

SELECCIÓN DE NUEVOS GENOTIPOS DE AVENA (*Avena sativa* L.) y CEBADA
(*Hordeum vulgare* L.) FORRAJERAS EN LA REGION NATURAL ANDINA DEL
SUR DE COLOMBIA

DIONICIO BAYARDO YEPES CHAMORRO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN DE CULTIVOS
SAN JUAN DE PASTO
2013

SELECCIÓN DE NUEVOS GENOTIPOS DE AVENA (*Avena sativa* L.) Y CEBADA
(*Hordeum vulgare* L.) FORRAJERAS EN LA REGION NATURAL ANDINA DEL
SUR DE COLOMBIA

DIONICIO BAYARDO YEPES CHAMORRO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster
en Ciencias Agrarias con Énfasis en Producción de Cultivos.

Director de Tesis
OSCAR EDUARDO CHECA CORAL PhD.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
ÁREA DE ÉNFASIS PRODUCCIÓN DE CULTIVOS
SAN JUAN DE PASTO
2013

NOTA DE RESPONSABILIDAD

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

Artículo 1º del Acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de Universidad de Nariño.

AGRADECIMIENTOS

Oscar Eduardo Checa Coral I.A. M.Sc. PhD.

Tulio Cesar Lagos I.A. M.Sc. PhD.

Antonio Bolaños Alomía I.A. M.Sc.

Hernando Criollo I.A. M.Sc. PhD.

Myriam Fajardo Materon

Nancy Barreto Triana I.A. M.Sc. PhD.

José Domingo Merchancano I.A.

Jorge Enrique Castro I.A. Candidato a M.Sc.

María Constanza Benavides Ch. D. I.

Jairo Piscal Escobar.

Propietarios de las fincas donde se realizó esta investigación.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

DEDICADO A:

Mis padres: Elia Hercilia y Jorge Efraín.

Mi esposa: María Margoth Villota.

Mis Hijos: Juan Manuel, Camilo Alexander y Jorge Luis.

Mis hermanos: Juan Leonardo y Carlos Efraín.

Mis sobrinos (as).

Familiares y amigos.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en los municipios de Aldana, Ipiales, Pasto, Pupiales y Túquerres, zona sur del departamento de Nariño, durante dos semestres de 2011 a 2012, en 16 ambientes. Mediante la Interacción genotipo por ambiente, se evaluó el comportamiento agronómico de siete genotipos de avena forrajera (*Avena sativa L.*) y siete de cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) procedentes de colecciones de trabajo y del banco de germoplasma colombiano, del cual es depositario CORPOICA. Las variables evaluadas fueron días a pastoreo, a ensilaje, rendimiento de forraje verde, de materia seca en pastoreo y ensilaje.

Se calculó la adaptabilidad y estabilidad fenotípica para el parámetro de rendimiento de materia seca en estado de pastoreo, de los genotipos de avena y de cebada forrajeras, a través del método de Eberhart y Russell (1966). Según este método, los genotipos AV11 y AV25 con rendimientos de materia seca para pastoreo de 13,71 y 16,72 T.ha⁻¹ respectivamente, presentaron una pendiente de la línea de regresión mayor que uno ($\beta > 1$), que indican su mejor desempeño se obtiene en los ambientes favorables, en las localidades de Ipiales Pradera, y Aldana Caupuerán. Sin embargo, para los mismos genotipos, la varianza de las desviaciones de la regresión son mayores que cero ($\delta^2d > 0$), lo cual los clasifica como impredecibles. Para cebada forrajera, los rendimientos promedio de materia seca oscilaron entre 7,6 a 8,4 t.ha⁻¹. Se destacaron los genotipos CF15 y CF19, los cuales con rendimientos promedio de materia seca de 8,2 y 8,4 T.ha⁻¹ respectivamente, presentaron una pendiente $\beta = 1$, y una variación de la regresión $\delta^2d = 0$, que los clasifica como genotipos estables bajo las condiciones ambientales de las ocho localidades en donde fueron probados.

Palabras claves: genotipos de avena y cebada forrajera, materia seca, pastoreo, ensilaje, adaptabilidad y estabilidad.

ABSTRACT

The present study was made between 2011 and 2012 in the municipalities of Aldana, Ipiales, Pasto, Pupiales and Túquerres, the southern region of the Nariño department, covering 16 environments. Through the genotype-environment interaction, 7 genotypes of forage oat (*Avena sativa* L.) and 7 of forage barley (*Hordeum vulgare* L.) from working collections and the Colombian germoplasm bank, were evaluated. The included variables were days up to grazing and ensilage, the green forage and dry matter production in grazing and silage.

The adaptability and phenotypic stability were estimated for the dry matter yield in grazing conditions (DMYG) in both species using the Eberhart and Russell method. According to it, the AV11 and AV25 genotypes with DMYG of 13,71 and 16,72 T.ha⁻¹ respectively, showed a gradient of the regression line greater than 1 ($\beta > 1$), indicating that a better performance is obtained in favorable environments like Ipiales Pradera and Aldana Caupuerán. However, for the same genotypes, the variance of regression deviations are greater than 0 ($\delta^2d > 0$), classifying them then as unpredictable. For the barley forage, the mean of dry matter yields (MDMY) oscillated between 7,6 and 8,4 t.ha⁻¹. The CF15 and CF19 genotypes, with a MDMY of 8,2 and 8,4 T.ha⁻¹ respectively, showed a gradient $\beta = 1$ and a regression variance of $\delta^2d = 0$, which point out that these genotypes are stable under environment conditions of the 8 locations where were tested.

Key words: oat and barley genotypes, dry matter, grazing, silage, adaptability, stability.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1 GENERALIDADES	19
2.2 GERMOPLASMA FORRAJERO.....	20
2.3 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	22
2.4 ADAPTABILIDAD VERSUS ESTABILIDAD.....	25
2.5 INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE.....	25
3. METODOLOGÍA	28
3.1. LOCALIZACIÓN.....	28
3.2. MATERIAL GENÉTICO	28
3.3 MANEJO DEL CULTIVO.....	28
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
3.4.1 Variables evaluadas.....	29
3.4.2. Análisis estadístico	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 DÍAS A PASTOREO Y A ENSILAJE.....	31
4.1.1 Días a pastoreo.....	31
4.1.2 Días a ensilaje	31
4.2 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE Y MATERIA SECA	32
4.2.1 Análisis de Varianza Combinado para rendimiento de forraje verde en avena	32
4.2.1.1 Forraje verde en avena en estado de pastoreo	33
4.2.1.2 Materia seca en avena forrajera en estado de pastoreo.....	36

4.2.1.3 Estabilidad fenotípica del rendimiento de materia seca en avena forrajera en pastoreo.....	39
4.2.1.4 Forraje verde en avena en estado de ensilaje	41
4.2.1.5 Materia seca en avena forrajera en estado de ensilaje.....	43
4.2.2 Análisis de Varianza Combinado para rendimientos de forraje verde y materia seca en cebada.....	46
4.2.2.1 Forraje verde en cebada en estado de Pastoreo	46
4.2.2.2 Materia seca en cebada forrajera en estado de pastoreo	49
4.2.2.3 Estabilidad fenotípica de rendimiento de materia seca en pastoreo en cebada forrajera.....	51
4.2.2.4 Forraje verde en estado de ensilaje en cebada forrajera.....	53
4.2.2.5 Materia seca en estado de ensilaje en avena forrajera.....	56
CONCLUSIONES	58
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS	65

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Días a corte para pastoreo y a ensilaje de avena y cebada forrajeras en ocho localidades del departamento de Nariño 2011 - 2012.....	32
Tabla 2. Rendimiento de forraje verde (t.ha-1) en estado de pastoreo de siete genotipos de avena forrajera evaluada en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012	35
Tabla 3. Rendimientos de Materia Seca (t.ha-1) en estado de pastoreo, de siete genotipos de avena forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.....	38
Tabla 4. Parámetros de adaptabilidad y estabilidad fenotípica de Eberhart y Russell (1966) para materia seca en pastoreo, en siete genotipos de avena forrajera evaluados en el trópico alto de Nariño, 2011-2012	40
Tabla 5. Rendimiento de forraje verde (t.ha-1) en ensilaje, de siete genotipos de avena forrajera, evaluadas en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.....	42
Tabla 6. Rendimientos de Materia Seca (t.ha-1) en estado de ensilaje, en siete genotipos de avena forrajera. Nariño, 2011-2012.....	45
Tabla 7. Rendimiento de forraje verde (t.ha-1) en estado de pastoreo, de siete genotipos de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.....	48
Tabla 8. Rendimiento de Materia Seca (t.ha-1) en pastoreo, de siete genotipos de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, (2011-2012).	50
Tabla 9. Parámetros de adaptabilidad y estabilidad fenotípica de Eberhart y Russell (1966) para materia seca en pastoreo, en siete genotipos de cebada forrajera evaluados en el trópico alto de Nariño, 2011-2012	52
Tabla 10. Rendimiento de Forraje Verde (t.ha-1) en ensilaje, de siete genotipos de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.	55

Tabla 11. Rendimiento de Materia Seca (t.ha-1) en ensilaje, de siete genotipos de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, (2011-2012).57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Línea de avena forrajera AV-25, con buen comportamiento agronómico, en Pruebas de Evaluación Agronómica en Nariño, 2011-2012	36
Figura 2. Línea de cebada forrajera CF-22 con buen comportamiento agronómico, estado pastoreo, Nariño – 2011-2012.....	47
Figura 3. Adaptabilidad y estabilidad fenotípica de seis genotipos de cebada forrajera y el testigo Facianar Esperanza, en ocho ambientes del trópico alto del departamento de Nariño, 2011-2012.	52
Figura 4. Línea de cebada forrajera CF-22 antes de ensilaje, en el trópico alto de Nariño, 2011-2012.	54

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Análisis de varianza combinado para rendimiento de forraje verde y materia seca (T.ha-1) en avena en pastoreo, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.	66
Anexo B. Análisis de varianza combinado para rendimiento de forraje verde y materia seca (T.ha-1) en ensilaje de avena, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012	67
Anexo C. Análisis de varianza combinado para rendimiento de forraje verde y materia seca (T.ha-1) en pastoreo de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.....	68
Anexo D. Análisis de varianza combinado para rendimiento de forraje verde y materia seca (T.ha-1) en ensilaje de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.....	69
Anexo E. Nombre, Genealogía y Procedencia de los Cultivares de avena y cebadas forrajeras evaluadas	70

GLOSARIO

Avena forrajera: herbácea anual de la familia poaceas, de hojas delgadas, estrechas y flores en panoja que produce semilla que sirve de alimento a las personas y animales, los géneros más cultivados son *A. Sativa* y *A. byzantina*.

Cebada forrajera: planta monocotiledónea anual de la familia de las poaceas, cereal de gran importancia para humanos y animales.

Forraje verde: hierba, pasto verde o seco de diversas plantas que se emplea para alimentar los animales.

Genotipo: se refiere a la información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.¹

Germoplasma: es el elemento de los recursos genéticos que maneja la variabilidad genética entre y dentro de la especie, con fines de utilización para la investigación en general, especialmente para el mejoramiento genético.

Heladas: fenómeno climático que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies.

Líneas promisorias: cultivar sin fecha de liberación por definir, de la cual se conoce periodo vegetativo, rendimiento comercial y potencial.

Materia Seca: es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio.

Pastos: alimento herbáceo para el sustento de animales.

Raigrás: el nombre genérico de raigrás (Ryegrass), se aplica primordialmente a dos especies cultivadas del género *Lolium*, el *Lolium perenne* o raigrás inglés y el *Lolium multiflorum* o raigrás o italiano.

Sequia: La sequía se puede definir como una anomalía transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de los requerimientos estadísticos de un área geográfica dada.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Nariño es una de las principales zonas productoras de leche en el país, ocupa el cuarto lugar después del altiplano norte de Antioquia, el valle de Ubaté y la Sabana de Bogotá, con el 9% de la producción nacional (Espinal *et al*, 2005).

Las zonas más productoras en Nariño son el valle de Atríz y la Sabana de Túquerres e Ipiales, con una extensión de 550 km² dedicados a la producción de pastos para ganadería de leche.

Uno de los limitantes en esta zona es la falta de forraje en época de sequía; la mayoría de los pastos que actualmente se encuentran establecidos son diploides y tetraploides, los cuales son exigentes en fertilización, poco tolerantes a la sequía y susceptibles a heladas. Para compensar, los ganaderos suministran materiales henificados de alto costo o se ven obligados a movilizar sus hatos a regiones vecinas con las consecuentes implicaciones para la salud animal.

El problema de las explotaciones lecheras en el trópico alto de Nariño, es la baja producción de forraje para suplir los requerimientos nutricionales de los animales; problema que se acentúa a medida que transcurre la época seca, donde es frecuente la presencia de heladas que causa el secamiento del pasto y agotamiento del forraje, lo cual conduce a la estacionalidad de la producción y oferta de leche, cuando no se contemplan estrategias de producción y uso de forrajes complementarios.

La baja producción de forraje durante dicho período fue identificada por los productores como el principal limitante en la rentabilidad de la empresa ganadera (CORPOICA, 1994,1995). Si bien este sistema aporta anualmente el 45,3% del total de leche producida en Colombia (CEGA, 1992), durante la sequía (120 días) y asumiendo pérdidas del 20% se dejan de producir aproximadamente 93.725 toneladas de leche con un valor cercano a US\$ 29 millones (US\$ 2010=\$1900).

Las pérdidas productivas y reproductivas ascienden a un 40% durante este periodo (Díaz, 1998); registrándose reducción de peso entre 20 y 40 Kg/cabeza en 3 - 4 meses (Arreaza, 1994).

En la actualidad, los ganaderos utilizan como alternativa suplementaria dentro de los pastos de corte, avenas de las variedades Cajicá, Cayuse y Obonuco Avenar; sin embargo, a pesar de sus bondades, desde el punto de vista de producción de materia seca y proteína, es necesario buscar nuevas opciones que permitan elevar dichos rendimientos en forraje verde y materia seca y de contenidos nutricionales para lograr mayor disponibilidad de alimento para bovinos, reduciendo las pérdidas de producción de leche en la región.

