

**COMPARACION DE TRES METODOS DE EVALUACION DE ADAPTABILIDAD
Y ESTABILIDAD AMMI, EBERHART & RUSSELL Y SHUKLA EN OCHO
POBLACIONES DE MAIZ AMARILLO (*Zea mays* L.) EN CUATRO
LOCALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

GUILLERMO ENRIQUE AGUADO CASTRO I. A.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS
AREA DE ENFASIS PRODUCCION DE CULTIVOS
SAN JUAN DE PASTO**

2012

**COMPARACION DE TRES METODOS DE EVALUACION DE ADAPTABILIDAD
Y ESTABILIDAD AMMI, EBERHART & RUSSELL Y SHUKLA EN OCHO
POBLACIONES DE MAIZ AMARILLO (*Zea mays* L.) EN CUATRO
LOCALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

GUILLERMO ENRIQUE AGUADO CASTRO I. A.

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

Presidente

TULIO CESAR LAGOS BURBANO I. A. Ph,D

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS
AREA DE ENFASIS PRODUCCION DE CULTIVOS
SAN JUAN DE PASTO**

2012

NOTA DE RESPONSABILIDAD

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

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

Nota de aceptación

OSCAR EDUARDO CHECA CORAL. I.A. Ph.D.
Jurado delegado

NESTOR ÂNGULO.I.A. M.Sc.
Jurado

ANTONIO BOLAÑOS ALOMIA. I. A. M.Sc.
Jurado

TULIO CESAR LAGOS BURBANO I.A.Ph,D
Presidente

San Juan de Pasto, Noviembre de 2012

AGRADECIMIENTOS

DIOS.

Universidad de Nariño.

Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados Universidad de Nariño.

Centro de Investigaciones en Ciencias Agrarias Universidad de Nariño.

Grupo de Investigación en Producción de Frutales Andinos (GPFA) de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

Tulio Cesar Lagos Burbano. I.A. Ph.D.

Oscar Eduardo Checa Coral. I.A. Ph.D.

Néstor Angulo. I.A. M.Sc.

Antonio Bolaños. I.A. M.Sc.

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

Dedicado a:

A mis padres

A mi hijo

A mi esposa

A mis hermanos

A mis sobrinos

A mis demás familiares

A mis amigos (as)

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	15
1. TITULO	17
2. MARCO TEORICO	18
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO	18
2.1.1 Situación del Maíz en Colombia	20
2.1.2 Situación del Maíz en el departamento de Nariño.	21
2.1.3 Manejo y problemática del cultivo	24
2.2. METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	25
2.3. OBTENCIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ CON ALTA ESTABILIDAD INTER-AMBIENTAL.....	27
3. MATERIALES Y METODOS	30
3.1 LOCALIZACIÓN.....	30
3.2 MATERIAL VEGETAL.....	31
3.3 MANEJO AGRONÓMICO	33
3.3.1 Preparación del terreno y siembra de los genotipos.....	33
3.3.2 Fertilización y manejo sanitario	33
3.4 DISEÑO Y ÁREA EXPERIMENTAL.....	34
3.5 VARIABLES A EVALUAR	34
3.5.1 Días a floración masculina (DFM):	35
3.5.2 Días a floración femenina (DFF).....	35
3.5.3 Días a cosecha (DAC):	35
3.5.4 Índice de prolificidad (IP):.....	35
3.5.5 Relación grano mazorca (GM):	35
3.5.6 Peso de cien semillas (P100):.....	35
3.5.7 Altura de la planta (AP)	35
3.5.8 Altura de la mazorca (AMZ):	36
3.5.9 Longitud de mazorca (LM)	36

3.5.10	Diámetro de la mazorca (DM):	36
3.5.11	Número hileras por mazorca (NHM):.....	36
3.5.12	Rendimiento (RTO):.....	36
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	37
3.7	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	37
4.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
4.1	ANÁLISIS DE VARIANZA.	41
4.1.1	Días a floración masculina (DFM).	42
4.1.2	Días a floración femenina (DFF).	44
4.1.3	Relación grano mazorca (GM).	45
4.1.4	Altura de planta (AP).	46
4.1.5	Altura de la mazorca (AMZ).	47
4.1.6	Longitud de la mazorca (LM).	48
4.1.7	Diámetro de la mazorca (DM).	48
4.1.8	Numero de hileras por mazorca (NHM).	49
4.2	ANÁLISIS INDIVIDUAL POR LOCALIDAD.	50
4.2.1	Días a cosecha (DAC).....	52
4.2.2	Índice de prolificidad (IP):.....	55
4.2.3	Peso de cien semillas (P100).	57
4.2.4	Rendimiento (RTO).	59
4.3	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	62
4.3.1	Análisis de estabilidad AMMI para la variable rendimiento.	62
4.3.2	Análisis de estabilidad Eberhart y Russell para la variable rendimiento .	65
4.3.3	Análisis de estabilidad de Shukla para la variable rendimiento	68
5.	CONCLUSIONES	73
6.	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFIA.....	76

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1,	ANDEVA general para las variables DFM, DFF, DAC, IP, GM, P100, AP, AMZ, LM, DM, NHM y RTO, de ocho genotipos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) en cuatro localidades de la zona andina de Nariño. .	42
Tabla 2.	Prueba de comparación de promedios de Tukey para las variables días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AMZ), longitud de mazorca, diámetro de mazorca (DM) y numero de hileras por mazorca (NMH) en cuatro localidades de la zona andina de Nariño.....	43
Tabla 3.	Prueba de comparación de promedios de Tukey para las variables días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), relación grano mazorca (GM) y altura de planta (AP) en ocho genotipos de maíz amarillo.	44
Tabla 4.	Cuadrados medios por localidad para las variables DAC, IP, P100 y RTO para ocho genotipos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) evaluados en cuatro localidades de Nariño.....	51
Tabla 5.	Comparación de promedios (Tukey al 0,05) para la variable días a cosecha (DAC) de ocho genotipos maíz (<i>Zea mays</i> L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.	52
Tabla 6.	Comparación de promedios (Tukey al 0,05) para la variable número de mazorcas por planta (MPP) de ocho genotipos maíz (<i>Zea mays</i> L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.	56
Tabla 7.	Comparación de promedios (Tukey al 0,05) para la variable peso de 100 granos en gramos (P100) de ocho genotipos maíz (<i>Zea mays</i> L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.	58

Tabla 8.	Comparación de promedios (Tukey al 0,05) para la variable rendimiento (RTO) t/ha ⁻¹ de ocho genotipos maíz (<i>Zea mays</i> L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua. ...	61
Tabla 9.	Porcentaje de variación explicada y variación acumulada de los componentes principales para la variable rendimiento (RTO) de ocho genotipos de maíz en cuatro localidades de la zona andina de Nariño.	63
Tabla 10.	Resultados de los puntajes para la gráfica del biplot para rendimiento (RTO) de ocho genotipos maíz (<i>Zea mays</i> L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.	65
Tabla 11.	Parámetros de estabilidad para la variable rendimiento Kg.ha ⁻¹ de ocho genotipos maíz (<i>Zea mays</i> L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.....	67
Tabla 12.	Análisis de varianza y varianzas de estabilidad de Shukla de ocho poblaciones de maíz amarillo evaluados a través de cuatro localidades de la zona andina de Nariño.....	69

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Biplot para el rendimiento de los genotipos POBLACION 19, TL2007A 180725X26, TL2007A 1807 23X24, INIAP 180 9M S1, DK 10-40, TL2007A 1807 11X12, ICA V.305 Y PUNTILLA 2M S1 a través de 4 ambientes de la zona andina de Nariño.....	63
Figura 2. Estabilidad fenotípica de los genotipos POBLACION 19, TL2007A 1807 25X26, TL2007A 1807 23X24, INIAP 180 9M S1, DK 10-40, TL2007A 1807 11X12, ICA V.305 Y PUNTILLA 2M S1 a través de 4 ambientes de la zona andina de Nariño.	68

RESUMEN

El trabajo se realizó en las localidades de Buesaco, Tangua, San Bernardo y Matituy del departamento de Nariño, con el propósito de evaluar el comportamiento agronómico de ocho poblaciones de maíz amarillo pertenecientes a la colección de trabajo de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, a través del estudio y comparación de tres métodos estadísticos para determinar la adaptabilidad y estabilidad: modelo AMMI, Eberhart y Rusell y Shukla. En el análisis combinado se pudo observar que las variables días a cosecha (DAC), mazorcas por planta (MPP), peso de 100 semillas (P100) y rendimiento (RTO) evidenciaron diferencias estadísticas para la interacción genotipo por ambiente. Matituy se comportó como la localidad más precoz en donde el periodo de días a cosecha fue de 190,78 DAC, Buesaco por su parte mostro un índice de prolificidad de 1,36 MPP diferenciándose estadísticamente con la demás localidades, además de presentar diferencias estadísticas con respecto a las variables P100 y RTO.

En el análisis de adaptabilidad y estabilidad se destacaron para el caso del modelo AMMI los genotipos PUNTILLA 2M S1, ICA V.305, TL2007 A 1807 23X24 y POBLACION 19, con una adaptabilidad específica hacia Matituy para POBLACION 19 y hacia Tangua para los tres genotipos restantes. En el análisis Eberhart y Rusell se destacaron los tratamientos POBLACION 19 y TL2007A 1807 11X12 como adaptables y no predecibles. INIAP 180 9MS1, PUNTILLA 2M S1, TL2007A 1807 23X24 y DK 10-40 como no adaptables y no predecibles y TL2007A 1807 25X26 como no adaptable predecible destacando a la POBLACION 19 como la de mejor comportamiento. En el análisis de varianza de Shukla se evidenciaron los tratamientos INIAP 180 9MS1, ICA V.305, TL2007A 1807 23x24, POBLACION 19, DK 10-40 y TL2007A 1807 25X26 como los genotipos más estables a través de los ambientes en evaluación. Concluyendo con los resultados obtenidos y los modelos aplicados que se obtuvieron

respuestas diferenciales en la identificación de genotipos adaptables y estables, sin embargo la aplicación de cualquiera de ellos es válida si se tienen en cuenta los objetivos de la investigación basados en los diferentes conceptos de estabilidad.

Palabras clave. Genotipo, Ambiente, Rendimiento, Variedades de Maíz.

ABSTRACT

The study was developed in the localities of Buesaco, Tangua, San Bernardo and Matituy of Nariño department, with the aim of evaluating the agronomic behavior of eight populations of yellow corn from the collection of work of the Faculty of Agricultural Sciences of University of Nariño. In that research was done the study and comparison of three statistical methods for determining the adaptability and stability: AMMI model, Eberhart and Russell and Shukla. The combined analysis indicated statistical differences in Genotype – Environment interaction for the variables days to harvest (DTH), corn cob per plant (CPP), weight of 100 seeds (W100) and yield (YLD). Matituy was the earliest locality because the period of days to harvest was 190.78 DTH. Meanwhile Buesaco showed a prolificacy rate of 1.36 CPP, that result was statistically different with the other localities, besides there were statistics differences between this variable and the variables W100 and YLD.

