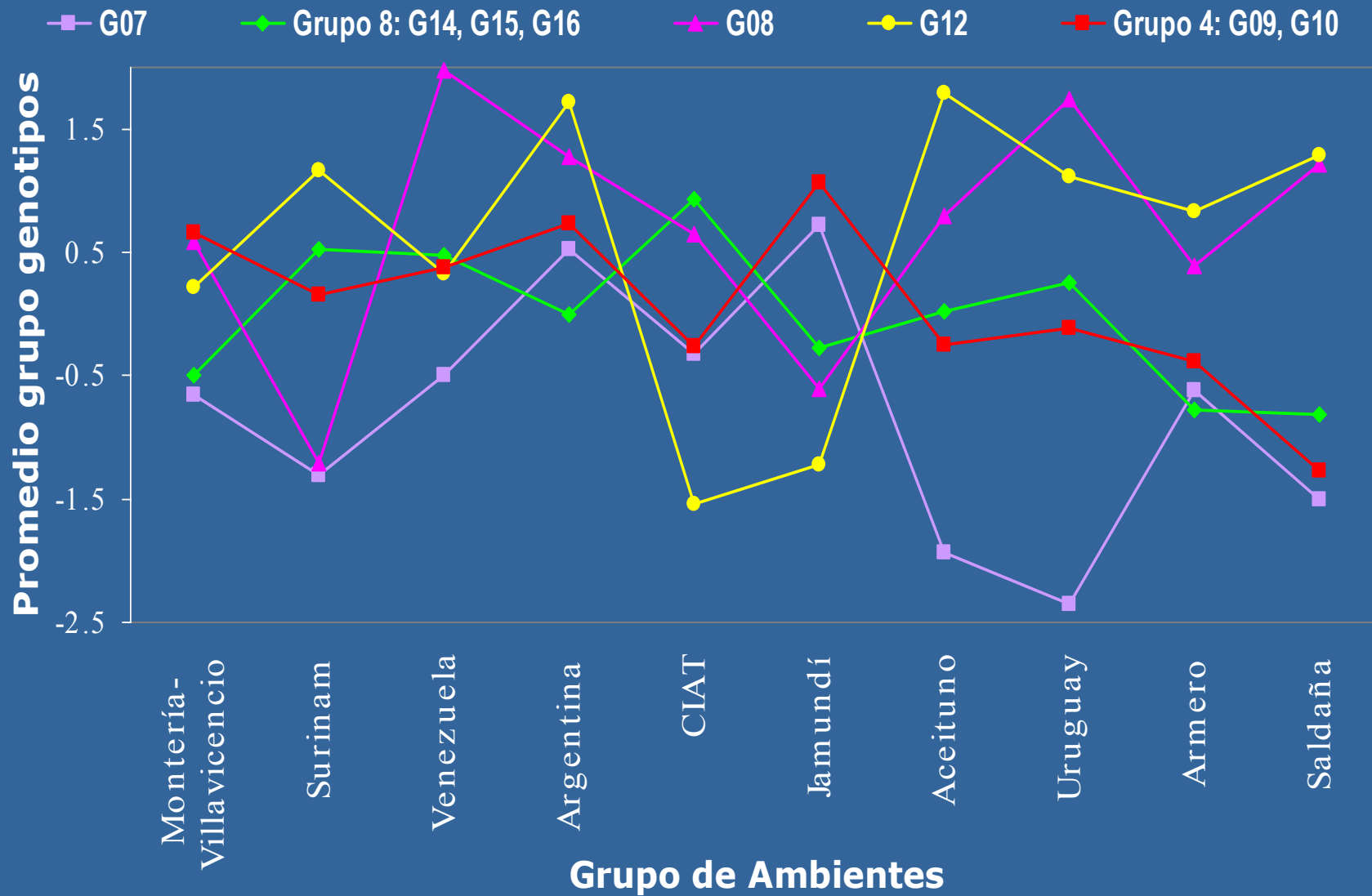
Regresión Lineal para Genotipos con bajo índice de superioridad