Esta investigación tuvo como finalidad, incrementar la oferta de cereales forrajeros, en el Trópico Alto del departamento de Nariño, mediante la evaluación y selección de seis líneas promisorias de avena (*Avena sativa* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L) forrajeras en época de pastoreo y ensilaje en diferentes ambientes en el trópico alto de Nariño.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

La Modernización Tecnológica de la Ganadería Colombiana es el resultado de la concertación a través de FEDEGAN, entre los productores ganaderos y los gremios, productores regionales, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Departamento Nacional de Planeación, COLCIENCIAS y CORPOICA; expresa una nueva manera de concebir la innovación tecnológica agropecuaria (Afanador, 1996). FEDEGAN ha caracterizado diversos núcleos de explotación lechera en el país, demarcando en la región alto andina (1800 - 3200 msnm), al altiplano norte de Antioquia, el cordón de Ubaté- Chiquinquirá, la sabana de Bogotá y las zonas altas de Nariño como las cuencas lecheras que aportan el 34% de la producción nacional (Cárdenas, 2003). Las especies forrajeras constituyen la principal fuente de alimentación de los bovinos en Colombia. En la mayoría de las explotaciones son el único alimento debido a las condiciones climáticas favorables para la producción de forraje a través del año y a lo poco práctico de alimentar rumiantes con granos y subproductos agroindustriales (Cuesta, 2005). La alimentación bovina en Colombia emplea el pastoreo de especies forrajeras, porque este sistema demanda menor uso de mano de obra. Pero la dependencia de las praderas de pastoreo, tiene como desventajas los efectos de las variaciones climáticas y las condiciones químicas y físicas del suelo que ocasionan considerables reducciones en la disponibilidad y calidad nutricional del forraje, afecta las tasas de crecimiento animal y su producción y reduce la carga animal (Sánchez, 2004).

El mayor componente de los pastizales alto andinos en Colombia es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), al igual que otras especies es exigente en agua y nitrógeno (Cárdenas, 2003). Los cereales forrajeros se han constituido en cultivos imprescindibles en cualquier sistema de producción de carne o leche y deben ajustarse las variables de manejo del cultivo para aumentar en forma marcada la producción de forraje y disminuir los costos (Tomaso, 2008).

La introducción del nuevo germoplasma en los sistemas ganaderos del Trópico Alto, en particular en lechería especializada se suspendió a mediados de los años 80s, una alta proporción de los ganaderos de estas regiones continúan usando las especies forrajeras recomendadas hace 25 años (Cuesta, 2006). La ganadería lechera como explotación intensiva requiere para su sostenimiento y rentabilidad, de forrajes altamente eficientes en la producción de biomasa (materia seca) de calidad y de alta eficiencia en la utilización del agua. La cebada forrajera representa una opción para estos requerimientos (Colín, 2005).

La avena ocupa el sexto lugar de los cereales que se producen en el mundo; donde se pueden distinguir tres productores que son la antigua URSS, los Estados Unidos de América y la Unión Europea, los cuales suman el 72% de la producción mundial, según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). La avena forrajera es utilizada básicamente como alimento para animales (Amado *et al.*, 2004).

2.2 GERMOPLASMA FORRAJERO

Numerosos trabajos de evaluación de germoplasma forrajero, han suministrado variedades de avena y cebada forrajeras para cultivarse en áreas con características similares a las del trópico alto de Colombia, como México, Argentina, Chile, EE.UU., Perú (Caierão *et al.*, 2001; Salmerón J., 2002; Leyva *et al.*, 2004; Colín *et al.*, 2005; Colín *et al.*, 2007; Colín *et al.*, 2009; Salmerón *et al.*, 2007; Espitia *et al.*, 2007; Leyva *et al.*, 2004b; Villaseñor *et al.*, 2009; Amigone, 2010; Beratto y Rivas, 2003; Beratto y Rivas, 2003b; Chapko, *et al.* 1990; Barnett *et al.*, 2002; Contreras-Govea y Albrecht, 2005; Argote y Alanoque, 2007; Servera y Añazgo, 2010). Estos investigadores, hacen énfasis en la evaluación agronómica mediante medidas de rendimiento de forraje verde, materia seca, de grano, calidad nutricional, aceptación por los animales y comportamiento frente a las enfermedades prevalentes, entre otros.

En el proyecto alternativas forrajeras para mejorar la competitividad de los sistemas de producción de leche del trópico alto, en cuatro microrregiones de Colombia, los mayores rendimientos de materia seca ($70 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ día) se obtuvieron con la línea de avena 608 y la variedad Cajicá. No obstante, otras seis líneas de avena tuvieron rendimientos superiores a $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ día (Cuesta, 2006). En una provincia de Chile, se evaluaron nueve especies de forrajes por rendimiento de materia seca en forraje. En cuatro variedades de avena forrajera, la materia seca osciló entre 4.184 a $4.767 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, la variedad Millahuquen presentó el mayor rendimiento. En dos cultivares de cebada forrajera los rendimientos fueron de 4142 y $5508 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. La variedad Uñaiche presentó el mayor rendimiento de materia seca. La cebada cervecera Carla rindió $3192 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, una variedad de triticales Yagan rindió $6158 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y una variedad de centeno Lisandro rindió $5833 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Bobadilla, *et al.*, 2001)

En el Centro Regional de Investigación Carillanca, INIA (Chile), se obtuvo Areco INIA un cultivar mejorado de avena (*Avena sativa* L.), con buena producción de forraje. Este fue incorporado a experimentos de rendimiento en 1995, y en Argentina fue evaluado en 1998 y 1999 por rendimiento de forraje verde y reacción a enfermedades. En 1998, Areco INIA tuvo un rendimiento de forraje ($5.43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) estadísticamente similar a los cultivares Millahuquén INTA ($6,19 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), Cristal INTA

(5,57 t.ha⁻¹), y Bonaerense Payé (5,42 t.ha⁻¹); en la temporada 1999, Areco INIA tuvo un rendimiento de forraje (4,51 t.ha⁻¹) estadísticamente similar a Millauquén INTA (4,76 t.ha⁻¹), Cristal INTA (4,74 t.ha⁻¹), Bonaerense Payé (4,63 t.ha⁻¹) y Bonaerense Epecuén (3,40 t.ha⁻¹), y superior a Máxima INTA (4,21 t.ha⁻¹) (Beratto y Rivas, 2002).

Coral INIA es un cultivar de avena (*Avena sativa* L.) creado para producción de forraje en Argentina. Se incorporó a ensayos de rendimiento desde 1995 a 1997, en el Centro Regional de Investigación Carillanca del INIA (Chile), fue evaluada en 1998 y 1999, por rendimiento de forraje verde y por reacción a enfermedades. Coral INIA tiene buena resistencia al vuelco y a las enfermedades más importantes de avena en Argentina (Beratto y Rivas, 2003).

En dos zonas agroecológicas de Puno (Perú), a más de 3800 msnm, durante dos años consecutivos, se evaluaron y seleccionaron 8 líneas de avena forrajera tolerantes a heladas y sequías. Se determinó el rendimiento de biomasa aérea y de semilla. En rendimiento de forraje sobresalieron las líneas Tayko, Cayuse y Vilcanota 1 con rendimientos de materia seca superiores a 23,49 t.ha⁻¹. En las condiciones de la zona altiplánica, la avena INIA-902 Africana fue la mejor con 20,56 t.ha⁻¹ de materia seca. La avena INIA-902 Africana fue tolerante a las condiciones climáticas del altiplano de Puno y fue precoz (Argote y Alanoque, 2007).

Obsidiana, una nueva variedad de avena del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, México) mostró desde inmunidad (0R) hasta moderada susceptibilidad (50MS) a roya del tallo; también, es inmune (0R) a moderadamente resistente (30MR) a roya de la hoja o de la corona y es resistente (3/20) a tolerante (5/40) al complejo de enfermedades foliares causadas por *Helminthosporium avenae* f. sp. *avenae*, *Septoria avenae*, *Colletotrichum graminicola* y tizón de halo *Pseudomonas coronofaciens* (Espitia y Villaseñor, 2007).

En una investigación en Torreón (México) en los ciclos del 2002 al 2004, y en Celaya en el ciclo 2002 - 2003, se evaluaron 36 líneas de cebada forrajera F-7 pelonas y los testigos comerciales Eronga 83 y la cebada Cerro Prieto. Se identificaron los genotipos 19, 33, 10 y 34 con rendimientos superiores a 12 t.ha⁻¹ de materia seca. Los genotipos de cebada con barba representan una opción viable para producir forraje en invierno, cuya precocidad y productividad son relevantes en zonas de sequía y facilitan su inserción en los esquemas de rotación de los forrajes anuales en cuatro ambientes de México; entre las cebada forrajeras que produjeron de 100 a 112 kg MS/ha/día, se destacan las líneas BV 1985, BV

1943 y BV 1986, que rindieron 12,26, 12,17 y 12,13, t.ha⁻¹ respectivamente; triticale Eronga 83 rindió 9,33 t.ha⁻¹ (Colín *et al.*, 2009).

En la Estación Experimental del río Negro del INIA, Chile, se desarrolló un ensayo de rendimiento de grano de ocho variedades de avena. De los resultados se observó que la variedad B.I Calen registró un rendimiento superior de 10.474 kg.ha⁻¹, siendo también la más precoz. La variedad que tuvo rendimiento inferior fue Graciela INTA con 6.647 kg.ha⁻¹ (Servera y Añazgo, 2010).

En Chile, durante los años 2008 y 2009, en dos ensayos se actualizó el panorama varietal y comportamiento productivo de las especies más utilizadas como forrajes invernales de avena, cebada, centeno, triticale y raigrás. En avena, en 2008 se destacaron Graciela INTA y Violeta INTA con 4.895 y 4.500 kg.ha⁻¹ de MS, respectivamente. En 2009 Violeta INTA rindió 5.510 kg.ha⁻¹ y Graciela INTA 5.005 kg.ha⁻¹ de MS. En ambos años, Alicia INTA fue el cultivar de cebada forrajera con mayor producción con 3.990 y 4.910 kg.ha⁻¹ de MS en 2008 y 2009, respectivamente (Amigone *et al.*, 2010).

2.3 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

En todo sistema de producción animal el fin es obtener la mayor cantidad de carne o de leche por hectárea al menor costo posible. Para esto, se deben sumar otros factores no menos importantes como: Eficiencia de cosecha; Eficiencia de conversión; Calidad del forraje; Suplementación Estratégica; Calidad genética y Sanidad del hato (Tomaso, 2008).

En la evaluación de germoplasma de pastos y en la evaluación animal, se debe tener en cuenta la relación existente entre las técnicas de manejo empleadas y el método de utilización de los pastos en el sistema de producción animal. Se parte de germoplasma “adaptado” mediante los Ensayos Regionales tipos A (ERA) y B (ERB), en dos campos de investigación: pastoreo y producción animal, considerando los niveles de intensidad en el uso de los pastos y los recursos en el sistema integral de producción. Las evaluaciones agronómicas realizadas en los ERA Y ERB, proporcionan germoplasma adaptado al ecosistema. Es preciso evaluar estos materiales adaptados antes de ofrecer los mejores a un sistema de producción animal (Paladines, y Lascano, 1982).

Por ejemplo, entre 1988 y 1989, en San Carlos (Costa Rica), se evaluó la adaptación y potencial forrajero de varias accesiones y variedades gramíneas locales e introducidas a largo plazo. En los ensayos regionales ERB se evaluó

agronómicamente un número alto de gramíneas en parcelas de menor tamaño que en el ensayo regional ERC, en el cual se utilizaron animales para medir la persistencia y el consumo de forraje. Es posible utilizar los ERB para medir la persistencia y el consumo de forraje, sin pretender remplazar los ERC para observar el comportamiento del germoplasma forrajero bajo diferentes opciones de manejo (sistemas de pastoreo, cargas animales, periodos de uso, etc.) (Villarreal, Pastora, y Brizuela, 1994).

El método del proyecto de zonas agroecológicas de la FAO, es una alternativa por su sencillez, tiene fundamentos ecofisiológicos que soportan los procesos que tienen los cultivos para producir biomasa. Este permite validar, calibrar y hacer el ajuste, de acuerdo con sus variables calculadas en campo de manera experimental o por un procedimiento de muestreo, para corroborar que el método estima el rendimiento de manera aceptable con alta precisión y bajo sesgo. En cebada, el método no permite captar la variación local del potencial de rendimiento, pero a nivel regional produce una media aceptable, para explorar la diferencia entre regiones y genotipos (Gómez *et al.*, 2009).

La respuesta de los cultivares a las medidas de manejo está altamente relacionada con las características de su crecimiento juvenil (Hoffman, Baeten y Fajardo, 2009). Estos autores mencionan que la caracterización de cultivares propuesto por Hoffman y Benítez (1999), permite estudiar el crecimiento en invernáculo y campo y, analizar la relación con la respuesta a la población para nuevos cultivares comparados con testigos conocidos. Ajustar el manejo, disponer de información para entender y predecir la respuesta entre cultivares, da énfasis en el ajuste de la época, densidad de siembra y considerar el ambiente en cuanto a sanidad y los riesgos hídricos.

El desarrollo es un proceso complejo en el que diferentes órganos crecen, se desarrollan y mueren. Es más sencillo considerar el desarrollo como una serie de fases tal como en la escala Zadoks. En primer lugar es necesario decidir cuáles son las principales fases que se ajustan mejor a la descripción del cultivo (FAO, 2010). La escala BBCH es un sistema de codificación uniforme de identificación fenológica de estadios de crecimiento para todas las especies de plantas mono y dicotiledóneas; es el resultado de un grupo de trabajo conformado por el Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura (BBA), el Instituto Federal de Variedades (BSA), la Asociación Alemana de Agroquímicos (IVA) y el Instituto para Horticultura y Floricultura en Grossbeeren/Erfurt (IGZ), de la República Federal Alemana. El código decimal, se divide entre los estadios de crecimiento principal y secundario y está basado en el conocido código de ZADOKS, para darle un mayor uso a las claves fenológicas (Meier, 1992).

