

**REACCIÓN NATURAL AL ENANISMO AMARILLO (BYDV) DE LÍNEAS
PROMISORIAS DE CEBADA DE GRANO DESNUDO EN TRES MUNICIPIOS
DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**RICHARD GABRIEL ERIRA NARVÁEZ
WILSON ANTONIO PÉREZ TORO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASTO – COLOMBIA
2007**

**REACCIÓN NATURAL AL ENANISMO AMARILLO (BYDV) DE LÍNEAS
PROMISORIAS DE CEBADA DE GRANO DESNUDO EN TRES MUNICIPIOS
DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**RICHARD GABRIEL ERIRA NARVÁEZ
WILSON ANTONIO PÉREZ TORO**

**Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESIDENTE DE TESIS:
CARLOS BETANCOURTH GARCÍA. I.A. M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA
PASTO – COLOMBIA
2007**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

Artículo 1º del acuerdo No. 324 del 11 de octubre de 1966, emanado del honorable Concejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, noviembre de 2007

DEDICO A:

Dios.

A mi madre María Del Carmen Toro.

A mis Abuelos Adelaida y David Toro.

A mi hermano Sebastián.

A mis familiares.

WILSON ANTONIO PÉREZ TORO.

DEDICO A:

A mis padres

A mis hermanos

A mis familiares.

RICHARD GABRIEL ERIRA NARVÁEZ

AGRADECIMIENTOS

Los autores presentan agradecimientos a:

CARLOS BETANCOURTH GARCÍA, Ingeniero Agrónomo M. Sc. Presidente de esta investigación, docente de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, por sus enseñanzas personales y técnicas.

CARLOS MOSQUERA QUIJANO, Ingeniero Agrónomo M. Sc. Por su colaboración, enseñanzas y amistad.

LUÍS ALFREDO MOLINA VALERO, Ingeniero Agrónomo M. Sc. Por su colaboración y amistad.

BENJAMÍN SAÑUDO SOTELO, Ingeniero Agrónomo. Por su colaboración y sus enseñanzas personales y técnicas.

ALVARO CASTILLO MARIN, Ingeniero Agrónomo. Secretario de la Facultad de Ciencia Agrícolas. Universidad de Nariño, por su grata colaboración y amistad.

ANTONIO BOLAÑOS ALOMIA, Ingeniero Agrónomo M. Sc. Investigador CORPOICA.

Todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de la presente investigación.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. REVISIÓN DE LITERATURA	23
1.1 GENERALIDADES	23
1.1.1 Distribución en Sudamérica	23
1.1.2 Distribución en Nariño	23
1.1.3 Importancia económica	24
1.2 SÍNTOMAS	26
1.3 HOSPEDANTES	27
1.3.1 Áfidos Vectores	27
1.3.2 Razas del virus	28
1.4 FUENTES DE RESISTENCIA	29
2. DISEÑO METODOLÓGICO	31
2.1 LOCALIZACIÓN	31
2.1.1 Datos climatológicos de las zonas	31
2.2 GERMOPLASMA UTILIZADO	31
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	31
2.3.1 Área experimental	31
2.4 SIEMBRA Y LABORES DEL CULTIVO	32
2.4.1 Densidad de siembra	32
2.4.2 Labores de cultivo	32

2.5 EVALUACIONES	34
2.5.1 Porcentaje de incidencia por BYDV.	34
2.5.2 Componentes de rendimiento y producción	34
2.5.2.1 Altura de plantas	34
2.5.2.2 Número de macollas por planta	34
2.5.2.3 Número de espigas por planta	34
2.5.2.4 Longitud de espigas	34
2.5.2.5 Número de granos por espiga	34
2.5.2.6 Peso de 1000 granos	35
2.5.2.7 Rendimiento de grano seco	35
2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	35
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.1 PORCENTAJE DE INCIDENCIA POR BYDV	36
3.2 COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN	42
3.2.1 Altura de plantas	42
3.2.2 Número de macollas por planta	45
3.2.3 Número de espigas por planta	48
3.2.4 Longitud de espigas	50
3.2.5 Número de granos por espiga	53
3.2.6 Peso de mil granos	54
3.2.7 Rendimiento	58

3.3 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y MODELO FENOTÍPICO DE MEDIAS	63
3.3.1 Porcentaje de incidencia de BYDV	63
3.3.2 Rendimiento	64
4. CONCLUSIONES	66
5. RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	71

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable altura de plantas	73
Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable número de macollas por planta.	73
Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable espigas por planta.	73
Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable longitud de espigas.	74
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable número de granos por espiga.	74
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable peso de 1000 granos.	74
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable rendimiento.	75
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable porcentaje de incidencia de BYDV.	75

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable porcentaje de incidencia por BYDV de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	36
Tabla 2. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable porcentaje de incidencia por BYDV de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	38
Tabla 3. Prueba de Tukey para los genotipos sobre la variable porcentaje de incidencia de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	40
Tabla 4. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable altura de plantas de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	42
Tabla 5. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable altura de plantas de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	43
Tabla 6. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable número de macollas por planta de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	45
Tabla 7. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable número de macollas por planta de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	46

Tabla 8. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable espigas por planta de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	48
Tabla 9. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable espigas por planta de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	49
Tabla 10. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable longitud de espigas de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	50
Tabla 11. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable longitud de espigas de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	52
Tabla 12. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable número de granos por espiga en tres municipios del Departamento de Nariño.	53
Tabla 13. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable peso de mil granos de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	55
Tabla 14. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable peso de mil granos de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	56
Tabla 15. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable rendimiento de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	58
Tabla 16. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable rendimiento de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	60

Tabla 17. Prueba de Tukey para los genotipos sobre la variable rendimiento de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	62
Tabla 18. Modelo fenotípico de medias para la variable porcentaje de incidencia por BYDV.	77
Tabla 19. Modelo fenotípico de medias para la variable rendimiento.	78

LISTA DE FIGURAS.

	Pág.
Figura 1. Mapa de campo.	33
Figura 2. Plantas de cebada de grano desnudo infectadas por el virus del Enanismo Amarillo BYDV en la localidad de Tuquerres Línea L9.	41
Figura 3. Macollamiento y altura de plantas de cebada de grano desnudo observado en la localidad de Ipiales Línea L86.	47
Figura 4. Longitud de espigas y número de granos observados en plantas de cebada de grano desnudo en la localidad de Tuquerres Línea L4.	54
Figura 5. Madurez fisiológica observada en plantas de cebada de grano desnudo en la localidad de Ipiales Línea L86.	57
Figura 6. Etapa de cosecha observada en plantas de cebada de grano desnudo en la localidad de Ipiales.	61

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis de varianza para las variables porcentaje de incidencia por BYDV, altura de plantas, número de espigas por planta, longitud de espigas, peso de mil granos, número de macollas por planta, número de granos por espiga y rendimiento de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	72
Anexo B. Análisis de correlación para las variables porcentaje de incidencia por BYDV, altura de plantas, número de espigas por planta, longitud de espigas, peso de mil granos, número de macollas por planta, número de granos por espiga y rendimiento de 33 líneas de cebada de grano desnudo en tres municipios del Departamento de Nariño.	76
Anexo C. Modelo fenotípico de medias para las variables porcentaje de incidencia por BYDV y rendimiento.	77
Anexo D. Resultado del análisis Físico – Químico del suelo experimental de las localidades de Ipiales, Ospina y Tuquerres.	79
Anexo E. Precipitación pluvial en las localidades de Ipiales y Tuquerres 2006.	80
Anexo F. Genealogía de las 25 líneas Mexicanas de cebada de grano desnudo.	81
Anexo G. Genealogía de las ocho líneas Andinas de cebada de grano desnudo obtenidas por la Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad de Nariño.	83

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el primer semestre agrícola del año 2005 con el fin de evaluar en las localidades de Ipiales (Vereda Tusandala), Ospina (Vereda San Isidro) y Túquerres (Vereda Chalitara), treinta y tres líneas de cebada de grano desnudo, veinticinco de ellas son líneas Mexicanas cedidas por CORPOICA y las ocho restantes de origen andino cedidos por la Facultad de Ciencias Agrícolas.

Las variables evaluadas con un diseño de bloques al azar fueron: Porcentaje de incidencia del virus del enanismo amarillo (BYDV), altura de plantas, número de macollas por planta, número de espigas por planta, longitud de espigas, número de granos por espiga, peso de 1000 granos y rendimiento.

Los datos de porcentaje de incidencia por BYDV y componentes de rendimiento se sometieron a un análisis de varianza y a la prueba de significancia de Tukey. También se realizó un análisis de correlación entre los componentes de rendimiento y porcentajes de incidencia.

Los mejores resultados en cuanto a componentes de rendimiento se obtuvieron en la localidad de Ipiales debido a los bajos porcentajes de incidencia alcanzados en dicha localidad, además de las mejores condiciones de humedad que se presentaron y menor población de áfidos vectores.

En la localidad de Ipiales el mejor genotipo es L1A, por ser el más tolerante al virus BYDV con 8.91% de incidencia y el más promisorio en rendimiento con 2579.33 Kg. / Ha, mientras que para la localidad de Ospina el mejor genotipo es L8A con 26.74% de incidencia y un rendimiento de 2216.00 Kg. / Ha y para Tuquerres con la línea L39 con 34.95% de incidencia y un rendimiento de 1830.33 Kg. / Ha.

Las líneas L86 y L39 se destacaron por conseguir los mejores rendimientos 2070.67 Kg. / Ha y 2062.67 kg. / Ha y los porcentajes mas bajos de incidencia 19.19% y 29.24% respectivamente, además el rendimiento mas bajo lo obtuvo la línea L4 con 1333.78 Kg. / Ha.

ABSTRACT

The present study was carried out in the first agricultural semester in the year of 2005 in order to evaluate in the localities of Ipiales (Tusandala), Ospina (San Isidro), and Tuquerres (Chalitara), thirty three lines of barley bare grain, twenty five of it are Mexican lines to given for corpoica (Researcher center) and the eight remaining of Andean origin, to given for Agricultural sciences Faculty of Nariño University.

It was tested with a random block design the variables: percentage of incidence of Barley yellow dwarf virus (BYDV) height of plants, stem number per plant, number spike per plant, length of spike, grains number per spike, one thousand – grain weight and yield.

The percentage of incidence for BYDV data and yield components data were subjected to variance analysis and to Turkey's meaningful test. Also was realized an analysis of correlation between the components of yield and percentages of incidence.

The best results about components of yield was obtained in the locality of Ipiales due to the low percentages of incidence reached in this locations of humidity that was presented and the smaller population of insect vectors.

In the locality of Ipiales the best genotype is the L1A, because is the most tolerate to Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV) 8.91% of incidence and yield, 2579.33 Kg / Ha respectively. In the locality of Ospina the best is L8A line by the results, 26.74% of incidence, a yield 2216.00 Kg / Ha respectively and for Tuquerres is the L39 with 34.95% incidence and a yield of 1830.33 Kg / Ha respectively.

The L86 and L39 lines were detached for to get the best yield, 2070.67 kg/ha and 2062.67 kg/ha and the lowest percentages of incidence 19.19% and 29.24% respectively besides the lowest yield was obtained for the line L4 with 1333.78 kg / Ha.

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un interés por el cultivo de cebada de grano desnudo en Nariño, debido a las perspectivas de la especie como una alternativa alimentaria de diversificación por considerarse como una especie económicamente viable por su alto potencial productivo y que su grano puede tener grandes posibilidades de uso en la industria de alimentos para animales domésticos y en alimentación humana*.

“Actualmente la crisis del sector rural de la Region Andina de Nariño, los cereales aun permiten una rentabilidad para sus cultivadores, debido a los costos relativamente bajos de producción, a los rendimientos de grano y a las opciones comerciales, a pesar de que las alzas de los precios de productos y subproductos no han tenido un tratamiento equilibrado respecto a las de los insumos”¹.

“Al finalizar la década de los años 80, un área significativa de aproximadamente 5000 hectáreas en 15 municipios del Departamento de Nariño, dedicada a los cereales y en rotación con el cultivo de la papa, fuera reemplazada paulatinamente por otros cultivos y hoy en día menos de 500 hectáreas están dedicadas a la actividad”².

Las regiones aptas para el cultivo del cereal son las del sur del departamento, en la zona agro ecológica A “denominada también como conjunto productivo uno” con alturas superiores a 2800 msnm, contándose con condiciones de clima y suelo que favorece un macollamiento notable de las plantas, lo que en consecuencia lleva a la producción de más de 30 toneladas de forraje verde y tres toneladas de grano seco por hectárea**.

* ENTREVISTA con Benjamín Sañudo Sotelo. Profesor jubilado. Universidad De Nariño. San Juan de Pasto 2005.

¹ FONDO NACIONAL DEL CEREALISTA. Alternativas para un manejo sustentable de los cereales en la Region Andina de Nariño. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, 2005. p.

² FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. FENALCE. Indicadores Cerealistas. Departamento Económico. 2006. Centro virtual. [en línea] Colombia [citado mar., 2006]. Disponible en Internet : <URL : www.fenalce.org.co>

** ENTREVISTA con Benjamín Sañudo Sotelo. Profesor jubilado. Universidad De Nariño. San Juan de Pasto 2005.

En dichas regiones, el mayor limitante para la producción en calidad de la cebada de grano desnudo, lo constituye la enfermedad virosa denominada “enanismo amarillo” o “BYDV “, transmitido por áfidos, necesitando de aplicaciones periódicas de insecticidas en las etapas de crecimiento. Una estrategia económica es el empleo de variedades resistentes, lo que implica la evaluación de germoplasma y el cumplimiento de programas de mejoramiento.

La Facultad de Ciencias Agrícolas a comienzos de la década de los años 90 inició un programa de mejoramiento de cebada en búsqueda de características superiores en cuanto a resistencia a enfermedades y componentes de producción, para mejores oportunidades agroindustriales. En este momento se cuenta con 33 líneas de grano desnudo, 8 de origen andino y 25 de origen mexicano, con las que se realizan estudios para obtener aquellas con un comportamiento productivo estable.

El presente estudio se realizó con el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Buscar genotipos de cebada con resistencia al virus del enanismo amarillo (BYDV).
- Evaluar la reacción natural a BYDV de 25 líneas mexicanas y 8 andinas de cebada de grano desnudo evaluadas en los municipios de Ipiales, Túquerres y Ospina.
- Estudiar los componentes de producción de los mejores genotipos.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 GENERALIDADES

1.1.1 Distribución en Sudamérica. Según Tola –Chicaiza: “el BYDV en los países andinos de América del sur en las zonas de cultivo de cereales de grano pequeño de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú parece ser la enfermedad que causa las mayores pérdidas generales del rendimiento”³.

En cebada se observan diferencias genéticas constantes en cuanto a la sensibilidad de las variedades y es necesario el aprovechamiento de esas diferencias en el mejoramiento para obtener resistencia o tolerancia, que representa la única medida práctica de lucha contra la enfermedad de enanismo.

Según Ramírez “desde hace muchos años se sabe de la presencia de enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en los países del cono sur (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay), pero solo a fines del decenio de los sesenta se conoció la función de los áfidos como vectores del virus”⁴.

1.1.2 Distribución en Nariño. Según Calvache y Burbano: “el problema del enanismo en Nariño se manifiesta hacia los años de 1954 y 1955 con la introducción de la variedad Funza, susceptible a la enfermedad”⁵.

³ TOLA, J. y CHICAIZA, O. El BYDV en los países andinos de América del sur. P.N. fox, programa de trigo. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador. Perú : CIMMYT, 1986. p.