In the adaptability and stability analysis with the AMMI model, the prominent genotypes were PUNTILLA 2M S1, ICA V.305, TL2007A 1807 23X24 y POBLACION 19 with a specific adaptability toward Matituy for the genotype POBLACION 19 and toward Tangua for the others tree genotypes. In Eberhart and Russell analysis, the prominent treatments were POBLACION 19 y TL2007A 1807 11X12 was adaptable and unpredictable. INIAP 180 9MS1, PUNTILLA 2M S1, TL2007A 1807 23X24, DK 10-40, were are not adaptable and not predictable and TL2007A 1807 25X26 was adaptable and unpredictable highlighting POBLACION 19 as the best performance. Concluding with the results and the models applied were gotten different responses in the identification of adapted and stable genotypes, however the application of whichever model is right, if the objectives of the research project are taken into account with the different concepts of stability.

Key words: Genotype, Environment, Yield, Maize Varieties.

INTRODUCCION

En Colombia el sistema productivo de maíz se caracteriza por ser en su gran mayoría desarrollado de manera tradicional es decir, con baja utilización de insumos y empleo de semillas regionales o no certificadas principalmente. En el departamento de Nariño el rendimiento promedio se encuentra alrededor de 1,4 t.ha⁻¹, siendo similar al promedio nacional para este sistema que según Agronet, 2010 es de 1,6 t.ha⁻¹, destinando gran parte de esta producción al autoconsumo para el caso de maíz blanco y alimentación animal en maíz amarillo.

El maíz es un cultivo reconocido por su adaptación en un rango amplio de ambientes y ecosistemas, mostrando entonces diferenciales en la interacción genotipo por ambiente (IGA), o sea, una misma variedad difícilmente se comporta de forma semejante en todas las localidades; posiblemente debido a los ambientes contrastantes en relación a clima, suelo y fertilidad en donde el maíz es cultivado. Esta situación supone la importancia de la evaluación de diferentes genotipos a través de diferentes localidades del departamento de Nariño en donde las zonas productoras se encuentran localizadas en su mayoría en la zona andina con alturas superiores a los 1600 msnm y en donde tradicionalmente se han empleado variedades regionales y comerciales registradas para ser empleadas por debajo de este rango altitudinal.

En el análisis e identificación de variedades vegetales estables a través de diferentes localidades se han empleado entre otros métodos paramétricos univariados como los de Finlay & Wilknsn (1963), Eberhart & Russell (1966) y Shukla (1972), estos métodos requieren pocos cálculos y sus parámetros son fáciles de interpretar biológicamente, pero tienen poca utilidad cuando la respuesta de los genotipos a los ambientes no es lineal. Además tienen el inconveniente de que la clasificación sólo se aplica a los genotipos y a los ambientes evaluados (Crossa, 1990).

La identificación de variedades sobresalientes también puede efectuarse desde una perspectiva multivariada con las técnicas de componentes principales, el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI) y el análisis de conglomerados, entre otros. El modelo AMMI relaciona los efectos de los ambientes y de genotipos (efectos principales aditivos) con un análisis de varianza y la interacción genotipo-ambiente, además es muy útil por cuanto permite interpretar gráficamente la respuesta de los genotipos a los ambientes y su interacción, es eficiente aun con un numero pequeños de repeticiones permitiendo reducir los costos o incluir un mayor número de variedades en el ensayo (Zobel *et al.*, 1988; Crossa, 1990).

Por lo anterior el propósito general de esta investigación fue evaluar poblaciones de maíz amarillo de la colección de trabajo de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño a través del estudio de su comportamiento agronómico y comparación de su adaptabilidad y estabilidad, empleando diferentes modelos estadísticos: Eberhart & Russell, Shukla, y el modelo AMMI en cuatro localidades de la zona andina del departamento de Nariño.

1. TITULO

“COMPARACION DE TRES METODOS DE EVALUACION DE ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD AMMI, EBERHART & RUSSELL Y SHUKLA EN OCHO POBLACIONES DE MAIZ AMARILLO (*Zea mays* L.) EN CUATRO LOCALIDADES DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.”

2. MARCO TEORICO

2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

De acuerdo con estadísticas de la FAO la producción mundial de maíz en el año 2010 fue de 844.405.181 toneladas, siendo Estados Unidos el primer productor acumulando el 37,44% de la producción mundial. Otros productores importantes son: China (21,02%), Brasil (6,63%), México (2,75%), Argentina (2,68%) e Indonesia (2,17%). En conjunto, la Unión Europea representa un 6,84% de la producción mundial. Ninguno de los países que conforma la Unión Europea alcanza un 2% de la producción mundial de forma individual. (FAO, 2010).

El maíz *Zea mays L.*, se ha extendido y adaptado desde su lugar de origen (mezo-América) hasta las zonas templadas en latitudes fuera de los 34° Latitud Norte y Sur, actualmente es más de áreas templadas que tropicales ya que en ella se registran las producciones y rendimientos más altos. Además, se mencionan algunos factores negativos presentes en el trópico aparte de plagas, enfermedades y malezas que disminuyen el rendimiento. Estos son: menor cantidad de luz por ser los días más cortos, menor intensidad de luz por desarrollarse el cultivo en épocas de lluvia cuando el cielo está frecuentemente nublado, variaciones climáticas extremas con altas temperaturas en la noche, variaciones hídricas extremas con épocas de lluvia intensa y épocas de escasez de lluvia y suelos poco fértiles (Malaguti, 1994).

Este cultivar es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen. Pertenece a la familia de las Poáceas (Gramineas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum* conocidas como arrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays* y son clasificadas como del Nuevo Mundo porque su centro de origen está en América (Ortega y Ortega, 2009).

El maíz es una planta que forma un tallo erguido y macizo. Una peculiaridad que diferencia a esta planta de casi todas las demás gramíneas, es que el tallo es hueco. La altura es muy variable, y oscila entre 60 cm (en ciertas variedades enanas) y 6 m. La media es de 2,4 m, presenta hojas alternas largas y estrechas. El tallo principal termina en una inflorescencia masculina en forma de panícula conformada por numerosas flores pequeñas llamadas espículas, cada una con tres anteras pequeñas que producen los granos de polen o gametos masculinos (Araya, 1996).

El mismo autor afirma que la inflorescencia femenina es una estructura única llamada mazorca que agrupa hasta un millar de semillas dispuestas sobre un núcleo duro. La mazorca crece envuelta en unas hojas modificadas o brácteas, las fibras sedosas o pelos que brotan de la parte superior de la panocha o mazorca son los estilos prolongados unidos cada uno de ellos a un ovario individual. El polen de la panícula masculina, arrastrado por el viento (polinización anemófila), cae sobre estos estilos donde germina y avanza hasta llegar al ovario; cada ovario fecundado crece hasta transformarse en un grano de maíz.

El maíz tiene usos múltiples y variados. Es el único cereal que puede ser usado como alimento en distintas etapas del desarrollo de la planta. Las espigas jóvenes del maíz cosechado antes de la floración de la planta pueden ser usadas como hortalizas. Las mazorcas tiernas son un manjar refinado que se consume de muchas formas. Las mazorcas verdes de maíz común también son usadas en gran escala, consumidas en el estado de masa suave en numerosos países. La planta de maíz que esta aun verde cuando se cosecha proporciona un buen forraje. Este aspecto es importante ya que la presión de las limitaciones de las tierras aumenta y son necesarios modelos de producción que produzcan más alimentos para una población que crece continuamente (Araya, 1996).

2.1.1 Situación del Maíz en Colombia. La producción de maíz en forma tradicional en Colombia para el año 2010 fue de 554.338 toneladas con un rendimiento de 1,5 t. ha⁻¹. Donde los principales departamentos productores son Bolívar, Córdoba, Antioquia y Cundinamarca Para el caso del maíz cultivado de forma tecnificada se obtuvo una producción de 517.089 toneladas con un rendimiento de 3.9 t.ha⁻¹. Donde los principales departamentos productores son Córdoba, Valle del Cauca, Cesar y Tolima. (Agronet, 2010).

Según el DANE (2004), el maíz es un cultivo caracterizado por su gran dispersión, puesto que se realiza en todos los departamentos del país en forma tradicional y en más de diez de manera tecnificada, lo anterior aunado a la diferencia de tecnología aplicada en las distintas regiones, hacen especialmente difícil su caracterización y la determinación de sus áreas y su producción.

Con respecto a la producción de semilla, desafortunadamente el tamaño del mercado de semillas en Colombia es relativamente pequeño y por ello no existe interés de las casas comerciales en invertir agresivamente en el desarrollo de nuevos materiales especialmente variedades, conformándose con introducir materiales desarrollados en otras regiones para probarlos y de presentar buen comportamiento, lanzarlos al mercado nacional. Por ello, se requiere incrementar la inversión pública y de los fondos parafiscales para que entidades como CORPOICA, con la cooperación del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT, INIAP en Ecuador, empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria - EMBRAPA - y otras entidades de investigación, introduzcan nuevos materiales y aceleren la investigación, con técnicas modernas que reducen el tiempo y los costos. (DANE, 2006).

Los híbridos empleados en Colombia son importados y producidos por casas comerciales internacionales como Monsanto, Dupont y Syngenta principalmente, mientras instituciones como FENALCE y Semillas Valle entre otras, han

desarrollado a través de los últimos años híbridos comerciales para regiones de clima cálido que resultan ser competitivas a nivel comercial en cuanto a producción de la especie se refiere.

El CIMMYT en Colombia, inició el programa de mejoramiento genético de maíz con tolerancia a suelos ácidos a mediados de la década del 70 y para ello fue necesario evaluar el germoplasma disponible (poblaciones y progenies en proceso de selección), materiales de México, Colombia, Perú, Bolivia y Tailandia. Luego de un proceso de recombinación y selección moderada en los materiales identificados como deseables para iniciar el programa de mejoramiento, se generó la población SA3 (maíz amarillo tolerante a suelos ácidos). Con los granos blancos segregantes de la población SA3 se formó posteriormente la población SA8. Los objetivos en este momento eran la generación de variedades de libre polinización tanto amarillas como blancas que podían ser obtenidas a partir de estas dos poblaciones (Bernal *et al.*, 2001).

A mediados de la década de los 80 fue necesario incluir la generación de híbridos como objetivos del programa, en consecuencia fue necesario formar poblaciones heteróticas, de tal manera que en la década de los noventa se disponía de tres poblaciones amarillas (SA3, SA4 y SA5) y dos blancas (SA6 y SA7), constituidas como base de los programas de mejoramiento en el país (Pandey *et al.*, 1995; Narro *et al.*, 1997).

2.1.2 Situación del Maíz en el departamento de Nariño. En Nariño el cultivo del maíz forma parte esencial de la dieta alimenticia de los agricultores y es un alimento básico para los animales; además de la importancia para la generación de empleo rural y la ocupación del área agrícola. (Ordoñez, 2006).

Para el año 2010, el departamento de Nariño contaba con 15.103 hectáreas de maíz sembradas de forma tradicional, con una producción de 21.065 toneladas y

un rendimiento de 1,4 t ha⁻¹ promedio. En maíz tecnificado, 763 hectáreas sembradas producción y rendimiento de 2.602 toneladas y 3,4 t ha⁻¹ respectivamente. (Agronet, 2010).