En la caracterización de germoplasma es importante evaluar los descriptores, ver cuáles son aplicables sin que se modifiquen, cuáles se pueden considerar y cuáles podrían ser descartados, debido a que son fuertemente influenciados por el ambiente. En las localidades de Celaya, Guanajuato y en Texcoco (México), en el ciclo 2006-2007, en un trabajo de caracterización de variedades de *Avena sativa*, usaron 24 descriptores varietales específicos del SNICS (Servicio Nacional de Investigación y Certificación de Semillas). Se realizó una transformación de los datos a arco seno para hacer un análisis de componentes principales y un análisis clúster. De las variables evaluadas, cinco de los descriptores no presentaron modificaciones por el ambiente y se consideraron adecuados para poder llevar a cabo una descripción varietal (Jiménez, 2009).

Es necesario establecer los lineamientos de caracterización de las variedades de Cebada forrajera *Hordeum vulgare* L. y *Avena Sativa* L., para certificar la semilla o para la expedición de título de creador (SAGARPA, 2004).

En la selección de 84 líneas de cebada forrajera por tolerancia a sequía en áreas de baja precipitación en Jordania, Shakhathreh *et al.* (2000), con base en los resultados se sugiere enfatizar la importancia de la selección en un rango amplio de ambientes y la necesidad de desarrollar genotipos precoces, como un medio para buscar estabilidad en sequía y altas temperaturas durante el estado de llenado de grano.

En épocas de lluvia (mayo de 2006) y de sequía (agosto de 2006), en tres sitios de la zona de ladera de los municipios de Bolívar, Sevilla y El Dovio (Colombia), se evaluó mediante metodologías participativas la adaptación de tecnologías forrajeras. Se aplicaron evaluaciones abiertas, absolutas y de orden de preferencia, esta última se procesó con la metodología de regresión logística. Los resultados de las evaluaciones de los productores coincidieron con las de los técnicos. (Cárdenas, Durán, y Roa, 2007).

En España, en ocho localidades, la evaluación de las micosis foliares de los cereales durante tres campañas de cultivo. En la campaña 1993-1994 se evaluaron 154 variedades de trigo, triticale y cebada. Durante 1994-1995 se evaluaron 145 variedades. En 1995-1996 fueron 161 y se ampliaron a nueve cultivares de avena. Las enfermedades más importantes en cebada fueron: *Pyrenophora teres*, *Rhynchosporium secalis* y *Blumeria graminis* f. sp. *Hordei*, las especies fúngicas más importantes. Para las variedades de avena fue *Puccinia coronata* (roya coronada) la enfermedad más frecuente (Palmero *et al.*, 2008)

2.4 ADAPTABILIDAD VERSUS ESTABILIDAD

Según Laing (1978) adaptabilidad es la respuesta relativa de un genotipo evaluado a través de un rango de localidades, en contraste con el concepto de estabilidad, que se refiere a la respuesta relativa de un genotipo a factores ambientales cambiantes a través del tiempo en una misma localidad.

La evaluación de variedades en diferentes localidades, a lo largo del tiempo, es una importante opción para estimar las respuestas genotípicas diferenciales a variadas condiciones ambientales, y de esta forma, estimar la interacción genotipo- ambiente.

2.5 INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE

Allard (1975) define *genotipo* como la constitución hereditaria completa de un organismo expresado como latente. Comprende todos los genes localizados en los cromosomas y los factores de herencia citoplasmática. El *fenotipo* es determinado por dos componentes: El *genotipo* o constitución genética y el *ambiente* específico en el que se desarrolla. El *fenotipo* se observa, cuantifica y analiza, mientras que el genotipo no observable, es deducible a partir del fenotipo por diversos métodos de análisis genético.

El ambiente se describe como el conjunto de condiciones o circunstancias externas que rodean a todos los seres vivos, y que afectan directamente su desarrollo y evolución; está determinado por una serie de condiciones variables para diferentes años en un mismo lugar y para diferentes lugares en un mismo año. El ambiente origina variaciones entre los individuos, aun cuando estos sean genéticamente iguales (Chávez, 1993).

La valoración del efecto del ambiente en el desarrollo de los cultivos es importante para la determinación de zonas aptas y la planificación de la producción (Galindo y Clavijo, 2009).

Vallejo y Estrada (2002) definen la interacción genotipo x ambiente como el comportamiento diferenciado de las variedades en los distintos ambientes en que se evalúan.

Fox *et al.*, (1997) define la interacción genotipo por ambiente como la expresión genotípica diferencial a través de los ambientes, mientras que para Maynard

(1996) se expresa para cambios en la jerarquía o en los niveles de desempeño entre individuos cuando se prueba en diferentes ambientes. La evaluación de genotipos en varios ambientes es indispensable en los programas genotécnicos, pues su respuesta relativa con frecuencia cambia de un ambiente a otro. Conocer la magnitud de la interacción genotipo x ambiente permite seleccionar los genotipos de acuerdo con los objetivos del fitomejorador (Brancourt *et al.*, 2003; Coutiño *et al.*, 2003). Para lograr una agrupación adecuada de ambientes basada en la identificación de problemáticas comunes, se debe considerar las relaciones del rendimiento de grano, tanto con factores físicos (precipitación, altitud, suelo, etc.) como fitopatológicos. Sin embargo, la identificación de factores que sean de utilidad, su registro y el entendimiento de las relaciones con la respuesta del cultivo, son tareas difíciles, por lo que la forma práctica de describir las asociaciones entre sitios de prueba, se basa en propio rendimiento del cultivo (Westcott, 1987; Peterson y Pfeiffer, 1989) bajo el supuesto que éste es el resultado de las variantes ambientales, tanto bióticas como abióticas. En términos prácticos, la separación de ambientes con base en el rendimiento ha producido estratos dentro de los cuales se espera que las variedades enfrenten problemáticas similares (Villaseñor y Espitia, 2000). A su vez, la estabilidad del rendimiento puede estar asociada con determinadas características fisiológicas, por lo que parece muy interesante el desarrollo de criterios fisiológicos de selección (Blum, 1985; Sullivan y Jordan, 1987). La selección de nuevos genotipos, que permitan incrementar la productividad de los cultivos, se logra eficientemente a través de la evaluación de nuevos materiales en los ensayos regionales (Correia *et al.*, 1996). En este tipo de ensayos se obtiene un estimador del comportamiento de los cultivares sometidos a diferentes ambientes (localidades y años), es decir, su interacción genotipo x ambiente (GxA), la cual se manifiesta cuando las condiciones ambientales repercuten en los efectos diferenciales de los fenotipos. Es por ello, que la selección de genotipos debe incluir aquellos de alto potencial de rendimiento, que manifiesten estabilidad en la producción cuando son sembrados en diferentes condiciones ambientales (Magari y Kang, 1997). El uso de estimadores de la estabilidad del rendimiento de cultivares y otras características de interés agronómico permite conocer cómo es el comportamiento de un genotipo respecto a aquellos factores del ambiente que varían con la localidad de un año a otro (Gutiérrez, 1992).

Existe una variada gama de procedimientos uni y multivariados para obtener estimadores de la estabilidad del rendimiento. Entre los univariados se destaca el método de Eberhart y Russell (1966), quienes efectuaron una modificación del método de Finlay y Wilkinson (1963) utilizando la media aritmética de los datos reales y señalaron que el coeficiente de regresión podía ser utilizado como estimador para medir la respuesta de cada cultivar a los índices ambientales, y que la estabilidad de producción se podía medir por la magnitud de la desviación a partir de regresión lineal; es decir, por el cuadrado medio de la desviación de

regresión. Así un genotipo estable tendría coeficiente de regresión $b_i = 1,0$ y una $S^2_{di} = 0$, mientras que otras combinaciones b_i y de S^2_{di} serían inestables.

El modelo propuesto es el siguiente:

$$Y_{ij} = \beta_{oi} + \beta_{ij} I_j + \sigma_{ij} + \Sigma_{ij}$$

Dónde:

β_{oi} = media general del genotipo o experimento i ($i=1,2 \dots g$).

β_{ij} = respuesta lineal del genotipo i a la variación ambiental j .

I_j = índice ambiental ($j=1,2 \dots a$), siendo $I_j = \frac{Y_{.j} - Y_{..}}{g - ga}$

σ_{ij} = Desviación de la regresión.

Σ_{ij} = Error experimental promedio.

Eberhart y Russell, con base en varios resultados, llegaron a la conclusión que una variedad estable es la que no interacciona con el ambiente y responde mejor a los cambios ambientales, los criterios se observan en el cuadro siguiente:

Cuadro 1. Cuadrado medio de la desviación de la regresión

Coefficiente de regresión (b_i)	Cuadrado medio de la desviación de la regresión (Sd_i^2)	Significado
= 1	= 0	Variedad estable y predecible.
= 1	> 0	Buena respuesta en todos los ambientes, pero no predecible.
< 1	= 0	Mejor respuesta en ambientes desfavorables y es predecible.
< 1	> 0	Mejor respuesta en ambientes desfavorables, pero poco predecible.
> 1	= 0	Mejor respuesta en ambientes favorables y es predecible.
> 1	> 0	Mejor respuesta en ambientes favorables, pero poco predecible.

3. METODOLOGÍA

3.1. LOCALIZACIÓN

Los ensayos se realizaron en fincas de agricultores en ocho localidades del Departamento de Nariño: Aldana Laguna, Aldana Caupuerán, Ipiales Pradera, Pasto Dolores, Pasto Genoy, Pupiales Espino Bajo, Túquerres Jardinera (1) y Túquerres Jardinera (2), ubicadas entre altitudes de 2.800 a 3.200 m.s.n.m., con precipitaciones anuales entre de 600 a 900 mm., con temperaturas entre 8 a 12°C y la humedad relativa entre 75 a 85% aproximadamente, durante dos años.

3.2. MATERIAL GENÉTICO

De avena se evaluaron seis (6) genotipos y un testigo comercial que corresponde a la variedad Cajicá, para el caso de cebada forrajera se utilizaron seis (6) genotipos y un testigo comercial que corresponde a la variedad Facianar Esperanza; los genotipos proceden del banco de germoplasma administrado por Corpoica, obtenidos por el ICA y Corpoica a través de introducciones e identificadas por su genealogía como se indica en el Anexo E.

3.3 MANEJO DEL CULTIVO

El manejo de los experimentos, se realizó según la práctica modal de la zona alto andina de Nariño, con la preparación de los suelos mediante labranza reducida y surcando las áreas experimentales a 0,3 m de ancho. Los bloques (4) se distribuyeron a través de la pendiente, dejando calles de separación de bloques de 1,0 m de ancho. La fertilización modal de la zona fue de 200 kg.ha⁻¹, de un abono compuesto con la relación N1 – P3 – K1, con fertilización nitrogenada adicional de 100 kg.ha⁻¹, un mes después de la siembra, utilizando urea del 46%. Todas las labores de cultivo y cosecha se realizaron en forma manual.

Durante el desarrollo del cultivo, se realizaron otras evaluaciones de carácter agronómico (emergencia, días a espigado, panojado, días a cosecha, etc.) y sanitario con respecto a enfermedades y plagas.

Las evaluaciones más importantes se realizaron en los estados de inicio de espigado (cebada), panojado (avena), para medir forraje verde y materia seca. También en los estados de grano pastoso se midió los mismos parámetros para las dos especies.

3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tanto para las líneas de avena como para las líneas de cebada forrajera, en cada localidad se estableció un diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones. En el caso de avena se evaluaron siete (7) tratamientos, seis (6) líneas promisorias y un testigo (Cajicá). Para cebada forrajera se utilizaron siete (7) tratamientos, correspondientes a seis (6) líneas promisorias y el testigo comercial denominado Esperanza.

Tanto en avena como en cebada forrajera, cada línea se sembró en cuatro (4) surcos de 4 m de largo, separados a 0,30 m, para un área por unidad experimental de 4,8 m² para descartar el efecto de borde se eliminó 0,5 m. de los extremos de cada surco, de tal manera que el área útil de la parcela fue de 3,0 m x 1,20 m (3,60 m²).

En cada una de las ocho localidades se establecieron dos experimentos para cada una de las dos especies forrajeras, avena y cebada, en lotes experimentales de 1000 m² de área total; los tratamientos a evaluar se distribuyeron en forma aleatoria.

3.4.1 Variables evaluadas. Se evaluó:

Días a pastoreo. Se determinó el número de días transcurridos entre la siembra a cuando el 50% de las plantas se encontraban en embuchamiento (engrosamiento de la vaina de la hoja bandera).

Días a ensilaje. El número de días transcurridos entre la siembra y cuando el 50% de las plantas se encontraban en grano pastoso.

Forraje verde en pastoreo. En el estado de embuchamiento (engrosamiento de la vaina de la hoja bandera), de las dos especies forrajeras, se muestreo un área de 1,8 m², cortando a ras del suelo, pesando *in situ* el forraje en kilos y llevando estos rendimientos a t.ha⁻¹. Se tomó una sub muestra de lo cosechado y se llevó al laboratorio para secarlo en la estufa a 110°C por 48 horas, para luego pesar y sacar el porcentaje de materia seca, útil para determinar el rendimiento de materia seca en pastoreo.

Materia seca en pastoreo. Los datos obtenidos de materia seca (%) en pastoreo, se transformaron a rendimiento de materia seca, utilizando la información de la muestra de forraje secado en la estufa y utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{FVP} = (\text{FVP} \times \text{MS}\%)/100$$

Forraje Verde en estado de ensilaje. Para las dos especies, en el estado de grano pastoso, se muestreo un área de 1,8 m², cortando a ras del suelo, pesando *in situ* el forraje en kilos y llevando estos rendimientos a t.ha⁻¹. Se tomó una submuestra de lo cosechado y se llevó al laboratorio para secarlo en la estufa a 110°C, para luego pesar y sacar el porcentaje de materia seca.