⁴ RAMIREZ, ARAYA. A Review of Barley Yellow Dwarf virus in the Southern cone countries of South America Santiago de Chile. En : World perspectives on Barley Yellow Dwarf. Udine, Italia, 1987. (p. 29-32).

⁵ CALVACHE, Hugo y BURBANO, Edmundo. Control de Enanismo de la cebada mediante tratamiento de la semilla. Estación Experimental Agropecuaria “Obonuco”, Pasto : ICA, 1973. p. 13.

Guerrero⁶, afirma que el BYDV se presenta desarrollando un enanismo severo en conjunto con un amarillamiento en las hojas de los cultivos de cebada. Hoy en día se localiza en todas las zonas donde se cultivan cereales como trigo, cebada y avena.

Según Sañudo:

Los primeros brotes del virus BYDV se presentan en el año de 1971 en el departamento de Nariño iniciado en zonas de Pasto y Yacuanquer extendiéndose en lugares donde se encontraban cultivos de cebada, trigo y avena afectando a estos dos últimos con menor intensidad, la presencia de este virus se produjo principalmente por las condiciones favorables para la proliferación de los áfidos vectores convirtiéndose en una enfermedad que afecta considerablemente la producción de cebada en el departamento de Nariño específicamente al no hacer un manejo del insecto en las primeras etapas del desarrollo de la planta⁷.

1.1.3 Importancia económica Según Ramírez: “durante 1974 -1975 y 1975 - 1976 se produjeron graves proliferaciones de BYDV con pérdidas entre el 10 el 60% en el cono sur de América”⁸.

“El virus del enanismo amarillo (BYDV) también denominado como la plaga amarilla de los cereales (Conti, Turin, Italia), es la enfermedad más difundida y la cual incrementa los costos a los agricultores que se dedican al cultivo de cebada. Así mismo, pueden afectar trigo y avena y más de diez especies de gramíneas”⁹.

⁶ GUERRERO, O. El virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en el departamento de Nariño. En : SEGUNDO CONGRESO de FUNDACIÓN ASCOLFI. Palmira (1974). Resúmenes del II Congreso de Fundación ASCOLFI. Palmira, Colombia : ASCOLFI, 1974. p. 27.

⁷ SAÑUDO, BENJAMÍN. Conferencias Prácticas de Fitopatología. Pasto : Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1973. p. 6.

⁸ RAMÍREZ, Op. cit., p. 29 – 32.

⁹ GUZMÁN, Gerardo y YÉPEZ, Bayardo. Evaluación de pérdidas en la producción de cinco diferentes variedades de cebada por efecto del virus del enanismo amarillo en diferentes épocas de desarrollo de las plantas. Pasto, 1986, 54 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas.

“El enanismo amarillo (BYDV) ha sido un limitante económico en la producción de cereales menores de California, a partir del primer ataque serio de este virus en el año de 1951. Este virus se califica como muy destructivo y fácil diseminación por los áfidos existentes”¹⁰.

Según Campuzano L, citado por Chamorro y Yépez “la enfermedad afecta al trigo especialmente en la época de germinación, presentando disminución de 40 – 50% en producción, en variedades susceptibles en comparación con un tratamiento libre de áfidos y de la enfermedad; entre más temprano se establece el virus en el cultivo menos son los rendimientos siendo la diferencia en producción altamente significativa”¹¹.

Según Conti et al:

El enanismo, la reducción del tamaño y el número de las espigas y los granos lo ocasiona el (BYDV), que es un Luteovirus con partículas isométricas pequeñas que contienen un genoma de ARN (hilo simple) transmitido por más de 20 especies de áfidos. Se han distinguido cinco aislamientos de virus que se clasifican en dos subgrupos de acuerdo con sus características citopatológicas y serológicas. Los datos serológicos recientes revelan también que los aislamientos del (BYDV) se relacionan con otros Luteovirus, lo que sugiere que en el enanismo amarillo de la cebada quizá intervenga una gama de virus que se trasladan continuamente. No obstante, hasta que se aclare este punto en investigaciones futuras, se sigue utilizando el término (BYDV) para designar el agente a los agentes implicados¹².

¹⁰ GUZMÁN, Op. cit., p. 33.

¹¹ CHAMORRO, Adriana y YÉPEZ, Roció. Evaluación de pérdidas y Reacción de 10 materiales de cebada al ataque del virus del enanismo amarillo (BYDV) en el departamento de Nariño. Pasto, 1991, 74 p. trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

¹² CONTI, M, JEDLINSKI, H; DARCY, C. J. y BURNET, P. A. la “plaga Amarilla” de los cereales: El virus del enanismo amarillo de la cebada. Urbana. Illinois, Estados Unidos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, y CIMMYT, México programa de trigo 1987. En : World perspectives on Barley Yellow Dwarf. Udine, Italia, 1987; (p. 1-4).

Las gramíneas perennes, silvestres o cultivadas constituyen un gran reservorio permanente del virus cuya propagación primaria y secundaria depende de la reproducción y el vuelo de los áfidos vectores, procesos que a su vez están influenciados por las condiciones climáticas. Las investigaciones recientes relacionadas con la vigilancia de los áfidos vectores. Las medidas para combatirlos y la obtención de variedades resistentes han mejorado las perspectivas de contrarrestar las infecciones por el (BYDV). (Resumen y Perspectivas Mundiales del enanismo amarillo de la cebada, 1987).

1.2 SÍNTOMAS

Según Molina: “los síntomas del enanismo amarillo de la cebada BYDV difieren dependiendo de la especie de cultivo afectado, la edad de la planta en el momento de la infección, la cepa del virus y las condiciones del medio”¹³.

Las plantas afectadas presentan normalmente en las hojas infectadas estrías amarillentas, manchas o moteados que empiezan en las puntas de las hojas, los síntomas foliares, ocasionalmente pueden ser coloraciones rojizas o una mezcla de coloraciones rojizas y amarillentas; algunas hojas pueden presentar bordes aserrados, engrosamiento, ser rígidas en posición recta, la mayoría de las plantas infectadas, sufren de un enanismo, sobre todo cuando la infección afecta plantas jóvenes, ocasionando vaneamiento.

El crecimiento de las raíces es reducido, ocasionando retraso o ausencia de la formación de espigas y disminución del rendimiento. Las espigas de las plantas enfermas, tienden a mantenerse erguidas y se tornan negras o descoloridas, durante la maduración, a causa de las colonias de hongos saprofitos.

Esaul citado por Guzmán y Yépes afirman que:

El BYDV produce una necrosis de las células acompañantes de los vasos cribosos y las células vecinas de parénquima, a raíz de un degeneramiento del floema. Este fenómeno se debe a la maduración temprana de los vasos cribosos y células acompañantes del floema, siendo una época de fácil penetración del virus. En el xilema y el mesófilo, también puede ocurrir necrosis¹⁴.

¹³ MOLINA, Luís Alfredo. Enanismo amarillo de la cebada. Bogotá : Universidad Nacional. ICA, 1976. p. 50.

¹⁴ GUZMÁN y YÉPEZ, Op. cit., p. 25.

La temperatura óptima para el desarrollo de la enfermedad es aproximadamente de 20°C y los síntomas aparecen alrededor de 14 días después de la inoculación¹⁵.

1.3 HOSPEDANTES

“El virus del enanismo amarillo ataca la cebada y más de 100 especies de cereales y otras gramíneas, incluyendo el trigo, la avena, el triticale, el arroz y el maíz”¹⁶.

Según Guzmán y Yépez citando a Rochow:

Dice que la avena y la cebada son los cultivos más afectados por BYDV. También son atacados pastos, entre los cuales están: Pasto bromo suave (Bromus inertis), Pasto azul de Kentucky (Poa pratensis) y raygras inglés (Lolium perenne). Los síntomas de la enfermedad no se presentan claramente en varias especies, pero son de gran importancia como fuente de infección¹⁷.

1.3.1 Áfidos Vectores “Todos los áfidos que se alimentan de los cereales son vectores potenciales de los virus que atacan estas plantas, ya que son áfidos que se alimentan de otras Gramíneas y Ciperáceas, se ha comprobado que por lo menos 24 especies de áfidos que pertenecen a 18 géneros diferentes transmiten los virus del enanismo amarillo de la cebada”¹⁸.

¹⁵ MONIQUE, H. El control seguro y durable de BYDV. México. CIMMYT. Julio, 2000 In: M. henry@cgiar.org@cimmytjulio2000.

¹⁶ CONTI, et. al. Op. cit., p. 2.

¹⁷ GUZMÁN y YÉPEZ, Op. cit., p. 16.

¹⁸ RAMÍREZ, Op. cit., p. 29 – 32.

En sur América los áfidos vectores de BYDV más conocidos son:

Schizaphis graminum, Sitobion avenae, Rhopalosiphum maidis, Sipha Flava, Rhopalosiphum rufiabdominalis, Rhopalosiphum padi, Geoica setulosa.

Guerrero¹⁹, encontró en Nariño las especies de áfidos Acyrtosiphum dirhodum, Macrosiphum avenae y Rhopalosiphum padi. La raza de BYDV transmitida por Macrosiphum avenae es suave mientras que la transmitida por la especie Acyrtosiphum dirhodum es altamente infectiva.

1.3.2 Razas del virus Una raza o cepa viral es una variante genética de un virus que puede caracterizarse por tener mayor o menor virulencia o incluso reacciona diferente ante distintos hospedantes

Según Guzmán y Yépez citando a Rochow entre las razas más estudiadas están:

1. BYDV - RMV, transmitida por Rhopalosiphum maidis. Produce síntomas severos.
2. BYDV - RPV, Rhopalosiphum padi y en ocasiones por Schizaphis gramineum y Macrosiphum avenae. Produce síntomas suaves en avenas.
3. BYDV - PAV, transmitida por Macrosiphum avenae y Rhopalosiphum padi, en ocasiones por Schizaphis gramineum y Rhopalosiphum maidis. Es una raza virulenta.
4. BYDV - MAV, transmitida por Macrosiphum avenae. No produce síntomas severos.
5. BYDV - SGV, transmitida por Schizaphis gramineum y rara vez por Macrosiphum avenae, Rhopalosiphum padi y Rhopalosiphum maidis²⁰.

¹⁹ GUERRERO, Op. cit., p. 27.

²⁰ GUZMÁN y YÉPEZ, Op. cit., p. 20.

1.4 FUENTES DE RESISTENCIA

Según Calvache y Burbano “con la susceptibilidad de los materiales de cebada a esta enfermedad (BYDV) los programas de mejoramiento orientaron sus investigaciones hacia la obtención de variedades resistentes utilizando germoplasma nativo para observar alguna fuente de resistencia”²¹.

Según McGuire y Qualset:

Citado en los ensayos de las memorias de simposio internacional sobre perspectivas mundiales del enanismo amarillo BYDV realizaron ensayos a partir de dos variedades de cebada (Hordeum vulgare L.) atlas 68 y CL 3208 – 4, variedades norteamericanas que llevan adicionado el gen Yd₂, que en la cebada, este gen le confiere resistencia al virus de enanismo amarillo.

La adición del gen Yd₂ de resistencia al virus del enanismo amarillo le confirió un cierto aumento en la resistencia al BYDV por lo que este gen es completamente dominante evaluado mediante la apreciación visual de los síntomas en un ensayo sobre una parcela. En la actualidad las variedades que presentan resistencias provienen de otras fuentes, por lo que se ha hecho necesario desarrollar programas de fitomejoramiento adecuado para obtener la resistencia o tolerancia al enanismo amarillo de la cebada²².

También se han desarrollado programas de fitomejoramiento para obtener la resistencia al virus del enanismo amarillo de la cebada en el (CIMMYT) Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, donde se ha iniciado en el programa de trigo la selección de líneas para obtener fuentes de resistencia al (BYDV).

²¹ CALVACHE y BURBANO, Op. cit., p.13.

²² MCGUIRE. P.E. y QUALSET, Transfer of the Yd2 Barley Yellow Dwarf Virus Resistance Gene from Barley to wheat. University of California, Davis, California. USA. En : World perspectives on Barley Yellow Dwarf. Udine, Italia, 1987; (p. 476 – 480).

McGuire y Qualset afirman:

Este programa de selección realiza ensayos en líneas de cereales montados en pequeñas parcelas sembradas en forma espaciada, expuestas a las condiciones naturales y fuentes de inóculo que causan el enanismo amarillo de la cebada, entonces se establecieron procedimientos que permitieron infestar parcelas con áfidos virulíferos criados en el invernadero y se han distribuido las líneas que muestran resistencia, la cual varía mucho de un sitio a otro, pero algunas líneas de trigo harinero (Triticum aestivum L.) trigo duro (Triticum turgidum L), Var durum, cebada (Hordeum vulgare L.) y triticale (Triticosecale wittmack) son resistentes en la mayoría de sitios²³.

Según Chamorro y Yépes citando a Norambuena: “el control químico de los pulgones no es suficiente para eliminar la enfermedad, como se ha expuesto, la forma y el control más eficiente para el BYDV es la utilización de variedades resistentes o con característica de tolerancia”²⁴.

²³ Ibid., p. 476 - 480

²⁴ CHAMORRO y YÉPEZ, Op. cit., p. 24.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se realizó en tres municipios del departamento de Nariño; en Ipiales (Vereda Tusandala), Tuquerres (Vereda Chalitara) y Ospina (Vereda San Isidro) respectivamente 2900 msnm, 2960 msnm y 2850 msnm, para el primer semestre agrícola del año 2005.

Se realizó el análisis de suelos para cada localidad obtenidos por los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño (Anexo C), también se tuvieron en cuenta los datos de precipitación pluvial obtenidos por el IDEAM (Anexo D).

2.1.1 Datos climatológicos de las zonas

Localidad	Altura (m.s.n.m)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm/año)
Ipiales (Tusandala)	2900	10.8	970
Ospina (San Isidro)	2850	12	1040
Tuquerres (Chalitara)	2960	7	700

2.2 GERMOPLASMA UTILIZADO

Se trabajó con 33 líneas de cebada de grano desnudo Las cuales correspondieron a 8 líneas de origen andino, cedidos por la Facultad de Ciencias Agrícolas y 25 líneas mexicanas cedidas por CORPOICA y tienen la identificación de campo como: L4, L7, L9, L15, L16, L18, L19, L27, L28, L33, L39, L42, L46, L54, L60, L64, L71, L86, L87, L91, L97, L100, L105, L110 y L118. Las líneas Andinas Identificadas en campo como: L1A, L2A, L3A, L4A, L5A, L6A, L7A, L8A.

2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se trabajó con un diseño de Bloques al Azar con 33 tratamientos y 3 repeticiones.

2.3.1 Área experimental. En las regiones se prepararon lotes de 7.0 m por 39.6 m en donde se trazaron tres bloques de 2 m de ancho por 39.6 m de largo, separados por calles de 0.5 m, en donde se trazaron 99 surcos de 2 m de longitud y separados a 0.40 m, en los cuales se distribuyeron al azar 3 surcos por genotipo.

Además se sembró la línea Andina (Facia) **L8** en los surcos de los extremos como borde. Para todas las variables se tuvo en cuenta el área útil de cada parcela que fue de 2.4 m². (Mapa de campo Figura. 1).

