

## AVANCES EN EL MEJORAMIENTO DE LA CEBADA DE GRANO DESNUDO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

*Benjamín Sañudo Sotelo<sup>1</sup>*

*Oscar Checa Coral<sup>2</sup>*

*Germán Arteaga Meneses<sup>3</sup>*

### RESUMEN

El presente trabajo se realizó entre 1991 y 1999, con el fin de obtener líneas promisorias de cebada de grano desnudo para la zona cerealista de Nariño, a partir del cruzamiento de un material desconocido de espiga dística y grano descubierto con líneas de espiga hexástica y grano cubierto, procedentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

Las características de espiga hexástica y grano desnudo se fijaron en la generación F<sub>2</sub>, al estar condicionados por genes recesivos independientes. Se hicieron selecciones individuales hasta F<sub>5</sub> y masales hasta F<sub>7</sub>, obteniéndose siete líneas promisorias, con las cuales se establecieron siete pruebas de rendimiento, mostrando similar comportamiento productivo de grano seco en condiciones de baja incidencia del virus del enanismo amarillo.

Con presión de altas poblaciones de áfidos vectores del virus, únicamente fue tolerante la línea L6 (FACIA15 x DISTICA DESNUDA), con rendimientos estadísticamente superiores a los de las líneas restantes. Lo anterior permitió que en el análisis de estabilidad, la Línea L6 mostrara mejor comportamiento en ambientes desfavorables el cual fué consistente con  $B < 1$  y  $S^2_{di} = 0$ .

<sup>1</sup> Profesor Asociado Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

<sup>2</sup> Profesor Auxiliar Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

<sup>3</sup> Profesor Asociado Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Pasto, Colombia.

## INTRODUCCION

Ante el desestímulo total de la industria cervecera hacia el cultivo de la cebada en Nariño, al comenzar la década de los 90, la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, consideró conveniente iniciar el impulso de esta especie para la alimentación humana y animal, dadas sus cualidades nutricionales, el potencial productivo de forraje y grano seco, su precocidad y la tolerancia a ambientes poco favorables (Lara y Ramos, 1997).

Por tal razón a partir de 1991, se viene realizando un programa de mejoramiento de cebada de grano desnudo, característica que le da cierta ventaja sobre la de grano cubierto, como: menor contenido de salvado, menores pérdidas de nutrientes durante el procesamiento y mayor digestibilidad de sus productos (Villacres, 1996). En dicho programa se plantearon los siguiente objetivos:

Estudiar la herencia del tipo de espiga y grano desnudo en poblaciones F2.

Obtener por hibridación y selección de grano desnudo líneas promisorias para evaluarlas en pruebas regionales.

Poner a disposición de los agricultores de clima frío un material sobresaliente como alternativa de alimentación y producción en la zona cerealista de Nariño.

## METODOLOGIA

El presente trabajo se realizó entre 1991 y 1999, cumpliendo las siguientes etapas.

### Programa de cruzamientos

En el municipio de Pasto a 2710 msnm, se sembraron las líneas FACIA3, FACIA5, FACIA6, FACIA7, FACIA10, FACIA11, FACIA12, FACIA14, FACIA15 y FACIA16 de espiga hexástica y grano cubierto con dos surcos de

2.0 m por línea y a 0.30 m entre ellos. También se sembraron 10 surcos con una cebada desconocida de espiga dística y grano desnudo. Se realizaron cruzamientos, empleando como progenitores femeninos, las líneas FACIA.

### Evaluación de progenies F1y F2.

La semilla resultante de la hibridación se sembró en surcos de 2 metros, con un surco por híbrido y separación entre surcos de 0.30 metros. La población F1 de cada cruce se evaluó por el tipo de espiga y la cobertura de grano. En el siguiente semestre se establecieron 10 parcelas cada una con tres surcos de 2 metros y separación de 0.30 metros entre ellos; en la época de cosecha se evaluaron todas las plantas en cuanto al número de carreras de la espiga y la cobertura de grano. Los datos de la población F2 se promediaron para aplicar la prueba de  $X^2$  y determinar la herencia de los caracteres en estudio (Sañudo, Castillo y Ramírez, 1998).