Materia Seca Ensilaje. Los datos obtenidos de materia seca (%) en el momento de ensilaje, se transformaron a rendimiento de materia seca, utilizando la información de la muestra de forraje secado en la estufa, utilizando la misma fórmula utilizada para materia seca en pastoreo.

3.4.2. Análisis estadístico. Los resultados obtenidos para cada una de las especies evaluadas, se sometieron al Análisis de Varianza individual y por localidades; teniendo en cuenta que en la mayoría de las localidades se presentaron diferencias significativas se procedió a realizar el análisis combinado a través de las ocho localidades y la separación de medias con comparadores Tukey (0,01). Para la variable materia seca en pastoreo, tanto para avenas como para cebadas, se realizó el análisis de adaptabilidad y estabilidad fenotípica mediante el modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DÍAS A PASTOREO Y A ENSILAJE

4.1.1 Días a pastoreo. La Tabla 1, presenta los días transcurridos a pastoreo y ensilaje, para las dos especies, en las ocho localidades donde se realizó esta investigación.

Los días al estado de pastoreo para cebada forrajera estuvieron entre los 62 a 99 y en el caso de las avenas al estado de pastoreo estuvieron entre los 83 a 120 días.

No se observó diferencia de los días a pastoreo entre los genotipos de cebada forrajera, que fueron más precoces que avena en todas las localidades, a excepción del testigo de cebada Facianar Esperanza, la cual es más tardía en 12 a 15 días con respecto a los nuevos genotipos forrajeros de cebada.

En el caso de los genotipos de avena, se observó diferencias en días a pastoreo en todas las localidades, siendo más precoces los genotipos AV-11, AV-15, intermedios AV-18, AV-23 y el testigo Cajicá y con escasos 15 días de diferencia con respecto a los genotipos más precoces fueron AV-21 y AV-25.

Es importante la diferencia en cuanto a precocidad de los genotipos de cebada forrajera con respecto a los genotipos de avena, por cuanto las cebadas pueden comportarse mejor bajo condiciones de estrés por sequía o en zonas de altura donde la precocidad es un aspecto importante para la producción de biomasa día.

4.1.2 Días a ensilaje. La Tabla 1, contiene los días transcurridos a ensilaje de las dos especies en las ocho localidades.

En cebada forrajeras, el rango de días a ensilaje (grano lechoso pastoso), estuvo entre los 95 a 159, donde en forma similar a los días a pastoreo, no se observó diferencia de días a ensilaje entre los genotipos de cebada forrajera a excepción del testigo Facianar Esperanza, la cual es más precoz, en 15 días, pues se trata de una variedad de cebada maltera.

En el caso de las avenas, de siembra a ensilaje necesitan alrededor de 122 a 160 días para llegar a estado de ensilaje. La diferencia de los días a ensilaje se dio en forma similar a lo ocurrido entre genotipos al estado de pastoreo.

Tabla 1. Días a corte para pastoreo y a ensilaje de avena y cebada forrajeras en ocho localidades del departamento de Nariño 2011 - 2012

Localidades	Fechas siembra	Cebada Forrajera	Avena forrajera	Días a pastoreo	Días a ensilaje
	D / M / A				
Ipiales Pradera	06/03/2011	X		62	103
			X	97	125
Pasto Genoy	15/03/2011	X		63	95
			X	83	129
Aldana Caupuerán	03/04/2011	X		99	149
			X	114	158
Túquerres Jardinera 2	05/04/2011	X		74	116
			X	96	133
Pupiales Espino bajo	04/09/2011	X		98	159
			X	120	160
Túquerres Jardinera 1	11/09/2011	X		79	118
			X	99	145
Pasto Dolores	02/10/2011	X		72	102
			X	85	122
Aldana Laguna	08/10/2011	X		93	143
			X	111	154
PROMEDIOS		X		80	123
			X	101	141

4.2 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE Y MATERIA SECA

4.2.1 Análisis de Varianza Combinado para rendimiento de forraje verde en avena. Los resultados del Análisis de Varianza combinado por localidades, para rendimientos de forraje verde y materia seca en dos épocas, indican que para las variables forraje verde y materia seca en estado de pastoreo y ensilaje, hubo diferencias significativas entre genotipos, localidades y en la interacción genotipo x ambientes (Ver Anexos A, B). Lo anterior sugiere que hay un comportamiento

diferencial de los genotipos a través de las localidades donde se evaluaron. Esto puede atribuirse a diferentes factores entre los cuales pueden mencionarse la constitución genética de las líneas evaluadas, que afecta su respuesta a las condiciones ambientales en las localidades de evaluación y su reacción a los limitantes bióticos como plagas y enfermedades (Laing, 1978; Westcott, 1987; Peterson y Pfeiffer, 1989; Brancourt *et al.*, 2003; Coutiño *et al.*, 2003).

4.2.1.1 Forraje verde en avena en estado de pastoreo. En la localidad de Pasto Dolores los rendimientos de forraje verde en pastoreo oscilaron entre 17,7 a 23,19 t.ha⁻¹, sin diferencias entre los genotipos (Tabla 2). En la localidad Aldana Laguna se destacó el genotipo AV-25 con un rendimiento de 60,24 t.ha⁻¹ superando a los otros genotipos que tuvieron promedios entre 48,47 a 35,00 t.ha⁻¹, excepto al genotipo AV-21 que rindió 49,85 t.ha⁻¹. La variedad Cajicá con 35,00 t.ha⁻¹ fue la de más bajo rendimiento siendo superada por el 71% de los genotipos evaluados. Túquerres Jardinera 1, fue en el único lugar donde Cajicá mostró buen comportamiento con un promedio de 87,61 t.ha⁻¹ presentando diferencias significativas frente a los otros genotipos que rindieron entre 68,19 a 44,58 t.ha⁻¹. Por otra parte, AV-25 con 68,19 t.ha⁻¹ superó a las líneas AV-18 y AV-23 que alcanzaron rendimientos bajos con 52,28 y 44,58 t.ha⁻¹, respectivamente (Tabla 2). En la localidad de Aldana Caupuerán se destacaron las líneas AV-25 y AV-11 con rendimientos de 87,44 y 85,47 t.ha⁻¹ respectivamente, superando a las otras líneas evaluadas incluida Cajicá, las cuales tuvieron rendimientos por abajo de 67,1 t.ha⁻¹ (Tabla 2).

En Túquerres Jardinera 2, la línea AV-25 logró un rendimiento de 34,61 t.ha⁻¹ y superó a los otros genotipos evaluados, que rindieron por abajo de 23,62 t.ha⁻¹ con excepción de AV-11 que rindió 30,72 t.ha⁻¹ (Tabla 2).

En Pasto Genoy las líneas AV-25 y AV-18 con rendimientos de 33,17 y 33,11 t.ha⁻¹ de forraje verde, mostraron diferencias significativas respecto a la variedad testigo Cajicá que obtuvo 21,97 t.ha⁻¹. En la localidad de Pupiales Espino Bajo la línea AV-25 con 62,31 t.ha⁻¹ de forraje verde, mostró mayores rendimientos respecto a las líneas AV-11, AV-23, AV-15 y Cajicá cuyos rendimientos promedios estuvieron por abajo de 50 t.ha⁻¹.

En Ipiales Pradera, se vuelve a destacar la línea AV-25 con un rendimiento de 92,97 t.ha⁻¹ de forraje verde, logrando superar al 71% de las líneas evaluadas incluyendo el testigo Cajicá, cuyos promedios estuvieron por abajo de 76,3 t.ha⁻¹ se exceptúan a línea AV-21 que con una media de 85,11 t.ha⁻¹ no mostró diferencias con AV-25. El testigo Cajicá con 63,94 t.ha⁻¹ hizo parte del grupo de

más bajo rendimiento: AV-18, AV-15, Cajicá y AV-23 que presentaron rendimientos inferiores a $76,28 \text{ t.ha}^{-1}$ (Tabla 2).

Para rendimientos de forraje verde en pastoreo, en términos generales se destacó la línea AV-25, haciendo parte del grupo de las de más alto rendimiento en 6 localidades, AV-21 en cinco localidades y AV-11 en 2 localidades. El testigo Cajicá hizo parte del grupo de más bajos rendimientos en todas las localidades, excepto en Tuquerres Jardinera 1, donde logró el mayor promedio. La Figura 1 muestra a AV-25 la cual sobresale por sus atributos de rendimiento de forraje verde, materia seca en pastoreo, resistencia a enfermedades y excelente tamaño de hoja bandera, características agronómicas deseadas por los ganaderos dadas las pocas opciones en pastos para pastoreo en la zona andina del sur de Colombia, este resultado constituye una importante alternativa de alimentación bovina para los productores de leche del departamento de Nariño.

Tabla 2. Rendimiento de forraje verde (t.ha-1) en estado de pastoreo de siete genotipos de avena forrajera evaluada en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012

Genotipos Avena 2011	Pasto Dolores	Aldana Laguna	Túquerres Jardinera 1	Aldana Caupuerán	Túquerres Jardinera 2	Pasto Genoy	Pupiales Espino Bajo	Ipiales Pradera	Promedio
AV-25	20,85 A	60,24 AB	68,19 B	87,44 A	34,61 A	33,17 A	62,31 A	92,97 A	52,4
AV-11	18,7 A	43,18 B	63,39 BC	85,47 A	30,72 AB	24 AB	48,87 BCD	72,94 CD	44,91
AV-21	20,33 A	49,85 AB	59,08 BC	66,61 B	18,36 C	28,08 AB	57,02 AB	85,11 AB	42,76
AV-18	23,19 A	38,5 C	52,28 CD	67 B	23,61 BC	33,11 A	53,08 ABC	76,28 BC	41,54
AV-15	20,74 A	48,47 B	59,31 BC	57,28 BC	22,64 BC	30,11 AB	45,77 CD	68,31 CD	40,62
Cajicá	17,7 A	35 C	87,61 A	54,94 C	19,17 C	21,97 B	41,29 D	63,94 D	39,67
AV-23	19,41 A	42,96 B	44,58 D	57,72 BC	18,92 C	24,72 AB	47,55 BCD	70,94 CD	36,55
Promedio Localidades	20,13	45,46	62,06	68,07	24	27,88	50,84	75,79	42,64

Comparadores Tukey: 0,01:

Para comparar genotipos: 3,85

Para comparar localidades: 4,12

Para comparar interacción: 10,89

Figura 1. Línea de avena forrajera AV-25, con buen comportamiento agronómico, en Pruebas de Evaluación Agronómica en Nariño, 2011-2012



4.2.1.2 Materia seca en avena forrajera en estado de pastoreo. En la localidad de Pasto Dolores, los rendimientos de materia seca en estado de pastoreo oscilaron entre 4,17 a 3,69 t.ha⁻¹, sin diferencias significativas entre los genotipos de avena evaluados incluyendo el testigo Cajicá (Tabla 3). En Aldana Laguna, sobresale la línea AV-25 con un rendimiento 10,24 t.ha⁻¹ de materia seca con diferencias significativas respecto a las líneas AV-11, AV-18 y AV-23, cuyos promedios estuvieron por abajo de 6,5 t.ha⁻¹. En Túquerres Jardinera 1, nuevamente se destaca la línea AV-25 con 18,9 t.ha⁻¹, superando al 50% de los genotipos evaluados. Sin embargo, no superó al testigo Cajicá que rindió 15,03 t.ha⁻¹.

En Aldana Caupuerán, el mejor comportamiento se observó en las líneas AV-25 y AV-11 con 26,23 y 23,93 t.ha⁻¹ de rendimiento de materia seca en estado de pastoreo, las cuales mostraron diferencias significativas con los otros genotipos evaluados, incluyendo la variedad testigo Cajicá cuyos rendimientos estuvieron por abajo de 17,9 t.ha⁻¹ de materia seca (Tabla 3).

En Pupiales Espino Bajo, la línea AV-25 con rendimiento de 11,65 t.ha⁻¹ de materia seca en estado de pastoreo, superó a las líneas AV-15 y AV-23 con promedios de 7,05 y 7,85 t.ha⁻¹ respectivamente. No se detectó diferencias significativas de ninguno de los genotipos evaluados con respecto al testigo Cajicá. En Pasto Genoy se destacó la línea AV-18 con 13,00 t.ha⁻¹ y mostró rendimientos superiores a las líneas AV-11, AV-23 y Cajicá que tuvieron rendimientos por abajo de 9,22 t.ha⁻¹; por su parte, la variedad Cajicá fue la de más bajo desempeño con un rendimiento de 5,00 t.ha⁻¹, siendo superada por todas las líneas evaluadas, cuyos rendimientos estuvieron entre 12,2 a 9,18 t.ha⁻¹ (Tabla 3).

En Túquerres Jardinera 2, los mayores rendimientos de materia seca en estado de pastoreo, se observaron en las líneas AV-25, AV-11 y AV-18 con 20,25, 17,05 y 20,42 t.ha⁻¹ respectivamente, mostrando diferencias significativas con relación a los otros genotipos evaluados, cuyos rendimientos estuvieron por abajo de 13,8 t.ha⁻¹, excepto con AV-11 la cual presentó un rendimiento de 17,05 t.ha⁻¹ estadísticamente igual a AV-25. En Ipiales Pradera continúa destacándose la línea AV-25, que rindió un rendimiento de 42,3 t.ha⁻¹ de materia seca en estado de pastoreo y supera significativamente a los otros genotipos, cuyos rendimientos estuvieron por abajo de 37,00 t.ha⁻¹. Le sigue en su orden la línea AV-11 y AV-21 que logran rendimientos superiores a cuatro de los genotipos evaluados incluido el testigo (Cajicá), cuyos rendimientos estuvieron por abajo de 33,00 t.ha⁻¹ (Tabla 3). En general, para rendimiento de materia seca en pastoreo, se destacaron las líneas AV-25 y AV-11 las cuales superaron al testigo en cuatro de los ambientes evaluados y en los otros cuatro, mostraron un comportamiento similar al testigo, cuando los limitantes ambientales y fitosanitarios no influyeron en su respuesta medida en rendimiento de materia seca.

