



Agro-biodiversidad y producción de semilla con el sector informal
a través del mejoramiento participativo en la Zona Andina

22 - 26 de Septiembre del 2003
Lima - Perú

Daniel Danial



Instituto Nacional de Investigación Agraria



PREDUZA, es el Proyecto de Mejoramiento para Resistencia Duradera en Cultivos de las zonas altas en la Región Andina. PREDUZA, es ejecutado por el Laboratorio de Mejoramiento de la Universidad Wageningen (WU) de Holanda y financiado por el Ministerio Holandés de Desarrollo y Cooperación, con su siglas en Holandés DGIS. PREDUZA, tiene su sede en Quito-Ecuador y esta relacionado con el mejoramiento genético y participativo de los cultivos altos en la región andina.

Dirección:

PREDUZA (Proyecto de Resistencia Duradera en la Zona Andina)
P/a CIAT, Avs. Eloy Alfaro y Amazonas. Edificio del Ministerio de Agricultura (MAG), cuarto piso, oficina 401, Quito-Ecuador
Tel-fax: 593-2-500316/541997
e-mail: ddanial@ciatfza.org.ec
web: www.preduza.org

Cita Correcta: Agro-biodiversidad y producción de semilla con el sector informal a través del mejoramiento participativo en la Zona Andina, 22-26 de Septiembre del 2003, Lima – Perú. Daniel L. Danial, ed. 217 páginas.

LIBERACION DE NUEVAS VARIEDADES DE CEBADA Y TRIGO PARA AREAS MARGINALES EN ECUADOR. COMO LO HICIMOS?

Miguel Rivadeneira, Luis Ponce y Segundo Abad

Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina, Panamericana sur km 14, Iniap. Quito, Ecuador. cereales@pi.pro.ec

Resumen

El Programa de Cereales del INIAP, cumpliendo con su mandato principal de generar y desarrollar nuevas y mejores variedades de cebada y trigo, ha identificado cultivares locales adaptados y “criollos”, así como también Introducciones de otros países, que constituyen fuentes valiosas de resistencia a royas de la hoja y amarilla, de cebada y trigo, respectivamente. Los cruzamientos se efectuaron en el invernadero, y las correspondientes líneas F7 y F8 fueron evaluadas y seleccionadas participativamente, por los campesinos(as) de varias comunidades cultivadoras de cereales de la sierra ecuatoriana.

Como resultado de esta actividad se han generado dos nuevas variedades de cebada (INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Pacha 2003) y una de trigo (INIAP-Zhalao). Cañicapa y Pacha se caracterizan por sus buenos niveles de resistencia a royas y rendimientos de grano a nivel experimental (4971 y 4332 kg/ha, respectivamente) que superan al testigo que rindió 3871 kg/ha, destacándose Cañicapa por su alto contenido de proteína (13.9%), que contribuirá a mejorar la nutrición de los campesinos(as). Zhalao, la nueva variedad de trigo reemplazará a Cojitambo, y se caracteriza por su buen tipo de grano, de color blanco, resistencia a roya amarilla y rinde (6073 kg/ha) tres veces más que el testigo (2167 kg/ha).

Estos resultados demuestran que la utilización de variedades locales en el Programa de Mejoramiento, es el camino más adecuado para desarrollar nuevas variedades, de acuerdo a las necesidades de los productores(as).

1. Introducción

El principal mandato de un Programa de Mejoramiento es el desarrollo de nuevas variedades mejoradas, para lo cual se debe empezar con la selección adecuada de los progenitores que participarán en los cruzamientos, que darán origen a las diferentes poblaciones segregantes, las mismas que sometidas a procesos de evaluación y selección, producirán líneas avanzadas que satisfagan las preferencias de los productores(as). El Programa de Cereales del INIAP, ha

identificado cultivares locales adaptados y “criollos”, así como también Introducciones de otros países, que constituyen fuentes valiosas de resistencia a royas de la hoja y amarilla, de cebada y trigo, respectivamente. Los cruzamientos se efectuaron en el invernadero, y las correspondientes líneas F7 y F8 fueron evaluadas y seleccionadas participativamente, por los campesinos(as) de varias comunidades cultivadoras de cereales de la sierra ecuatoriana, contándose al momento con líneas élite, que por su sanidad, rendimiento y condiciones de

grano, satisfacen las preferencias de los campesinos(as) y serán liberadas como nuevas variedades (dos de cebada y una de trigo) para la zona austral del país.