### Programa de selección hasta F7

Apartir de la población F2 se hicieron siembras semestrales hasta F7, realizando selección por pedigree en F3, F4 y F5, para macollamiento, uniformidad de espigamiento, precocidad y sanidad general, conservando las características de

espiga hexásticas y grano desnudo. En las generaciones F6 y F7 se hicieron selecciones de los surcos sobresalientes, para obtener las líneas que serían llevadas a pruebas de rendimiento.

### Pruebas de rendimiento

Se realizaron a partir del primer semestre de 1996, con siete líneas sembradas en el municipio de Pasto, utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Las parcelas tuvieron dimensiones de 3.0 x 3.0 m, en donde se establecieron surcos a 0.30 metros, para la siembra a chorrillo con una densidad de 80 kg/ha.

En 1996 B se montaron tres pruebas en Pasto, Yacuanquer y Ospina, mientras que en 1997 A, las siete líneas se evaluaron en Pasto, Contadero y Puerres, con el mismo procedimiento experimental utilizado en la primera prueba. Con los rendimientos obtenidos en las siete pruebas se hizo el Análisis de Varianza individual (líneas para cada localidad) y combinado (líneas x localidad), para luego determinar la estabilidad de las líneas a través de diferentes ambientes (Eberharth y Russell, 1966).

### Parcelas de observación

En los semestres 1998 A y 1998 B, se trabajó únicamente con una línea que resultó tolerante al virus del enanismo amarillo, de alta incidencia en el primer semestre de 1997, la cual se sembró en los municipios de Pasto, Yacuanquer, Tangua, Imués, Guaitarilla, Túquerres, Ospina, Sapuyes, Iles, Puerres y Funes, estableciendo parcelas de observación de 10 m. x 10 m. en cada municipio y semestre, en siembra al voleo con una densidad de 80 kg/ha, sin fertilización. En la época de cosecha se hizo el corte y trilla de la totalidad de plantas de cada parcela, determinando el rendimiento de grano seco por hectárea.

### Labores de cultivo

En las pruebas de rendimiento y parcelas de observación, únicamente se hizo la aplicación del herbicida Metilsulfuron (Ally), a los 30 días después de la siembra, con una dosis de 15 gramos de PC por hectárea, para el control de malezas de hoja ancha.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Evaluación de características hereditarias

Después de la siembra de semilla híbrida proveniente del cruce entre una línea de espiga dística (dos carreras) y grano desnudo por líneas de espiga hexástica (seis carreras) y grano cubierto, en la generación F1 se obtuvo una población uniforme con espiga dística y grano cubierto para los 10 cruces, mientras que en la generación F2, el promedio de las 10 poblaciones, dió como resultado: 212 plantas con espiga dística y grano cubierto, 72 con espiga dística y grano desnudo, 68 con espiga hexástica y grano cubierto y 22 con espiga hexástica y grano desnudo.

Se determinó que los caracteres de tipo de espiga y cobertura de grano, se segregan independientemente, dando en la F2 una distribución fenotípica de 9: 3: 3: 1, con una  $X^2$  observada de 0.20, frente a una  $X^2$  tabulada de 7.81 al 95 % de probabilidad. En la F2 se pudo fijar las características de espiga hexástica y grano desnudo, por estar gobernadas por genes recesivos en locus diferentes.

### Obtención de líneas promisorias

El proceso de selección realizado a partir de la generación F2 hasta F5, permitió la obtención de siete surcos denominados L3 (FACIA5 x DISTICA DESNUDA), L6 (FACIA5 x DISTICA DESNUDA), L15 (FACIA 7 x DISTICA DESNUDA),

L21 (FACIA 11 x DISTICA DESNUDA), L35 (FACIA 12 x DISTICA DESNUDA), L42 y L43 (FACIA 14 x DISTICA DESNUDA), por tolerancia a enanismo amarillo (ausencia de plantas achaparradas en el surco), maduración uniforme de espigas, baja proporción de hijeamiento, grano grueso y con un potencial de rendimiento mayor de 2000 kg/ha, haciendo el descarte de 63 de 70 surcos que se tenían hasta el momento. Los siete surcos seleccionados se uniformizaron en F6 y F7, dando origen al mismo número de líneas promisorias para la evaluación en pruebas de rendimiento.