2.4 SIEMBRA Y LABORES DEL CULTIVO

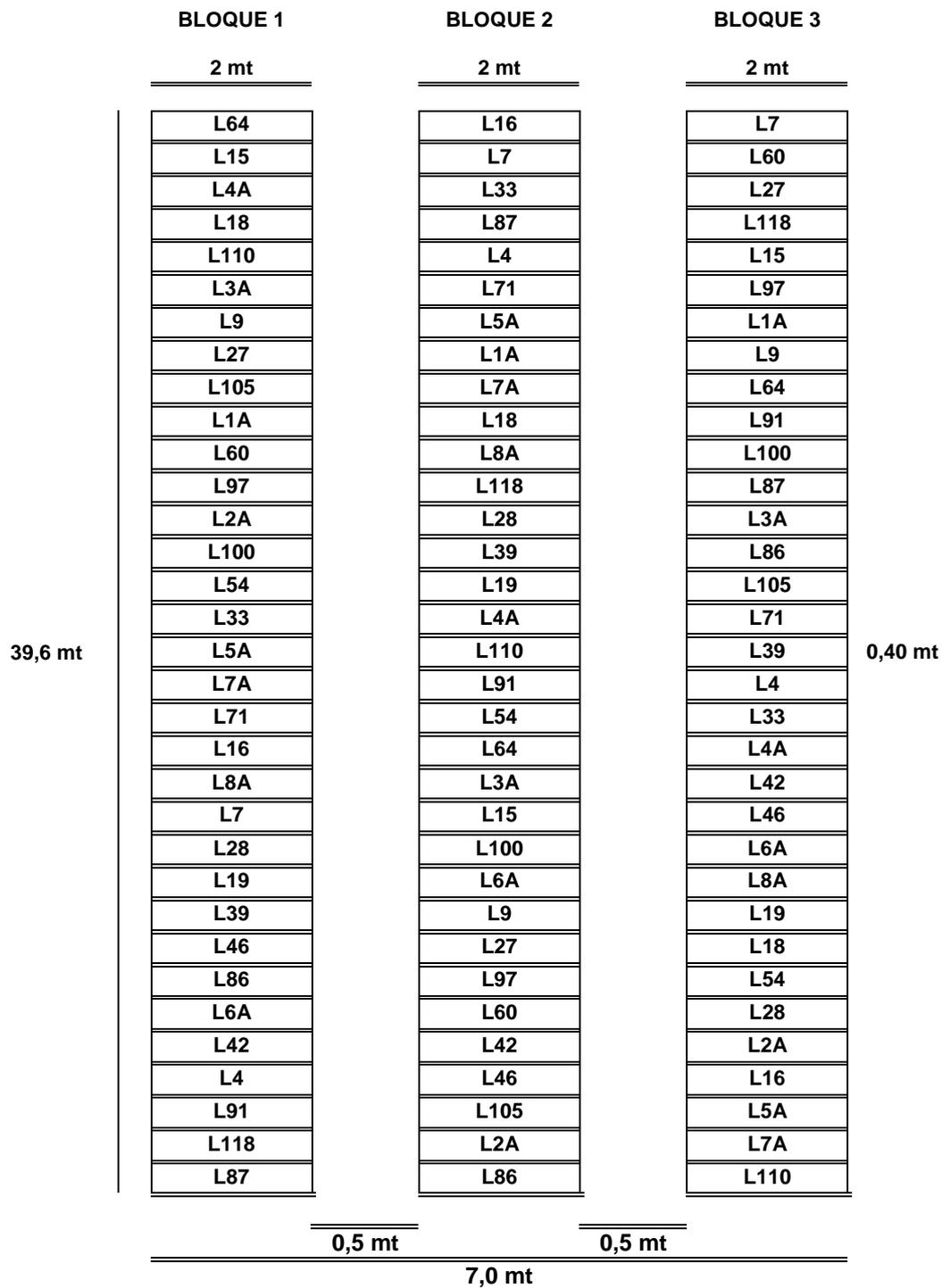
2.4.1 Densidad de siembra. Cada material se sembró a chorrillo con una densidad de 80 kilogramos de semilla por hectárea al fondo de cada surco y tapado manualmente.

2.4.2 Labores de cultivo. Se realizó un control post-emergente para malezas de hoja ancha con la aplicación de ALLY (Metsulfuron-metil) en dosis de 15 g/ha. También se hicieron deshierbas manuales periódicas para el control de malezas de hoja angosta.

Antes de la preparación del lote se hizo una aplicación de GLIFOSATO en dosis de 2.5 litros por hectárea para controlar malezas de hoja angosta previamente.

En el trabajo no se realizó, control de enfermedades, ni de insectos vectores de las mismas, debido a que uno de los objetivos fue evaluar la resistencia natural de líneas promisorias a la infección presente.

Figura 1. Mapa de campo



2.5 EVALUACIONES

2.5.1 Ataque de BYDV. Se estudio la reacción al BYDV haciendo evaluaciones sobre la incidencia al inicio del espigamiento y en la época de grano lleno

$$\text{Incidencia} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas}^{25}} * 100$$

2.5.2 Componentes de rendimiento y producción

2.5.2.1 Altura de plantas. En la época de cosecha, se tomaron 10 plantas al azar en cada surco de cada parcela y se midió la altura desde la base hasta el ápice de la espiga principalmente (excluyendo las aristas), el promedio de estos valores corresponde a la altura de la planta de cada línea.

2.5.2.2 Número de macollas por planta. En la época de cosecha se tomaron 10 plantas de cada surco de cada parcela y se contó el número total de tallos, obteniendo el promedio por planta

2.5.2.3 Número de espigas por planta. En la época de cosecha se tomaron 10 plantas de cada surco de cada parcela y se contó el número de espigas, obteniendo el promedio por planta

2.5.2.4 Longitud de espigas. En las mismas plantas utilizadas anteriormente, se hizo la medición de la longitud de las espigas de la base de la espiga a la punta de la última espiguilla obteniendo el promedio.

2.5.2.5 Número de granos por espiga. Se tomaron 20 espigas al azar de las 10 plantas ubicadas de cada surco de cada parcela, contando el total de granos, obteniendo el promedio de granos por espiga.

²⁵ LARA, Nubia y RAMOS, Yemmy. Evaluación de material promisorio de cebada en ambientes no favorables del Departamento de Nariño. Pasto 1997, 75 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

2.5.2.6 Peso de 1000 granos. De la producción obtenida de cada genotipo con sus 3 repeticiones, se tomaron al azar 1000 granos para hacer su pesaje en gramos (g.).

2.5.2.7 Rendimiento de grano seco. Se cosechó el grano seco restante de cada surco de cada parcela, para efectuar su pesaje, y se calculó los rendimientos de grano seco por hectárea

Con el cálculo de la siguiente fórmula:

$$\text{RTO (Kilos / ha)} = \frac{\text{Peso granos / m. lineal (g) x 10000}}{0.40} \times \frac{1\text{kg}}{1000 \text{ g}}$$

Donde:

10000: Área de una hectárea
0.40: distancia entre surcos²⁶.

2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Todos los datos se interpretaron estadísticamente por medio del análisis de varianza para ambientes, genotipos y para la interacción genotipos por ambiente y la prueba de significancia de Tukey. Los datos de % se transformaron mediante la fórmula $\text{Arcosen } \sqrt{x}$.

Se realizó un análisis de correlación y un modelo fenotípico de medias para la variable porcentaje de incidencia por BYDV.

²⁶ ROSERO, Arnold y VALLEJOS, Oscar. Reacción al vaneamiento de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres regiones del departamento de Nariño. Pasto, 2006. 96 p. trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencia Agrícolas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PORCENTAJE DE INCIDENCIA POR BYDV

Al realizar el análisis de varianza para esta variable se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los ambientes, genotipos y la interacción genotipo por ambiente, lo que nos indica que los diversos ambientes influyeron en la reacción de los genotipos a la incidencia por BYDV. (Anexo A Cuadro 1).

Con base en lo anterior y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%) se encontró que el máximo porcentaje de incidencia fue de 71.05% y se dio para la localidad de Tuquerres presentando diferencias estadísticamente significativas con respecto a las localidades de Ospina e Ipiales. De igual manera se presentaron diferencias significativas entre estas dos últimas, en las cuales se encontraron porcentajes promedios de incidencia por BYDV 43.47% para la localidad de Ospina y de 17.89% para la localidad de Ipiales. (Tabla 1).

Tabla 1. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable porcentaje de incidencia de BYDV

LOCALIDADES	MEDIAS	
TUQUERRES	71.05	A
OSPINA	43.47	B
IPIALES	17.89	C

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 4.77

Para la localidad de Ipiales el mayor porcentaje de incidencia lo presentó la línea L60 con 37.74%, sin presentar diferencias significativas con las demás líneas. Los porcentajes mas bajos de incidencia los presentaron las líneas L118, L1A, L54, L6A, L86, L91, L4A, L64 y L71, las cuales obtuvieron un porcentaje de incidencia promedio de 8.91%. (Tabla 2).

En la localidad de Ospina la línea L7 presentó el mayor porcentaje de incidencia por BYDV con 71.91%, sin presentar diferencias estadísticas significativas con las líneas L6A, L1A, L33, L42, L105, L118, L15, L18, L2A, L4, L5A, L7A, L97, L110, L87, L9, L28, L3A, L46, L60, L64, L71, L39, L4A, L16, L19, L27 y L54, las cuales presentaron un porcentaje promedio de incidencia desde 67.74% hasta 29.80%. Pero si hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a las líneas

L100, L8A, L86 y L91, cuyos porcentajes de incidencia fueron de 26.74%, 26.74%, 17.83% y 17.83% respectivamente. (Tabla 2).

En este mismo cuadro se puede apreciar que en la localidad de Tuquerres el mayor porcentaje promedio de incidencia por BYDV fue para la línea L2A con 90.00%, sin presentar diferencias significativas con las líneas L5A, L9, L100, L18, L1A, L27, L28, L46, L54, L7, L7A, L8A, L105, L15, L19, L71, L87, L118, L16, L3A, L4, L60, L91, L97, L6A, L33, L64, L110, L42 y L4A, cuyos promedios de incidencia fueron de 90.00% a 58.70%. Pero fueron estadísticamente diferentes a las líneas L39 y L86 las cuales tuvieron los promedios más bajos de incidencia 34.95% y 30.84 respectivamente. (Tabla 2).

Sañudo y Castro²⁷ realizando inoculaciones del virus BYDV en época de germinación encontraron que las pérdidas fueron mayores que en la época de embuchamiento.

Lo anterior se confirma en la localidad de Tuquerres, donde el porcentaje de incidencia por BYDV afectó en un mayor porcentaje, debido posiblemente al periodo de verano que se presentó durante las primeras etapas con una pluviosidad de 18.8 ml, generándose un clima favorable para la presencia de áfidos vectores provocando infecciones desde una temprana edad del cultivo, cuando las afecciones sobre su desarrollo son mayores. (Anexo E).

Tuquerres, una localidad con ganadería tiene pastos perennes que según Conti, et.al.: "Epidemiológicamente dichos pastos tienen una mayor reserva natural de BYDV, debido a la alta concentración de plantas hospedantes y vectores, su transmisión es muy eficiente, el BYDV causa frecuentemente resultados epidemiológicos con perdidas dramáticas de hasta un 10%".²⁸

²⁷ SAÑUDO, B. y CASTRO, E. Enfermedades de trigo y cebada. Pasto : ICA, 1984. p. 2–5.

²⁸ CONTI, et. al., Op. cit., p. 2.

Tabla 2. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable porcentaje de incidencia por BYDV

		LOCALIDAD							
IPIALES			OSPINA				TUQUERRES		
PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA			PROM	LÍNEA	
37,74	L60	A	71,91	L7	A		90,00	L2A	A
34,95	L28	A	67,74	L6A	A	B	90,00	L5A	A
34,61	L7A	A	54,52	L1A	A	B C	90,00	L9	A
30,84	L97	A	54,52	L33	A	B C	80,96	L100	A
26,74	L105	A	54,52	L42	A	B C	80,96	L18	A
26,74	L46	A	51,93	L105	A	B C	80,96	L1A	A
21,93	L100	A	50,83	L118	A	B C	80,96	L27	A
21,93	L33	A	50,76	L15	A	B C	80,96	L28	A
21,93	L5A	A	50,76	L18	A	B C	80,96	L46	A
17,83	L110	A	50,76	L2A	A	B C	80,96	L54	A
17,83	L15	A	50,76	L4	A	B C	80,96	L7	A
17,83	L18	A	50,76	L5A	A	B C	80,96	L7A	A
17,83	L19	A	50,76	L7A	A	B C	80,96	L8A	A
17,83	L2A	A	46,65	L97	A	B C	71,91	L105	A
17,83	L39	A	46,58	L110	A	B C	71,91	L15	A
17,83	L3A	A	46,58	L87	A	B C	71,91	L19	A
17,83	L4	A	46,58	L9	A	B C	71,91	L71	A
17,83	L42	A	42,89	L28	A	B C	71,91	L87	A B
17,83	L7	A	42,89	L3A	A	B C	67,74	L118	A B
17,83	L87	A	42,82	L46	A	B C	67,74	L16	A B
17,83	L8A	A	42,82	L60	A	B C	67,74	L3A	A B
17,83	L9	A	42,48	L64	A	B C	67,74	L4	A B
16,78	L27	A	42,48	L71	A	B C	67,74	L60	A B
13,02	L16	A	34,95	L39	A	B C	67,74	L91	A B
8,91	L118	A	34,95	L4A	A	B C	67,74	L97	A B
8,91	L1A	A	30,84	L16	A	B C	63,57	L6A	A B
8,91	L54	A	30,84	L19	A	B C	62,87	L33	A B
8,91	L6A	A	30,84	L27	A	B C	62,87	L64	A B
8,91	L86	A	29,80	L54	A	B C	58,70	L110	A B
8,91	L91	A	26,74	L100		B C	58,70	L42	A B
8,91	L4A	A	26,74	L8A		C	58,70	L4A	A B
8,91	L64	A	17,83	L86		C	34,95	L39	B
8,91	L71	A	17,83	L91		C	30,84	L86	B

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 44.38

En la localidad de Ipiales donde las condiciones ambientales fueron más húmedas 125 ml, se presentó el menor porcentaje de incidencia por BYDV, la humedad presente en esta localidad no favoreció la presencia abundante de áfidos vectores del virus, ya que las altas temperaturas y un tiempo de sequía promueven el desarrollo de áfidos. (Anexo E).

Ninguno de los ensayos en las tres localidades estuvo exento del ataque del virus, Según Conti, et. al: "El número de cultivos de cereales infectados se incrementa debido a la rápida multiplicación de los áfidos, además la aparición de formas de áfidos con alas que activamente emigran de un cultivo a otro y de una localidad a otra, incrementando la posibilidad de diseminación del virus"²⁹.

Ramírez afirma:

El BYDV ha causado grandes y totales pérdidas de producción, la diversidad de microclimas, fechas de siembra y otras prácticas culturales combinadas con una producción de fuera de temporada, significa que los cereales están creciendo año tras año en muchos lugares y el control o evitamiento de áfidos es imposible.³⁰

Según la prueba de Tukey el genotipo que presentó el mayor porcentaje de incidencia por BYDV fue la Línea L7 con 56.90%, siendo igual estadísticamente a las líneas L7A, L5A, L28, L2A, L9, L105, L46, L18, L60, L97, L1A, L15, L6A, L33, L4, L87, L42, L100, L27, L3A, L118, L8A, L110, L19, L54, L71, L16, L64 y L91, las cuales alcanzaron porcentajes de incidencia desde 55.44% hasta 31.49% y tuvieron diferencias estadísticas significativas con las líneas L4A, L39 y L86, con porcentajes de incidencia de 31.21 %, 29.24 % y 19.19 % respectivamente. (Tabla 3).

²⁹ CONTI, et. al, Op. cit., p. 2.

³⁰ RAMÍREZ, Op. cit., p. 29 – 32.