Las enfermedades conocidas como roya de la hoja (*Puccinia hordei*) en cebada y roya amarilla (*Puccinia striiformis*) en trigo, son las mayores enfermedades de los cultivos de cebada y trigo, respectivamente, en Ecuador, provocando que variedades nuevas pierdan su resistencia a las royas en pocos años después de su liberación, debido a la aparición de razas nuevas o más complejas Danial, *et al.*, 1993, Ochoa J, 1997).

La evaluación de germoplasma a nivel regional, mediante la utilización de metodologías participativas, enfatizó en la participación femenina, como un reconocimiento a la realidad actual, que ve a la mujer dedicada tanto a actividades del hogar así como también a las labores del campo, mientras el varón tiene que emigrar a las ciudades e interviene solo en determinadas etapas del cultivo; asimismo el énfasis se concentró en explicar a los campesinos(as) lo que es la investigación participativa (IP), las ventajas para el agricultor(a) de este nuevo enfoque de investigación, que permite el intercambio de experiencias entre los técnicos y los agricultores (Ceccarelli, 1994; Simmonds, 1991), al mismo tiempo que se los capacitó en el manejo de los dos cultivos, reconocimiento de las principales enfermedades y las ventajas del germoplasma evaluado en sus parcelas.

2. Materiales y métodos

Todos los años se siembran los respectivos Bloques de Cruzamientos (BC) de cebada y trigo, siendo el objetivo principal la incorporación de resistencia cuantitativa (RC) a royas; de acuerdo a esto, en los BC (Cuadros 1 y 2) se incluyó a progenitores que nos permitan acumular genes menores. Para eso, previamente se había estudiado el comportamiento de estos genotipos en varios años de cultivo y en estudios de componentes de resistencia, tanto en invernadero como en campo. Incluidas están variedades comerciales antiguas, la mayoría retiradas de cultivo, que poseen adecuados niveles de resistencia residual a royas, así como también variedades "criollas", que constituyen fuentes valiosas de resistencia, a pesar de presentar algunas deficiencias de carácter agronómico. El BC generalmente esta integrado por 15 a 20 padres, efectuándose las combinaciones que se haya planificado, dando un número promedio de 20 a 30 cruza simples por año.

Cuadro 1. Valores de severidad (S) a roya de la hoja, en planta adulta y tipo de infección (TI) en estado de plántula, de variedades y/o líneas avanzadas de cebada utilizadas en cruzamientos.

Origen	Variedad/línea	S (%)	TI
L	INIAP SHYRI 89	70	3+
C	GAL/PI6384//ESC-II-72-607-1E-1E-1E-5E	30	2+
C	EMIR/3/API/CM67-B//BUS/4/SHYRI/5/SEN	20	4
L	INIAP ATAHUALPA 92	20	3-
C	AIM/2*TERAN 78	40	2
C	AIM/2*TERAN 78/5/INIAP SHYRI 89	15	2
L	FRANCISCANA	50	3+
C	NADJA/SHYRI//GLORIA"S"/COPAL	20	2+
L	BOLIVIANA	40	3-
L	RITA PELADA	35	3+
C	GRIT	10	---

L= variedad/líneas locales, C= variedad/líneas introducidas desde CIMMYT

Cuadro 2. Valores de severidad (S) a roya amarilla, en planta adulta y tipo de infección (TI) en estado de plántula, de variedades y/o líneas avanzadas de trigo utilizadas en cruzamientos.

Origen	Variedad/línea	S (%)	TI
L	INIAP- COJITAMBO 92	40	7
L	INIAP- QUILINDAÑA 94	40	7
L	INIAP- CHIMBORAZO 78	30	8
L	INIAP- ANTISANA 78	53	7
L	INIAP- COTACACHI 98	27	2-3
C	LIRA/VEE 7	10	6
C	TINAMOU	5	0
C	FINK//IA8834	1	8
C	CHUM18//JUP/BJY	1	5
C	CATBIRD	0	7
L	R-PIZAN	30	---
L	"150"	30	---

L= variedad/líneas locales, C= variedad/líneas introducidas desde CIMMYT

La generación F1 se siembra en el invernadero, mientras que las restantes filiales son sembradas y evaluadas en el campo utilizando los métodos de pedigree (la F2) y pedigree-masal modificado (las restantes filiales). Por la importancia que tiene la segunda generación (F2), el tamaño de parcelas es mayor (6 m²), la siembra es semilla-unidad, en tanto que para las demás

filiales la siembra se la efectúa con una densidad comercial y en parcelas de 2 m². Las evaluaciones son permanentes durante el ciclo de cultivo y los genotipos son seleccionados descartando el material muy resistente, así como también el muy susceptible, aceptando solamente la fracción con severidades (S) intermedias (10 a 40%). La Cuadro 3 contiene un

resumen del material segregante evaluado y seleccionado en los últimos tres años de investigación.