### Pruebas de rendimiento

De acuerdo con el Análisis de Variancia combinado (Tabla 1), se determinaron diferencias altamente significativas entre localidades y líneas de cebada así como para la interacción localidades x líneas, por lo que se realizó el Análisis de Variancia individual para cada localidad (Tabla 2), encontrándose diferencias no significativas para las pruebas realizadas en los semestres de 1996. Sin embargo, para el primer semestre de 1997, existieron diferencias altamente significativas para rendimiento entre las siete líneas evaluadas.

Las diferencias no significativas en 1996, se debieron a comportamiento normal de líneas emparentadas, gracias a que las condiciones climáticas favorecieron el desarrollo de las plantas, manifestándose un índice ambiental positivo, como se observa en la (Tabla 3).

Los rendimientos promedios para éstas pruebas oscilaron entre 2053.30 - 2970.00 kg/ha en Pasto 1996 A, mientras que en 1996 B fueron de 2450.00 - 2960.00 kg/ha, 1966.70 - 2423.30 kg/ha y 2663.30 - 3396.70 kg/ha respectivamente para las localidades de Pasto, Yacuanquer y Ospina (Tabla 3).

En el primer semestre de 1997 se presentaron condiciones de sequía prolongadas, lo cual además de afectar directamente el desarrollo y producción de las líneas, por problemas de absorción de nutrientes y efecto desecante de los

vientos, favoreció la presencia de altas poblaciones de áfidos de la especie *Acyrtosiphon dirhodum*, existiendo presión del inóculo del virus del enanismo amarillo desde las primeras etapas de crecimiento, por lo que se manifestaron síntomas de disminución del tamaño de las plantas y amarillamiento foliar, con lo que el índice ambiental para las tres pruebas de rendimiento fue negativo (Tabla 3). En consecuencia hubo disminuciones apreciables en la producción de grano seco. Al respecto, Guzmán y Yopez (1986), indican que las pérdidas por el virus en cebada, se encuentran entre 30 y 90 %.

La línea L6 mostró un comportamiento tolerante a la virosis, con rendimientos promedios de 1983.30 y 1733.30 kg/ha respectivamente, en las localidades de Pasto y Puerres, con diferencias significativas sobre las demás líneas que fueron susceptibles a la enfermedad, con rendimientos de 315 - 830 kg/ha en Pasto y 286.7 - 770 kg/ha, en Puerres. En la localidad de Contadero la línea L6 con 1910 kg/ha, también superó significativamente a las otras líneas que produjeron 203.30 - 1136.70, kg/ha, pero se observa que L15 con 1136.70 kg/ha, tuvo diferencias significativas respecto a las otras líneas con 203.30 - 513.30 kg/ha (Tabla 3).

La virosis tuvo mayor efecto en la localidad de Pasto -97 A, con diferentes grados de incidencia entre las parcelas, debido a la distribución desuniforme de los áfidos vectores, lo que determinó diferencias en cuanto a población de plantas afectadas en cada parcela y en severidad, reflejándose luego en variaciones grandes de rendimientos en los bloques. Por ésta razón, se incrementó el coeficiente de variación, lo cual llevó a eliminar la localidad de Pasto - 97 A para el análisis de estabilidad.

### Análisis de estabilidad

En la (Tabla 4) se consignan los resultados del análisis de estabilidad, mostrando que las líneas L3, L21, L35 y L42, con rendimientos promedios entre



1721.70 a 1984.99 kg/ha de grano seco son estables, al obtener los parámetros  $B = 1$  y  $S^2 di = 0$ . Esto indica que éstas líneas en conjunto responden en forma similar de acuerdo al ambiente, es decir en ambientes desfavorables como Puerres y Contadero, las cuatro líneas muestran bajos rendimientos y al pasar a ambientes favorables como Pasto 96 A y Ospina, todas se ven favorecidas en el incremento de sus rendimientos (Figura 1).