Tabla 3. Rendimientos de Materia Seca (t.ha-1) en estado de pastoreo, de siete genotipos de avena forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012

Genotipos Avena 2011	Pasto		Aldana		Túquerres		Aldana		Pupiales		Pasto		Túquerres		Ipiales	Promedio	
	Dolores		Laguna		Jardinera		Caupuerán		Espino		Genoy		Jardinera				Pradera
AV - 25	4,17	A	10,24	A	18,9	A	26,23	A	11,65	A	11,94	AB	20,25	A	42,3	A	14,77
AV - 11	4,11	A	6,48	B	12,55	BC	23,93	A	8,06	AB	9,18	B	17,05	AB	36,47	B	11,62
AV - 18	3,94	A	5,39	B	9,66	CD	14,74	BC	8,17	AB	13	A	20,42	A	32,42	C	10,76
AV- 21	4,07	A	7,98	AB	15,6	AB	13,32	C	10,04	AB	9,83	AB	11,66	C	34,47	BC	10,36
AV - 15	4,15	A	6,79	AB	10,18	CD	12,03	C	7,05	B	12,2	AB	13,81	BC	26,98	D	9,46
AV - 23	3,69	A	6,44	B	8,24	D	17,89	B	7,85	B	9,21	B	11,73	C	26,96	D	9,29
Cajicá	3,72	A	6,65	AB	15,03	AB	13,19	C	8,63	AB	5	C	12,36	C	21,42	E	9,23
Promedio	3,98		7,14		12,88		17,33		8,78		10,05		15,33		31,57		10,78

comparadores Tukey: 0,01:

Para comparar Genotipos: 1,3

Para comparar localidades: 1,39

Para comparar interacciones: 3,68

4.2.1.3 Estabilidad fenotípica del rendimiento de materia seca en avena forrajera en pastoreo. Los parámetros de estabilidad fenotípica para la evaluación realizada con siete genotipos de avena, muestra que solo los genotipos AV-18 y AV-21 con rendimientos promedio de 12,65 y 11,86 t.ha⁻¹ de materia seca en pastoreo, cumplieron con el parámetro de estabilidad $\beta=1$ (Tabla 4 y Figura 2), indicando que hay respuesta favorable al mejoramiento del ambiente. Sin embargo, estos genotipos (AV-18 y AV-21) mostraron la varianza de los desvíos de la regresión superiores a cero, siendo no predecibles para futuras siembras, e impide que cumplan con las dos condiciones para declararlos como genotipos estables de acuerdo con la metodología de Eberhart y Russell (1966).

Los genotipos AV-11 y AV-25 con rendimientos de materia seca en pastoreo de 13,71 y 16,72 t.ha⁻¹ presentaron una pendiente de la línea de regresión mayor que uno ($\beta>1$). Su mejor desempeño presenta en ambientes favorables como Ipiales Pradera y Aldana Caupuerán; sin embargo, la varianza de las desviaciones de la regresión son mayores que cero ($\delta^2d > 0$), lo cual los hace impredecibles (Tabla 4 y Figura 2), teniendo en cuenta los criterios de Eberhart y Russell (1966).

Los genotipos AV-15, AV-23 y el testigo Cajicá, presentaron promedios inferiores a la media general ($\beta<1$) con 9,17, 10,73 y 10,79 t.ha⁻¹, por lo tanto estas líneas tienen mejor desempeño en los ambientes más pobres, desde el punto de vista de la oferta ambiental que en los lugares con mejores condiciones de clima y suelo, en donde es notorio su regular comportamiento. Igual que los otros genotipos evaluados, su δ^2d es mayor que cero, por lo tanto su comportamiento es impredecible.

A pesar de observar rendimiento superiores a la variedad Cajicá, en los genotipos evaluados, ninguno cumplió con las dos condiciones de $\beta=1$ y $\delta^2d = 0$, necesarias para considerarlos como estables y predecibles.

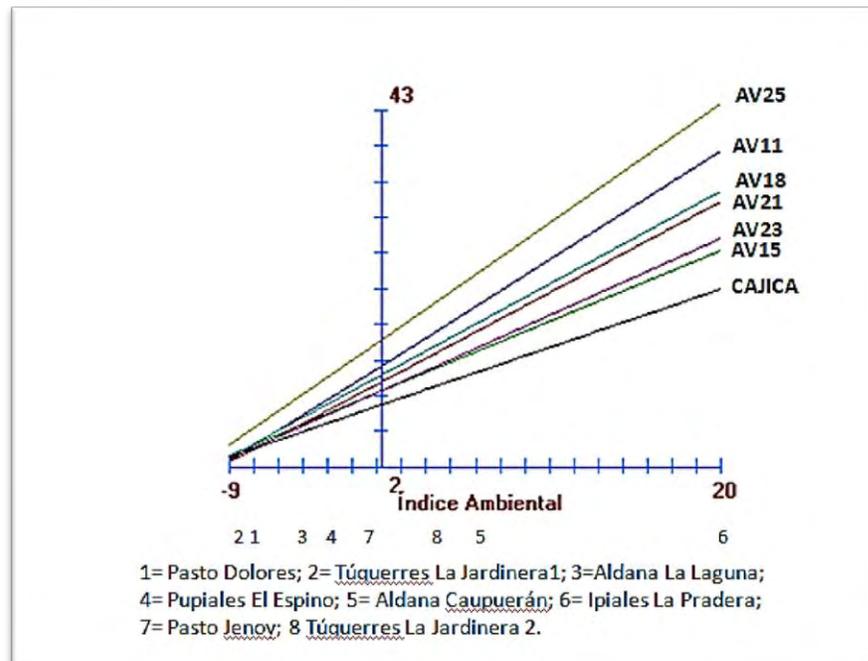
Desde el punto de vista ambiental, las localidades de más baja favorabilidad para la avena fueron: Túquerres Jardinera 1, Pasto Dolores, Aldana Laguna, y Pupiales Espino Bajo. Los ambientes donde se logró los mejores rendimientos promedios de los genotipos fueron Ipiales Pradera y Aldana Caupuerán; Pasto Genoy y Túquerres Jardinera 2 fueron ambientes intermedios.

Tabla 4. Parámetros de adaptabilidad y estabilidad fenotípica de Eberhart y Russell (1966) para materia seca en pastoreo, en siete genotipos de avena forrajera evaluados en el trópico alto de Nariño, 2011-2012

Genotipo	Cuadrado Medio	$\beta=1$	$\delta^2d=0$
AV-25	16,72	1,351**	1,859 **
AV-11	13,71	1,225 **	3,272 **
AV-18	12,66	1,047 NS	6,305 **
AV-21	11,86	1,028 NS	5,575 **
AV-23	10,79	0,870 **	1,023 *
AV-15	10,73	0,812 **	2,613 **
CAJICÁ	9,17	0,664 **	1,536 *

** Significancia estadística al 99% de confianza. * Significancia estadística al 95% de confianza.

Gráfica 1. Gráfica de la Adaptabilidad y Estabilidad Fenotípica para siete genotipos de avena y el testigo Cajicá forrajeras, en ocho ambientes del trópico alto de Nariño, 2011-2012.



4.2.1.4 Forraje verde en avena en estado de ensilaje. En las localidades de Pasto Dolores, Pasto Genoy y Túquerres Jardinera 2, no se observaron diferencias significativas en rendimiento de forraje verde entre los genotipos evaluados (Tabla 5). En Aldana Laguna, la línea AV-25 con 84,94 t.ha⁻¹ superó a los otros genotipos evaluados, cuyos rendimientos estuvieron por abajo de 60,9 t.ha⁻¹, excepto la línea AV-21 que rindió 70,29 t.ha⁻¹. Además, las líneas AV-21 y AV-15, superaron al testigo Cajicá que solo rindió 49,35 t.ha⁻¹. En Túquerres Jardinera 1, los mayores rendimientos los presentaron Cajicá con 119,44 t.ha⁻¹ y AV-25, con 104,11 t.ha⁻¹ sin diferencias estadísticas entre sí. Cajicá superó significativamente a cinco de los siete genotipos restantes y AV-25 presentó diferencias superiores sobre dos de los genotipos evaluados (Tabla 5). En Aldana Cauquerán (Tabla 5), sobresalen las líneas AV-25, AV-11 y AV-18 con rendimientos de 118,4, 116,2 y 103,8 t.ha⁻¹ de forraje verde en ensilaje, superando significativamente a las otras líneas incluido el testigo, cuyos promedios estuvieron por abajo de 86,00 t.ha⁻¹. En Ipiales Pradera (Tabla 5), se destacó únicamente la línea AV-25 con rendimiento de 68,58 t.ha⁻¹ de forraje verde, mostrando diferencias significativas respecto a AV-11, Cajicá y AV-23 cuyos promedios no sobrepasaron las 52,22 t.ha⁻¹. Finalmente en Pupiales Espino Bajo, la línea AV-21 con 92,00 t.ha⁻¹, superó al testigo Cajicá que rindió 75,28 t.ha⁻¹. Los otros genotipos tuvieron un rendimiento estadísticamente similar al testigo Cajicá, excepto la línea AV-23 que presentó el más bajo promedio con 69,91 t.ha⁻¹.

En general, para rendimiento en forraje verde en estado de ensilaje, se pudo observar que la línea AV-25 superó al testigo Cajicá en tres localidades y lo igualó en las cinco restantes; AV-11 presenta también buen comportamiento en la mayoría de ambientes de evaluación.

Gráfica 2. Cosecha mecanizada en estado de ensilaje de la línea de avena AV-25, en Ipiales Pradera – 2011



Tabla 5. Rendimiento de forraje verde (t.ha-1) en ensilaje, de siete genotipos de avena forrajera, evaluadas en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012

Genotipos Avena 2011	Pasto Dolores	Aldana Laguna	Túquerres Jardinera 1	Aldana Caupuerán	Pasto Genoy	Túquerres Jardinera 2	Ipiales Pradera	Pupiales Espino Bajo	Promedio Genotipos
AV - 25	23,74 A	84,94 A	104,11 AB	118,41 A	36,97 A	39,22 A	68,58 A	90,75 AB	71,16
AV- 11	19,44 A	60,88 BC	95,72 B	116,28 A	26,44 A	34,44 A	51,83 B	78,19 ABC	61,63
AV- 21	20,78 A	70,29 AB	89,53 BC	81,4 B	22,92 A	35,39 A	56,06 AB	92 A	58,9
AV- 18	24,7 A	54,29 BC	78,94 CD	103,8 A	32,06 A	31,58 A	61,78 AB	86,14 ABC	58,79
AV- 15	18,37 A	68,35 B	89,55 BC	85,71 B	30,5 A	27,94 A	60,47 AB	83,22 AB	57,66
Cajicá	14,93 A	49,35 C	119,44 A	72,65 B	26,17 A	32,44 A	49,58 B	75,28 B	55,75
AV - 23	22,37 A	60,58 BC	67,29 D	73,52 B	27,64 A	26,81 A	52,22 B	69,91 C	49,73
Promedio Localidades	20,62	64,1	92,08	93,11	28,96	32,55	57,22	82,21	59,09

comparadores Tukey: 0,01:

Para comparar Genotipos: 5,76

Para comparar localidades: 6,16

Para comparar interacciones: 16,29

4.2.1.5 Materia seca en avena forrajera en estado de ensilaje. En Pasto Dolores, los genotipos de avena evaluados no mostraron diferencias significativas en cuanto a rendimiento de materia seca en estado de ensilaje (Tabla 6). En Aldana Laguna, la línea AV-25 con 28,88 t.ha⁻¹ de rendimiento de materia seca, supera a los otros genotipos evaluados, AV – 21, AV – 11, AV – 18, Cajicá, AV- 15 y AV – 23, cuyos promedios estuvieron por abajo de 22,5 t.ha⁻¹ (Tabla 6).

En Túquerres Jardinera 1 (Tabla 6), nuevamente se destaca la línea AV-25 con rendimiento de materia seca de 43,58 t.ha⁻¹, mostrando diferencias significativas con la variedad Cajicá y los genotipos AV-11, AV-18, AV-15 y AV-23, cuyos promedios de rendimiento no sobrepasaron las 31,00 t.ha⁻¹.

En Aldana Caupuerán (Tabla 6), continua la línea AV-25 mostrando un comportamiento similar al obtener 88,21 t.ha⁻¹ superando significativamente a los otros genotipos evaluados; de igual manera se destacaron AV-11, AV-21 y AV-18 con promedios entre 83,7 a 67,4 t.ha⁻¹ los cuales superaron al testigo Cajicá y a las líneas AV-15 y AV-23 cuyos rendimientos estuvieron por abajo de 60,3 t.ha⁻¹.

En Pasto Genoy (Tabla 6), se destacaron las líneas AV-25 y AV-15 con rendimientos de 22,92 y 19,98 t.ha⁻¹ de materia seca respectivamente, las cuales superaron al testigo Cajicá y la línea AV-21 que presentaron rendimientos menores de 11,8 t.ha⁻¹. En Túquerres Jardinera 2, las líneas AV-25 y AV-21 con 27,06 y 28,31 t.ha⁻¹, superaron a la línea AV-15 de más bajo rendimiento (18,44 t.ha⁻¹).

En Pupiales Espino Bajo (Tabla 6), la línea AV-25 con 37,03 t.ha⁻¹ superó a cuatro de las ocho líneas evaluadas, sin embargo presentó un rendimiento estadísticamente igual al testigo Cajicá que rindió 34,33 t.ha⁻¹. En Ipiales Pradera todas las líneas, evaluadas con rendimientos de materia seca entre 37,32 a 44,28 t.ha⁻¹ superaron a la variedad testigo Cajicá que alcanza un rendimiento de 27,02 t.ha⁻¹.

Igual que en las variables de rendimiento para forraje verde en pastoreo anteriormente analizadas y de rendimiento de materia seca en pastoreo; en la variable rendimiento de materia seca en ensilaje, sobresalió la línea AV-25, la cual superó al testigo Cajicá en cinco de los ocho ambientes.

Casi todos los genotipos se comportan en forma deficiente en los ambientes desfavorables: Pasto Dolores, Pasto Genoy, Aldana Laguna y Túquerres Jardinera 2 y mejoran en forma significativa los rendimientos de materia seca cuando los

ambientes fueron favorables: Túquerres Jardinera 1, Aldana Caupuerán, Pasto Genoy, Pupiales Espino Bajo e Ipiales Pradera.