Cuadro 3. Poblaciones segregantes de cebada y trigo evaluadas y seleccionadas, Santa Catalina.

Filial	Evaluadas		Cosechadas		Total seleccionadas	
	Cebada	Trigo	Cebada	Trigo	Cebada	Trigo
F2	93	76	873 ^a	641 ^a	508	324
F3	508	324	335	193	271	126
F4	271	126	154	79	102	58
F5	102	58	66	37	45	23
F6	45	23	28	16	21	12

^a. plantas individuales

El material avanzado, constituido por líneas de cebada y trigo homocigóticas, es evaluado en ensayos de rendimiento de 2 y 3 repeticiones, en un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA); generalmente cada ensayo esta constituido por 20 a 27 genotipos, cuyo rendimiento de grano así como también otras características agronómicas, son evaluadas en comparación con 3 variedades testigo. Simultáneamente se efectúa una réplica, en Parcelas Chicas (PC), de la mayoría del material evaluado en estos ensayos, así como también en Parcelas Grandes (PG) del material promisorio de cebada y trigo; la finalidad es disponer de semilla pura para el siguiente ciclo, e iniciar desde muy temprano el proceso de incremento de semilla.

El germoplasma promisorio y élite de cebada y trigo, es evaluado a nivel regional, mediante metodologías participativas (IP), en varias localidades cerealeras pobres y marginales de la sierra ecuatoriana, en un diseño BCA con 3 repeticiones. Los campesinos(as) fueron debidamente capacitados en IP, con enfoque de género, y utilizaron sus propios criterios de evaluación y selección.

Cada ciclo contamos con Introducciones de cebada y trigo procedentes de Centros Internacionales, que son evaluadas en los campos de la Estación Experimental Santa Catalina, en parcelas de 1 m²; el resumen del material evaluado en los últimos 3 años se presenta en la Cuadro 4.

Cuadro 4. Introducciones de cebada y trigo evaluadas y seleccionadas en los campos de la Estación Experimental Santa Catalina.

Cultivo	Líneas evaluadas	Líneas seleccionadas
Cebada	975	127
Trigo	3198	345

Los campos fueron oportunamente inoculados (al macollamiento) con

esporas de roya de la hoja y amarilla,

procedentes de aislamientos prevalentes en la zona.

3. Resultados

En la Cuadro 1 se presenta los promedios de severidad (S) de varios años de roya de la hoja en planta adulta y el tipo de infección (TI) en plántula, de un grupo selecto de progenitores de cebada que han integrado los bloques de cruzamientos en los últimos 6 a 7 años. Constan genotipos “criollos” como Franciscana, Boliviana y Rita pelada, que poseen diferentes niveles de resistencia de planta adulta y valores altos de TI en estado de plántula. En cuanto a las variedades comerciales antiguas (Shyri, Atahualpa, Calicuchima), son cultivares que perdieron su resistencia a roya, variando el valor de S de bajo a alto, llegando hasta un 70% en el caso de Shyri 89, razón por la cual pueden poseer niveles adecuados de resistencia residual, que es de naturaleza cuantitativa y parece ser durable (Parlevliet, 1979), constituyéndose en fuentes recomendables de resistencia en el programa de mejoramiento.

Los genotipos restantes proceden del ICARDA/CIMMYT, y presentan más bien niveles menores de roya que el material local, pero a su vez se observa valores altos de TI, que caracterizan a la resistencia de planta adulta, tipo de resistencia que también puede ser durable.

En la Cuadro 2 en cambio se presenta información que caracteriza a varios de los padres de trigo que han intervenido en los bloques de cruzamientos de los últimos años. Los valores de S son el promedio de varios años registrados

como planta adulta, mientras que el TI fue determinado en el invernadero en estado de plántula. Como en el caso de cebada, las variedades comerciales (Cojitambo, Quilindaña, Cotacachi, Antisana, Chimborazo), también pronto perdieron su resistencia a roya amarilla, presumiéndose que por lo tanto poseen buenos niveles de resistencia residual, que es útil para el programa de mejora; lo mismo se puede atribuir a variedades “criollas” como R-Pizán y “150”. A este grupo de genotipos lo hemos calificado como un material “élite” que se lo esta aprovechando en cruzamientos, pues pueden seguir generando nuevas y mejores combinaciones de genes, que se darán mediante la acumulación de genes favorables que actúan de una manera aditiva o epistática. Los restantes progenitores proceden del CIMMYT, y por sus valores relativamente bajos de S y altos de TI, asumimos que poseen resistencia de planta adulta, que es útil en mejoramiento.