El rendimiento de maíz en el departamento es considerado bajo, debido principalmente al escaso potencial productivo de las variedades regionales y el desconocimiento de normas técnicas de manejo del cultivo de maíz como cultivo comercial, principalmente en lo concerniente al uso de semilla de calidad, fertilización adecuada y manejo de problemas fitosanitarios, ocasionando pobres rendimientos y escasos márgenes de comercialización para los agricultores haciendo del maíz un cultivo de subsistencia (Criollo *et al.*, 2000). A ello se suma, la poca importancia que los agricultores le dan al cultivo, limitándose a una deshierba y un aporque (Sañudo y Arteaga, 1996), siendo la causa principal, la escasa investigación y transferencia de tecnología, que no han sido suficientes para la mejora en los rendimientos.

En el departamento de Nariño aunque son pocos los trabajos realizados en evaluación de materiales de maíz, se destaca el trabajo realizado por Sañudo *et al.* (2000), quienes evaluaron el rendimiento de materiales Morocho Blanco Mediano y Morocho Amarillo en 14 ambientes de la zona cerealista del departamento de Nariño, donde los genotipos introducidos superaron a los cultivares regionales y presentaron un mejor comportamiento en ambientes favorables. Por su parte Criollo *et al.* (2000), evaluaron 17 híbridos de maíz de altura provenientes del CIMMYT (México), bajo las condiciones del centro de investigación de CORPOICA - OBONUCO (Pasto), los híbridos evaluados no mostraron un buen comportamiento; sin embargo, fueron los más precoces respecto a los materiales regionales. Los materiales de mayor rendimiento se destacaron por ser más tardíos y por presentar una mayor prolificidad.

La Facultad de Ciencias Agrícolas inició el programa de mejoramiento en maíz, con la selección de plantas precoces, en cultivos comerciales de los municipios de

Pasto, Guaitarilla, Ospina y Pupiales, estableciendo cuatro grupos generales de grano cristalino blanco, grano cristalino amarillo, grano harinoso blanco y grano harinoso amarillo los cuales se sembraron en lotes separados y se sometieron a libre polinización, realizando en cada lote una selección masal de plantas precoces y prolíficas (más de dos mazorcas por planta), con el fin de establecer nuevos ciclos de selección, posteriormente se intercalaron estos grupos con un material de origen japonés, de grano amarillo rugoso, porte enano, prolifero y muy precoz, sincronizando las etapas de espigamiento y formación de mazorca para dirigir la polinización desde las mejores plantas seleccionadas hacia el padre japonés. Con el grano obtenido de este progenitor, se realizó una primera siembra, para hacer una selección masal de las mejores plantas y de ellas obteniendo únicamente los granos llenos. A partir de este momento y se realizaron selecciones masales por precocidad, procurando uniformidad en el fenotipo de las plantas.

También se destaca el trabajo de Muriel y Méndez (2002) realizado en el municipio de Túquerres quienes obtuvieron para una línea de maíz morocho blanco mediano un ciclo de 248 días desde la siembra hasta la cosecha, prolificidad de 2,26 mazorcas por planta y rendimiento de 2620 kg/ha.

Para el año de 2007 el Grupo en Producción de Frutales Andinos de la facultad de Ciencias Agrícolas introdujo algunas poblaciones de maíz amarillo proveniente del Centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) e INIAP en el Ecuador con el fin de ser evaluadas y comparadas con variedades mejoradas de la zona y materiales regionales también empleados por los productores, al respecto Ortega y Ortega (2009) evaluaron en los municipios de Sandoná, Nariño y La Unión, los genotipos L4/06B, L5/06B, L6/06B, L7/06B, L8/06B, la variedad mejorada ICA V-305 y la POBLACION I9 (BA96 21 18-A# Pool 19BCI), obteniendo como material sobresaliente a la Población 19, cuyos rendimientos promedios fueron altos y constantes en todas las localidades presentando valores de

2006,53 Kg-ha⁻¹ en Sandoná, 1936,40 Kg-ha⁻¹ en Nariño y 1886,79 Kg-ha⁻¹ en La Unión, sobrepasando la media nacional de cultivo tradicional (1,56 ton -ha⁻¹) y lo reportado por Lagos *et al.*(2000), quien evaluó este genotipo bajo condiciones del municipio de Pasto obteniendo un rendimiento de 494 Kg-ha⁻¹, descartando este material para altitudes superiores a los 2500 msnm.

2.1.3 Manejo y problemática del cultivo. El maíz es susceptible a varias enfermedades que en alguna forma afectan el normal desarrollo de las plantas, las principales enfermedades que afectan el cultivo del maíz en Colombia son de origen fungoso, se encuentran diseminadas en todo el país y su aparición está sujeta a las condiciones ambientales que favorezcan la infección y multiplicación del patógeno, así como la fuente de inóculo y la susceptibilidad de los genotipos. (Varon y Sarria, 2007).

Dentro de las más importantes se encuentran: El Complejo Mancha de Asfalto donde se involucran tres microorganismos fungosos *Phyllachora maydis* M. *Monographella maydis* M&S. y *Coniothyrium phyllachorae* M., el cual es un hiperparásito de los dos anteriores; El Complejo Mancha Gris causada por el complejo *Cercospora zea maydis* T& E, y *Cercospora sorghivar maydis* E &E.; Manchas Foliares causadas por *Helminthosporium*; *Phaeosphaeria maydis* (P,Henn), (Varon y Sarria, 2007). Las enfermedades pueden causar daños y pérdidas en cualquier cultivo. Según Casa *et al.* (2004), los daños asociados a las enfermedades foliares son consecuencia del mal funcionamiento y destrucción de los tejidos fotosintéticos debido al aumento del número de lesiones, que pueden determinar la necrosis de toda la hoja. La necrosis y muerte prematura de las hojas limita la intersección de la radiación solar y la translocación de fotoasimilados al desarrollo del grano.

Por otra parte, dentro de las plagas más importantes que afectan el cultivo están: Afidos o pulgones (*Rhopalosiphum maidis*, *Myzus persicae*), Salta hojas (*Dalbulus*

maidis), Delfacido del maíz (*Peregrinus maidis*), Orugas cortadoras (Lepidoptera: Noctuidae), Barrenador menor del maíz (*Elasmopalpus lignosellus*), Chinche de los cuernitos (*Dichelops furcatus*) y el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Varon y Sarria, 2007).

2.2. METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

El análisis de varianza y regresión conjunta, es una metodología empleada ampliamente para explicar la interacción G x A (Finlay y Wilkinson, 1963; Eberhart y Russell, 1966; Perkins y Jinks, 1968). Técnicas multivariadas también han sido usadas para estudiar los efectos de la interacción G x A; por ejemplo el análisis de componentes principales (PCA), análisis de coordenadas principales, y análisis de clúster (Crossa, 1990; Westcott, 1986). El desarrollo del modelo AMMI (Efectos principales aditivos e interacción multiplicativa), que integra análisis de varianza y de componentes principales (Zobel *et al.*, 1988), ha mostrado su eficiencia para explicar una proporción de la suma de cuadrados de la interacción, superior a la obtenida con el análisis de varianza y regresión conjunta (Gauch y Zobel, 1988; Zobel *et al.* 1988; Crossa, 1988; Crossa, 1990; Crossa *et al.* 1990 y Crossa *et al.* 1991).

Varianza de estabilidad de Shukla (1972), Se basa en la descomposición de la interacción genotipo x ambiente en g genotipos llamada varianza de estabilidad (σ_i^2). Es igual a la varianza ambiental dentro de cada ambiente (σ_o^2) más la varianza ambiental para cada genotipo, corregida por efectos aditivos de los ambientes, Si $\sigma_i^2 = \sigma_o^2$, implica que si $\sigma_o^2 = 0$; entonces el genotipo será estable.

Parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966). En este caso se incluye al coeficiente de regresión β_i , calculado con base en el efecto ambiental (índice ambiental), considerado fijo, y a la varianza de las desviaciones de regresión por genotipo $\sigma^2 \cdot \beta_i$ representa la respuesta de un genotipo al mejorar la condición

ambiental, en tanto que el segundo ofrece una medida de variabilidad, interpretada como falta de estabilidad. Un genotipo es considerado estable si su coeficiente de regresión es igual a 1 y las desviaciones de regresión son iguales a cero. Éste análisis provee pruebas de hipótesis para determinar las dos condiciones de estabilidad teniendo en cuenta las medias de los genotipos.

El análisis AMMI (additive main effects and multiplicative interaction method), explica principalmente los efectos principales de genotipos y ambientes mediante un análisis de varianza convencional y posteriormente describe la parte no aditiva correspondiente a la interacción genotipo x ambiente por medio de un análisis multivariado de componentes principales (Crossa, 1990), es posible generar una gráfica junto con el rendimiento de grano (*biplot*) y representar las similitudes de genotipos o de ambientes.

Los resultados de análisis son presentados gráficamente en un *biplot*. Para los casos en que el modelo engloba apenas el primer eje de análisis de componentes principales de interacción ACPI (CPI1), constituyendo el *biplot* AMMI1, que utiliza el eje de las abscisas para representar los efectos principales (genotipo y ambiente) y las ordenadas para expresar los scores de genotipos y ambientes referentes a los CPI1.

En este sentido, Abbott y Pistorale (2011), evaluaron trece genotipos de Cebadilla criolla (*Bromusca tharticus*) durante 3 años, en evaluaciones individuales analizaron el número de panojas, el número de semillas y el peso de 1000 semillas. La interacción genotipo x ambiente fue estadísticamente significativa e indica un comportamiento diferencial de los genotipos evaluados a través de los años, Una vez comprobada la interacción, aplicaron tres metodologías para evaluar la estabilidad y adaptabilidad de los genotipos: la ecovalencia de Wricke, el índice de Lin & Binns y el modelo de Eberhart & Russell. Estas dos últimas

metodologías coinciden en identificar como estables y adaptables a los mismos genotipos para los caracteres estudiados

Al respecto, Gonzales *et al.* (2007) realizaron un comparativo de tres métodos para comparar adaptabilidad de variedades de algodón en diferentes ambientes encontrando diferencias entre una metodología y otra, recomendando la metodología AMMI por tener más componentes en estudio.

2.3. OBTENCIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ CON ALTA ESTABILIDAD INTER-AMBIENTAL.

Existen varios modelos estadísticos propuestos que permiten interpretar la interacción GxA, estos estudios ofrecen información sobre el comportamiento de cada genotipo ante los cambios ambientales. Crossa *et al.* (1990) señalan que los análisis de regresión lineal presentan algunas limitaciones como fallas en la linealidad que dificultan explorar ventajosamente la interacción GxA. En este sentido, el modelo AMMI es uno de los modelos más empleados, considerándose que los efectos de los genotipos y los ambientes son aditivos y lineales, permitiendo el estudio por procedimientos de análisis de varianza convencional; mientras que la interacción GxA tiene efectos multiplicativos que pueden ser explicados a través del análisis de componentes principales (Acevedo *et al.*, 2010).