Trabajos realizados por Cuesta P. y Arreaza L.C. con estos mismos genotipos, en Cundinamarca y Boyacá, entre el 2008 y 2010 muestran un comportamiento similar en cuanto a producción de forraje y materia seca, destacándose los genotipos AV-25 y AV-11 al presentar un mejor comportamiento agronómico frente al testigo Cajicá, lo cual sugiere que estas dos líneas son de amplia adaptación.

Tabla 6. Rendimientos de Materia Seca (t.ha-1) en estado de ensilaje, en siete genotipos de avena forrajera. Nariño, 2011-2012

Genotipos Avena 2011	Pasto		Aldana		Túquerres		Aldana		Pasto		Túquerres		Pupiales		Ipiales		Promedio Genotipos
	Dolores		Laguna		Jardinera 1		Caupuerán		Genoy		Jardinera 2		Espino Bajo		Pradera		
AV - 25	9,26	A	28,88	A	43,58	A	88,21	A	22,92	A	27,06	A	37,03	A	41,15	A	36,71
AV - 21	7,9	A	22,49	B	35,69	AB	68,38	C	11,11	C	28,31	A	35,33	AB	44,28	A	29,89
AV - 11	7,58	A	18,26	B	28,62	BC	83,72	B	15,6	ABC	24,11	AB	28,15	BCD	37,32	A	29,44
AV - 18	8,89	A	15,2	B	22,03	CD	67,47	BC	18,75	ABC	25,11	AB	28,94	BCD	43,24	A	26,63
Cajicá	6,27	A	18,75	B	30,95	B	54,13	D	11,78	BC	23,68	AB	34,33	ABC	27,02	B	25,7
AV- 15	6,98	A	19,14	B	23,2	CD	56,57	D	19,98	A	18,44	B	27,96	BCD	40,82	A	24,61
AV - 23	9,17	A	18,17	B	18,78	D	60,29	D	16,72	ABC	22,78	AB	25,17	D	42,82	A	24,44
Promedio Localidades	8,01		20,13		28,98		68,39		16,7		24,22		30,99		39,52		28,2

comparadores Tukey: 0,01

Para comparar Genotipos: 2,82

Para comparar localidades: 3,02

Para comparar interacciones: 7,99

4.2.2 Análisis de Varianza Combinado para rendimientos de forraje verde y materia seca en cebada. Los resultados del Análisis de Varianza combinado por localidades, para rendimientos de forraje verde y materia seca en dos estados: pastoreo y ensilaje, indican que para las variables forraje verde y materia seca, hubo diferencias significativas entre los genotipos de cebada forrajera, localidades y en la interacción genotipos x ambientes (Anexos C, D). Lo anterior indica que hubo un comportamiento diferencial de los genotipos evaluados a través de las localidades, por lo tanto en el análisis de la comparación de promedios se hizo mayor énfasis en las diferencias observadas entre los genotipos en cada una de las localidades.

4.2.2.1 Forraje verde en cebada en estado de Pastoreo. En las localidades de Pasto Dolores, Túquerres Jardinera 1, Aldana Laguna y Pasto Genoy no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos evaluados (Tabla 7). En Aldana Caupuerán (Tabla 7), las líneas CF- 17 y CF-24 con rendimientos de 35,53 y 35,64 t.ha⁻¹ de forraje verde, superaron a los genotipos CF-15, Esperanza (testigo) y CF-25 cuyos promedios estuvieron por abajo de 25,6 t.ha⁻¹.

En Pupiales Espino Bajo (Tabla 7), la línea CF-17 con rendimiento de forraje verde de 23,58 t.ha⁻¹, mostró diferencias sobre la líneas CF-24 y CF-15 que obtuvieron rendimientos de 14,6 y 16,8 t.ha⁻¹, ninguno de los genotipos supero al testigo Esperanza.

En Túquerres Jardinera 2 (Tabla 7), se destacó la línea CF-22 con rendimiento de forraje verde de 39.56 t.ha⁻¹, la cual presentó diferencias significativas respecto a los genotipos CF-15, Esperanza y CF-25 con rendimientos inferiores a 30,8 t.ha⁻¹.

En Ipiales Pradera (Tabla 7), las líneas CF-22, CF-17 y CF-15 con rendimientos entre 48,94 a 46,39 t.ha⁻¹ superaron al testigo Esperanza y a la línea CF-25, que alcanzaron rendimientos de 38,08 y 37,22 t.ha⁻¹ respectivamente.

Se debe resaltar el buen comportamiento de la línea CF-22 que logró superar al testigo Esperanza en 2 localidades e igualar su promedio en las seis localidades restante. Los genotipos sobresalientes por rendimiento de forraje verde en estado de ensilaje presentan buen comportamiento frente a las enfermedades, como Barley Yellow Dwarf Virus (BYDV), roya parda, roya amarilla y otros. En la Figura 4 puede observarse la sanidad de la línea CF-22, con respuesta MR 10 (Moderadamente Resistente, incidencia del 10% en hojas), en la escala modificada de Cobb.

Figura 2. Línea de cebada forrajera CF-22 con buen comportamiento agronómico, estado pastoreo, Nariño – 2011-2012.



Tabla 7. Rendimiento de forraje verde (t.ha-1) en estado de pastoreo, de siete genotipos de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.

Genotipos	Pasto		Túquerres		Aldana		Aldana		Pasto		Pupiales		Túquerres		Ipiales		Promedio
Cebada	Dolores	A	Jardinera 1	A	Laguna	A	Caupuerán	AB	Genoy	A	Espino	Bajo	Jardinera	2	Pradera	AB	Genotipos
CF- 22	14,81	A	21,44	A	29,04	A	30,17	AB	8,28	A	19,64	AB	39,56	A	48,94	A	26,49
CF - 17	17,37	A	19,78	A	25,31	A	35,53	A	9,17	A	23,58	A	31,44	AB	48,5	A	26,33
CF - 24	17,78	A	20,41	A	29,98	A	35,64	A	9,25	A	14,61	B	35,78	AB	43,78	AB	25,9
CF - 19	17,81	A	18,15	A	30,54	A	27,94	AB	9,64	A	20,08	AB	35	AB	43,61	AB	25,35
CF - 15	15,89	A	19,07	A	31,06	A	24,22	B	9,33	A	16,83	B	30,72	B	46,39	A	24,19
Esperanza	16,15	A	17,85	A	23,58	A	25,58	B	8,47	A	21,61	AB	29,5	B	38,08	B	22,6
CF - 25	16	A	18,19	A	23,56	A	23,22	B	7,94	A	26,31	AB	27,83	B	37,22	B	22,53
Promedio	16,54		19,27		27,58		28,9		8,87		20,38		32,83		43,79		24,77
Localidades																	

Comparadores Tukey: 0,01:

Para comparar genotipos: 2,94

Para comparar localidades: 3,14

Para comparar interacción: 8,31

4.2.2.2 Materia seca en cebada forrajera en estado de pastoreo. En las localidades Pasto Dolores, Tuquerres Jardinera 1, Aldana Laguna, Pasto Genoy y Túquerres Jardinera 2 no se observaron diferencias estadísticas significativas para rendimiento de materia seca en pastoreo entre los siete genotipos evaluados (Tabla 8).

En Aldana Caupuerán (Tabla 8), sobresale la línea CF-17 con rendimiento de 20,61 t.ha⁻¹ de materia seca, con rendimientos superiores a los otros genotipos, cuyos promedios estuvieron por abajo de 16,8 t.ha⁻¹.

En Pupiales Espino Bajo (Tabla 8), se destacan las líneas CF-25 y CF-17 con rendimientos de materia seca de 11,84 y 12,97 t.ha⁻¹ mostrando promedios superiores en forma estadística a los de las líneas CF-24, CF-15 y CF-22 que rindieron entre 7,45 a 9,82 t.ha⁻¹; ninguna de las líneas evaluadas en esta localidad superó estadísticamente al testigo Esperanza que rindió 10,59 t.ha⁻¹.

En Ipiales Pradera (Tabla 8), sobresale la línea CF-22 con rendimiento de materia seca de 22,17 t.ha⁻¹, presentando un promedio superior al de los otros materiales evaluados, incluyendo el testigo, que no sobrepasan las 17,4 t.ha⁻¹.

Al observar el comportamiento de los genotipos a través de las ocho localidades, sobresalen las líneas CF-17 y CF-22, las cuales superan al testigo Esperanza de forma independiente en una localidad e igualan su rendimiento en materia seca en los otros ambientes. Esto puede deberse a que básicamente Esperanza es una variedad maltera obtenida específicamente para el departamento de Nariño y el resto de genotipos son introducciones que no tienen buena adaptación en nuestra zona, quizá debido a que fueron obtenidos en ambientes muy diferentes al nuestro.

Tabla 8. Rendimiento de Materia Seca (t.ha-1) en pastoreo, de siete genotipos de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, (2011-2012).

Genotipos	Pasto		Túquerres		Aldana		Aldana		Pasto		Túquerres		Pupiales		Promedio		
Cebada	Dolores		Jardinera 1		Laguna		Caupuerán		Genoy		Jardinera		Espino		Ipiales	Genotipos	
2011											2		Bajo		Pradera		
CF - 17	4,17	A	2,97	A	5,29	A	20,61	A	5,13	A	5,28	A	12,97	A	16,02	B	9,05
CF - 19	3,56	A	3,27	A	6,45	A	13,13	CD	5,98	A	7,06	A	10,85	AB	17,01	B	8,41
CF - 15	3,81	A	3,43	A	5,46	A	15,26	BC	6,16	A	6,19	A	9,09	BC	16,78	B	8,27
CF - 24	4,98	A	3,47	A	5,01	A	15,68	BC	6,15	A	6,81	A	7,45	C	16,11	B	8,21
CF - 25	3,84	A	3,09	A	4,05	A	16,72	B	4,89	A	5,3	A	11,84	A	15,34	B	8,13
CF - 22	3,56	A	2,36	A	4,87	A	11,77	D	5,09	A	4,87	A	9,82	BC	22,17	A	8,06
Esperanza	3,88	A	3,03	A	4,05	A	11	D	5,3	A	5,62	A	10,59	AB	17,37	B	7,6
Promedio	3,97		3,09		5,03		14,88		5,53		5,88		10,37		17,25		8,25
Localidades																	

Comparadores Tukey: 0,01:

Para comparar genotipos: 1,08

Para comparar localidades: 1,16

Para comparar interacción: 3,07

4.2.2.3 Estabilidad fenotípica de rendimiento de materia seca en pastoreo en cebada forrajera. De acuerdo con los resultados de la prueba de adaptabilidad y estabilidad fenotípica realizada mediante la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966), se puede determinar que, los rendimientos promedio de materia seca oscilaron entre 7,6 a 8,4 t.ha⁻¹.

Se destacaron los genotipos CF-15 y CF-19, los cuales con rendimientos promedio de materia seca de 8,2 y 8,4 t.ha⁻¹ respectivamente, presentaron una pendiente $\beta=1$, y una varianza de la regresión $\delta^2d=0$, indicando que son genotipos estables bajo las condiciones ambientales de las ocho localidades en donde fueron probados (Tabla 9, Figura 5).

Por lo tanto, los genotipos de cebada forrajera CF-15 y CF-19 pueden constituirse en una importante opción en la producción de forraje para los ganaderos de trópico alto de Nariño. Por otra parte las líneas CF-24, CF-25 y la variedad Esperanza, con rendimientos promedios de 8,2, 8.1 y 7,6 t.ha⁻¹ respectivamente, mostraron una pendiente $\beta=1$ que indica su adaptabilidad a las ocho localidades donde fueron probadas; sin embargo, la varianza de la regresión fue significativamente diferente de cero ($\delta^2d \neq 0$) y por tanto estos genotipos no cumplen con las dos condiciones necesarias para considerarlos viables para ser liberados.

Finalmente las líneas CF-17 y CF-22 con rendimientos materia seca de 9,0 y 8,0 t.ha⁻¹ mostraron un $\beta > 1$ indicando que su adaptación es mejor en ambientes favorables como Ipiales Pradera y Aldana Caupuerán. No obstante estos genotipos (CF-17 y CF-22) presentaron una varianza de los desvíos de la regresión diferente de cero ($\delta^2d \neq 0$), lo cual los hace impredecibles e inviables para ser liberados. En la Figura 5, se puede observar que las localidades de oferta ambiental más desfavorable para los siete genotipos fueron: Pasto Dolores, Túquerres Jardinera 1, Aldana Laguna, Pasto Genoy y Túquerres Jardinera 2. Mientras que Pupiales Espino Bajo fue un ambiente intermedio. Las localidades de Ipiales Pradera y Aldana Caupuerán mostraron las mejores condiciones ambientales para la producción de materia seca para forraje. Vencovsky y Barriga (1992), consideran que un cultivar ideal es aquel que tiene una media adecuada superior a la media general de los genotipos evaluados, una pendiente $\beta=1$ y la varianza de los desvíos de la regresión $\delta^2d=0$. Lo anterior se cumplió únicamente para los genotipos de cebada CF15 y CF19. En consecuencia y de acuerdo también con Eberhart y Russell (1966), estos dos genotipos responden mejor a los cambios ambientales a través de las ocho localidades. Es necesario revisar el comportamiento de estos genotipos con respecto a otros atributos o características de interés para los ganaderos, con el fin de establecer que cumplen

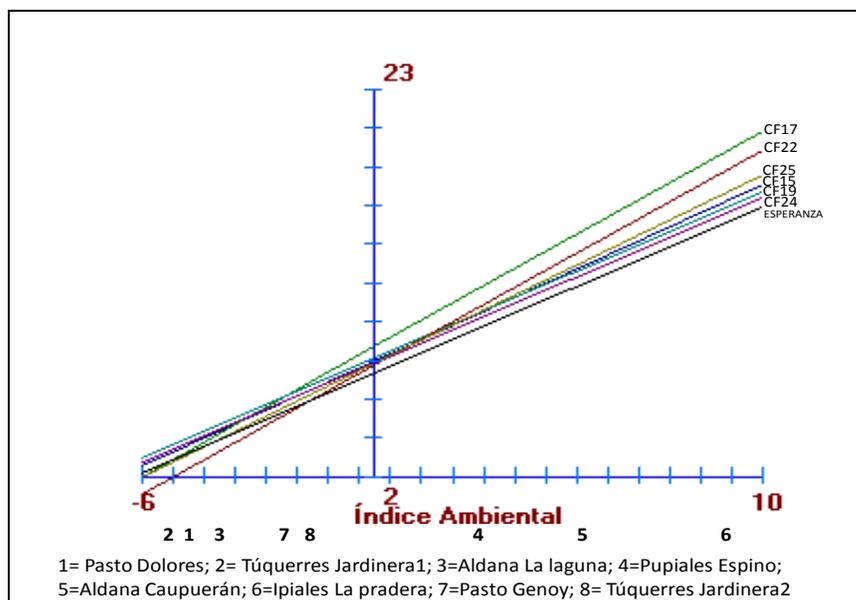
con los aspectos fenotípicos y los parámetros de calidad requeridos para constituirse en una nueva alternativa productiva.