Los resultados de las diferentes actividades de evaluación y selección efectuadas en las filiales F2 a F6, constan en la Cuadro 3; como ya quedó señalado, el énfasis esta puesto en la selección de genotipos con probable resistencia cuantitativa a royas, aceptando material con reacciones intermedias a los patógenos. Esta por demás recalcar en la importancia que tiene la F2 para un Programa de Mejora, razón por la cual se dedica especial atención a esta filial en la cual se practica la selección de plantas individuales, que constituyen la base del germoplasma que proseguirá siendo evaluado en las siguientes filiales, hasta la F6.

La evaluación del material homocigótico (material avanzado) en diferentes categorías de ensayos de rendimiento, nos permite con cada ciclo de prueba ir identificando a las líneas promisorias y élite de cebada y trigo.

En la Cuadro 5 se presenta al material élite de cebada, fruto de los procesos de evaluación y selección de los últimos tres años, tanto en la Estación Experimental, cuanto en campos de agricultores(as), siendo destacable el hecho que la mayoría de estas líneas provienen de cruza locales (L), en las que intervienen padres con las características señaladas en la sección correspondiente a cruzamientos; la severidad de roya de la hoja comprende valores intermedios y los rendimientos de grano (medidos en la E.E. Santa Catalina) fluctúan entre 4296 y 4971 kg/ha. De este grupo de genotipos destacan Cañicapa y Pacha, que por su buen comportamiento y por

decisión de los agricultores(as), de acuerdo a sus preferencias y criterios de selección, serán las dos nuevas variedades para la zona austral del país. Cañicapa es una línea de alto rendimiento de grano (4971 kg/ha), buen tipo agronómico y adecuada reacción a las principales enfermedades, siendo su principal ventaja el alto contenido de proteína (13.9% al 14% humedad), que sin duda va a contribuir notablemente a mejorar la calidad nutritiva de la dieta de los campesinos(as) cultivadores de cebada. Pacha por su parte, es una línea de buen rendimiento de grano, pero ante todo los productores(as) la prefirieron por su excelente forma y tamaño de grano, que producirá arroz de cebada y máchica (harina de cebada tostada) de buena calidad. Las bondades de estas dos nuevas variedades contrastan con los valores registrados por los testigos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Días al espigamiento, porcentaje de severidad (S) de roya de la hoja, incidencia de fusarium y rendimiento de grano de líneas elite de cebada.

Origen	Variedad/línea	Días espiga	Fusarium	Severidad roya de la hoja	Rend. kg/ha
L ^a	INIAP-SHYRI89/3/GAL/PI6384//ESC-II-72-607-1E-1E-1E-5E = Cañicapa	94	1	20	4971
L	GAL/PI6384//CN48/CI8985/3/GLORIA"S"/COPAL"S"	88	3	15	4875
L	FRANCISCANA/3/NADJA/SHYRI//GLORIA"S"/COPAL	93	6	10	4415
C ^b	JAZMIN/CARDO//TOCTE	84	1	20	4384
L	INIAP- SHYRI 89/GRIT 44= Pacha	93	4	10	4332
L	INIAP- SHYRI 89/GRIT 43	90	3	15	4300
L	INIAP- SHYRI 89/GRIT 20	89	6	30	4296
C	LEO-B/ALELI/4/SHYRI//GLORIA-BAR/COPAL/3/SHYRI/GRIT	89	4	30	4250
C	CAMELOT/ALELI	77	2	30	4158
C	ANCA/2469//TOJI/3/SHYRI/4/81S.508/5/MPYT169.1Y/LAUREL //OLMO	84	6	60	4022
	INIAP- SHYRI 2000 [†]	84	6	60	3871
	INIAP- QUILOTOA [†]	77	4	10	3778

† Testigo
^a Local
^b CIMMYT

Hay también material destacado que procede de introducciones de cebada del Icarda/Cimmyt (C), que también están siendo evaluadas en campos de agricultores(as).

También en el caso de trigo, el mejor material (élite) con el cual cuenta actualmente el Programa (Cuadro 6), procede de cruces locales (L), confirmándose en este caso las bondades de los progenitores utilizados y ratificando lo arriba expresado, de que se trata de un germoplasma que va a seguir rindiendo buenas progenies

en el futuro. De este grupo, esta ya designada para convertirse en variedad, para el austro también, la línea No. 3, (INIAP COJITAMBO 92 //FINK/IA8834), que se denominará **Zhalao** y reemplazará a Cojitambo 92, que se muestra susceptible a roya amarilla. Las características que destacan en esta línea son su buen tipo y color de grano, rendimiento y resistencia a enfermedades, que hicieron que la prefieran los campesinos(as) que la evaluaron fuera de la Estación Experimental.