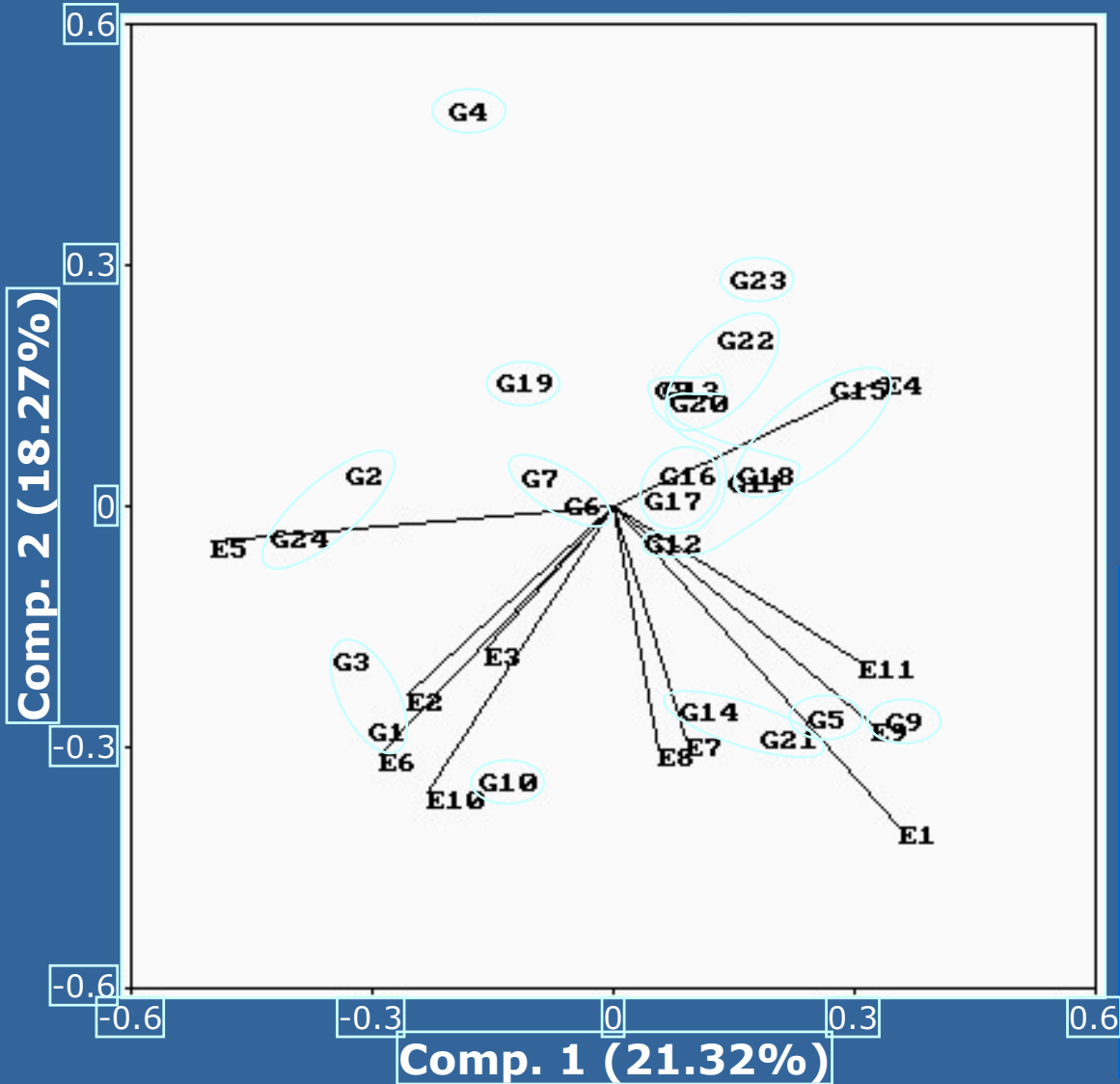
Resumen Análisis de Estabilidad de Eberhart y Russell