En siete áreas maiceras de Venezuela, se llevó a cabo una prueba para evaluar la estabilidad del rendimiento de siete variedades experimentales de maíz *Zea mays* L; provenientes de un programa de selección recurrente de familias de medios hermanos, junto a dos híbridos y tres variedades comerciales como testigos, durante el período de lluvias de 1993, evaluando el rendimiento en grano (kg parcela⁻¹) ajustado al 12% de humedad, posteriormente transformado a t ha⁻¹. Para el rendimiento se realizó un análisis de la varianza combinado a través de localidades detectándose diferencias altamente significativas para los efectos de:

Localidad, genotipo y la interacción genotipo por localidad y otro de estabilidad según el modelo AMMI (Additive main effects and multiplicative interactions, traducido como efectos aditivos principales e interacciones multiplicativas). La interacción genotipo por localidad evidenció un comportamiento diferencial entre las variedades y los híbridos. Los híbridos por el contrario, se mostraron menos estables en las condiciones ambientales seleccionadas en el año de evaluación por lo que se comprobó que el modelo AMMI es muy eficaz para valorar estabilidad inter-ambiental de variedades en el cultivo de maíz (Medina *et al.*, 2002).

En un estudio sobre comparación de métodos de estabilidad fenotípica, llevado a cabo en Medellín Colombia, se evaluó el rendimiento de maíz utilizando el método de regresión propuesto por Eberhart y Russell y el de componentes de varianza propuesto por Shukla, encontrando que el mejor modelo para predecir el rendimiento futuro de un genotipo en un determinado ambiente es el método de Eberhart y Russell, (Rueda y Cotes, 2009).

Gordon *et al.* 2010, evaluaron la adaptabilidad y estabilidad de 20 variedades de maíz en Panamá, encontrando en el análisis de varianza combinado diferencias estadísticas significativas entre maíces normales y QPM para rendimiento y otras variables de importancia económica y genética. Por otro lado, se encontró que la interacción genotipo por ambiente fue significativa para el rendimiento de grano indicando una respuesta diferencial de los genotipos. El análisis combinado de las medias de rendimiento mostró que entre los materiales sintéticos normales se destacaron el SA-N6-07, SA-N8-07 y SA-N7-07 con promedios superiores a las 4,0 t/ha, mientras que en los QPM sobresalieron el SA-Q14-07 y SA-Q12-07 con rendimientos de 3,98 y 3,63 t/ha. Todos estos superaron tanto al testigo de grano normal.

Independientemente de la metodología empleada para estimar la interacción G x A, se debe tener en cuenta el concepto de estabilidad al cual se refiere, Becker

(1981), Lin *et al.* (1986). Becker y León (1988), definen conceptos de estabilidad fenotípica que se complementan del punto de vista estadístico, biológico y agronómico, distinguiendo dos tipos de estabilidad genotípica. Por una parte la estabilidad biológica con un sentido homeostático, mediante el cual un genotipo mantiene un rendimiento constante en diferentes ambientes. Este tipo de estabilidad no es deseable en la agricultura moderna, donde los genotipos deberían responder a las condiciones del medio mejoradas. El concepto de estabilidad agronómica el cual implica que un genotipo es considerado estable si rinde relativamente bien respecto al potencial de los ambientes evaluados, mostrando una baja interacción en términos de ecovalencia.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se realizó en la Región Natural Andina del departamento de Nariño, en cuatro localidades de clima frío-moderado ubicadas en el mismo número de municipios productores, la localización y altitud de cada localidad se tomó directamente en cada sitio de siembra con la ayuda de un GPS marca Garmin y se describe a continuación:

- Municipio de Buesaco, corregimiento de Villa Moreno: 1°19'50.40" LN 77°11'30.84"LO. Altitud: 2060m.s.n.m., de acuerdo al IGAC (2004) la zona se caracteriza por presentar áreas de clima frío a frío moderado, con temperaturas que oscilan entre 12 y 18°C con precipitaciones de 1000 a 4000 mm anuales, en la zona predominan suelos formados de tobas de cenizas profundos con alta densidad aparente y muy baja porosidad, de grupo textural franco grueso sobre arcilloso fino, son suelos moderadamente ácidos, de mediana capacidad de intercambio catiónico, profundos, altos contenidos de carbono orgánico, mediana saturación de bases, bajos contenidos de fósforo y fertilidad moderada.
- Municipio de Tangua, Vereda Inanatas bajo: 1° 8'10.08" LN 77°26'3.41" LO. Altitud: 2000 m.s.n.m., de acuerdo al IGAC (2004) en la zona predominan suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas, son muy profundos a moderadamente profundos, limitados por fragmentos de roca, bien drenados a moderadamente drenados y de fertilidad alta a moderada. Químicamente son suelos de reacción fuerte a moderadamente ácida, de alta capacidad catiónica de cambio, alta saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, medianos a altos contenidos de calcio, magnesio, sodio y potasio, bajos en fósforo y de fertilidad alta.

- Municipio de La Florida, corregimiento de Matituy: 1° 24'12.98" LN 1° 24'12.98" LN, 77°20'14.50"LO 77°20'14.50"LO. Altitud: 1930m.s.n.m., áreas en clima medio húmedo, con temperaturas entre 18 y 22°C y precipitaciones de 1000 a 2000mm anuales, con suelos formados a partir de cenizas volcánicas que se caracterizan por ser profundos, bien drenados y del grupo textural franco; químicamente son de reacción muy fuertemente acida en el primer horizonte y fuerte a moderadamente acida en profundidad, de alta capacidad catiónica de cambio, baja saturación de bases, altos contenidos de carbono orgánico, alta retención de fosfatos, bajos contenidos de calcio y fosforo, altos de magnesio y potasio y moderada fertilidad. (IGAC 2004)
- Municipio de San Bernardo, contiguo al Casco Urbano: 1° 34' 01" LN 77° 7' 06" LO. Altitud: 2100 m.s.n.m., áreas de clima cálido seco y muy seco, con temperaturas mayores de 24 °C y precipitaciones de 500 a 1500 mm anuales con suelos profundos y superficiales bien drenados, de grupo textural franco grueso y fertilidad alta a muy alta, suelos de reacción neutra y ligera a fuertemente alcalina en profundidad, de media a baja capacidad de catiónica de cambio, con saturación de bases, contenidos de calcio, magnesio y potasio, carbono orgánico y fosforo altos y fertilidad muy baja. (IGAC, 2004)

3.2 MATERIAL VEGETAL

Se emplearon ocho poblaciones de maíz amarillo pertenecientes a la colección de trabajo de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño entre las cuales se encuentran genotipos mejorados e introducidos, Estos genotipos a través de los últimos años han sido sometidos a un proceso de selección masal realizado en campos de polinización abierta, en el estudio además se incluyeron como testigos a la variedad comercial ICA V 305 y el híbrido comercial DK 10-40,

a continuación se mencionan la información referente al origen de los tratamientos empleados en este estudio.

- **Tratamiento 1 (INIAP 180 9M S1).** Introducido de desde el Ecuador, con la siguiente genealogía, (I-07) M100- 2000BM100 – 2001BM100 - 2002Ø50M - 2003 Ø25M – 2004M100(03 Ø)-2005M100(04M) – 2006B Ø25M – 2007BM100 (04 Ø)-2008(04M) – 2009BØ9M.
- **Tratamiento 2 (PUNTILLA 2M S1).** Selección realizada por la Universidad de Nariño, con una genealogía: 2007A100M-2007B50M Ø-2008B25M-2009 Ø9M.
- **Tratamiento 3 (ICA V.305).** Variedad comercial obtenida por el ICA y comercializada por FENALCE, con adaptación de 0 a 1800 msnm. periodo vegetativo de 100 a 110 días en choclo y 150 a 180 en seco y un rendimiento promedio de 10 t.ha-1, en choclo y 4 t.ha-1 en seco.
- **Tratamiento 4 (TL2007A 1807 23X24).** Introducido desde el CIMMYT- México en el año de 2007 con un pedigrí [(P88 C5 F6-6-1-2-1-2-1-B x S, MORADO TARDIO TL93A 5-B-1TL-1-1-1-B)-B-14TL-1-1 x CLM-461] x [(P88 C3 F31-1-1-1 x P88 C4 F58-9-5-1) BA92 31-1-7TL-1 x A,T,R,L,M, BA91 32-3-2-1]-3-1-3-2-B-B-B-B.
- **Tratamiento 5 (POBLACION 19).** Introducido desde el CIMMYT- México con la genealogía: BA96-2118-A#Pool9B-CI-99AM- 200B (100M)-2001B (100M Ø)-(2002B50M-2003) (100M01 Ø) -2004B50M-2005100M Ø-200650M-2007(2 Ø50M)-2008B50M-2009B25M.
- **Tratamiento 6. (DK 10-40).** Híbrido comercial de porte medio obtenido por Monsanto, de grano amarillo cristalino y un ciclo vegetativo de 121 días en promedio en alturas hasta 1200 msnm.

- **Tratamiento 7 (TL2007A 1807 11X12).** Introducción desde el CIMMYT año 2007.
- **Tratamiento 8 (TL2007A 1807 25X26).** Introducción desde el CIMMYT año 2007.

3.3 MANEJO AGRONÓMICO

3.3.1 Preparación del terreno y siembra de los genotipos. En todos los ambientes y en concordancia con los sistemas de producción empleados por los productores de cada zona, se realizó la aplicación de glifosato en dosis de 2 lt/ha, después de 10 días de realizada esta aplicación se procedió a la realización de surcos a manera de rayado del lote con la ayuda de un azadón. La siembra se realizó en la parte inferior de los surcos, en donde con la ayuda de un chuzo o chaquin se realizó un hoyo en el cual se depositaron dos semillas en cada sitio de siembra.

3.3.2 Fertilización y manejo sanitario. La fertilización por su parte se llevó a cabo de acuerdo a las prácticas realizadas por los Productores y consistió en la realización de dos abonamientos o aplicaciones, la primera con una formula 10-30-10 a los 20 días después de la siembra en dosis de 200 kg por hectárea y la segunda con 100 kg de urea 30 días después. Posteriormente a cada abonamiento se realizó una labor de deshierba y levantamiento de suelo sobre los surcos sembrados.

El manejo sanitario para plagas y enfermedades se realizó de manera preventiva, para el caso de trozadores de raíz que se pudiesen presentar se realizó una aplicación de clorpirifos al momento de la siembra y de cipermetrina en forma foliar 20 días después de la siembra y en prefloración para prevenir daños ocasionados por gusano cogollero. Se realizó además aplicaciones periódicas con clorotalonil y

carbendazim para el manejo de problemas fungosos como helminthosporium, la aplicación de estos insumos en cada caso se realizó de acuerdo a la dosis comercial y concentración de cada producto empleado.

3.4 DISEÑO Y ÁREA EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado fue de bloques completos al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos corresponden a las poblaciones experimentales Pob-19, TL2007A-1807-23X24, TL2007A-1807-11X12, TL2007A-1807-25X26, INIAP180-9MS1, Puntilla 2M-S1 y como testigos el híbrido comercial DK 10-40 y la variedad comercial ICA V-305.

La parcela experimental estuvo formada por seis surcos. Cada surco tuvo una longitud de 5 m. Se utilizó una densidad de siembra de 50,000 sitios por hectárea a una distancia de siembra entre surcos de 0,8 m y 0,25 m entre plantas de tal manera, que el área de la parcela experimental fue de 24 m², con el fin de eliminar el efecto de bordes se descartaron los surcos laterales y la primera y última planta de cada surco. El área de la parcela fue de 14,40 m², correspondiente a los cuatro surcos centrales, dejando 0,25 m en cada una de las cabeceras. El área del ensayo en cada localidad fue de 1090.2 m² (47,4m x 23m).