Cuadro 6. Días al espigamiento, severidad y reacción de roya amarilla, hoja (H), espiga (E), peso hectolítrico y rendimiento de grano de líneas élite de trigo.

No. línea	Origen	Variedad/línea	Días espiga	Severidad roya amarilla		Peso hect. kg/hl	Rend. kg/ha
				H	E		
1	L	INIAP-COJITAMBO 92//FINK/IA8834	84	40MS	T	75,9	5505
2	L	INIAP-COJITAMBO 92/TINAMOU	87	5MR	T	77,0	5083
3	L	INIAP COJITAMBO92//FINK/IA8834=Zhalao	83	20MS	0	78,0	6073
4	L	INIAP-COJITAMBO92//FINK/IA8834	80	10MS	0	75,0	5995
5	L	TINAMOU//LIRA/VEE#7	79	20MS	0	76,5	5927
6	L	INIAP-HIMBORAZO/TINAMOU	92	5MR	0	75,9	6214
7	L	INIAP-CHIMBORAZO/CATBIRD/3/CHIMBORAZO //K.POPO/ MBUNI	87	15MR	0	75,3	5780
8	C	CS/TH.CU//GLEN/3/GEN/4/SUZ8/5/TOW/SARA//BAU/6/CBRD	87	40S	5	76,0	4616
9	C	TINAMOU	81	10MS	T	77,6	4583
		INIAP- CHIMBORAZO 78 ¹	80	40S	T	71,1	3472
		INIAP- COJITAMBO 92 ¹	83	80S	20	71,0	2167

¹ Testigo
^a Local
^b CIMMYT

Finalmente, en relación a las Introducciones provenientes de Centros Internacionales, vale la pena indicar que constituyen un valioso aporte de germoplasma de cebada y trigo, el cual luego de las correspondientes evaluaciones, es incorporado sea como padres para cruzas, o integran ensayos de rendimiento en la Estación Experimental y posteriormente son probados en ensayos a nivel regional, en diferentes comunidades campesinas cerealeras. De estos viveros normalmente se selecciona un 10% de la líneas, por su resistencia a enfermedades y buenas características, tanto agronómicas como de calidad de grano.

4. Conclusiones

La inclusión de germoplasma local, variedades antiguas y "criollas" como progenitores en un programa de mejoramiento genético generalmente produce resultados positivos, generando genotipos superiores a sus padres, segregación transgresiva que puede conducir a la obtención de resistencia cuantitativa en las progenies.

El programa de mejoramiento cuenta en la actualidad con material élite de cebada y trigo, que le permite poner a consideración de los agricultores(as) germoplasma que satisface sus preferencias y usos de estos cereales.

Si bien el cultivo de trigo atraviesa una situación crónica de depresión, sin embargo, no se debe descuidar la seguridad alimentaria de un sinnúmero de campesinos(as) pobres y/o de subsistencia que cultivan su pequeña

parcela, cuya cosecha le sirve de alimento familiar.

Fuera de la Estación Experimental, con la aplicación de las metodologías de investigación participativa (IP), se esta explotando al máximo la interacción genotipo por ambiente y ya se dispone de líneas seleccionadas participativamente, tres de las cuales están a punto de convertirse en futuras variedades mejoradas.

Bibliografía

- INEC-MAG-SICA, 2002. III Censo Nacional Agropecuario, República del Ecuador, ed. INEC-MAG-SICA, Resultados Nacionales y Provinciales. Vol. 1, Cuadro 7.
- Ceccarelli, S. 1994. Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica*, 77(3):205-219.
- Simmonds, N.W. 1991. Selection for local adaptation in a plant breeding programme. *Theor. Appl. Genet.* 82:363-367.
- D.L. Danial, W. Stubbs and J.E. Parlevliet, 1993. Evolution of virulence patterns in Yellow rust and its implications for breeding for resistance in wheat in Kenya. *Euphytica* 80:165-170.
- Ochoa J. 1997. La roya amarilla del trigo en el Ecuador. Aspectos epidemiológicos y de Resistencia. En Primer Taller de Producción en Resistencia Duradera en Cultivos Altos en la Zona Andina, 22-24 Septiembre, 1997, Quito, Ecuador. Ed. D.L. Danial, pp. 45-22.
- Parlevliet, J.E. 1979. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. *Annual Rev. Of Phytopathology* 17:203-222.