Tabla 3. Prueba de Tukey para genotipos sobre la variable porcentaje de incidencia por BYDV

PORCENTAJE DE INCIDENCIA BYDV					
PROM		LÍNEA			
56,90	L7	A			
55,44	L7A	A	B		
54,23	L 5A	A	B	C	
52,93	L28	A	B	C	
52,86	L2A	A	B	C	
51,47	L9	A	B	C	
50,19	L105	A	B	C	
50,17	L46	A	B	C	
49,85	L18	A	B	C	
49,43	L60	A	B	C	
48,41	L97	A	B	C	
48,13	L1A	A	B	C	
46,83	L15	A	B	C	
46,74	L6A	A	B	C	
46,44	L33	A	B	C	
45,44	L4	A	B	C	
45,44	L87	A	B	C	
43,68	L42	A	B	C	D
43,21	L100	A	B	C	D
42,86	L27	A	B	C	D
42,82	L3A	A	B	C	D
42,49	L118	A	B	C	D
41,84	L8A	A	B	C	D
41,04	L110	A	B	C	D
40,19	L19	A	B	C	D
39,89	L54	A	B	C	D
38,13	L71	A	B	C	D
37,20	L16	A	B	C	D
35,12	L64	A	B	C	D
31,49	L91	A	B	C	D
31,21	L4A		B	C	D
29,24	L39			C	D
19,19	L86				D

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 25.62.

Figura 2. Plantas de cebada de grano desnudo infectadas por el virus del Enanismo Amarillo BYDV en la localidad de Tuquerres Línea L9



3.2 COMPONENTES DE RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN.

3.2.1 Altura de plantas. En el análisis de varianza para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para los genotipos. Las localidades y la interacción genotipo por ambiente si presentaron diferencias altamente significativas. (Anexo A Cuadro 1).

Con base en lo anterior y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%), se encontró que para esta variable tuvo el mayor porcentaje promedio la localidad de Ipiales con 81.35 cm. presentando diferencias estadísticamente significativas con respecto a las localidades de Ospina y Tuquerres con promedios de 54.22 y 42.61 cm. respectivamente. (Tabla 4)

Tabla 4. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable altura de plantas

LOCALIDADES	MEDIAS	
IPIALES	81.35	A
OSPINA	54.22	B
TUQUERRES	42.61	C

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 2.66.

En la localidad de Ipiales la Línea L54 presentó la mayor altura promedio 101.83 cm., sin presentar diferencias estadísticas significativas con las líneas L4A, L2A, L42, L110, L39, L8A, L1A, L3A, L86, L5A, L27, L18, L7A, L64, L7, L71, L28, L87, L6A, L105 y L97, las cuales presentaron alturas medias desde 93.42 a 77.58 cm. Pero si hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a las líneas L46, L9, L60, L91, L100, L19, L118, L16, L33, L15 y L4, cuyas alturas variaron de 75.58 a 66.08 cm. (Tabla 5).

En este mismo cuadro se puede apreciar que en la localidad de Ospina la mayor altura promedio fue de 68.33 cm. y se dio para la línea L16, sin presentar diferencias estadísticamente significativas con las líneas L19, L39, L100, L8A, L27, L91, L4A, L86, L7, L60, L1A, L46, L18, L15, L87, L2A, L33, L6A, L97, L54, L9, L28, L7A, L3A, L64, L71, L110, L105 y L42 cuyas alturas variaron desde 67.25 a 44.08 cm., pero si hubo diferencias estadísticamente significativas con las líneas, L4, L5A y L118 que presentaron alturas medias de 42.17 y 41.33 cm. respectivamente. (Tabla 5).

En la localidad de Tuquerres la máxima altura promedio fue de 53.00 cm. y se dio para la línea L86 sin presentar diferencias estadísticamente significativas con las demás líneas. En esta localidad el porte más bajo lo presentó la línea L118 la cual tuvo en promedio 36.83 cm. (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable altura de plantas

LOCALIDAD									
IPIALES			OSPINA			TUQUERRES			
PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		
101,83	L54	A	68,33	L16	A	53,00	L86	A	
93,42	L4A	A B	67,25	L19	A	51,75	L39	A	
91,92	L2A	A B C	64,17	L39	A B	45,00	L91	A	
90,83	L42	A B C D	63,17	L100	A B	44,67	L46	A	
90,67	L110	A B C D E	63,08	L8A	A B	44,25	L8A	A	
90,50	L39	A B C D E	62,83	L27	A B	43,92	L97	A	
90,17	L8A	A B C D E	61,85	L91	A B	43,67	L4A	A	
88,50	L1A	A B C D E	61,67	L4A	A B	43,50	L2A	A	
88,42	L3A	A B C D E	61,33	L86	A B	43,33	L71	A	
88,00	L86	A B C D E	61,25	L7	A B	43,25	L33	A	
86,75	L5A	A B C D E	60,25	L60	A B	43,17	L27	A	
85,75	L27	A B C D E	57,17	L1A	A B	43,08	L1A	A	
85,33	L18	A B C D E	56,58	L46	A B	42,67	L5A	A	
84,83	L7A	A B C D E	56,17	L18	A B	42,58	L42	A	
84,33	L64	A B C D E	56,08	L15	A B	42,42	L4	A	
81,42	L7	A B C D E	55,50	L87	A B	42,33	L16	A	
79,92	L71	A B C D E	54,42	L2A	A B	42,25	L9	A	
79,67	L28	A B C D E	54,00	L33	A B	42,08	L19	A	
79,50	L87	A B C D E	53,92	L6A	A B	42,00	L15	A	
78,17	L6A	A B C D E	52,50	L97	A B	41,92	L87	A	
77,75	L105	A B C D E	52,42	L54	A B	41,50	L7	A	
77,58	L97	A B C D E	52,08	L9	A B	41,33	L60	A	
75,58	L46	B C D E	49,67	L28	A B	41,25	L64	A	
75,42	L9	B C D E	48,17	L7A	A B	41,08	L3A	A	
74,50	L60	B C D E	47,25	L3A	A B	41,00	L105	A	
74,42	L91	B C D E	45,83	L64	A B	40,92	L18	A	
74,08	L100	B C D E	44,67	L71	A B	40,83	L6A	A	
73,50	L19	B C D E	44,33	L110	A B	40,75	L100	A	
71,08	L118	B C D E	44,08	L105	A B	40,75	L110	A	
69,33	L16	B C D E	44,08	L42	A B	40,25	L54	A	
68,08	L33	C D E	42,17	L4	B	39,83	L7A	A	
67,17	L15	D E	41,58	L5A	B	38,92	L28	A	
66,08	L4	E	41,33	L118	B	36,83	L118	A	

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 24.74

Dentro de las tres localidades los genotipos con promedios mayores en cuanto a altura de plantas se presentaron en la localidad de Ipiales con 81.35 cm. comparados con Tuquerres y Ospina, localidades donde los promedios variaron desde 54.22 cm. a 42.61 cm. respectivamente, confirmando que el ambiente afecta la altura de plantas.

La desigualdad que se presenta para esta variable entre las localidades de Ipiales y Tuquerres podría deberse a la respuesta de los genotipos a los contenidos de fósforo y materia orgánica en el suelo ya que teniendo en cuenta los análisis de suelos se encontró 29.46 ppm de P y 17.8% de materia orgánica en la localidad de Ipiales y 23 ppm de fósforo y 13.7% de materia orgánica en la localidad de Tuquerres una cantidad más baja comparada con Ipiales, pero en los dos casos niveles normales de fósforo e incluso altos en cuanto a materia orgánica. (Anexo D).

“El fósforo es un elemento esencial para la formación de raíces en la planta, sin una adecuada formación de estas las plantas crecen pequeñas y raquíticas. La materia orgánica con el nitrógeno aportan en el desarrollo de masa vegetal, formación de raíces y grosor de tallos”³¹ Confirmando que si el contenido nutricional del suelo era el ideal el enanismo presente en las plantas fue producido por el desarrollo de la infección del virus.

Contreras et al, dicen que la altura del tallo de la cebada depende de la variedad que se utilice y que es una característica altamente influenciada por condiciones ambientales³².

Lo expuesto por Contreras es corroborado en las tres localidades, puesto que se observa que las líneas difieren de una localidad a otra, debido al componente genético y el ambiente circundante, ya que si la altura de plantas siguiera únicamente su componente genético no se presentaría una variación de promedio en cada localidad. (Tabla 5).

Las plantas más altas pueden obtener una ventaja con respecto al aprovechamiento de la luz, pero plantas altas pueden ser fácilmente volcadas por fuertes vientos, por lo que se recomendaría variedades con un tallo fuerte, diámetro grande y corto.

³¹ ORDÓÑEZ, Claudia y DELGADO, Julio. Respuesta de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) a la fertilización edáfica y foliar de un suelo de Obonuco, Municipio de Pasto. Pasto, 1994, 84 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

³² CONTRERAS, R., CASTIBLANCO, L., MIRANDA, A. Y VALBUENA, L. El cultivo de la cebada en Colombia. En : Manual de asistencia Técnica No 11. Bogotá : ICA, 1972; (p. 59).

La cebada es un cultivo que exige más cantidad de agua al principio de su desarrollo, así que la poca pluviosidad durante esta época en la localidad de Tuquerres produjo un efecto negativo en cuanto a la altura de plantas y positivo en cuanto a la proliferación de áfidos.

3.2.2 Número de macollas por planta. Al realizar el análisis de varianza para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas significativas para los genotipos. Pero si hubo diferencias estadísticas altamente significativas para las localidades y la interacción genotipo por ambiente. (Anexo A Cuadro 1).

Con base en lo anterior y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%) se encontró que el mayor promedio de número macollas por planta se dio en la localidad de Ipiales y fue de 3.77 macollas por planta. Presentando diferencias estadísticas significativas con respecto a las localidades de Ospina y Tuquerres las cuales presentaron promedios de 2.59 y 1.33 macollas por planta. (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable macollas por planta

LOCALIDADES	MEDIAS	
IPIALES	3.77	A
OSPINA	2.59	B
TUQUERRES	1.33	C

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey $0.05 = 0.18$

En la localidad de Ipiales la línea L6A presentó el mayor número de macollas por planta 4.91, sin presentar diferencias estadísticas significativas con las líneas L3A, L110, L1A, L86, L64, L8A, L4A, L54, L71, L9, L15, L105, L42, L46, L91, L19, L7, L28, L2A, L4, L33, L97, L100, L118, L16, L7A, L18, L87, L5A, las cuales presentaron un número de macollas desde 4.78 a 3.28. Pero si hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a las líneas L27, L39 y L60, cuyo número de macollas vario de 3.22 a 3.02. (Tabla 7).

En este mismo cuadro se puede apreciar que en la localidad de Ospina el mayor número de macollas fue para la línea L27 con 3.24, sin presentar diferencias significativas con las demás líneas, el promedio mas bajo fue de 1.95 macollas planta y fue para la línea L3A.

En la localidad de Tuquerres el máximo número de macollas fue de 2.17. y se dio para la línea L86 sin presentar diferencias estadísticamente significativas con las demás líneas. En esta localidad el número más bajo lo presentó la línea L97 la cual tuvo en promedio 1.00. (Tabla 7).

Tabla 7. Prueba Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable macollas por planta

LOCALIDAD									
IPIALES			OSPINA			TUQUERRES			
PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		
4,91	L6A	A	3,34	L27	A	2,17	L86	A	
4,78	L3A	A B	3,28	L19	A	2,08	L39	A	
4,50	L110	A B C	3,27	L86	A	1,58	L7	A	
4,44	L1A	A B C	3,17	L8A	A	1,50	L71	A	
4,44	L86	A B C	3,11	L4A	A	1,42	L27	A	
4,39	L64	A B C	3,07	L91	A	1,42	L5A	A	
4,28	L8A	A B C	3,05	L16	A	1,42	L91	A	
4,11	L4A	A B C	2,94	L105	A	1,33	L100	A	
4,06	L54	A B C	2,94	L46	A	1,33	L110	A	
3,83	L71	A B C	2,83	L100	A	1,33	L118	A	
3,78	L9	A B C	2,83	L42	A	1,33	L15	A	
3,78	L15	A B C	2,72	L39	A	1,33	L19	A	
3,72	L105	A B C	2,72	L97	A	1,33	L33	A	
3,72	L42	A B C	2,67	L110	A	1,33	L46	A	
3,72	L46	A B C	2,67	L54	A	1,33	L6A	A	
3,71	L91	A B C	2,61	L71	A	1,33	L9	A	
3,71	L19	A B C	2,50	L18	A	1,25	L105	A	
3,62	L7	A B C	2,50	L4	A	1,25	L18	A	
3,61	L28	A B C	2,39	L7A	A	1,25	L28	A	
3,61	L2A	A B C	2,37	L33	A	1,25	L2A	A	
3,61	L4	A B C	2,36	L64	A	1,25	L3A	A	
3,61	L33	A B C	2,34	L9	A	1,25	L4	A	
3,48	L97	A B C	2,33	L2A	A	1,25	L54	A	
3,45	L100	A B C	2,33	L87	A	1,25	L60	A	
3,44	L118	A B C	2,28	L1A	A	1,25	L8A	A	
3,42	L16	A B C	2,28	L7	A	1,17	L1A	A	
3,39	L7A	A B C	2,22	L60	A	1,17	L42	A	
3,34	L18	A B C	2,16	L28	A	1,17	L4A	A	
3,33	L87	A B C	2,16	L6A	A	1,17	L64	A	
3,28	L5A	A B C	2,11	L15	A	1,17	L7A	A	
3,22	L27	B C	2,05	L118	A	1,17	L87	A	
3,22	L39	B C	2,05	L5A	A	1,08	L16	A	
3,02	L60	C	1,95	L3A	A	1,00	L97	A	

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 1.67

“Los genotipos con los promedios más bajos fueron para la localidad de Tuquerres a pesar de que el contenido nutricional del suelo según el análisis es alto, el contenido de materia orgánica es de 13.7%, Fósforo 23 ppm y Potasio 1.27 meq / 100 g de suelo, durante el ensayo la precipitación pluvial fue de 36.6 ml (Anexo E), estuvo muy por debajo de los requeridos para esta etapa que son de 110 a 130 ml”³³.

Los genotipos con promedios más altos se consiguieron en la localidad de Ipiales. Este fenómeno puede atribuirse al alto contenido nutricional del suelo en la localidad de Ipiales, la cual según el análisis de suelos presenta niveles altos de materia orgánica 17.8%, Fósforo 29.46 ppm y Potasio 1.30 meq / 100 g de suelo, el alto contenido de nitrógeno favorece la producción de macollas (Anexo D), y a la precipitación pluvial durante esta etapa que fue ideal de 125 ml y la poca proliferación de áfidos vectores en el ambiente. (Anexo E).

Figura 3. Macollamiento y altura de plantas de cebada de grano desnudo observado en la localidad de Ipiales Línea L86



“El alto número de macollas en la localidad de Ipiales es influenciado por el contenido de humedad del suelo ya que el alto contenido de materia orgánica mantiene la humedad del suelo”³³

* ENTREVISTA con Benjamín Sañudo Sotelo. Profesor jubilado. Universidad De Nariño. San Juan de Pasto 2006.

³³ ORDÓÑEZ, y DELGADO, Op. cit., p. 44.

3.2.3 Número de espigas por planta. Al realizar el análisis de varianza para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas significativas para los genotipos. Pero si hubo diferencias estadísticas altamente significativas para las localidades y la interacción genotipo por ambiente. (Anexo A Cuadro 1).