A pesar de lo anterior éstas líneas fueron superadas en rendimiento promedio de todos los ambientes, por la línea L6, la cual alcanzó 2504.40 kg/ha con parámetros de estabilidad  $B < 1$  y  $S^2 di = 0$ , lo cual indica que este genotipo presenta mejor respuesta en ambientes desfavorables como Puerres y Contadero, pero que dicha respuesta es consistente (Tabla 4 y Figura 1).

La mejor respuesta de la línea L6 en ambientes desfavorables, se corrobora con los resultados obtenidos en la comparación de promedios de las localidades de Contadero y Puerres, en las cuales éste material superó significativamente a las demás líneas (Tabla 3).

La línea L15 presenta un comportamiento similar a la línea L6, con  $B < 1$  y  $S^2 di = 0$ , lo cual indica que también presenta mejor comportamiento en ambientes desfavorables y que dicho comportamiento es consistente; sin embargo, es superada en el rendimiento promedio por la línea L6 (Tabla 4 y Figura 1).

La línea 43, con parámetros de estabilidad  $B > 1$  y  $S^2 di = 0$ , fue consistente, con mejor respuesta en ambientes favorables, lo que indica que su potencial de rendimiento se ve favorecido en localidades con buenas condiciones de suelo y con control de áfidos vectores del enanismo amarillo (Tabla 4 y Figura 1).

Con base en los anteriores resultados y observando el mejor comportamiento de la línea L6, la cual sobresale por su mayor potencial productivo general (Tabla 3) especialmente en ambientes desfavorables en los cuales se presentaron problemas

de sequía y alta incidencia de virosis, se determinó su multiplicación en la zona cerealista de Nariño.

### Pruebas de observación

En la Tabla 5, aparecen los rendimientos de grano de la línea L6 obtenidos en el segundo semestre agrícola de 1998 y en el primero de 1999, en 11 municipios cerealistas, en parcelas de 100 m<sup>2</sup>, para realizar la difusión de la cebada de grano desnudo, como alternativa de diversificación. Se observa el alto potencial de rendimiento que tiene la línea en ambientes favorables como Túquerres, Ospina y Sapuyes, en donde las condiciones de fertilidad de los suelos, permiten un adecuado macollamiento de las plantas. En los municipios de Imués y Funes, los rendimientos fueron comparativamente bajos, para la prueba de 1999A, debido a vaneamiento parcial de las espigas, lo cual implica la necesidad de un manejo del problema en regiones con suelos deteriorados y durante el primer semestre agrícola del año.

### CONCLUSIONES

Los caracteres de espiga hexástica y grano desnudo de la cebada se debe a genes recesivos independientes.

La línea L6 (FACIA X DISTICA DESNUDA) mostró comportamiento tolerante al virus del enanismo amarillo, con rendimientos significativamente mayores, comparativamente con otras seis líneas, las cuales no difieren con la primera línea cuando hay baja incidencia de la enfermedad.

El potencial de rendimiento de grano seco de la línea L6 es mayor de dos toneladas por hectarea; sin embargo, se debe manejar el problema de vaneamiento.

Por su comportamiento consistente y con buena respuesta en ambientes desfavorables, es necesario hacer una difusión de la línea L6 y realizar trabajos para evaluar su capacidad forajera.

## BIBLIOGRAFIA

EBERHARTH, S.A., y RUSSELL W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6:36-40. 1966.

GUZMAN, G y YEPEZ, B. E valuación de pérdidas en la producción de cinco variedades de cebada por efecto del virus del enanismo amarillo en diferentes épocas de desarrollo de las plantas, Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto - Colombia, 1986. 95 p.

LARA, N y RAMOS, J. Evaluación de materiales promisorios de cebada en ambientes no favorables del departamento de Nariño. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto - Colombia, 1997. 65 p.