3.5 VARIABLES A EVALUAR

Las variables evaluadas se basaron en aquellas recomendadas por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, en la realización de pruebas de evaluación agronómica (ICA, 1999), buscando así una evaluación que logre determinar no solo el comportamiento agronómico de las poblaciones a través de las localidades sino también sus características de acuerdo al interés de los productores; la recolección de datos en campo se llevó a cabo a partir de variables relacionadas con el desarrollo y rendimiento.

3.5.1 Días a floración masculina (DFM): Se determinó el número de días desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas emitió la inflorescencia masculina (espigamiento).

3.5.2 Días a floración femenina (DFF): Se determinó el número de días transcurridos entre la siembra y la fecha en la cual el 50% de las plantas alcanzó su estado de inflorescencia femenina (emisión de estigmas).

3.5.3 Días a cosecha (DAC): Se determinó el número de días transcurridos entre la siembra y la fecha en la que el 50% alcanzó el estado de madurez de cosecha determinado cuando el porcentaje de humedad del grano alcanzo un 14%.

3.5.4 Índice de prolificidad (IP): Al momento de la cosecha se contaron todas las mazorcas obtenidas dentro de cada parcela útil. Este dato se dividió sobre el número de plantas de la misma parcela, obteniendo así el valor para esta variable.

3.5.5 Relación grano mazorca (GM): Una vez realizada la cosecha, se pesó el 10% de las mazorcas cosechadas, se desgranaron y se pesó nuevamente el grano producido para establecer la relación grano/mazorca.

3.5.6 Peso de cien semillas (P100): En cada parcela cosechada se tomaron cuatro muestras al azar de 100 granos, de estas se obtuvo su peso promedio expresado en gramos.

3.5.7 Altura de la planta (AP): Cuando las plantas alcanzaron la madurez de cosecha, se registró la altura de 20 plantas al azar dentro de cada parcela útil, considerando la longitud en centímetros desde la base de la planta hasta la inserción de la inflorescencia masculina.

3.5.8 Altura de la mazorca (AMZ): se obtuvo la distancia en centímetros, comprendida entre el suelo y la mazorca más alta formada en el momento de la cosecha.

3.5.9 Longitud de mazorca (LM) Tomada en centímetros del 10% de las mazorcas cosechada en cada parcela midiéndolas desde el extremo de inserción a la planta hasta su opuesto.

3.5.10 Diámetro de la mazorca (DM): Tomado en centímetros de la parte central de cada mazorca en el 10% del total cosechada en cada parcela.

3.5.11 Número hileras por mazorca (NHM): Se tomaron 20 mazorcas al azar del total cosechadas en cada parcela útil. De las cuales se obtuvo el promedio de hileras formadas por mazorca.

3.5.12 Rendimiento (RTO): El rendimiento se calculó con base en la cosecha de la parcela útil, Se determinó el contenido de humedad del grano al momento de la cosecha con un medidor de humedad marca MOTOMCO, para ajustar el rendimiento de maíz en $t.ha^{-1}$, se empleó la fórmula mencionada por Ortega y Ortega (2010). Correspondiente a:

$$RTO = ((RP \times 10000 \text{ m}^2) / AC \text{ m}^2) \times ((100 - HM)/86)$$

RTO = Rendimiento de maíz en kg/ha

RP= Rendimiento por parcela

AC= Área constante

HM= Humedad de la muestra

86 = Constante

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación del comportamiento agronómico, todas las variables se sometieron a un análisis de varianza combinado (ANDEVA), con el fin de determinar diferencias estadísticas entre tratamientos, localidades e interacción tratamientos por localidad. En aquellas variables que presentaron significancia en su interacción, se realizó un análisis de varianza para cada localidad y una prueba de comparación de promedios de Tukey al 5 % de probabilidad a través de los ambientes evaluados con el fin de analizar el comportamiento individual de cada tratamiento a través de cada localidad.

Para aquellas variables en las que no se presentaron diferencias estadísticas en la interacción localidad por tratamiento se analizaron los efectos simples, siempre y cuando estos mostraron significancia entre tratamientos o localidades.

3.7 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Para la variable rendimiento se aplicaron los modelos de evaluación de adaptabilidad y estabilidad AMMI, Eberhart & Russell y Shukla, con el fin de realizar un comparativo.

- **Modelo (AMMI):** Estudia en primer lugar los efectos aditivos principales de genotipos y ambientes por medio de un análisis de la varianza y describe la parte no-aditiva de la variación, esto es, la interacción genotipo-ambiente por medio de un análisis de componentes principales. El modelo es:

$$Y_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_n \lambda \gamma B_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge} + \epsilon_{ger}$$

Dónde:

Y_{ger} = rendimiento observado de genotipo g en el ambiente e y para la repetición r ,

Los parámetros aditivos son:

μ = gran media,

α_g = desviación del genotipo g de la gran media,

β_e = desviación del ambiente e ,

Los parámetros multiplicativos son:

λ_n = valor singular para el eje n del componente principal de interacción (CPI),

γ_{gn} = eigenvector del genotipo g para el eje n ,

δ_{en} = eigenvector del ambiente e el eje n .

- **Modelo de adaptabilidad y estabilidad Eberhart y Russel:** Está dado por la siguiente ecuación (Eberhart y Russel, 1966):

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i l_j + S_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, v; j = 1, 2, \dots, a)$$

Dónde:

Y_{ij} = media de la variedad i -ésima en el ambiente j -ésimo

μ_i = media de la variedad i -ésima sobre todos los ambientes

β_i = coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i -ésima variedad en diversos ambientes

l_j = índice ambiental obtenido como la media de todas las variedades a través de ambientes menos la media general

S_{ij} = desviación de la regresión de la i -ésima variedad en el j -ésimo ambiente

Los coeficientes pueden ser interpretados de la siguiente manera:

$\hat{\beta} > 1$, corresponde a un genotipo adaptable y responde a cambios en el ambiente, es recomendable para localidades de alto potencial,

$\hat{\beta} = 1$, es un genotipo que responde a cambios del ambiente aunque en menor magnitud, por lo tanto, es un genotipo estable que mantiene su productividad y capacidad de respuesta a cambios del ambiente.

$\hat{\beta} < 1$, son genotipos que no responden a cambios en ambientes de alto potencial y por lo tanto son recomendados para ambientes de bajo potencial o con algún tipo de estrés, (Vallejo *et al.*, 2005).

El análisis de los datos se realizó mediante la metodología propuesta para este modelo en el programa GENES (Cruz, 2006).

- **Modelo Shukla:** Estima la varianza del genotipo a través de los ambientes en que se evalúa, se basa en los residuos de la interacción genotipo-ambiente. Se calcula mediante la siguiente ecuación. (Shukla, 1972).

$$y_{ijk} = \mu + d_i + \epsilon_j + g_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

μ es la gran media,

d_i ($i=1, \dots, t$) la contribucion genetica aditiva del genotipo *iésimo*,

ϵ_j : ($j= 1, \dots, s$) la contribucion ambiental aditiva del ambiente *jésimo*,

g_{ij} : la interaccion genotipo por ambiente del genotipo *iésimo*, en el ambiente *jésimo*,

e_{ijk} ($k= 1, \dots, r$) es la variacion residual contribuido por la repeticion *késima* del genotipo *iésimo* en el ambiente *jésimo*.

Podriamos asumir que, δ^2 es la varianza del error dentro del ambiente para la media de r repeticiones, los efectos ambientales E_j s. son efectos aleatorios con una media poblacional cero y varianza δ^2_E , estimando δ^2_0 de la siguiente manera:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \sum_i \sum_j \sum_k (y_{ijk} - \bar{y}_{ij})^2 / str(r-1),$$

Con $st(r-1)$ grados de libertad. De tal manera que trabajamos con \bar{y}_{ij} (la media de r repeticiones del genotipo i en el ambiente j). Configurando la interaccion Genotipo-ambiente (GXA) en un analisis de varianza.

Es necesario tambien estimar la expresion δ_i^2 que se considera como la suma de dos componentes *uiz.*, dentro de la varianza ambiental (δ_0^2)y entre la varianza ambiental (δ_i^2) del genotipo i ésimo. (despues de la correccion en el efecto comun aditivo del ambiente E_j) y podriamos llamar a esto como “ la varianza de la estabilidad” del genotipo i . Estableciendo a un genotipo estable cuando su varianza de la estabilidad (δ_i^2)es igual dentro de la varianza ambiental (δ_0^2) lo cual significa que $\delta_i^2 = 0$. Valores no significativos de δ_i^2 indicaran inestabilidad del genotipo. La estimacion de δ_i^2 se obtuvo de:

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}_i^2 &= \frac{1}{(s-1)(t-1)(t-2)} [t(t-1) \sum_j (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2 \\ &\quad - \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2] \\ &= \frac{1}{(s-1)(t-1)(t-2)} [t(t-1) \sum_j (u_{ij} - \bar{u}_{i.})^2 - \sum_i \sum_j (u_{ij} - \bar{u}_{i.})^2] \end{aligned} \quad (11)$$

Donde

$$u_{ij} = \bar{y}_{ij} - \bar{y}_{.j} \text{ and } \bar{u}_{i.} = \sum_j u_{ij} / s.$$

(Shukla, 1972).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA.

El ANDEVA combinado (Tabla 1), indica que las variables días a cosecha (DAC) y rendimiento (RTO) presentaron diferencias estadísticas en cuanto a localidad, tratamiento y su interacción localidad x tratamiento. El índice de prolificidad (IP) mostró diferencia para la interacción y para localidades, mientras que peso de cien semillas (P100) y días a cosecha (DAC) por su parte mostraron diferencias estadísticas en cuanto a tratamiento y en la interacción localidad por tratamiento. En la misma tabla se observa que las variables días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF) y altura planta (AP) no presentaron diferencias en su interacción pero si entre localidades y tratamientos. Para las variables altura de la mazorca (AMZ), longitud de la mazorca (LM), diámetro de la mazorca (DM) y numero de hileras por mazorca (NHM) solo se presentaron diferencias estadísticas para localidades, por último la relación grano mazorca (GM) evidenció diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 1, ANDEVA general para las variables DFM, DFF, DAC, IP, GM, P100, AP, AMZ, LM, DM, NHM y RTO, de ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en cuatro localidades de la zona andina de Nariño.