Según la prueba de comparación de medias de Tukey (95%) se encontró que el mayor promedio de número de espigas por planta se presentó en la localidad de Ipiales y fue de 3.56 espigas por planta, mostrando diferencias estadísticas significativas con respecto a las localidades de Ospina y Tuquerres las cuales presentaron promedios de 2.32 y 1.20 espigas por planta. (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable espigas por planta

LOCALIDADES	MEDIAS	
IPIALES	3.56	A
OSPINA	2.32	B
TUQUERRES	1.20	C

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 0.15

Con base en lo anterior y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%) se encontró que en la localidad de Ipiales la línea L6A fue la que presentó mayor número de espigas por planta con 4.72 espigas por planta sin presentar diferencias estadísticas significativas con las líneas L3A, L110, L1A, L86, L91, L4A, L64, L105, L8A, L2A, L42, L71, L9, L15, L46, L33, L97, L60, L54, L27; las cuales oscilaron entre 4.39 y 3.39 espigas por planta. Pero si hubo diferencias estadísticas significativas con respecto a las líneas L4, L7, L19, L118, L39, L5A, L7A, L100, L18, L16, L87, L28, que oscilaron entre 3.39 y 2.59 espigas por planta. (Tabla 9).

En la localidad de Ospina el mayor número de espigas se obtuvo para la línea L86 con 3.28 y no presentó diferencias estadísticas significativas con las líneas L91, L18, L100, L8A, L46, L27, L33, L16, L19, L15, L105, L54, L9, L42, L4A, L39, L64, L87, L60, L4, L71, L110, L97, L2A, L7A, L1A, cuyo número de macollas estuvo entre 3.08 y 1.94 espigas por planta, pero si hubo diferencias altamente significativas con las líneas L7, L5A, L6A, L3A, L28 y L118 a las cuales el número de espigas corresponde entre 1.89 y 1.39. (Tabla 9).

En la localidad de Tuquerres el mayor número de espigas por planta fue de 2.08 y fue para la línea L86, sin presentar diferencias estadísticas significativas con las demás líneas. Las líneas L16, L18 y L42 fueron los genotipos con el menor número de espigas por planta con 1.00 espigas por planta. (Tabla 9).

Tabla 9. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable espigas por planta

LOCALIDAD									
IPIALES			OSPINA				TUQUERRES		
PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		
4,72	L6A	A	3,28	L86	A	2,08	L86	A	
4,39	L3A	A B	3,08	L91	A B	2,00	L39	A	
4,28	L110	A B	3,00	L18	A B C	1,35	L15	A	
4,28	L1A	A B	2,95	L100	A B C D	1,35	L7	A	
4,27	L86	A B	2,89	L8A	A B C D E	1,35	L9	A	
4,07	L91	A B C	2,88	L46	A B C D E	1,27	L5A	A	
4,00	L4A	A B C D	2,72	L27	A B C D E F	1,27	L91	A	
3,97	L64	A B C D E	2,61	L33	A B C D E F	1,18	L28	A	
3,89	L105	A B C D E	2,56	L16	A B C D E F	1,18	L2A	A	
3,87	L8A	A B C D E	2,56	L19	A B C D E F	1,18	L33	A	
3,70	L2A	A B C D E	2,55	L15	A B C D E F	1,18	L64	A	
3,67	L42	A B C D E	2,50	L105	A B C D E F	1,18	L71	A	
3,67	L71	A B C D E	2,50	L54	A B C D E F	1,18	L8A	A	
3,56	L9	A B C D E	2,50	L9	A B C D E F	1,17	L118	A	
3,55	L15	A B C D E	2,39	L42	A B C D E F	1,17	L27	A	
3,50	L46	A B C D E	2,39	L4A	A B C D E F	1,17	L46	A	
3,48	L33	A B C D E	2,33	L39	A B C D E F	1,17	L4A	A	
3,48	L97	A B C D E	2,28	L64	A B C D E F	1,17	L6A	A	
3,45	L60	A B C D E	2,28	L87	A B C D E F	1,10	L1A	A	
3,42	L54	A B C D E	2,22	L60	A B C D E F	1,10	L60	A	
3,39	L27	A B C D E	2,17	L4	A B C D E F	1,10	L87	A	
3,39	L4	B C D E	2,16	L71	A B C D E F	1,10	L97	A	
3,35	L7	B C D E	2,06	L110	A B C D E F	1,08	L100	A	
3,28	L19	B C D E	2,05	L97	A B C D E F	1,08	L105	A	
3,26	L118	B C D E	2,00	L2A	A B C D E F	1,08	L110	A	
3,22	L39	B C D E	1,95	L7A	A B C D E F	1,08	L19	A	
3,22	L5A	B C D E	1,94	L1A	A B C D E F	1,08	L3A	A	
3,17	L7A	B C D E	1,89	L7	B C D E F	1,08	L4	A	
3,11	L100	B C D E	1,78	L5A	B C D E F	1,08	L54	A	
3,06	L18	B C D E	1,67	L6A	C D E F	1,08	L7A	A	
2,72	L16	C D E	1,61	L3A	D E F	1,00	L16	A	
2,64	L87	D E	1,56	L28	E F	1,00	L18	A	
2,59	L28	E	1,39	L118	F	1,00	L42	A	

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.

Comparador Tukey 0.05 = 1.39

Observando las tres localidades se encontró que en Ipiales están los mayores promedios de espigas por planta desde 4.72 a 2.59 y en la localidad de Tuquerres los promedios más bajos de esta variable que van desde 2.08 a 1.00.

Amezquita afirma que: “el fósforo es primordial para el crecimiento, floración y fructificación de la cebada. Además el fósforo origina un arranque rápido y vigoroso de las plantas”³⁴, así se puede decir que el bajo promedio de espigas por planta en este caso no está relacionado con el contenido de fósforo en el suelo que en la localidad de Tuquerres fue normal 23 ppm. (Anexo C) si no por la propagación de áfidos vectores, debido a la baja precipitación pluvial y a la incidencia del virus en las plantas.

3.2.4 Longitud de espigas. En el análisis de varianza se puede observar que esta variable no presentó diferencias significativas entre genotipos pero hubo diferencias altamente significativas para localidades y la interacción genotipo por ambiente. (Anexo A Cuadro 1).

En base en lo anterior y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%) se encontró que la mayor longitud de espigas promedio se dio en la localidad de Ipiales y fue de 5.86 cm. presentando diferencias estadísticas significativas con respecto a las localidades de Ospina y Tuquerres las cuales presentaron promedios de 4.99 y 2.53 cm. respectivamente. (Tabla 10).

Tabla 10. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable longitud de espigas

LOCALIDADES	MEDIAS	
IPIALES	5.86	A
OSPINA	4.99	B
TUQUERRES	2.53	C

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 0.20

³⁴ AMEZQUITA. Edgar. Fertilización de la cebada. En: fertilización de cultivos de clima frío. Barranquilla : Monómeros Colombo – Venezolanos, 1998. p. 97–106, 102.

Según la prueba de comparación de medias de Tukey (95%) se encontró que en la localidad de Ipiales la línea que tuvo la mayor longitud de espiga fue la L33 con 7.06 cm. sin presentar diferencias estadísticas significativas con respecto a las líneas L8A, L1A, L54, L110, L15, L46, L39, L42, L91, L7A, L4, L3A, L6A, L97, L86, L4A, L27, L9, L18, L105, L7, L118, L100, L28, L16, L19 L60 y L64. Pero si hubo diferencias estadísticas significativas con respecto a las líneas L87, L2A, L71 y L5A. (Tabla 11).

En el siguiente cuadro también se puede apreciar que para la localidad de Ospina el mayor promedio se dio para la línea L100 con 6.30 cm., sin presentar diferencias estadísticas con las líneas L27, L39, L71, L4A, L16, L91, L18, L97, L28, L110, L54, L46, L33, L19, L4, L118, L64, L86, L15, L8A, L7, L7A, L2A, L87, L9 y L3A, líneas que presentaron una longitud de espiga promedio entre 5.92 y 4.56 cm. Pero si hubo diferencias significativas con respecto a las líneas L105, L1A, L6A, L5A, L42 y L60, las cuales presentaron en promedio una longitud de espigas entre 4.38 y 3.78 cm. (Tabla 11).

En la localidad de Tuquerres no hubo diferencias significativas para la variable longitud de espigas, siendo el promedio más alto de 3.17 cm. el cual se dio para la línea L39 y el promedio más bajo fue el de la línea L16 con 1.85 cm. (Tabla 11).

En cuanto a la longitud de espigas en las tres localidades se encontró que los mayores promedios se presentan en la localidad de Ipiales 7.06 cm. a 4.36 cm., mientras que para la localidad de Tuquerres se presentan los promedios más bajos desde 3.17 a 1.85 cm. (Tabla 11).

Gaviria citado por Lara y Ramos³⁵, dice que en cultivos como el trigo y la cebada el nitrógeno en combinación con el fósforo aumenta la longitud de la espiga, el número de espiguillas, los granos por espiga y el peso de estos.

Lo expuesto por Gaviria le atribuye a la disponibilidad de nitrógeno el desarrollo de la longitud de espigas, teniendo en cuenta que en Ipiales el porcentaje de Materia orgánica es de 17.8%, mientras en Tuquerres es de 13.7%, y su efecto en asociación con el Fósforo, que para la localidad de Ipiales fue de 29.46 ppm y para Tuquerres fue de 23 ppm niveles normales de fertilidad en el suelo (Anexo D), entonces los porcentajes altos de incidencia de BYDV en la localidad de Tuquerres fueron los limitantes en el desarrollo de la espiga.

* ENTREVISTA con Benjamín Sañudo Sotelo. Profesor jubilado. Universidad De Nariño. San Juan de Pasto 2006

³⁵ LARA, y RAMOS, Op. cit., p. 53.

Tabla 11. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable longitud de espigas

LOCALIDAD									
IPIALES			OSPINA				TUQUERRES		
PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		
7,06	L33	A	6,30	L100	A	3,17	L39	A	
6,94	L8A	A B	5,92	L27	A B	2,92	L97	A	
6,83	L1A	A B C	5,74	L39	A B C	2,85	L8A	A	
6,67	L54	A B C	5,72	L71	A B C	2,84	L33	A	
6,56	L110	A B C	5,72	L4A	A B C	2,84	L7	A	
6,33	L15	A B C	5,67	L16	A B C	2,82	L5A	A	
6,27	L46	A B C	5,53	L91	A B C D	2,79	L64	A	
6,25	L39	A B C	5,39	L18	A B C D	2,71	L71	A	
6,22	L42	A B C	5,36	L97	A B C D	2,70	L6A	A	
6,11	L91	A B C D	5,36	L28	A B C D	2,69	L118	A	
6,08	L4	A B C D	5,26	L110	A B C D	2,66	L15	A	
6,08	L7A	A B C D	5,25	L54	A B C D	2,63	L86	A	
6,06	L3A	A B C D	5,23	L46	A B C D	2,61	L91	A	
5,97	L6A	A B C D	5,22	L33	A B C D	2,60	L1A	A	
5,96	L97	A B C D	5,12	L19	A B C D	2,57	L100	A	
5,95	L4A	A B C D	4,96	L4	A B C D	2,57	L3A	A	
5,95	L86	A B C D	4,95	L118	A B C D	2,57	L18	A	
5,86	L27	A B C D	4,92	L64	A B C D	2,54	L27	A	
5,83	L9	A B C D	4,87	L86	A B C D	2,54	L28	A	
5,77	L18	A B C D	4,83	L15	A B C D	2,53	L4A	A	
5,73	L105	A B C D	4,78	L8A	A B C D	2,51	L19	A	
5,58	L118	A B C D	4,72	L7	A B C D	2,51	L2A	A	
5,58	L7	A B C D	4,70	L7A	A B C D	2,44	L110	A	
5,53	L100	A B C D	4,66	L2A	A B C D	2,42	L87	A	
5,50	L28	A B C D	4,58	L87	A B C D	2,42	L9	A	
5,42	L16	A B C D	4,56	L9	A B C D	2,31	L7A	A	
5,36	L19	A B C D	4,56	L3A	A B C D	2,26	L105	A	
5,33	L60	A B C D	4,38	L105	B C D	2,21	L46	A	
5,22	L64	A B C D	4,35	L1A	B C D	2,19	L60	A	
5,13	L87	B C D	4,28	L6A	B C D	2,08	L42	A	
5,02	L2A	C D	4,17	L5A	B C D	2,05	L4	A	
5,02	L71	C D	3,95	L42	C D	2,04	L54	A	
4,36	L5A	D	3,78	L60	D	1,85	L16	A	

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.

Comparador Tukey 0.05 = 1.86

3.2.5 Número de granos por espiga. Al realizar el análisis de varianza para esta variable se encontró que hubo diferencias estadísticas altamente significativas para las localidades, pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas con respecto a los genotipos y a la interacción genotipo por ambiente. (Anexo A Cuadro 1).

Teniendo en cuenta lo anterior y con base en la prueba de comparación de medias de Tukey (95%) se encontró que la localidad de Ipiales presentó el mayor promedio con 48.51 granos por espiga y hubo diferencias estadísticas significativas con las localidades de Ospina y Tuquerres las cuales en promedio tuvieron 45.23 y 9.79 granos por espiga respectivamente. (Tabla 12).

Tabla 12. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable granos por espiga

LOCALIDADES	MEDIAS	
IPIALES	48.51	A
OSPINA	45.23	B
TUQUERRES	9.79	C

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 1.85

Garcés y Arcos, afirman que: “la disponibilidad de Fósforo y Nitrógeno en el suelo afectan el número de granos por espiga y son importantes en la traslocación de proteínas y almidones del grano”³⁶, de ahí que el Fósforo esté asociado fundamentalmente con la formación de espigas y granos, por lo tanto se puede decir que el menor promedio de granos por espiga obtenido en la localidad de Tuquerres está influenciado por el porcentaje de infección del virus del enanismo amarillo (BYDV), ya que el contenido de este elemento según el análisis de suelos es normal de 23 ppm. (Anexo D).

³⁶ GARCÉS, Helena. y ARCOS, Carmen. Respuesta agronómica de algunas variedades criollas mejoradas de trigo (*Triticum aestivum* L.) en condiciones de baja fertilidad del suelo. Pasto, 1988, 60 p. trabajo de grado (ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

Figura 4. Longitud de espigas y número de granos observados en plantas de cebada de grano desnudo en la localidad de Tuquerres Línea L4



3.2.6 Peso de mil granos. Mediante el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas significativas para los genotipos. Pero si hubo diferencias altamente significativas para las localidades y para la interacción genotipo por ambiente. (Anexo A Cuadro 1).

Según lo anterior y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%) se encontró que la localidad de Ipiales tuvo el mayor peso promedio de mil granos con 53.59 gramos, presentando diferencias estadísticas significativas con las localidades de Ospina y Tuquerres, en las cuales se obtuvo pesos promedios para mil granos de 44.21 y 30.12 gramos respectivamente. (Tabla 13).

Tabla 13. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable peso de mil granos

LOCALIDADES	MEDIAS	
IPIALES	53.59	A
OSPINA	44.21	B
TUQUERRES	30.12	C

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 2.89

Teniendo la prueba de comparación de medias de Tukey (95%), se encontró que en la localidad de Ipiales la línea L1A fue la que presentó el mayor peso de mil de granos con 66.33 gramos, sin presentar diferencias significativas con las líneas L27, L118, L100, L46, L54, L7A, L7, L15, L110, L60, L19, L3A, L5A, L8A, L18, L64, L39, L33, L6A, L28, L16, L97, L4A, L42, L86, L71, L105, L91, L87, L9 y L2A, pero presentando diferencias significativas con el promedio más bajo de la línea L4 con 37.77 gramos. (Tabla 14).