PANDEY, S. Y VARGAS, J. E. La interacción genotipo- medio ambiente y su importancia en el mejoramiento Intrapoblacional en las plantas cultivada, Memorias Congreso Latinoamericano de genética. Bogotá octubre 13-18, 1985.

SAÑUDO, B., CASTILLO, G. Y RAMIREZ, B. Principios básicos de genética, Editorial Universitaria, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto Colombia, 1998. 147 p.

VILLACRES, E. La cebada un cereal nutritivo. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nutrición y Calidad, Programa regional de cebada y trigo, Quito - Ecuador, 1996. 90p

**Tabla 1 Análisis de Varianza Combinado para el Rendimiento de Siete Líneas de Cebada Desnuda en Siete pruebas Regionales**

Fuente de Variación	GL	Cuadrado Medio	F tabulado	
			5%	1%
Localidades	6	22174979,53**	2.22	3.06
Líneas	6	1901013,66**	2.22	3.06
Localidades x Líneas	36	294924,91**	1.33	1.51
Error	84	142250		

**Tabla 2** Análisis de Varianza para los rendimientos de grano seco (kg/ha) de Siete Líneas de Cebada de Grano Desnudo en Siete Pruebas Regionales de Nariño

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Pasto 96 A	Pasto 96 B	Yacuanquer 96 B	Ospina 96 B	Pasto 97 A	Contadero 97 A	Puerres 97 A
Líneas	6	309333,30 NS	80687,30 NS	111682,50 NS	208471,40 NS	918080,60 **	1166353,90 **	7949954,00 **
Error	12	191236,10	211644,40	125118,30	273833,30	136891,28	26234,90	30969,70

\*\* Diferencias Altamente Significativas  
NS Diferencia no significativa

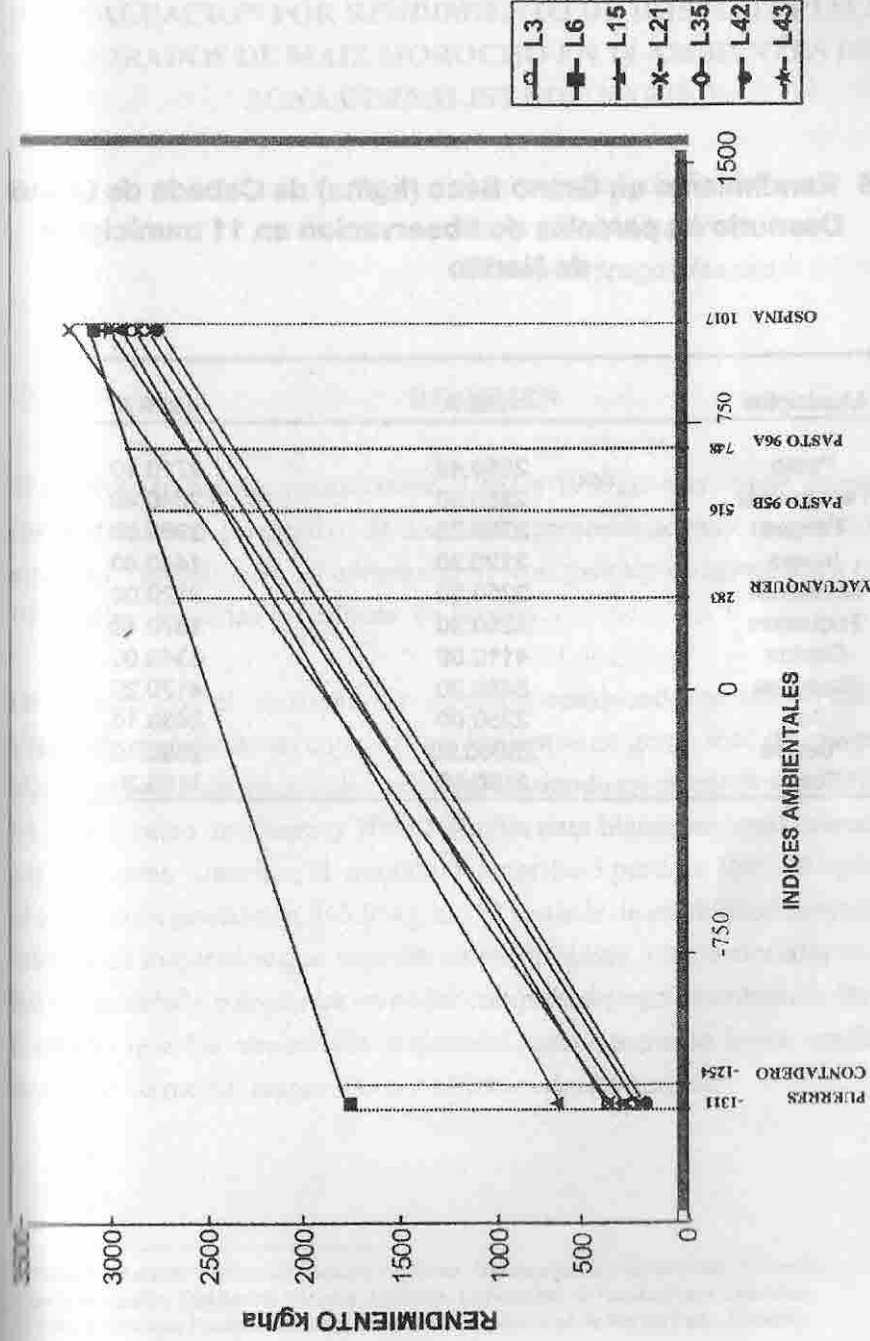
**Tabla 3** Promedios de Rendimiento de Grano Seco (Kg/ha) de Siete Líneas de Cebada de Grano Desnudo en Siete Pruebas Regionales de Nariño