Tabla 9. Parámetros de adaptabilidad y estabilidad fenotípica de Eberhart y Russell (1966) para materia seca en pastoreo, en siete genotipos de cebada forrajera evaluados en el trópico alto de Nariño, 2011-2012

Genotipo	Media	$\beta=1$	$\delta^2d=0$
CF-17	9,056	1,170 **	4,425 **
CF-19	8,415	0,896 NS	0,095 NS
CF-15	8,273	0,952 NS	-0,306 NS
CF-24	8,207	0,892 NS	1,059 *
CF-25	8,133	1,024 NS	1,076 *
CF-22	8,065	1,161 **	4,393 **
Esperanza	7,606	0,902 NS	1,132 *

** Significancia estadística al 99% de confianza. * Significancia estadística al 95% de confianza

Figura 3. Adaptabilidad y estabilidad fenotípica de seis genotipos de cebada forrajera y el testigo Facianar Esperanza, en ocho ambientes del trópico alto del departamento de Nariño, 2011-2012.



4.2.2.4 Forraje verde en estado de ensilaje en cebada forrajera. En las localidades de Pasto Dolores, Pasto Genoy y Túquerres Jardinera, no se presentaron diferencias significativas entre los genotipos evaluados (Tabla 10). En Aldana Laguna (Tabla 10), las líneas CF-24 y CF-17, mostraron el mejor comportamiento con rendimientos de 35,81 y 35,31 t.ha⁻¹ de forraje verde, presentando diferencias significativas sobre los genotipos CF-15, CF-25 y Esperanza cuyos rendimientos estuvieron por abajo de 26 t.ha⁻¹.

En Túquerres Jardinera 1 (Tabla 10), la Línea CF-22 con rendimiento de forraje verde de 40,94 t.ha⁻¹ mostró diferencias estadísticas altamente significativas respecto a la línea CF-15 que tuvo un promedio de 31,19 T.ha⁻¹. No se observaron otras diferencias en esta localidad.

En Aldana Caupuerán (Tabla 10), los mayores rendimientos de forraje verde los presentaron las líneas CF-15 y CF-19 con 42,24 y 41,54 t.ha⁻¹ respectivamente, superando a los genotipos CF-25 y Esperanza que rindieron 32,5 y 32,07 t.ha⁻¹, respectivamente.

En Pupiales Espino Bajo (Tabla 10), se destacó la línea CF-22 y la variedad Esperanza con rendimientos de 32,28 y 32,81 t.ha⁻¹ de forraje verde respectivamente, presentando diferencias con respecto a la línea CF-15 que tuvo un rendimiento de 22,5 t.ha⁻¹.

En Ipiales Pradera (Tabla 10), las líneas CF-24 y CF-19, con rendimientos de forraje verde de 58,06 y 56,17 t.ha⁻¹, superaron a los genotipos Esperanza y CF-22 que alcanzaron rendimientos de 46,06 y 44,72 t.ha⁻¹ respectivamente.

En el comportamiento general de las líneas de cebada forrajera evaluadas en cada uno de los diferentes ambientes, para la variable rendimiento de forraje verde en ensilaje, sobresale la línea CF-24 que logró superar a la variedad Esperanza en dos ambientes e igualarla en los seis ambientes restantes.

Figura 4. Línea de cebada forrajera CF-22 antes de ensilaje, en el trópico alto de Nariño, 2011-2012.



Tabla 10. Rendimiento de Forraje Verde (t.ha-1) en ensilaje, de siete genotipos de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.

Genotipos Cebada 2011	Túquerres				Túquerres				Promedio Genotipos							
	Pasto Dolores	Aldana Laguna	Jardinera 1	Aldana Caupuerán	Pasto Genoy	Jardinera 2	Pupiales Espino Bajo	Ipiiales Pradera								
CF - 24	12,15	A 35,81	A	35,8	AB	40,78	AB	13,11	A	21,36	A	28,94	AB	58,06	A	30,75
CF - 19	11,31	A 27,94	AB	38,21	AB	41,54	A	15,22	A	23,17	A	29,33	AB	56,17	A	30,36
CF - 22	11,22	A 29,97	AB	40,94	A	39,5	AB	11,56	A	25,47	A	32,28	A	44,72	C	29,46
CF - 17	11,47	A 35,31	A	37,43	AB	34,42	AB	14,36	A	23,92	A	29,31	AB	49,39	ABC	29,45
CF - 15	11,19	A 25,61	B	31,19	B	42,24	A	15,28	A	21,17	A	22,5	B	50,78	ABC	27,5
CF - 25	10,31	A 22,56	B	33,9	AB	32,05	B	12,17	A	18,89	A	29,25	AB	54,33	AB	26,68
Esperanza	10,24	A 25,25	B	33,84	AB	32,07	B	10,53	A	21,64	A	32,81	A	46,06	BC	26,55
Promedio Localidades	11,13	28,92		35,9		37,51		13,17		22,23		29,2		51,36		28,68

Comparadores Tukey: 0,01:

Para comparar genotipos: 3,26

Para comparar localidades: 3,49

Para comparar interacción: 9,23

4.2.2.5 Materia seca en estado de ensilaje en avena forrajera. En las localidades de Pasto Dolores, Túquerres Jardinera 1, Túquerres Jardinera 2, Pasto Genoy y Pupiales Espino Bajo, no se presentaron diferencias entre los genotipos evaluados (Tabla 11).

En Aldana Laguna (Tabla 11), las líneas CF-19 y CF-15 con rendimientos de forraje verde de 15,37 y 15,21 t.ha⁻¹ mostraron diferencias al 1% de probabilidad con los genotipos CF-22 (Figura 6), Esperanza y CF-25 con rendimientos inferiores a 9,5 t.ha⁻¹. En Aldana Caupuerán (Tabla 11), sobresale la línea CF-17 con rendimiento de 23,13 t.ha⁻¹ superando a la variedad esperanza y a las líneas CF-15 y CF-25 cuyos rendimientos no sobrepasaron las 17,7 t.ha⁻¹; de igual manera CF-24 con 22,74 t.ha⁻¹ mostró diferencias altamente significativas respecto a CF-15 y CF-25 con 14,98 y 15,68 t.ha⁻¹ respectivamente.

En Ipiales Pradera (Tabla 11), las líneas CF-25 y CF-19 con rendimientos de materia seca en ensilaje de 35,58 y 34,82 t.ha⁻¹, mostraron diferencias al 1% sobre CF-15 y CF-17 que rindieron 29,20 y 25,93 t.ha⁻¹.

En general se observaron pocas diferencias para esta variable entre los genotipos estudiados en las diferentes localidades, no obstante son destacables los genotipos CF-19 y CF-15 en Aldana Laguna y el genotipo CF-17 en Aldana Caupuerán por superar a la variedad Esperanza en dichas localidades. Esto se puede atribuir a la menor variación de los genes que contribuyen a la expresión rendimiento de forraje en forma general tanto verde como de materia seca lo cual es de esperar dado el origen similar de cinco de los genotipos evaluados.

Tabla 11. Rendimiento de Materia Seca (t.ha-1) en ensilaje, de siete genotipos de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, (2011-2012).

Genotipos Cebada 2011	Pasto Dolores		Aldana Laguna		Túquerres Jardinera 1			Aldana Caupuerán		Túquerres Jardinera 2		Pasto Genoy		Pupiales Espino Bajo		Ipiales Pradera	Promedio Genotipos
CF - 19	3,62	A	15,37	A	15,29	A	18,16	ABC	8,34	A	9,36	A	20,59	A	34,82	A	15,69
CF - 24	4,37	A	12,64	AB	15,03	A	22,74	AB	8,07	A	8,33	A	19,19	A	33,96	AB	15,54
CF - 17	4,13	A	10,33	AB	16,09	A	23,13	A	9,26	A	8,98	A	20,95	A	25,93	C	14,85
CF - 22	4,15	A	9,48	B	14,74	A	19,78	ABC	8,25	A	7,92	A	20,98	A	32,2	AB	14,69
Esperanza	3,79	A	9,3	B	12,18	A	17,68	BC	7,01	A	6	A	20,9	A	33,39	AB	13,78
CF - 15	3,81	A	15,21	A	13,41	A	14,98	C	8,19	A	8,94	A	15,8	A	29,2	BC	13,69
CF - 25	3,82	A	9,29	B	12,2	A	15,68	C	6,12	A	7,67	A	17,11	A	35,59	A	13,43
Promedio Localidades	3,96		11,66		14,14		18,88		7,89		8,17		19,36		32,16		14,53

Comparadores Tukey: 0,01

Para comparar genotipos: 1,92

Para comparar localidades: 2,05

Para comparar interacción: 5,42

CONCLUSIONES

La línea de avena AV-25, mostró el mejor comportamiento para rendimiento de forraje verde y materia seca, tanto en los estados de pastoreo como en ensilaje, al presentar promedios superiores o iguales al testigo (Cajicá) a través de las ocho localidades. La línea de avena AV-11 mostró un comportamiento favorable para rendimiento de forraje verde y materia seca en pastoreo al presentar promedios superiores o iguales al testigo (Cajicá) a través de las ocho localidades.

En el análisis de estabilidad de Eberhart y Russell (1996), para rendimiento de materia seca en estado de pastoreo, los genotipos de avena AV-18 y AV-21, cumplieron con el parámetro de la pendiente $\beta=1$ para considerarlos estables, en tanto que las líneas AV-11 y AV-25, respondieron mejor en ambientes favorables y las líneas AV-15, AV-23 con la variedad Cajicá mostraron su mejor comportamiento en ambientes desfavorables; sin embargo, todos los genotipos evaluados, se mostraron impredecibles al tener las desviaciones de la regresión superiores a cero.

La línea de cebada forrajera CF-22, logró igualar al testigo Esperanza en producción de forraje verde y materia seca en estado de pastoreo en seis localidades y lo superó en los dos ambientes restantes. En rendimientos de forraje verde en el estado de ensilaje se destacó la línea CF-24, igualando al testigo Esperanza en seis ambientes y superándolo en los dos restantes. Para rendimiento de materia seca en estado de ensilaje, se destacaron las líneas CF-19 y CF-15 en Aldana Laguna y el genotipo CF-17 en Aldana Caupuerán al supera al testigo Esperanza.

En el análisis de Estabilidad Fenotípica de Eberhart y Russell (1966), en cebada forrajera, se destacaron los genotipos CF-15 y CF-19 cuyos promedios de rendimiento estuvieron por encima de la media general y presentaron una pendiente $\beta=1$ y una varianza de la regresión $\delta^2d=0$, que indica que son genotipos estables bajo las condiciones ambientales de las ocho localidades en donde fueron evaluados.

RECOMENDACIONES

Evaluar y ajustar los niveles de fertilización y distancias y densidad de siembra para los genotipos de avena forrajera AV-11, AV-15 y AV-25 debido a su excelente comportamiento agronómico en diferentes ambientes, con el propósito de potenciar el rendimiento tanto de forraje verde como materia seca y buscar darles mayor estabilidad fenotípica.

Para el caso de los genotipos de cebada forrajera, debido a su excelente comportamiento agronómico, se recomienda continuar la investigación de adaptación con los genotipos de grano desnudo como CF-22, CF-24, CF-25. Se recomienda evaluar el comportamiento animal al suministro de estos nuevos genotipos forrajeros tanto de avena como los de cebada forrajera.

BIBLIOGRAFÍA

Afanador G. 1996. Plan Estratégico de Modernización Tecnológica de la Ganadería Colombiana. En Revista Corpoica, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. 1 (1): 3 p. URL: http://www.milkproduction.com/Library/Authors/Pablo_Cuesta_Munoz.htm

Allard R. 1975. Principios de la mejora genética de plantas. Trad. José Luis Montoya. Omega, Barcelona, España. 497 p.

Amigone M., Chiacchiera S., Bertram N., Kloster A., Conde M. y Masiero B. 2010. Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticale y raigrás anual en el sudeste de Córdoba. Información de Extensión, INTA Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez, argentina. 133: 9 p. URL: <http://www.inta.gov.ar/mjuarez>

Argote G. y Halanoca M. 2007. Evaluación y selección de gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno. Programa Nacional de Investigación Pastos y Forrajes, E. E. Agraria Illpa, INIA, Puno-Perú. 5 p. URL: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_verdeos_invierno/45-ARGOTE-GramineasForrajeras.pdf

Artículos técnicos – agricultura. INTA – EEA Bordenave, Argentina. 7 p. URL: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/cereales-forrajeros-invierno-produccion-t2107/089-p0.htm>

Barnett R., Blount A., Pfahler P., Johnson J., Cunfer B. and Buntin G. 2002. Registration of 'Horizon 314' Oat. Crop Science 42 (5): 1749 – 1750.