En la localidad de Ospina el mayor promedio se dio para la línea L86 con un peso de 55.13 gramos sin presentar diferencias significativas con las líneas L118, L18, L7, L28, L15, L97, L71, L39, L42, L9, L8A, L1A, L5A, L91, L46, L3A, L6A, L60, L16, L54, L19, L105, L7A, L4, L110, L33, L2A, L4A, L100, L27 y L87, con promedios de peso que van desde 54.93 y 33.87 gramos, Excepto con el peso promedio más bajo de la línea L64 con 27.50 gramos con quien si hubo diferencias significativas al 95%. (Tabla 14).

En este mismo cuadro se puede apreciar que en la localidad de Tuquerres el mayor peso promedio de mil granos lo tuvo la línea L5A con 36.20 gramos. Sin presentar diferencias significativas con respecto a las demás líneas. El peso promedio más bajo fue de 22.17 gramos que corresponde a la línea L16.

Tabla 14. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable peso de mil granos

LOCALIDAD									
IPIALES			OSPINA				TUQUERRES		
PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		
66,33	L1A	A	55,13	L86	A	36,20	L5A	A	
64,57	L27	A B	54,93	L118	A	35,47	L97	A	
62,27	L118	A B	54,77	L18	A	34,17	L8A	A	
61,78	L100	A B	53,67	L7	A B	33,63	L100	A	
60,27	L46	A B	53,37	L28	A B	33,23	L3A	A	
60,17	L54	A B	52,67	L15	A B	32,63	L39	A	
59,77	L7A	A B	51,70	L97	A B	32,23	L4A	A	
59,10	L7	A B	50,70	L71	A B	32,17	L87	A	
59,07	L15	A B	49,10	L39	A B	32,13	L64	A	
59,03	L110	A B	48,80	L42	A B	32,07	L9	A	
59,00	L60	A B	47,10	L9	A B	32,03	L33	A	
58,83	L19	A B	47,07	L8A	A B	31,97	L2A	A	
58,23	L3A	A B	46,70	L1A	A B	31,67	L105	A	
56,23	L5A	A B	46,53	L5A	A B	31,50	L118	A	
55,50	L8A	A B	46,33	L91	A B	31,40	L1A	A	
54,97	L18	A B	46,10	L46	A B	31,23	L71	A	
54,57	L64	A B	45,57	L3A	A B	31,10	L15	A	
53,97	L39	A B	45,43	L6A	A B	31,10	L27	A	
53,27	L33	A B	44,53	L60	A B	31,00	L46	A	
51,83	L6A	A B	44,13	L16	A B	30,50	L7	A	
51,17	L28	A B	42,50	L54	A B	30,33	L110	A	
49,73	L16	A B	42,37	L19	A B	30,27	L60	A	
48,87	L97	A B	39,40	L105	A B	29,37	L91	A	
48,47	L4A	A B	39,37	L7A	A B	28,57	L86	A	
47,40	L42	A B	38,07	L4	A B	27,33	L54	A	
46,93	L86	A B	37,83	L110	A B	27,30	L7A	A	
46,67	L71	A B	36,10	L33	A B	27,27	L6A	A	
46,40	L105	A B	35,07	L2A	A B	26,73	L4	A	
45,07	L91	A B	34,53	L4A	A B	25,70	L18	A	
44,63	L87	A B	34,00	L100	A B	24,83	L19	A	
44,40	L9	A B	33,93	L27	A B	23,60	L28	A	
42,13	L2A	A B	33,87	L87	A B	23,20	L42	A	
37,77	L4	B	27,50	L64	B	22,17	L16	A	

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.

Comparador Tukey 0.05 = 26.87

La localidad de Ipiales obtuvo el promedio mas alto de peso de 1000 granos con 53.59 gramos, mientras que en la localidad de Ospina fue de 44.21 gramos. La localidad de Tuquerres fue la localidad donde se encontró el menor peso de 1000 granos con 30.12 gramos.

Gaviria citado por Lara y Ramos³⁷ , afirma que el peso de 1000 granos está influenciado por la fertilidad del suelo, constituyéndose el nitrógeno y el fósforo como los elementos indispensables en la formación, rendimiento, calidad y peso de los granos, pero como se ha visto con las demás variables los niveles nutricionales (Anexo D) son óptimos, esto quiere decir que el anormal desarrollo de en todas las variables es efecto directamente por la infección del BYDV.

Figura 5. Madurez fisiológica observada en plantas de cebada de grano desnudo en la localidad de Ipiales Línea L86



³⁷ LARA, y RAMOS, Op. cit., p. 47.

Esto se confirma con los promedios bajos del peso de mil granos obtenidos en la localidad de Tuquerres donde el fósforo es de 23 ppm y la materia orgánica de 13.7%, niveles normales, también a la precipitación pluvial durante el desarrollo del grano 38.2 ml (Anexo E), mientras que en la localidad de Ipiales los niveles de fertilidad y pluviosidad fueron más altos. (Anexo D y E), este último factor es fundamental en el desarrollo de los áfidos vectores del virus, ya que en tiempo seco el desarrollo de estos áfidos es superior.

3.2.7 Rendimiento. El análisis de varianza para la variable rendimiento, presentó diferencias estadísticas significativas al 95% para los ambientes, los, genotipos y la interacción genotipo por ambiente. (Anexo A Cuadro 1).

Teniendo en cuenta lo anterior y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%) se encontró que la localidad de Ipiales tuvo el mayor rendimiento promedio con 1964.26 Kg. / Ha, presentando diferencias significativas con respecto a las localidades de Ospina y Tuquerres donde se obtuvieron unos rendimientos promedios de 1700.46 y 1221.75 Kg. / Ha respectivamente. (Tabla 15).

Tabla 15. Prueba de Tukey para localidades sobre la variable rendimiento

LOCALIDADES	MEDIAS	
IPIALES	1964.26	A
OSPINA	1700.46	B
TUQUERRES	1221.75	C

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey 0.05 = 114.81

La prueba de Tukey en la localidad de Ipiales explica que la Línea L1A presentó el mayor rendimiento promedio de 2579.33 Kg. / Ha, sin presentar diferencias estadísticas significativas con las líneas L110, L54, L4A, L42, L8A, L39, L100, L2A, L46, L86, L18, L27, L7A, L7, L15, L60, L19, L33, L3A, L28, L16, L64, L118, L5A, L6A, L87, L97, L9, L91, L71 y L4, las cuales presentaron rendimientos desde 2361.33 a 1512.00 Kg. / Ha. Pero si hubo diferencias estadísticamente significativas con respecto a la línea L105, cuyo rendimiento promedio fue de 1489.33 Kg. / Ha. (Tabla 16).

En este mismo cuadro se puede apreciar que en la localidad de Ospina el mayor rendimiento fue de 2538.67 Kg. / Ha. y se dio para la línea L86, sin presentar diferencias estadísticamente significativas con las líneas L8A, L39, L91, L4A, L27, L16, L19, L118, L18, L7, L28, L15, L97, L71, L3A, L60, L42, L9, L7A, L6A, L1A L5A y L46, cuyos rendimientos variaron desde 2216.00 a 1510.67 Kg. / Ha, pero si

hubo diferencias estadísticamente significativas con las líneas L33, L105, L54, L2A, L4, L110, L100, L87 y L64, que presentaron rendimientos promedio de 1454.67 a 1100.67 Kg. / Ha. (Tabla 16).

En la localidad de Tuquerres el máximo promedio fue de 1830.33 Kg. / Ha. y se dio para la línea L39 sin presentar diferencias estadísticamente significativas con las demás líneas. En esta localidad el rendimiento más bajo lo presentó la línea L16 la cual tuvo en promedio 886.67 Kg. / Ha. (Tabla 16).

Para los ambientes el mayor rendimiento promedio se encuentra en la localidad de Ipiales 1964.26 Kg. / Ha y existe diferencias con el rendimiento promedio de Ospina 1700.46 Kg. / Ha y a su vez diferentes al promedio de la localidad de Tuquerres 1221.75 Kg. / Ha.

Calderón Citado por Ordóñez y Delgado afirmó que: “el factor hídrico determina el estado nutritivo, produciendo en sequía una depresión en la asimilación de los elementos, empezando por el Fósforo, luego el Potasio, elementos menores y por último el Nitrógeno. Afirmando que la deficiencia hídrica afecta el normal desempeño de las plantas”³⁸. Esta es una de las causas que sumada a los altos porcentajes de infección por el virus del BYDV en la localidad de Tuquerres, impidieron un óptimo desarrollo de las plantas en dicha localidad.

“Al observar las tres localidades, en Ipiales se encuentran los genotipos con los más altos promedios de rendimiento y en la localidad de Tuquerres están los genotipos con los promedios más bajos, al igual que los demás componentes de rendimiento es primordial la nutrición del suelo y la precipitación pluvial que para la localidad de Tuquerres durante el desarrollo del cultivo fue de 266.5 ml y el valor ideal es de 370 ml”^{*}.

* ENTREVISTA con Benjamín Sañudo Sotelo. Profesor jubilado. Universidad De Nariño. San Juan de Pasto 2006.

³⁸ ORDÓÑEZ, y DELGADO, Op. cit., p. 18.

Tabla 16. Prueba de Tukey para la interacción genotipo por ambiente sobre la variable rendimiento Kg. / Ha

LOCALIDAD									
IPIALES			OSPINA				TUQUERRES		
PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		PROM	LÍNEA		
2579,33	L1A	A	2538,67	L86	A	1830,33	L39	A	
2361,33	L110	A B	2216,00	L8A	A B	1596,00	L86	A	
2306,67	L54	A B	2199,00	L39	A B	1479,33	L5A	A	
2279,00	L4A	A B	2096,00	L91	A B C	1437,00	L97	A	
2229,33	L42	A B	2047,33	L4A	A B C	1394,67	L8A	A	
2220,00	L8A	A B	2024,00	L27	A B C	1357,67	L64	A	
2158,67	L39	A B	1965,33	L16	A B C	1356,00	L3A	A	
2144,33	L100	A B	1894,67	L19	A B C	1347,33	L4A	A	
2090,67	L 2A	A B	1864,00	L118	A B C	1298,33	L87	A	
2077,33	L46	A B	1857,33	L18	A B C	1290,67	L33	A	
2077,33	L86	A B	1813,33	L7	A B C	1256,33	L7	A	
2065,33	L18	A B	1801,33	L28	A B C	1240,67	L118	A	
2058,67	L27	A B	1773,33	L15	A B C	1235,33	L15	A	
2057,33	L7A	A B	1734,67	L97	A B C	1234,00	L2A	A	
2030,67	L7	A B	1694,67	L71	A B C	1234,00	L71	A	
2029,33	L15	A B	1689,33	L3A	A B C	1229,33	L1A	A	
2028,33	L60	A B	1649,33	L60	A B C	1225,67	L27	A	
2020,00	L19	A B	1619,00	L42	A B C	1199,00	L100	A	
2017,33	L33	A B	1617,33	L9	A B C	1193,67	L9	A	
2005,33	L3A	A B	1574,67	L7A	A B C	1180,67	L91	A	
1946,67	L28	A B	1553,33	L6A	A B C	1170,67	L105	A	
1876,00	L16	A B	1536,00	L1A	A B C	1142,67	L54	A	
1849,33	L64	A B	1528,00	L5A	A B C	1120,33	L110	A	
1825,33	L118	A B	1510,67	L46	A B C	1110,67	L60	A	
1782,67	L5A	A B	1454,67	L33	B C	1100,00	L4	A	
1740,00	L6A	A B	1442,67	L105	B C	1094,00	L7A	A	
1660,33	L87	A B	1433,33	L54	B C	1059,67	L18	A	
1621,33	L97	A B	1402,33	L2A	B C	1057,00	L46	A	
1578,67	L9	A B	1389,33	L4	B C	1046,00	L19	A	
1569,33	L91	A B	1380,33	L110	B C	1027,00	L6A	A	
1533,33	L71	A B	1360,00	L100	B C	949,33	L28	A	
1512,00	L4	A B	1354,67	L87	B C	937,67	L42	A	
1489,33	L105	B	1100,67	L64	C	886,67	L16	A	

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.

Comparador Tukey 0.05 = 1068.68

Figura 6. Etapa de cosecha observada en plantas de cebada de grano desnudo en la localidad de Ipiales



El equilibrio presente en la localidad de Ipiales entre la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua durante el ciclo del cultivo, hicieron que esta localidad obtuviera los promedios más altos de rendimiento. La disponibilidad de agua también es determinante en la presencia de áfidos vectores propagadores del virus BYDV, disminuyendo las poblaciones en relación con épocas de verano.

De la misma forma Bolaños y Brito afirman que: “los rendimientos son influenciados por la fertilidad del suelo, especialmente por los contenidos de fósforo y nitrógeno además de las propiedades físicas del suelo y las condiciones óptimas de precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo”³⁹.

Por otra parte el genotipo que mejor rendimiento obtuvo fue la línea L86 con 2070.67 Kg. / Ha siendo igual estadísticamente a las líneas L39, L8A, L4A, L1A, L27, L7, L3A, L15, L18, L19, L118, L54, L110, L91, L97, L5A, L60, L42, L33, L16, L2A, L7A, L100, L28, L46, L71 y L9, con rendimientos desde 2062.67 a 1463.22 Kg. / Ha, pero tienen diferencias significativas al 95% con las líneas L6A, L87, L64, L105 y L4, cuyos rendimientos están entre 1440.11 a 1333.78 Kg. / Ha. (Tabla 17).

³⁹ BOLAÑOS, Antonio y BRITTO, Rodrigo. Heredabilidad del índice de cosecha en trigo y su relación con tres componentes de rendimiento. En: Agronomía Colombiana, No 2. Bogotá, 1991; (p. 268–279).

Tabla 17. Prueba de Tukey para genotipos sobre la variable rendimiento

RENDIMIENTO			
PROM		LÍNEA	
2070,67	L86	A	
2062,67	L39	A	
1943,56	L 8A	A	B
1891,22	L4A	A	B
1781,56	L1A	A	B
1769,44	L27	A	B
1700,11	L7	A	B
1683,56	L3A	A	B
1679,33	L15	A	B
1660,78	L18	A	B
1653,56	L19	A	B
1643,33	L118	A	B
1627,56	L54	A	B
1620,67	L110	A	B
1615,33	L91	A	B
1597,67	L97	A	B
1596,67	L5A	A	B
1596,11	L60	A	B
1595,33	L42	A	B
1587,56	L33	A	B
1576,00	L16	A	B
1575,67	L2A	A	B
1575,33	L7A	A	B
1567,78	L100	A	B
1565,78	L28	A	B
1548,33	L46	A	B
1487,33	L71	A	B
1463,22	L9	A	B
1440,11	L6A		B
1437,78	L87		B
1435,89	L64		B
1367,56	L105		B
1333,78	L4		B

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.
Comparador Tukey = 617.00

3.3 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y MODELO FENOTÍPICO DE MEDIAS

3.3.1 Porcentaje de incidencia de BYDV. El análisis de correlación entre los porcentajes de incidencia y los demás componentes de rendimiento y producción obtuvo una significancia del 95% con las variables altura de plantas (-0.46), número de macollas por planta (-0.71), número de espigas por planta (-0.62), longitud de espigas (-0.39) y rendimiento (-0.52). (Anexo B).

La correlación negativa significa que entre mas alto sea el porcentaje de incidencia se producirá una menor altura de plantas, un menor número de macollas lo que genera un menor número de espigas y de longitud de estas, que originará una disminución significativa del rendimiento.

De igual manera los resultados del análisis de correlación concuerdan con lo mencionado por Gálvez “El virus del enanismo amarillo produce un raquitismo y formación de rosetas en las plantas, las cuales no producen espiga, o producen un número muy escaso, la infección produce hinchazones en la hoja bandera y mala formación de la espiga, reduciendo la formación, el peso de los granos reduciendo el rendimiento y calidad de producción del cultivo”⁴⁰.