FDV	GL	DFM	DFF	DAC	IP	GM	P100
Loc	3	1344,40**	1324,76**	9207,61**	0,54**	0,003 ns	32,30ns
Bloq(Loc)	12	14,75 ns	16,32 ns	42,43 ns	0,20**	0,0028 ns	38,71ns
Trat	7	650,13**	667,15**	781,73**	0,09 ns	0,0042**	346,31**
Loc x Trat	21	15,34 ns	19 ns	75,28*	0,10 *	0,0011 ns	68,39*
Error	84	18,51	18,89	41,08	0,05	0,00	39,40
C.V.		4,96	4,86	2,99	19,23	5,48	20,25
Media		86,80	89,51	214,08	1,19	0,78	30,99

FDV	GL	AP	AMZ	LM	DM	NHM	RTO
Loc	3	27071,62**	9783,01**	50,57*	2,83**	6,01*	2,5134**
Bloq(Loc)	12	1109,92*	291,44ns	6,76ns	0,09ns	1,02ns	0,06577 ns
Trat	7	1789,14*	488,79ns	19,23ns	0,32ns	1,23ns	11,5254**
Loc x Trat	21	324,35ns	100,11ns	6,28ns	0,11ns	0,76ns	3,7926**
Error	84	532,44	210,49	9,38	0,23	0,77	0,05572
C.V.		17,43	26,11	22,06	11,53	6,37	6,58
Media		132,42	75,56	13,88	4,16	13,74	3,5871

** = Nivel de significancia al 1% de probabilidad; * = Nivel de significancia a 5% de probabilidad; ns = Sin diferencias significativas estadísticas.

4.1.1 Días a floración masculina (DFM). Las tablas 2 y 3, muestran la prueba de comparación de promedios para localidades y tratamientos en los cuales se observaron diferencias estadísticas de acuerdo al análisis combinado. En el caso de las localidades en la tabla 2, Matituy se presentó como la más precoz en este aspecto con 79,78 días diferenciándose con las demás localidades, por el contrario la más tardía resultó ser la localidad de Buesaco con 95,40 días a la aparición de la flor femenina, las localidades de San Bernardo y Tangua mostraron valores intermedios para estas variable con 85,15 y 86,75 días respectivamente y sin presentar diferencias estadísticas entre ellas.

Para la misma variable en cuanto a las diferencias evidenciadas para tratamientos se puede observar que los tratamientos más precoces correspondieron a DK 10-40 (79,18 días), PUNTILLA 2M S1 (80,56 días) y TL 2007A 1807 11X12 (83,37 días), quienes no mostraron diferencias estadísticas entre ellos, por otra parte los dos últimos tratamientos mencionados no mostraron diferencias con POBLACION 19 (84,62 días) e ICA V. 305 (84,68 días). Los genotipos TL 2007A 1807 23x24, TL 2007A 1807 25x26 e INIAP 180 9M S1 demostraron ser los más tardíos con 91,5, 94,13 y 96,18 días respectivamente, diferenciándose estadísticamente con los demás tratamientos (tabla 3).

Tabla 2. Prueba de comparación de promedios de Tukey para las variables días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AMZ), longitud de mazorca, diámetro de mazorca (DM) y numero de hileras por mazorca (NMH) en cuatro localidades de la zona andina de Nariño.

LOCALIDAD	DFM	DFF	AP	AMZ	LM	DM	NMH
BUESACO	95.406 A	98.000 A	112.283 C	58.626 C	14.6022 A	3.7669 C	13.2875 B
SANBERNA	86.875 B	89.531 B	130.166 B	76.123 B	13.8931 AB	4.1341 B	13.7122 B
TANGUA	85.156 B	88.063 B	112.972 C	67.989 BC	12.1125 B	4.2606 B	13.6463 B
MATITUY	79.781 C	82.438 C	174.243 A	99.493 A	14.9266 A	4.4769 A	14.3313 A
Tukey	2,81	2,84	15,12	9,50	2,06	0,31	0,57
Media	86,80	89,50	132,45	75,55	13,88	4,15	13,74

*Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Criollo *et al.* (2002), evaluaron el comportamiento agronómico de materiales mejorados de maíz bajo diferentes niveles de fertilización con respecto a testigos regionales en la localidad de la Florida, encontrando que los periodos a floración masculina oscilaron entre 76 y 84 días presentando mayor precocidad en el híbrido DK 888, con respecto a los materiales regionales evaluados. Los resultados obtenidos por estos autores sugieren similitud a los del presente trabajo debido a que independientemente de los tratamientos aplicados los periodos a DFM mostraron coincidencia.

Tabla 3. Prueba de comparación de promedios de Tukey para las variables días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), relación grano mazorca (GM) y altura de planta (AP) en ocho genotipos de maíz amarillo.

TRATAMIENTO	DFM		DFF		GM		AP	
INIAP 180 9M S1	96.188	A	98.750	A	0.77063	AB	136.676	AB
PUNTILLA 2M S1	80.563	BC	82.688	BC	0.77750	AB	122.039	B
ICA V.305	84.688	B	87.375	B	0.77938	AB	125.066	AB
TL2007A 1807 23X24	91.500	A	94.313	A	0.81625	A	127.192	AB
POBLACION 19	84.625	B	87.313	B	0.78688	AB	149.934	A
DK 10-40	79.188	C	82.000	BC	0.78688	AB	127.753	AB
TL2007A 1807 11X12	83.375	BC	86.313	BC	0.76563	B	124.608	AB
TL2007A 1807 25X26	94.313	A	97.313	A	0.76750	B	146.056	AB
Tukey	4.72		4.77		0.47		25.36	
Media	86.80		89.50		0.78		132.45	

*Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Ortega y Ortega (2010) por su parte encontraron en la evaluación de esta variable a través de otras localidades también pertenecientes a la zona andina del departamento de Nariño, que la localidad de Sandoná resulto ser la más tardía, diferenciándose de la Unión y Nariño en donde los genotipos evaluados tuvieron mejor comportamiento, con respecto al presente trabajo esta variable al igual que días a floración femenina, presentó un comportamiento similar en cuanto a que las localidades más tardías resultaron ser las de mayor altitud corroborando así lo expuesto por Parson (2001), quien manifiesta que la temperatura y humedad son elementos directos que influyen sobre la floración.

4.1.2 Días a floración femenina (DFF). Como se observó en las tablas 2 y 3, el comportamiento de esta variable fue similar al de la variable DFM, por cuanto además de resultar los mismos tratamientos precoces y tardíos, evidenciaron la misma tendencia en cuanto a las diferencias estadísticas presentadas entre localidades y tratamientos, estos resultados muestran similitud con los obtenidos por Ortega y Ortega (2010), quienes evaluaron los genotipos Población 19, ICA V-305 e INIAP 180 en las localidades de Sandoná, La Florida y La unión obteniendo

valores para DFF que oscilaron entre 80 y 100 días en la localidad de Sandoná. Estos autores manifiestan además que las variables DFM y DFF son indicadores de precocidad.

Cabe resaltar también que de acuerdo con los resultados obtenidos por Criollo et al. (2002), DFF fue menor también en materiales comerciales con respecto a los genotipos regionales evaluados bajo condiciones de La Florida, situación que corrobora los resultados obtenidos en el presente trabajo en lo que respecta a DFM y DFF.

4.1.3 Relación grano mazorca (GM). En la tabla 3, se muestra que el tratamiento TL 2007 A 1807 23x24 con una GM de 0,81 presentó diferencias estadísticas con respecto a los tratamientos TL 2007A 1807 25x26 y TL 2007A 1807 11x12 quienes con 0,76 GM, no se diferenciaron con el resto de tratamientos en los cuales este valor osciló entre 0,77 y 0,78.

En la evaluación realizada por Ortega y Ortega (2010), se pudo observar que los tratamientos ICA V-305 y POBLACION 19 en los municipios de Sandoná, Nariño y la Unión presentaron un valor para la relación grano mazorca comprendido entre 0,88 y 0,91, evidenciando diferencias estadísticas entre localidades, siendo Nariño la que presentó el mayor promedio con 0,91GM. En la unión las diferencias se evidenciaron para tratamientos en donde ICA V-305 superó estadísticamente a los demás tratamientos.

Criollo *et al.* (2002), atribuyen el comportamiento de la relación grano mazorca en genotipos de maíz a la adaptación por procesos de selección ocurridos a través del tiempo en diferentes localidades, buscando entonces obtener materiales con mayor cantidad de granos y mazorcas más delgadas. Estos autores en su trabajo no encontraron diferencias estadísticas para esta variable a pesar de ser sometidos a diferentes niveles de fertilización, razón que explica el

comportamiento descrito por ellos. Para el caso del presente trabajo se puede observar que la mayoría de los tratamientos no se diferencian entre sí.

4.1.4 Altura de planta (AP). De acuerdo con la comparación de promedios de Tukey Para esta variable se observaron diferencias estadísticas entre localidades (tabla 2) y tratamientos (tabla 3), Matituy se comportó como la localidad en donde las plantas alcanzaron mayor altura con 174 cm en promedio, diferenciándose estadísticamente con las demás localidades, seguido de San Bernardo con 130,16 cm y quien a su vez también se diferenció con el resto de tratamientos. Buesaco y Tangua por su parte resultaron ser los tratamientos más bajos con 112,28 y 112,97 cm respectivamente sin presentar diferencias entre estos.

Con respecto a los tratamientos (tabla 3), se evidenciaron diferencias significativas únicamente entre la POBLACION 19 (149,93cm) y PUNTILLA 2M S1 (122,03cm), sin embargo, cabe resaltar que cada uno de estos no se diferenció estadísticamente con los demás tratamientos para quienes el valor de esta variable oscilo entre 124,60 y 146,05 cm, presentando un promedio general de 132,45 cm.

La AP, se considera como una variable de importancia al momento de seleccionar materiales que por su arquitectura se presten para determinados sistemas de producción. Ortega y Ortega (2010), no encontraron diferencias estadísticas para los tratamientos POBLACION 19, ICA V-305 y otros genotipos de maíz evaluados en diferentes zonas productoras para las cuales si se evidenciaron diferencias significativas, resultando ser la localidad de Sandoná la de menor altura y Nariño la de mayor porte. Los autores mencionados observaron que en promedio para la Población 19 la AP fue de 178 cm, valor que superó al encontrado en el presente trabajo con 150 cm, situación que puede explicarse al considerar las localidades con mayor altitud sobre las cuales ellos desarrollaron su trabajo.

En ensayos preliminares y bajo condiciones de Botana (2750 msnm), la Población 19 presentó una AP de 0,87 m, indicando al parecer que esta variable está influenciada por el ambiente. Es decir, que la población 19 exhibe un mayor desarrollo vegetativo expresado en la AP, en climas menos fríos (Lagos *et al.*, 2000). En la evaluación de genotipos de maíz es importante considerar, además del rendimiento de grano, la altura de planta y mazorca. Debido a que en estudios realizados en diferentes épocas y bajo diferentes densidades de siembra se demostró que estas variables están relacionadas con estos aspectos que influyen directamente con la productividad del cultivo. Tosquy *et al.* (2005),

4.1.5 Altura de la mazorca (AMZ). Los resultados obtenidos para esta variable se muestran en la tabla 2, en donde se puede apreciar que existieron diferencias significativas para las localidades en evaluación en donde Matituy mostró la AMZ mas alta 99,43 cm diferenciándose estadísticamente con las demás localidades, dentro de las cuales Buesaco presentó el valor más bajo con 58,26 cm sin diferenciarse estadísticamente con Tangua (67,98 cm). El promedio de AMZ a través de todas las localidades fue de 75,55 cm.

Ortega y Ortega (2010), en la evaluación de materiales experimentales de maíz realizaron un análisis de correlación de Pearson encontrando que la altura de la planta (AP) está altamente asociada a la altura de mazorca (AMZ) con un coeficiente de correlación de 0,74**. Deduciendo que estas variables al igual que las variables DFM y DFF se explican y se pueden discutir al analizar una sola de ellas, sin embargo en el presente trabajo no se evidenciaron diferencias para tratamientos en esta variable.