Beratto E. y Rivas P. 2002. Areco INIA, Cultivar chileno de avena para producción de forraje en Argentina. En Agricultura Técnica, Chile. 63 (2): 212-215. <mailto:eberatto@carillanca.inia.cl>

Beratto E. y Rivas P. 2003. Coral INIA, Coral INIA, an oat cultivar for forage production in Argentina. Agricultura Técnica (Chile) 63 (2): 216 - 219. <mailto:eberatto@carillanca.inia.cl>

Bobadilla S., Villa M. y Williams V. 2001. Producción de distintas especies y variedades de cereales en la Colonia 16 de Octubre, Chile. Carpeta Técnica, Chile, 1: 4 página
URL: [Http://www.inta.gov.ar/esquel/info/documentos/agricola/forrajeras01.htm](http://www.inta.gov.ar/esquel/info/documentos/agricola/forrajeras01.htm)

Caierão E., Irajá F., Teixeira M., Lonrecetti C., Marchioro V. y Silva J. 2001. Seleção indireta em aveia para o incremento no rendimento de grãos. Ciencia Rural, Brasil. 31 (2): 231-236.

Cárdenas P., Durán C. y Roa J. 2007. Selección de forrajeras para zona de ladera del norte del Valle del Cauca (Colombia) mediante metodologías participativas. Acta Agronómica, Colombia. 56 (3): 147-153. E-mail: cvduranc@palmira.unal.edu.co

Chapko L., Brinkman M. y Albrecht K. 1990. Genetic Variation for Forage Yield and Quality among Grain Oat Genotypes Harvested at Early Heading. Crop Science. 31 (4): 874-878.

Colín M., Lozano del Río A., Martínez G., Zamora V, Santana J., y Vivian M. 2005. Producción de materia seca de líneas de cebada forrajera imberbe en cuatro ambientes y correlaciones entre algunos componentes de rendimiento de forraje. Artículo Científico de Universidad Autónoma Antonio Narro, México. 9 p.

Colín M., Zamora V., Lozano del Rio A., Martínez G. y Torres M. 2007. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. Técnica Pecuaria en México, México. 45 (3): 249 – 262.

Colín M., Zamora V., Lozano del Río A., Martínez G. y Santana J. 2009. Estabilidad del rendimiento de materia seca en nuevas líneas de cebada imberbe. Artículo Científico de Universidad Autónoma Antonio Narro, México. 9 p.

Contreras-Govea F. y Albrecht K. 2005. Forage Production and Nutritive Value of Oat in Autumn and Early Summer. Crop Science. 46 (6): 2382-2386. Email: kaalbrec@wisc.edu

Cuesta P. 2005. Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano. Oferta Tecnológica, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Colombia. 11 p. URL: <http://www.corpoica.org.co>

Cuesta P. 2006. Alternativas forrajeras para mejorar la competitividad de los sistemas de producción de leche del trópico alto. Revista virtual Milk Production.com. URL: <http://www.corpoica.org.co>

Eberhart S. y Russell W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science, 6: 36-40.

Espitia E., Villaseñor H., Huerta J., Salmerón J., González R. y Osorio L. 2007. Obsidiana, variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. Agricultura Técnica en México, 33 (1): 95 – 98.

FAO, 2010. Descripción de las fases de desarrollo del cultivo. ¿En qué fases se determina el rendimiento? Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. Sp.

Finlay K., y Wilkinson G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Australian Journal of Agriculture Research, 14 (6): 742-754.

Fox B. y Cameron A. 1997. Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. Primera reimpresión. Editorial Limusa. México. D. F. p.122-128.

Hoffman E., Baeten A. y Fajardo M. 2009. Caracterización de genotipos de cebada cervecera. 2009. Facultad de Agronomía EEMAC, Paysandú, Brasil. 21 p. URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/snics/Comunidad%20snics/GUIAS%20SNICS%20A/Cebada/Cebada.doc>

Jiménez J. 2009. Descriptores varietales de avena (*Avena sp.*) cultivadas en México. Tesis de grado, Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 87 p.

Leyva E., Espitia E., Villaseñor H. y Huerta J. 2004. Pérdidas ocasionadas por *Puccinia graminis* f. sp. *Avenae* Ericks. y Henn., causante de la roya del tallo en seis cultivares de avena (*Avena sativa* L.) en los valles altos de México. Revista Mexicana de Fitopatología, México, 22 (002): 166 – 171.

Leyva E., Soto A., Espitia E., Villaseñor H., González R. y Huerta J. 2004b. Etiología e incidencia de la antracnosis *Colletotrichum graminicola* (Ces.) G. W. Wills. de la avena (*Avena sativa* L.) en Michoacán, México. Revista Mexicana de Fitopatología, México, 22 (003): 351 – 355.

Little T. y Jackson F. 1975. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trad. por Anatolio de Paula Crespo. Editorial Trillas, México. 270 p.

Meier U. 1992. Estadios de las plantas mono-y dicotiledóneas. Trad. 2a Edición alemana al español por Enrique Gonzáles Medina. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. 149 p.

Paladines O y Lascano C. 1982. Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas; metodologías de evaluación. CIAT, Memorias de reunión de trabajo. Cali, Colombia. 207 p.

Palmero D., García M., Santos M., Iglesias C. y Tello J. 2008. Evaluación de la incidencia de enfermedades criptogámicas foliares en cereales de invierno y primavera en España. Periodo 1993-1996. Agroecología, 3: 41-50.

SAGARPA. 2004. Guía técnica para la descripción varietal; Cebada (*Hordeum vulgare* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México. 10 p. URL: <http://www.sagarpa.gob.mx/snics/Comunidad%20snics/GUIAS%20SNICS%20A/Cebada/Cebada.doc>

Salmerón J. 2002. Menonita, nueva variedad de avena de temporal para grano y forraje. Revista Agricultura Técnica en México, México, 28 (001): 87, 88.

Salmerón J. 2007. “Arareco”, variedad de avena resistente a la roya del tallo y de la corona, para áreas de riego en México. Revista Fitotecnia Mexicana, Chapingo, México. 30 (001): 105 – 107.

Sánchez L. 2004. Estrategias Modernas Para La Conservación De Forrajes En Sistemas De Producción Bovina. Artículos Científicos, CORPOICA, Colombia. 23 p.

Servera A. y Añazgo M. 2010. Ensayo de variedades de Avena para grano en el Valle Inferior del Río Negro. Valle inferior informa, INTA, Argentina. Año 5 No 40. 4 p. Email: aservera@correo.inta.gov.ar

Shakhatreh Y., Kafawin O., Ceccarelli S. y Saoub H. 2000. Selection of barley lines for drought tolerante in low-rainfall areas. Agronomy & Crop Science, Germany, 186: 119 – 127.

Snedecor G. y Cochran W. 1980. Statistical methods. 7a edition Iowa, State University Press. Ames, I.A

Tomaso J. 2008. Mejoramiento genético y Manejo de Cereales Forrajeros de Invierno: Producción de materia seca, Manejo del cultivo, curvas de producción.

Vallejo F., Espitia M., Checa O., Lagos T., Salaza F. y Restrepo E. 2005. Análisis estadísticos para los diseños genéticos en fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

Villarreal M., Pastora D. y Brizuela. 1994. Evaluación de gramíneas forrajeras bajo pastoreo en pequeñas parcelas. Pasturas Tropicales, Costa Rica, 16 (3): 9 – 16.

Villaseñor M. et al., 2009. Turquesa, nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. Agricultura Técnica en México, México, 35 (4): 487-492.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza combinado para rendimiento de forraje verde y materia seca (T.ha-1) en avena en pastoreo, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012.

Forraje Verde					
F de V	G de L	SC	CM	F calculado	F tabulado 0,01
Localidades	7	87705,04	12529,29	351,35**	2,77
Bloques/Local	24	1589,29	66,22		
Genotipos	6	5713,02	952,17	26,70**	2,80
Genotipos x Local	42	9886,43	235,39	6,60**	1,59
Error	144	5135,11	35,66		
Total	223				
				CV%=	12,77
Materia Seca					
F de V	G de L	SC	CM	F calculado	F tabulado 0,01
Localidades	7,00	14289,70	2041,39	500,34**	2,77
Bloques/Local	24,00	173,16	7,22		
Genotipos	6,00	1235,98	206,00	50,49**	2,80
Genotipos x Local	42,00	1710,27	40,72	9,98**	1,59
Error	144,00	587,46	4,08		
Total	223,00				
				CV%=	15,093

** Existen diferencias altamente significativas.

Anexo B. Análisis de varianza combinado para rendimiento de forraje verde y materia seca (T.ha-1) en ensilaje de avena, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012

Forraje Verde						
F de V	G de L	SC	CM	F calculado	F tabulado 0,01	
Localidades	7	165233,90	23604,84	295,98**	2,77	
Bloques/Local	24	3022,37	125,93			
Genotipos	6	7667,81	1277,97	16,03**	2,80	
Genotipos x Local	42	15541,39	370,03	4,64**	1,59	
Error	144	11483,45	79,75			
Total	223					
			CV%=	15,173		
Materia Seca						
F de V	G de L	SC	CM	F calculado	F tabulado 0,01	
Localidades	7	66003,51	9429,07	491,61**	2,77	
Bloques/Local	24	901,23	37,55			
Genotipos	6	3054,51	509,09	26,55**	2,80	
Genotipos x Local	42	5410,80	128,83	6,72**	1,59	
Error	144	2761,24	19,18			
Total	223					
			CV%=	14,790		

** Existen diferencias altamente significativas.

Anexo C. Análisis de varianza combinado para rendimiento de forraje verde y materia seca (T.ha-1) en pastoreo de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012

Forraje Verde						
F de V	G de L	SC	CM	F calculado	F tabulado 0,01	
Localidades	7	23009,01	3287,00	158,26**	2,77	
Bloques/Local	24	1397,84	58,24			
Genotipos	6	545,07	90,85	4,37**	2,80	
Genotipos x Local	42	1733,26	41,27	1,99**	1,59	
Error	144	2991,33	20,77			
TOTAL	223					
				CV%=	18,40	
Materia Seca						
F de V	G de L	SC	CM	F calculado	F tabulado 0,01	
Localidades	7	5542,21	791,74	280,76**	2,77	
Bloques/Local	24	317,81	13,24			
Genotipos	6	36,59	6,10	2,16	2,80	
Genotipos x Local	42	474,66	11,30	4,00**	1,59	
Error	144	406,77	2,82			
Total	223					
				CV%=	20,37	

** Existen diferencias altamente significativas.

Anexo D. Análisis de varianza combinado para rendimiento de forraje verde y materia seca (T.ha-1) en ensilaje de cebada forrajera, en ocho localidades del trópico alto de Nariño, 2011-2012

Forraje Verde						
F de V	G de L	SC	CM	F calculado	F tabulado 0,01	
Localidades	7	34574,45	4939,21	192,78**	2,77	
Bloques/Local	24	1732,65	72,19			
Genotipos	6	583,26	97,21	3,79**	2,80	
Genotipos x Local	42	1866,77	44,45	1,74**	1,59	
Error	144	3688,78	25,62			
Total	223					
				CV%=	17,648	
Materia Seca						
F de V	G de L	SC	CM	F calculado	F tabulado 0,01	
Localidades	7	15613,86	2230,55	252,32**	2,77	
Bloques/Local	24	660,90	27,54			
Genotipos	6	159,10	26,52	3,00**	2,80	
Genotipos x Local	42	772,62	18,40	2,08**	1,59	
Error	144	1272,60	8,84			
Total	223					
				CV%=	20,466	

** Existen diferencias altamente significativas.

Anexo E. Nombre, Genealogía y Procedencia de los Cultivares de avena y cebadas forrajeras evaluadas

AVENA FORRAJERA			
Código 2009	Nombre y Genealogía	Metodología	Procedencia
AV-11/09	IGUANA 1/3/CH/U//C.I.6969 ESC-II-PP-73-282-1E-2E-1E-1E	Introducción	1989-1990 12º. VEOLA - CIMMYT
AV-15/09	CORTEZ 5*/1563 CR CPX//C7512/SR CPX WIS 82 SA 226	Introducción	1989-1990 12º. VEOLA - CIMMYT
AV-18/09	MED/147//IVD662/OTTER/3/3034/TPE/TOKO/ 3034/TPE/3/ALPINA/ TPE//MHF/7114/3/ENA/4/JIM/INCA PAR I-2778-37R-1E-1R-0E	Introducción	1989-1990 12º. VEOLA - CIMMYT
AV-21/09	HIBRIDO-C-I- 6969/RUKLANDS/5/SAC/HJ/5919/S/ M0811/4/BT/92A SF//6969 ESC-I-PS-75-1929-3E-3E-4E-3E-1E	Introducción	1992A – ICA CI Tibaitatá
AV-23/09	HIBRIDO-C-I- 6969/RUKLANDS/5/SAC/HJ/5919/S/ M0811/4/BT/92A SF//6970 ESC-I-PS-75-1929-3E-3E-4E-3E-1E	Introducción	1992A – ICA CI Tibaitatá
AV-25/09	C7512-CPX/F2(312X227) 82-CS-636	Introducción	1992A – ICA CI Tibaitatá
Testigo	Cajicá		
CEBADA FORRAJERA			
Código 2009	Nombre y Genealogía	Metodología	Procedencia
CF-15/09	MARCO"S"/FRAGIL CMB 88A-559-2M-1Y-OPAP-4N	Introducción	1992 – ICA CIMMYT
CF-17/09	MARCO"S"/FRAGIL CMB 88A-559-2M-1Y-OPAP-5N	Introducción	1992 – ICA CIMMYT
CF-19/09	MARCO"S"/FRAGIL CMB 88A-559-2M-1Y-OPAP-7N	Introducción	1992 – ICA CIMMYT
CF-22/09	MARCO"S"/FRAGIL CMB 88A-559-2M-1Y-OPAP-11N	Introducción	1992 – ICA CIMMYT
CF-24/09	MARCO"S"/FRAGIL CMB 88A-559-2M-1Y-OPAP-12N	Introducción	1992 – ICA CIMMYT
CF-25/09	DESCONOCIDA (CORPOCHARA)	Introducción	1990 – ICA (L – 4)
Testigo	FACIANAR ESPERANZA		