Estos coeficientes transformados a coeficientes de determinación ($r^2 \times 100$) significa que el porcentaje de incidencia de BYDV afecta en un 21.16% a la variable altura de plantas, en un 50.41% al número de macollas por planta, en un 38.44% el número de espigas por planta, la longitud de espigas es afectada por el BYDV en un 15.21% y el rendimiento es afectado en 27.04%.

En el anexo C, Tabla 18, del modelo fenotípico de medias, las líneas que tienen el valor mas alto de **g** (Efecto genético en los tres ambientes) en su orden de mayor a menor son las líneas L7, L7A, L5A, L28 y L2A.

“Si interesa aumentar la expresión del carácter, se destacan los genotípicos y los ambientes con valores positivos más grandes, así como las interacciones con valores positivos más grandes. Si se busca disminuir la expresión del rasgo, se destacan los genotipos ambientales e interacciones con valores negativos más altos”⁴¹.

⁴⁰ GÁLVEZ, Guillermo, et. al. Enanismo de la cebada, del trigo y de la avena. En : Revista Agricultura tropical. No. 19. Vol. 2. 1963; (p. 69-77).

⁴¹ BETANCOURTH Carlos y SAÑUDO Benjamín. Fundamentos de Fitomejoramiento. San Juan de Pasto : Universidad de Nariño, 2005. p. 150.

Esto quiere decir que las líneas mencionadas anteriormente al tener el valor positivo mas alto son las líneas mas susceptibles al virus del enanismo amarillo y la localidad de Tuquerres tiene el valor de **e** positivo más alto, esto que significa que esta localidad es la más influyente en el desarrollo de la infección.

Teniendo en cuenta el Anexo C, Tabla 18, las líneas que tienen el valor negativo más alto de **g** (Efecto genético en los tres ambientes) en su orden son L86, L39, L91, L4A y L16, estos son los genotipos más promisorios en cuanto a tolerancia hacia el virus del BYDV y la localidad de Ipiales por tener el valor negativo más alto de **e** es la localidad que determina un menor porcentaje de incidencia de BYDV para estas líneas.

Según la tabla de interacción genotipo por ambiente (Anexo 1 Tabla 18) las líneas que muestran menor tolerancia al virus de BYDV en la localidad de Ipiales son L86, L39, L60, L97 y L28, mientras que los genotipos más promisorios para tolerar este virus en esta localidad son L1A, L7, L6A, L2A y L9.

En la localidad de ospina los genotipos con menor tolerancia son L6A, L7, L42, L118 y L33. Los genotipos con mayor resistencia al ataque del virus para esta localidad son las líneas L100, L8A, L91, L27 y L54.

Para la localidad de Tuquerres los genotipos más susceptibles al virus del BYDV fueron L54, L8A, L9, L27 y L100, mientras que los genotipos que presentaron la mayor tolerancia en esta localidad fueron las líneas L39, L86, L42, L33 y L6A.

3.3.2 Rendimiento. El análisis de correlación (Anexo B), para conocer como la variable rendimiento es influenciada directamente por todas las variables de los componentes de producción con una Significancia del 95% = 0.34, demostró coeficientes de correlación para el porcentaje de incidencia por BYDV de (-0.52), la altura de plantas de (0.77), número de macollas por planta (0.49), número de espigas por planta (0.46), longitud de espigas (0.48), número de granos por espiga (0.61) y peso de 1000 granos (0.46), todos estos coeficientes de correlación son positivos, así que, la disminución de cualquiera de estas variables generan una disminución del rendimiento.

Estos coeficientes transformados a coeficientes de determinación ($r^2 \times 100$) significa que el rendimiento depende de un 27% del porcentaje de incidencia por BYDV, en un 59.59% de la altura de plantas, en un 24.01% del número de macollas por planta, en un 21.16% del número de espigas por planta, en un 23.04% de la longitud de espigas, en un 37.21% del número de granos por espiga y de 21.16% del peso de 1000 granos, coincidiendo con lo expuesto por Mather.

Según Mathere:

La disminución del rendimiento esta relacionada con la disminución de la altura de plantas, el porcentaje de la hoja decolorada y la intensidad de la decoloración de la hoja. Las plantas infectadas tienden a madurar prematuramente y muchas veces son atacadas por enfermedades fungosas, además hay pocas espigas por planta y disminuye la longitud de las mismas, lo que produce pocas semillas por planta, esterilidad parcial y reducción en el peso, tamaño del grano y rendimiento⁴².

Analizando el Anexo C, Tabla 19, del modelo fenotípico de medias, las líneas que tienen el valor mas alto de **g** (Efecto genético en los tres ambientes) en su orden de mayor a menor son las líneas L86, L39, L8A, L4A y L 1A.

Esto significa que las líneas antes mencionadas por tener el valor positivo mas alto son las líneas mas promisorias y la localidad de Ipiales tiene el valor de **e** positivo más alto, esto que significa que esta localidad es la más influyente en cuanto a las condiciones ambientales para generar un mayor rendimiento.

En el anexo C, Tabla 19, las líneas que tienen el valor negativo más alto de **g** (Efecto genético en los tres ambientes) en su orden son L4, L105, L64, L87 y L6A, son los genotipos menos promisorios en cuanto a rendimiento y la localidad de Tuquerres por tener el valor negativo más alto de **e** es la localidad que determina un menor rendimiento para estas líneas.

La tabla de interacción genotipo por ambiente (Anexo A Tabla 19) las líneas que muestran el mejor comportamiento en cuanto al rendimiento en la localidad de Ipiales son L1A, L110, L54, L42 y L100, los genotipos menos promisorios para la variable rendimiento en esta localidad son L91, L86, L97, L71 y L39.

En la localidad de ospina los genotipos más promisorios son L91, L86, L16, L8A y L 27. Mientras que los genotipos menos promisorios fueron L64, L1A, L110, L100 y L54.

La localidad de Tuquerres obtuvo en los genotipos L64, L5A, L87, L97 y L105 los mejores rendimientos, mientras que los genotipos menos promisorios para la variable rendimiento en esta localidad fueron las líneas L16, L42, L28, L19 y L18.

⁴² MATHERE, D. E. Compendium of barley diseases. United States of America, American phytopathological society. USA : s.n, 1982. p. 78.

4. CONCLUSIONES

- El porcentaje de infección por BYDV tuvo una correlación negativa con las variables altura de plantas, número de macollas por planta, número de espigas por planta, longitud de espigas, número de granos y rendimiento.
- Se estableció que los componentes de rendimiento que más influyen en la producción de cada genotipo son: el número de macollas y el número de espigas por planta.
- En la localidad de Ipiales el genotipo L1A, es el más tolerante al virus BYDV y el más promisorio en rendimiento con 2579.33 Kg. / Ha, mientras que para la localidad de Ospina el más resistente es el genotipo L8A y para Tuquerres con L39 con rendimientos de 2216.00 y 1830.33 Kg. / Ha respectivamente.
- El genotipo L86 alcanzó el mejor rendimiento 2070.67 Kg. / Ha, debido a que obtuvo los mejores resultados en el número de macollas y de espigas por planta en las tres localidades. Además presentó un promedio bajo de infección por BYDV de 19.19% junto con la línea L39 con 29.24% que alcanzó un rendimiento superior de 2062.67 Kg. / Ha. La línea L4 obtuvo el rendimiento mas bajo con 1333.78 Kg. / Ha ya que presentó un bajo peso de granos.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar nuevos ensayos con diferencias más grandes de temperatura, precipitación y fertilidad del suelo.
- Establecer un programa de mejoramiento de cebada de grano desnudo involucrando a las líneas L86 y L39 como progenitores.
- Continuar trabajos de mejoramiento con la línea L4A por su buen comportamiento en cuanto a rendimiento y bajos porcentajes de infección.
- Hacer un estudio de BYDV con un control técnico de áfidos vectores.

BIBLIOGRAFÍA

AGRIOS, George. Fitopatología. México: Limusa, 1988. 757 p.

AMEZQUITA, Edgar. Fertilización de la cebada. En: fertilización de cultivos de clima frío. Barranquilla : Monómeros Colombo – Venezolanos, 1998. p. 97–106, 102.

BETANCOURTH Carlos y SAÑUDO Benjamín. Fundamentos de Fitomejoramiento. San Juan de Pasto : Universidad de Nariño, 2005. 150 p.

BOLAÑOS, Antonio y BRITTO, Rodrigo. Heredabilidad del índice de cosecha en trigo y su relación con tres componentes de rendimiento. En: Agronomía Colombiana, No 2. Bogotá, 1991; (p. 268–279).

CALVACHE, Hugo y BURBANO, Edmundo. Control de Enanismo de la cebada mediante tratamiento de la semilla. Estación Experimental Agropecuaria “Obonuco”, Pasto : ICA, 1973. 13 p.

CHAMORRO, Adriana y YÉPEZ, Roció. Evaluación de pérdidas y Reacción de 10 materiales de cebada al ataque del virus del enanismo amarillo (BYDV) en el departamento de Nariño. Pasto, 1991, 74 p. trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

CHAVEZ, Rosa y MORAN, George. Capacidad forrajera de 15 materiales de Cebada de grano desnudo en cuatro municipios ganaderos de Nariño. Pasto, 2004, 84 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

CONTI, M, JEDLINSKI, H; DARCY, C. J. y BURNET, P. A. la “plaga Amarilla” de los cereales: El virus del enanismo amarillo de la cebada. Urbana. Illinois, Estados Unidos, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, y CIMMYT, México programa de trigo 1987. En : World perspectives on Barley Yellow Dwarf. Udine, Italia, 1987; (p. 1-4).

CONTRERAS, R., CASTIBLANCO, L., MIRANDA, A. Y VALBUENA, L. El cultivo de la cebada en Colombia. En : Manual de asistencia Técnica No 11. Bogotá : ICA, 1972; (p. 59).

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. FENALCE. Indicadores Cerealistas. Departamento Económico. 2006. Centro virtual. [en línea] Colombia [citado mar., 2006]. Disponible en Internet : <URL : www.fenalce.org.co>

FONDO NACIONAL DEL CEREALISTA. Alternativas para un manejo sustentable de los cereales en la Región Andina de Nariño. San Juan de Pasto : Universidad de Nariño, 2005. p.

GALVEZ, Guillermo, et. al. Enanismo de la cebada, del trigo y de la avena. En : Revista Agricultura tropical. No. 19. Vol. 2. Bogotá. 1963; (p. 69-77).

GARCÉS, Helena. y ARCOS, Carmen. Respuesta agronómica de algunas variedades criollas mejoradas de trigo (Triticum aestivum L.) en condiciones de baja fertilidad del suelo. Pasto, 1988, 60 p. trabajo de grado (ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

GUERRERO, O. El virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) en el departamento de Nariño. En : SEGUNDO CONGRESO de FUNDACIÓN ASCOLFI. Palmira (1974). Resúmenes del II Congreso de Fundación ASCOLFI. Palmira, Colombia : ASCOLFI, 1974. p. 27.

GUZMÁN, Gerardo y YÉPEZ, Bayardo. Evaluación de pérdidas en la producción de cinco diferentes variedades de cebada por efecto del virus del enanismo amarillo en diferentes épocas de desarrollo de las plantas. Pasto, 1986, 54 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas.

LARA, Nubia y RAMOS, Yemmy. Evaluación de material promisorio de cebada en ambientes no favorables del Departamento de Nariño. Pasto 1997, 75 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

LÓPEZ, María y MARTINES, Yeison. Evaluación de líneas promisorias de cebada de grano desnudo en regiones trigueras de Nariño. Pasto, 2001, 98 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

MATHERE, D. E. Compendium of barley diseases. United States of America, American phytopathological society. USA : s.n, 1982. p. 78.

McGUIRE. P.E. y QUALSET, Transfer of the Yd2 Barley Yellow Dwarf Virus Resistance Gene from Barley to wheat. University of California, Davis, California. USA. En : World perspectives on Barley Yellow Dwarf. Udine, Italia, 1987; (p. 476 – 480).

MOLINA, Luís Alfredo. Enanismo amarillo de la cebada. Bogotá : Universidad Nacional. ICA, 1976. 50 p.

MONIQUE, H. El control seguro y durable de BYDV. México. CIMMYT. Julio, 2000
In: M. henrry@cgiar.org©cimmytjulio2000.

ORDÓÑEZ, Claudia y DELGADO, Julio. Respuesta de la cebada (Hordeum vulgare L) a la fertilización edáfica y foliar de un suelo de Obonuco, Municipio de Pasto. Pasto, 1994, 84 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencia Agrícolas.

RAMIREZ, ARAYA. A Review of Barley Yellow Dwarf virus in the Southern cone countries of South America Santiago de Chile. En : World perspectives on Barley Yellow Dwarf. Udine, Italia, 1987. (p. 29-32).

ROSERO, Arnold y VALLEJOS, Oscar. Reacción al vaneamiento de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres regiones del departamento de Nariño. Pasto, 2006. 96 p. trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencia Agrícolas.

SAÑUDO, BENJAMÍN. Conferencias Prácticas de Fitopatología. Pasto : Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1973. 6 p.

SAÑUDO, B. y CASTRO, E. Enfermedades de trigo y cebada. Pasto : ICA, 1984. p. 2-5.

SIMPOSIO INTERNACIONAL. Memorias del Simposio Internacional. Resumen y perspectivas mundiales del enanismo amarillo de la cebada. Udine. Italia : s.n., 1987. 44 p.

TOLA, J. y CHICAIZA, O. El BYDV en los países andinos de América del sur. P.N. fox, programa de trigo. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador. Perú : CIMMYT, 1986. 70 p.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza para las variables porcentaje de infección por BYDV, altura de planta, número de espigas planta, longitud de espigas, peso de mil granos, número de macollas planta, número de granos por espiga y rendimiento Kg. / Ha

CUADRADOS MEDIOS									
FV	GL	%BYDVa	ALTURA	MACOLL	ESP/PLAN	LON/ESP	GRAN /ESP	P1000	RTO
Ambiente	2	69030,02*	39131,92*	147.76*	138.26*	296,27*	45631.98*	13807,93*	14026456.21*
B/A	6	794,93	623,25	0.76	0,41	4,79	554.42	702,44	470602.16
Genotipo	32	593,68*	174,60 NS	0,47 NS	0,61 NS	0,89 NS	50.10 NS	120,75 NS	266575.96*
Gen x Amb	64	333,19*	135,33*	0,42*	0,48*	0,73*	37.88 NS	114,65*	170951.42*
Error	192	204.92	63,70	0.29	0,20	0,36	30.88	75,13	118813.40
CV %.		11%	7.4%	9.5%	11%	7.0%	7.1%	8.6%	9.2%

N.S. Diferencias estadísticas no significativas.

* Diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable altura de plantas

ANDEVA	FV	GL	SC	CM	FC	
ALTURA	A	2	78263,84	39131,92	62,79	*
	B/A	6	3739,50	623,25		
	G	32	5587,36	174,60	1,29	NS
	G*A	64	8660,86	135,33	2,12	*
	E	192	12230,29	63,70		

CV 7,4%

Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable número de macollas por planta

ANDEVA	FV	GL	SC	CM	FC	
MACOLLAS POR PLANTA	A	2	295,53	147,76	194,69	*
	B/A	6	4,55	0,76		
	G	32	15,00	0,47	1,10	NS
	G*A	64	27,19	0,42	1,46	NS
	E	192	55,75	0,29		

CV 9,5%

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable espigas por planta

ANDEVA	FV	GL	SC	CM	FC	
ESP. POR PLANTA	A	2	276,52	138,26	335,69	*
	B/A	6	2,47	0,41		
	G	32	19,37	0,61	1,25	NS
	G*A	64	30,98	0,48	2,36	*
	E	192	39,31	0,20		

CV 11%

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable longitud de espigas

ANDEVA	FV	GL	SC	CM	FC	
LONG DE ESPIGAS	A	2	592,53	296,27	61,85	*
	B/A	6	28,74	4,79		
	G	32	28,40	0,89	1,22	NS
	G*A	64	46,71	0,73	2,05	*
	E	192	68,24	0,36		

CV 7.0%

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable número de granos por espiga

ANDEVA	FV	GL	SC	CM	FC	
NUM DE GRANOS	A	2	91263,95	45631,98	82,31	*
	B/A	6	3326,50	554,42		
	G	32	1603,28	50,10	1,32	NS
	G*A	64	2424,25	37,88	1,23	NS
	E	192	5928,24	30,88		

CV 7,1%

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable peso de 1000 granos

ANDEVA	FV	GL	SC	CM	FC	
PESO DE 1000 GRANOS	A	2	27615,86	13807,93	19,66	*
	B/A	6	4214,64	702,44		
	G	32	3864,04	120,75	1,05	NS
	G*A	64	7337,85	114,65	1,53	*
	E	192	14424,16	75,13		

CV 8,6%

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable rendimiento

ANDEVA	FV	GL	SC	CM	FC	
RTO	A	2	28052912,41	14026456,21	29,81	*
	B/A	6	2823612,97	470602,16		
	G	32	8530430,67	266575,96	1,56	*
	G*A	64	10940891,14	170951,42	1,44	*
	E	192	22812173,70	118813,40		
CV	9,2%					

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable porcentaje de incidencia de BYDV

ANDEVA	FV	GL	SC	CM	FC	
INCIDENCIA BYDV	A	2	135697,27	67848,64	85,35	*
	B/A	6	4769,56	794,93		
	G	32	18383,75	574,49	1,68	*
	G*A	64	21938,07	342,78	1,67	*
	E	192	39345,06	204,92		
CV	11%					

Anexo B. Análisis de correlación para las variables BYDV, altura de plantas, número de macollas planta, número de espigas planta, longitud de espigas, número de granos por espiga, peso de 1000 granos y rendimiento

	BYDV	ALT	MAC	ESP	LONGS	GRA/ ESP	P1000	RTO
BYDV	1	-0.46*	-0.71*	-0.62*	-0.39*	-0.22	0.15	-0.52*
ALT		1	0.54*	0.49*	0.32	0.36*	0.10	0.77*
MAC			1	0.81*	0.41*	0.31	-0.04	0.49*
ESP				1	0.36*	0.22	0.00	0.46*
LONG					1	0.58*	0.21	0.48*
GRA/ ESP						1	0.34*	0.61*
P1000							1	0.46*
RTO								1

Grados de libertad = 31

Comparador al 95% = 0.34

Anexo C. Modelo fenotípico de medias para las variables porcentaje de incidencia por BYDV y rendimiento

Tabla 18. Modelo fenotípico de medias para la variable porcentaje de incidencia por BYDV

GEN		AMBIENTE			
G	IPIA	OSP	TUQ	G	g
L 100	21,93	26,74	80,96	43,21	-1,02
L 105	26,74	51,93	71,91	50,19	5,97
L 110	17,83	46,58	58,70	41,04	-3,19
L 118	8,91	50,83	67,74	42,49	-1,73
L 15	17,83	50,76	71,91	46,83	2,61
L 16	13,02	30,84	67,74	37,20	-7,03
L 18	17,83	50,76	80,96	49,85	5,62
L 19	17,83	30,84	71,91	40,19	-4,03
L 1A	8,91	54,52	80,96	48,13	3,91
L 27	16,78	30,84	80,96	42,86	-1,36
L 28	34,95	42,89	80,96	52,93	8,70
L 2A	17,83	50,76	90,00	52,86	8,64
L 33	21,93	54,52	62,87	46,44	2,22
L 39	17,83	34,95	34,95	29,24	-14,99
L 3A	17,83	42,89	67,74	42,82	-1,41
L 4	17,83	50,76	67,74	45,44	1,22
L 42	17,83	54,52	58,70	43,68	-0,54
L 46	26,74	42,82	80,96	50,17	5,95
L 4A	8,91	34,95	58,70	34,19	-10,04
L 54	8,91	29,80	80,96	39,89	-4,34
L 5A	21,93	50,76	90,00	54,23	10,00
L 60	37,74	42,82	67,74	49,43	5,21
L 64	8,91	42,48	62,87	38,09	-6,14
L 6A	8,91	67,74	63,57	46,74	2,51
L 7	17,83	71,91	80,96	56,90	12,67
L 71	8,91	42,48	71,91	41,10	-3,12
L 7A	34,61	50,76	80,96	55,44	11,22
L 86	8,91	17,83	30,84	19,19	-25,03
L 87	17,83	46,58	71,91	45,44	1,22
L 8A	17,83	26,74	80,96	41,84	-2,38
L 9	17,83	46,58	90,00	51,47	7,24
L 91	8,91	17,83	67,74	31,49	-12,73
L 97	30,84	46,65	67,74	48,41	4,19
E	18,16	43,47	71,05	44,23	
e	-26,07	-0,75	26,82	0,00	

GEN		AMBIENTE	
G	IPIA	OSP	TUQUE
L 100	4,79	-15,72	10,93
L 105	2,61	2,49	-5,10
L 110	2,86	6,30	-9,16
L 118	-7,51	9,08	-1,57
L 15	-2,94	4,68	-1,74
L 16	1,89	-5,61	3,72
L 18	-5,95	1,66	4,29
L 19	3,70	-8,60	4,90
L 1A	-13,15	7,14	6,01
L 27	-0,01	-11,27	11,28
L 28	8,09	-9,29	1,21
L 2A	-8,97	-1,35	10,32
L 33	1,56	8,83	-10,39
L 39	14,66	6,46	-21,11
L 3A	1,08	0,82	-1,90
L 4	-1,55	6,07	-4,52
L 42	0,21	11,59	-11,81
L 46	2,64	-6,60	3,97
L 4A	0,80	1,51	-2,31
L 54	-4,91	-9,34	14,25
L 5A	-6,23	-2,72	8,95
L 60	14,38	-5,86	-8,51
L 64	-3,11	5,14	-2,04
L 6A	-11,76	21,75	-9,99
L 7	-13,00	15,77	-2,76
L 71	-6,12	2,13	3,99
L 7A	5,24	-3,93	-1,30
L 86	15,79	-0,62	-15,17
L 87	-1,55	1,89	-0,35
L 8A	2,05	-14,35	12,30
L 9	-7,57	-4,14	11,71
L 91	3,49	-12,92	9,43
L 97	8,50	-1,01	-7,49

Tabla 19. Modelo fenotípico de medias para la variable rendimiento

GEN		AMBIENTE			
G	IPIA	OSP	TUQ	G	g
L100	2144,33	1360,00	1199,00	1567,78	-61,05
L105	1489,33	1442,67	1170,67	1367,56	-261,27
L110	2361,33	1380,33	1120,33	1620,67	-8,16
L118	1825,33	1864,00	1240,67	1643,33	14,51
L15	2029,33	1773,33	1235,33	1679,33	50,51
L16	1876,00	1965,33	886,67	1576,00	-52,82
L18	2065,33	1857,33	1059,67	1660,78	31,95
L19	2020,00	1894,67	1046,00	1653,56	24,73
L1A	2579,33	1536,00	1229,33	1781,56	152,73
L27	2058,67	2024,00	1225,67	1769,44	140,62
L28	1946,67	1801,33	949,33	1565,78	-63,05
L2A	2090,67	1402,33	1234,00	1575,67	-53,16
L33	2017,33	1454,67	1290,67	1587,56	-41,27
L39	2158,67	2199,00	1830,33	2062,67	433,84
L3A	2005,33	1689,33	1356,00	1683,56	54,73
L4	1512,00	1389,33	1100,00	1333,78	-295,05
L42	2229,33	1619,00	937,67	1595,33	-33,49
L46	2077,33	1510,67	1057,00	1548,33	-80,49
L4A	2279,00	2047,33	1347,33	1891,22	262,40
L54	2306,67	1433,33	1142,67	1627,56	-1,27
L5A	1782,67	1528,00	1479,33	1596,67	-32,16
L60	2028,33	1649,33	1110,67	1596,11	-32,71
L64	1849,33	1100,67	1357,67	1435,89	-192,94
L6A	1740,00	1553,33	1027,00	1440,11	-188,71
L7	2030,67	1813,33	1256,33	1700,11	71,29
L71	1533,33	1694,67	1234,00	1487,33	-141,49
L7A	2057,33	1574,67	1094,00	1575,33	-53,49
L86	2077,33	2538,67	1596,00	2070,67	441,84
L87	1660,33	1354,67	1298,33	1437,78	-191,05
L8A	2220,00	2216,00	1394,67	1943,56	314,73
L9	1578,67	1617,33	1193,67	1463,22	-165,60
L91	1569,33	2096,00	1180,67	1615,33	-13,49
L97	1621,33	1734,67	1437,00	1597,67	-31,16
E	1964,26	1700,46	1221,75	1628,82	
e	335,44	71,64	-407,08	0,00	

GEN		AMBIENTE	
G	IPIA	OSP	TUQ
L100	241,12	-279,42	38,30
L105	-213,66	3,47	210,19
L110	405,23	-311,97	-93,26
L118	-153,44	149,03	4,41
L15	14,56	22,36	-36,92
L16	-35,44	317,69	-282,26
L18	69,12	124,92	-194,03
L19	31,01	169,47	-200,48
L1A	462,34	-317,20	-145,14
L27	-46,22	182,92	-136,70
L28	45,45	163,92	-209,37
L2A	179,56	-244,97	65,41
L33	94,34	-204,53	110,19
L39	-239,44	64,69	174,74
L3A	-13,66	-65,86	79,52
L4	-157,22	-16,08	173,30
L42	298,56	-47,97	-250,59
L46	193,56	-109,31	-84,26
L4A	52,34	84,47	-136,81
L54	343,67	-265,86	-77,81
L5A	-149,44	-140,31	289,74
L60	96,78	-18,42	-78,37
L64	78,01	-406,86	328,86
L6A	-35,55	41,58	-6,03
L7	-4,88	41,58	-36,70
L71	-289,44	135,69	153,74
L7A	146,56	-72,31	-74,26
L86	-328,77	396,36	-67,59
L87	-112,88	-154,75	267,63
L8A	-58,99	200,80	-141,81
L9	-219,99	82,47	137,52
L91	-381,44	409,03	-27,59
L97	-311,77	65,36	246,41

Anexo D. Resultado del análisis físico – químico del suelo experimental

ITEM	UNIDAD	MUNICIPIO		
		IPIALES	OSPINA	TUQUERRES
PH	-----	4,6	5	5,3
Materia Orgánica	%	17,8	12,4	13,7
Densidad	g / cc	0,7	0,9	0,8
Fósforo	ppm	29,46	23	23
CIC	Meq/100g suelo	42,2	33,2	32,4
Calcio de Cambio	Meq/100g suelo	4,5	3	4,4
Magnesio de cambio	Meq/100g suelo	1,1	0,8	2
Potasio de cambio	Meq/100g suelo	1,3	1,09	1,27
Aluminio de cambio	Meq/100g suelo	0,9	0,6	0,1
Nitrógeno total	%	0,62	0,48	0,52
Carbono orgánico	%	10,35	7,2	7,96
Textura	-----	F-AR-A	AR-A	AR-A

Fuente: Laboratorio de suelos Universidad de Nariño

Anexo E. Precipitación pluvial (ml) para las localidades de Ipiales y Tuquerres*

ESTACIÓN IPIALES		ESTACIÓN TUQUERRES	
MES	AÑO 2005	MES	AÑO 2005
ENERO	54,6	ENERO	81,8
FEBRERO	84,2	FEBRERO	36,6
MARZO	125	MARZO	18,8
ABRIL	137,3	ABRIL	32,6
MAYO	93,5	MAYO	38,2
JUNIO	45,8	JUNIO	140,3
JULIO	29,8	JULIO	101,8
AGOSTO	19,2	AGOSTO	108,8
SEPTIEMBRE	36	SEPTIEMBRE	104,2
OCTUBRE	114,3	OCTUBRE	80,9
NOVIEMBRE	81,4	NOVIEMBRE	51,9
DICIEMBRE	183	DICIEMBRE	170,9

* Fuente: Ideam, Pasto, 2006

Anexo F. Genealogía de las líneas mexicanas de cebada de grano desnudo

L4.SUMBERD400/BERMEJO//SEN/3/TOCTE/4/SUMBERD400/BERMEJO//SEN/3/SUMBERD400

L7. PETUNIA 2/AYAROSA//PETUNIA1

L9. ZVA/PETUNIA1/3/CHAMICO/TOCTE//CONGONA

L15. LENT/3/LBIRAN/UNA80//LIGNEE640/4/OLMO/5/BBSC/6/PETUNIA1

L16. BLLU/CERRAJA//PETUNIA1

L18. PETUNIA1/3/QUINA//CEL-B/CI3909.2/4/AYAROSA

L19. GLORIA-BAR/COPAL//PM5/BEN/3SEN/4/PETUNIA1/5/PENCO

L27. CERRAJA/3/RHODES/CI14100//LIGNEE527/4/PETUNIA1

L28. CALI92/ROBUST//BBSC/3/CHAMICO/TOCTE//CONGONA

L33. ATACO/BERMEJO//HIGO/3/CALI92/ROBUST/4/PETUNIA1

L39. MJA/ESPERANZA//GLORIA-BAR/COME-B/3/DELO/4/ATACO/ACHIRA//HIGO

L42.BLLU/CERRAJA//PETUNIA1

L46. PETUNIA2/JAZMIN//PETUNIA1

L54. ATACO/BERMEJO//HIGO/3/CALI92/ROBUST/4/PETUNIA1

L60. STIPA/PETUNIA1//KOLLA/BBSC

L64.ARMELLE//GLORIA-BAR/COME-B/3/MATINAN/EH165/4/FALCON-BAR/5/CHAMICO/TOCTE//CONGONA

L71. PETUNIA2/3/AGAVE/SUMBARD400//MARCO/4/PETUNIA1

L86. PETUNIA1/QUINA/3/CHAMICO/TOCTE//CONGONA

L87. ATACO/BERMEJO//HIGO/3/CALI92/ROBUST/4/PETUNIA1

L91. PETUNIA2/PPLL/3/ATACO/BERMEJO//HIGO

L97. CABUYA/ALOE/3/CHAMICO/TOCTE//CONGONA

L100. PETUNIA1/CHINIA

L105. ATACO/BERMEJO//HIGO/3/BORR/4/PETUNIA1

L110. PETUNIA2/CABUYA/3/CHAMICO/TOCTE//CONGONA

L118. PETUNIA2/3/ARUPO/K8755//MORA/4/ALELI

Anexo G. Genealogía de las Líneas andinas de cebada de grano desnudo obtenidas por la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño.

L1A: L6 Dística desnuda X Facia 16

L2A: E1P3 Distica desnuda X Facia 2

L2A: E1P6 Distica desnuda X Facia 5

L4A: E1P9 Distica desnuda X Facia 8

L5A: E1P11 Distica desnuda X Facia 13

L6A: E1P13 Distica desnuda X Facia 20

L7A: E1P15 Distica desnuda X Facia 24

L8A: E1P17 Distica desnuda X Facia 25