Resultados similares se obtuvieron por Vargas *et al.*, 2010, quienes en una prueba de evaluación agronómica de híbridos de maíz para la zona del caribe húmedo encontraron que la altura de mazorca no se diferenció entre los tratamientos evaluados, mientras que si hubo diferencias estadísticas en cuanto a localidades

en evaluación, el promedio de AMZ reportado por estos autores a través de las localidades fue de 110 a 120 cm.

4.1.6 Longitud de la mazorca (LM). Al igual que la variable anterior LM, mostró diferencias significativas en cuanto a localidades evaluadas (tabla 2), resultando que las localidades de Matituy y Buesaco (14,92 y 14,60 cm) se diferenciaron con la localidad de Tangua en donde la LM fue de 12,11 cm. San Bernardo por su parte no se diferenció estadísticamente con los demás tratamientos.

Con respecto a esta variable, Vargas et al. (2010), reportaron que los promedios de longitud de mazorca oscilaron entre 20 y 40 cm, diferenciándose entre localidades y no en los tratamientos evaluados en cada región, resultados que comparados con los del presente trabajo muestran que variables como longitud de mazorca, se ven influenciadas por las características particulares de la zona de evaluación y no por un posible efecto de los tratamientos que en este caso posiblemente presentan uniformidad genética en cuanto a este carácter.

4.1.7 Diámetro de la mazorca (DM). La tabla 2, indica diferencias estadísticas para las localidades evaluadas, evidenciando que la localidad de Matituy presentó el mayor promedio en el diámetro de mazorca con 4,47 cm y con diferencias estadísticas con las demás localidades. Buesaco por su parte presentó mazorcas más pequeñas con respecto a las demás localidades evaluadas con 3,76 cm observando diferencias significativas con el resto de tratamientos, entre las localidades de San Bernardo no se presentaron diferencias para esta variable con 4,13 y 4,26 cm respectivamente.

En las pruebas de evaluación agronómica realizadas por Vargas et al., 2010, los diámetros para las mazorcas obtenidas oscilaron entre 4,2 y 4,8 cm para el caso híbrido FNC 115 lanzado por Fenalce Colombia en el año 2010. La situación demuestra que materiales de maíz obtenidos con fines comerciales en otras

regiones del país presentan similitud en características relacionadas con los parámetros de calidad de las mazorcas con el presente trabajo. Se puede afirmar que la selección de materiales realizada con respecto a esta variable se ha realizado de manera correcta, por cuanto el promedio obtenido para en las localidades en estudio fue de 4,15 cm similar al de las variedades e híbridos comerciales empleados en los sistemas tradicional y tecnificado del país.

A su vez Semillas Colombianas S.A 2009, en su catálogo de productos reporta para las fichas técnicas de los materiales comerciales ICA V-305 y DK 10-40 diámetros de mazorca de 4,6 y 4,8 cms respectivamente, corroborando no solo los resultados obtenidos en este trabajo sino también la afirmación anteriormente expuesta.

4.1.8 Numero de hileras por mazorca (NHM). La tabla 2, muestra la prueba de comparación de promedios de Tukey para NHM, indicando que al igual que en los resultados para DM la localidad de Matituy presento el mayor NHM, con 14,33 hileras, y diferenciándose estadísticamente con las demás localidades en las cuales el promedio de hileras por mazorca oscilo entre 13,28 y 13,71. El promedio de NHM para esta localidad fue de 13, 74 hileras.

Al igual que en el caso anterior las pruebas de evaluación agronómica y fichas técnicas para los materiales comerciales hibrido FNC 115, hibrido DK 10-40 e ICA V-305 (NHM 14 -16), muestran valores similares a los obtenidos por los materiales en evaluación en este trabajo (Semillas de Colombia S.A, 2009 y Vargas *et al.*, 2010)

Los resultados obtenidos concuerdan con los obtenidos por Ortega y Ortega (2010), en donde la evaluación de los genotipos de maíz relacionados en su investigación obtuvieron valores que oscilaron entre 14 y 17 NHM a través de las localidades, además en su investigación no se presentaron diferencias

estadísticas entre los tratamientos evaluados. Los genotipos evaluados además demuestran coincidencia con las fichas técnicas de los materiales comerciales ICA V-305 y DK 1040. (Semillas Colombianas S.A, 2009).

4.2 ANÁLISIS INDIVIDUAL POR LOCALIDAD.

En la tabla 4, se presenta el ANDEVA con los cuadrados medios por localidad, para las cuatro variables que evidenciaron diferencias estadísticas para la interacción localidad por tratamiento en la tabla 1, que como se mencionaron correspondieron a DAC (días a cosecha), índice de prolificidad (IP), P100 (peso de 100 semillas) y RTO (rendimiento).

Para la variable DAC, se muestran diferencias estadísticas en las localidades de Buesaco, Tangua y San Bernardo. En cuanto a IP, únicamente se evidenciaron diferencias estadísticas en la localidad de San Bernardo. La variable P100 presentó diferencias estadísticas en las localidades de Buesaco y San Bernardo, RTO por su parte demostró diferencias estadísticas en todas las localidades (Tabla 4).

Tabla 4. Cuadrados medios por localidad para las variables DAC, IP, P100 y RTO para ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en cuatro localidades de Nariño.

BUESACO					
FDV	GL	DAC	IP	P100	RTO
Trat	7	219,78**	0,0315ns	316,55**	9,3783**
Bloq	3	7,86*	0,0067 ns	12,458333ns	0,0288 ns
Error	21	2,36	0,011	629,625	0,0515
CV		0,664	7,906	18,139	6,18
Media		231,4063	1,36	30,1875	3,66

MATITUY					
FDV	GL	DAC	IP	P100	RTO
Trat	7	124,67ns	0,22ns	51,26ns	6,3399**
Bloq	3	44,36ns	0,73ns	33,37ns	0,0397 ns
Error	21	1323,65	0,139	53,08	0,0776
CV		4,161	35,29	24,23	8,32
Media		190,78	1,058	30,06	3,34

TANGUA					
FDV	GL	DAC	IP	P100	RTO
Trat	7	188,709**	0,086ns	96,76ns	2,4674**
Bloq	3	1,197ns	0,046ns	95,45ns	0,0199 ns
Error	21	0,745	0,049	58,29	0,0691
CV		0,395	19,58	23,90	7,76
Media		218,15	1,136	31,93	3,38

SAN BERNARDO					
FDV	GL	DAC	IP	P100	RTO
Trat	7	474,38*	0,03*	86,88*	4,7176**
Bloq	3	116,28ns	0,005ns	13,53ns	0,0652 ns
Error	21	98,16	0,007	16,22	0,0359
CV		4,587	7,086	12,67	4,79
Media		215,96	1,182	31,78	3,94

Nivel de significancia al 1% de probabilidad; * = Nivel de significancia a 5% de probabilidad; ns = Sin diferencias significativas estadísticas.

4.2.1 Días a cosecha (DAC). En la tabla 5 se puede observar la prueba de comparación de promedios de Tukey en donde se muestra que los tratamientos en todas las localidades a excepción de Matituy presentaron diferencias estadísticas. En esta localidad el promedio fue de 190,78 DAC. Siendo esta la localidad más precoz diferenciándose de las demás.

Tabla 5. Comparación de promedios (Tukey al 0,05) para la variable días a cosecha (DAC) de ocho genotipos maíz (*Zea mays*L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.

DAC	BUESACO		MATITUY		SAN BERNARDO		TANGUA	
INIAP 180 9M S1	242,25	A	198,25	A	230	A	228	A
PUNTILLA 2M S1	223	D	187,5	A	214,5	AB	211	E
ICA V.305	229,75	C	187,25	A	218,5	AB	217	C
TL2007A 1807 23X24	237	B	193,75	A	225,25	AB	223,75	B
POBLACION 19	226,5	CD	193,75	A	218,75	AB	213,5	D
DK10-40	223,75	D	183,75	A	205,5	CB	210	E
TL2007A 1807 11X12	229	C	185	A	195,75	C	216,25	C
TL2007A 1807 25X26	240	AB	197	A	219,5	AB	225,75	B
Tukey (0.05%)	3,64				23,49		2,04	
Media	231,4	A	190,78	C	215,96	B	218,15	B

*Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la localidad de Buesaco por su parte en la Tabla 5, se observa que los genotipos PUNTILLA 2M S1, DK 10-40 y POBLACION 19 con 223, 223,75 y 226,5 días a cosecha respectivamente, constituyen los genotipos más precoces

diferenciándose estadísticamente con los demás tratamientos, exceptuando a la POBLACION 19 que no se diferenció de la variedad comercial ICA V. 305 que obtuvo un periodo de 229,75 días. Con respecto a los genotipos INIAP 180 9M S1 y TL2007A 1807 25X26 con 242,25 y 240 días a cosecha respectivamente, se puede afirmar que se comportaron como los genotipos más tardíos.

Para el caso de la localidad de San Bernardo el tratamiento que obtuvo el menor valor convirtiéndolo en el genotipo más precoz fue TL2007A 1807 11X12 con 195,75 días a cosecha, diferenciándose estadísticamente con el resto de genotipos evaluados a excepción de DK 10-40 quien presentó 205,5 DAC. Por otra parte, INIAP 180 9M S1, PUNTILLA 2M S1, ICA V.305, TL2007A 1807 23X24 Y POBLACION 19, no mostraron diferencias significativas entre ellos mostrando valores entre 211 y 228 DAC. (Tabla 5).

En la localidad de Tangua los tratamientos DK 10-40 y PUNTILLA 2M S1 se presentaron como los más precoces con 210 y 211 DAC respectivamente, sin presentar diferencias estadísticas entre ellos, por otra parte el tratamiento más tardío en esta localidad resultó ser INIAP 180 con 228 DAC, mostrando diferencias estadísticas con los demás tratamientos, para el resto de los tratamientos los valores estuvieron comprendidos entre 213,5 y 22,75 DAC. (Tabla 5).

Estos resultados indican que los genotipos PUNTILLA 2M S1, DK 10-40 y TL 2007A 1807 11X12 son los genotipos se pueden considerar como los más precoces en las tres localidades en donde se presentaron diferencias. Al respecto López *et al.* (1996) afirma que la precocidad es una característica agronómica de importancia ya que en etapas fenológicas críticas como las sucedidas después de floración pueden suceder afecciones al rendimiento de grano, recomendando por lo tanto los genotipos de menor duración.

Si estos resultados se analizan desde el punto de vista de altitud las localidades de menor altitud a mayor altitud serían Matituy con 1930 msnm, Tangua con 2000msnm, Buesaco con 2060msnm y San Bernardo con 2100 m.s.n.m. en este sentido se puede determinar que a menor altitud los genotipos tienden a ser más precoces, ya que en Matituy se obtuvo los menores valores para esta variable. Al respecto Martínez y Ligarreto (2005) mencionan que a menor altitud las plantas son más precoces que a mayor altitud, afirmando que a una menor altura se aceleran los ciclos de crecimiento de la planta. Sin embargo al considerar las características climáticas de cada localidad como se mostró en la metodología planteada el IGAC (2004) menciona que Matituy presenta una temperatura promedio anual mayor y precipitación menor al de las otras localidades en evaluación, explicando la variabilidad en periodo a cosecha desde este punto de vista.