Nº Línea	Línea	Coefficiente de Regresión	Error Estándar	Prueba t $H_0: \beta_i=1$	Promedio	Desviaciones S_{di}^2	
1	CT13941-11-M-25-1-M-M	0.992	0.114	-0.07	7.148	0.195	
2	CT13941-11-M-25-4-M-M	0.928	0.107	-0.67	6.718	0.123	
3	CT13941-11-M-25-5-M-M	1.105	0.160	0.66	6.924	0.856	**
7	CT13941-27-M-19-1-M-M	1.020	0.152	0.13	6.227	0.728	*
8	CT13946-26-M-5-3-M-M	0.993	0.126	-0.06	7.489	0.349	
9	CT13946-26-M-5-6-M-M	1.055	0.085	0.65	6.980	-0.099	
10	CT13956-29-M-14-1-M-M	1.014	0.111	0.13	6.926	0.165	
11	CT13956-29-M-25-7-M-M	1.035	0.112	0.31	6.355	0.181	
12	CT13958-12-M-1-7-M-M	1.021	0.128	0.16	7.197	0.371	
13	CT13958-13-M-17-5-M-M	1.060	0.106	0.57	7.342	0.108	
14	CT13958-13-M-2-1-M-M	1.020	0.113	0.18	6.714	0.183	
15	CT13958-13-M-2-3-M-M	1.064	0.111	0.58	7.032	0.164	
16	CT13958-13-M-2-4-M-M	1.024	0.083	0.29	6.506	-0.118	
17	CT13958-13-M-7-5-M-M	1.122	0.125	0.98	6.774	0.336	
18	CT13958-13-M-26-4-M-M	1.027	0.090	0.30	6.256	-0.052	
19	CT13958-13-M-26-5-M-M	0.961	0.072	-0.54	6.580	-0.206	
20	CT13958-13-M-33-1-M-M	1.007	0.094	0.07	6.504	-0.020	
21	CT13956-29-M-29-2-M-M	1.023	0.062	0.37	7.018	-0.274	
22	CT13956-29-M-8-3-M-M	1.107	0.100	1.07	6.319	0.045	
23	CT13959-3-M-10-4-M-M	0.985	0.094	-0.16	6.633	-0.013	
24	CT13959-3-M-10-5-M-M	1.043	0.088	0.49	6.633	-0.071	
25	CT13976-7-M-14-1-M-M	0.930	0.126	-0.56	6.486	0.352	
26	Bg90-2	1.058	0.094	0.62	6.039	-0.017	
27	Fedearroz 50	0.755	0.168	-1.46	7.670	0.627	*
99	Otros Testigos Locales	0.763	0.185	-1.28	6.490	1.299	**

Comportamiento de Genotipos



Biplot



GENOTIPOS

01.CT13941	16.CT13958
02.CT13941	17.CT13958
03.CT13941	18.CT13958
07.CT13941	19.CT13958
08.CT13946	20.CT13958
09.CT13946	21.CT13956
10.CT13956	22.CT13956
11.CT13956	23.CT13959
12.CT13958	24.CT13959
13.CT13958	25.CT13976
14.CT13958	26.Bg90-2
15.CT13958	27.Fedearroz 50

AMBIENTES

ACEITUNO
ARMERO
CIAT
ARGENTINA
JAMUNDI
MONTERIA
SALDANA
SURINAM
URUGUAY
VILLAVICENCIO
VENEZUELA

CONCLUSIONES

- No hubo diferencias significativas en rendimiento pero a nivel local varias progenies superaron a Bg90-2
- La interacción GxE fue alta (75%)
- En cada grupo de ambientes hubo progenies mejores que Bg90-2
- Análisis de estabilidad Eberhart-Russell indicó que la mayoría de progenies tuvieron buena adaptabilidad
- Datos sugieren que la población Bg90-2/*O. rufipogon* contenía buena variabilidad genética
- Los resultados resaltan la utilidad de los cruzamientos interespecíficos