Líneas	Pasto 96 A	Pasto 96 B	Yacuanquer 96 B	Ospina 96 B	Pasto 97 A	Contadero 97 A	Puerres 97 A	Promedio
L6	2923,20A	2656,70A	2406,70A	3396,70A	1983,30A	1910,00A	1733,30A	2430,00 A
L15	2303,30A	2546,70A	1966,70A	2663,30A	726,70B	1130,70B	316,70B	1664,87 B
L3	2233,30A	2450,00A	2026,70A	3143,30A	793,30B	323,30C	770,00B	1677,13 B
L21	2970,00A	29,60,00A	2100,00A	2980,00A	550,00B	513,30C	386,70B	1780,00 B
L35	22,10A	2800,00A	2396,30A	2710,00A	830,00B	333,30C	386,70B	166,70 B
L42	20,53,30A	2603,30A	2430,30A	2760,00A	315,00B	203,30C	286,70B	1521,70 B
L43	2480,00A	2730,00A	2216,70A	3023,30A	436,70B	350,00C	493,30B	1675,71 B
CV (%)	17,82	17,13	15,94	17,72	45,93	23,77	28,17	
Indice Ambiental	516,99	748,89	283,17	1017,46		-1254,92	-1311,59	

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes

**Tabla 4** Parámetros de Estabilidad para Siete Líneas de Cebada de Grano desnudo en seis Pruebas Regionales de Nariño

Línea	Rendimiento Promedio kg/ha	B = 1	S2 dj = 0	Interpretación
L3	1748.89	1,13 NS	23636,42 NS	Estable
L6	2504.44	0,57 *	20239,95 NS	Consistente con Mejor Respuesta en Ambientes Desfavorables
L15	1906.11	0,76 *	24356,80 NS	Consistente con Mejor Respuesta en Ambientes Desfavorables
L21	1895.00	1,19 NS	12946,08 NS	Estable
L35	1806.11	1,10 NS	78,42 NS	Estable
L42	1721.66	1,12 NS	11327,70 NS	Estable
L43	1882.22	1,13 *	41903,42 NS	Consistente con Mejor Respuesta en Ambientes Favorables



**Figura 1** Análisis de Estabilidad para Siete Líneas de Cebada de Grano desnudo en Seis Ambientes del Departamento de Nariño