En la evaluación realizada por Ortega *et al.* (1999), se encontró que para las localidades de Sandoná y Nariño el altitudes superiores a los 1800 msnm la variable días a cosecha oscilo entre 175 y 213 días para los genotipos Población 19 e ICA V.305. Indicando similitud con los resultados obtenidos en el presente estudio, sin embargo cabe resaltar que en ese estudio resulto que La población 19 fue más tardía que ICA V.305, contrario a lo demostrado en este trabajo en el cual no se presentaron diferencias para estos dos genotipos en las localidades de Buesaco, Matituy y San Bernardo. En Tangua por su parte se mostró como variedad más precoz a la Población 19.

La variedad ICA V.305 y el híbrido DK 10-40 empleados como testigos comerciales en el presente trabajo, aunque empleadas como material de siembra común entre los productores del departamento, no fueron recomendadas y desarrollados para alturas superiores a los 1800 msnm, es por eso que podemos afirmar que los ciclos presentados por estos dos genotipos no coinciden con los

reportados en las fichas técnicas para cada uno de ellos, observándose por lo tanto un comportamiento tardío en ambos casos. (Navas *et al.*, 1991; INTA, 2008).

4.2.2 Índice de prolificidad (IP):

- San Bernardo se mostró como la única localidad en donde se evidenciaron diferencias entre tratamientos, la POBLACION 19 con 1,30 mazorcas por planta no presentó diferencias estadísticas con los demás genotipos a excepción de Puntilla 2M S1 y TL2007A 25X26 quienes obtuvieron menores valores con 1,08 y 1,05 mazorcas respectivamente con respecto a este (Tabla 6).

- Al respecto Ortega *et al.* 2010 al evaluar el comportamiento agronómico de siete genotipos de Maíz, encontraron que La Población 19 junto con la variedad mejorada ICA V-305, resultaron ser los más prolíficos, presentando promedios de 1,25 y 1,17 mazorcas por planta respectivamente. En el presente trabajo aunque estos no fueron los más prolíficos al no presentar diferencias con la mayoría de genotipos evaluados si se presentó un comportamiento similar.

- La obtención del mayor número de mazorcas por planta en Buesaco pudo ser favorecida por condiciones climáticas, especialmente debido a la baja velocidad de viento en la fase de polinización presentada en esta localidad. García *et al.*, 2006 al evaluar variedades de maíz en diferentes localidades afirman en sus resultados que la prolificidad es una característica agronómica que además de depender de condiciones genéticas también depende de condiciones climáticas en gran proporción y alguna influencia edáfica.

Tabla 6. Comparación de promedios (Tukey al 0,05) para la variable número de mazorcas por planta (MPP) de ocho genotipos maíz (*Zea mays*L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.

*Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

MPP	BUESACO	MATITUY	SAN BERN	TANGUA
INIAP 180 9M S1	1.30250	1.4125	1.28250	AB 1.1550
PUNTILLA 2M S1	1.25250	0.8650	1.08500	BC 1.1775
ICA V.305	1.46250	1.0075	1.23250	ABC 1.2325
TL2007A 1807 23X24	1.42000	1.1225	1.17500	ABC 0.8950
POBLACION 19	1.44750	1.4025	1.30000	A 0.9450
DK 10-40	1.45000	0.8175	1.19250	ABC 1.3125
TL2007A 1807 11X12	1.28750	0.8575	1.13250	ABC 1.2575
TL2007A 25X26	1.28750	0.9825	1.05750	C 1.1175
Tukey (0,05%)			0,19	
Media	1,36	A 1,058	B 1,182	B 1,136 B

Al respecto también Gómez y Rodríguez (2001), evaluaron el comportamiento agronómico de una variedad comercial de maíz bajo condiciones del trópico venezolano, sometido a diferentes densidades de siembra. Encontrando que a menor densidad de siembra se incrementa el índice de prolificidad por mazorca, encontraron también que esta variable se relaciona directamente con la distancia entre plantas y en menor proporción con la distancia entre hileras, explicando este comportamiento posiblemente a la mayor actividad fisiológica presentada por las plantas con menor interferencia.

4.2.3 Peso de cien semillas (P100). La prueba de comparación de promedios de Tukey (Tabla 7), muestra que en la localidad de Buesaco los tratamientos que obtuvieron los mayores valores fueron los genotipos PUNTILLA 2M S1, TL2007A 1807 23X24, POBLACION 19 y TL2007A 1807 11X12 con valores entre 29,75 y 41,25 gm, sin mostrar diferencias significativas entre ellos. Por su parte los genotipos INIAP 180 9M S1 y TL2007A 1807 25X26 fueron los que obtuvieron los valores más bajos con 17,2 y 20,5 gramos respectivamente, el genotipo DK 10-40 con 9,75 gramos por su parte no presentó diferencias estadísticas con los demás tratamientos.

Con respecto a la localidad de san Bernardo se destacó la POBLACION 19 con un valor de 39,0 gm presentando diferencias estadísticas únicamente con INIAP 180 9M S1 e ICAV. 305 que con 24,25 y 29,25 gramos presentaron los menores valores para esta variable.

Tabla 7. Comparación de promedios (Tukey al 0,05) para la variable peso de 100 granos en gramos (P100) de ocho genotipos maíz (*Zea mays*L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.

P100	BUESACO		MATITUY		SAN BERN		TANGUA
INIAP 180 9M S1	17.250	C	33.750		24.250	C	24.500
PUNTILLA 2M S1	34.000	A	33.250		29.750	ABC	28.500
ICA V.305	23.500	BC	32.750		29.250	BC	29.000
TL2007A 1807 23X24	38.000	A	32.000		36.750	AB	36.500
POBLACION 19	41.250	A	30.000		39.000	A	39.000
DK 10-40	29.750	ABC	27.750		31.750	ABC	29.250
TL2007A 1807 11X12	37.250	A	27.500		33.750	ABC	33.000
Continuación tabla 7.							
TL2007A 1807 25X26	20.500	C	23.500		29.750	ABC	35.750
Tukey (0.05%)	12,98				9,55		
Media	30,18		30,06		31,78		31,93

*Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Resultados similares a los de este trabajo se obtuvieron por Ortega *et al.* (2010), quienes en su trabajo encontraron que el genotipo POBLACION 19 sobresalió con respecto a los demás tratamientos evaluados, presentando para esta variable un valor de 32,67 gramos, para las localidades en estudio. De igual manera y en

concordancia con esta investigación tampoco se encontraron diferencias estadísticas entre localidades.

Las diferencias en cuanto a esta variable se pueden explicar desde el punto de vista climático, debido a que los autores mencionados consideraron localidades con temperaturas promedio inferiores a la del presente estudio, situación que hace que el promedio general para P100 se vea afectado mostrando un valor superior al obtenido por ellos.

En el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) según Pérez *et al.* (2007), existe gran diversidad en tamaño, forma y composición de la semilla debido a factores genéticos, ambientales y a la ubicación de ésta en la mazorca. A nivel genético existen diferentes factores y unidades de transcripción que influyen directamente en la composición del almidón en el endospermo, en el aspecto ambiental se mencionan que distintos niveles de nitrógeno en el suelo y la densidad de población pueden influir en la relación de endospermo córneo y endospermo harinoso.

4.2.4 Rendimiento (RTO). En Buesaco, el genotipo POBLACION 19 obtuvo el mayor rendimiento con $6,67 \text{ t/ha}^{-1}$ demostrando diferencias significativas con los demás tratamientos incluido a INIAP 180 9M S1 quien presentó el menor rendimiento con $1,48 \text{ t/ha}^{-1}$, para los demás tratamientos el rendimiento osciló entre $2,71$ y $4,53 \text{ t/ha}^{-1}$ (Tabla 8).

En la localidad de Matituy se observó también una situación similar por cuanto la POBLACION 19 presentó el mayor promedio de rendimiento sobresaliendo estadísticamente sobre los demás tratamientos con una producción de $6,33 \text{ t/ha}^{-1}$, los menores rendimientos se presentaron para los tratamientos INIAP 180 9M S1, TL2007A 1807 23 X 24, TL2007A 1807 11X12 y PUNTILLA 2M S1 con rendimientos de $2,46$, $2,46$, $2,67$ y $3,07 \text{ t/ha}^{-1}$ quienes entre si no presentaron

diferencias estadísticas. La variedad comercial ICA V-305 presento un rendimiento de $3,14 \text{ t/ha}^{-1}$ sin diferenciarse estadísticamente con TL2007A 1807 25 X 26, el hibrido DK 10-40 y PUNTILLA 2M S1 quienes presentaron rendimientos comprendidos entre $3,07$ y $3,17 \text{ t/ha}^{-1}$.

En San Bernardo, los genotipos POBLACION 19 e INIAP 180 9M S1 obtuvieron los mayores promedios de rendimiento sin diferenciarse estadísticamente entre ellas y con valores de $5,55$ y $5,18 \text{ t/ha}^{-1}$ respectivamente, por el contrario los menores valores presentados en esta localidad correspondieron a los tratamientos TL2007A 1807 25 X 26 ($2,56 \text{ t/ha}^{-1}$) y PUNTILLA 2M S1 ($2,86 \text{ t/ha}^{-1}$), el promedio general de los tratamientos en esta localidad fue de $3,94 \text{ t/ha}^{-1}$. Presentándose como la localidad con el mayor valor en su promedio.

Tangua se mostró como la localidad en que los tratamientos que resultaron sobresalientes en las demás localidades, evidenciaron rendimientos relativamente bajos con respecto a estos, en esta localidad el testigo comercial ICA V-305 resulto ser el de mayor promedio de rendimiento con $5,14 \text{ t/ha}^{-1}$. Debido posiblemente a la adaptación mostrada por este genotipo en esa región donde se ha constituido el cultivar principal por mas de ocho años según los productores.

Tabla 8. Comparación de promedios (Tukey al 0,05) para la variable rendimiento (RTO) t/ha⁻¹ de ocho genotipos maíz (*Zea mays* L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.

RTO	BUESACO		MATITUY		SAN BERN		TANGUA
INIAP 180 9M S1	1,48	E	2,46	D	5,18	A	3,32 CB
PUNTILLA 2M S1	3,31	C	3,07	CBD	2,86	DE	2,80 CD
ICA V.305	3,16	CD	3,14	CB	4,42	B	5,14 A
TL2007A 1807 23X24	4,53	B	2,46	D	4,29	B	2,50 D
POBLACION 19	6,67	A	6,33	A	5,55	A	3,53 B
DK 10-40	4,26	B	3,45	B	3,19	CD	3,16 CB
TL2007A 1807 11X12	3,20	CD	2,67	CD	3,56	C	3,21 CB
TL2007A 1807 25X26	2,71	D	3,17	CB	2,56	E	3,40 CB
Tukey (0,05%)	0,5383		0,6609		0,4495		0,6237
Media	3,66 A		3,34 B		3,94 A		3,38 A

*Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

Con estos resultados se puede deducir que el genotipo POBLACION 19 fue quien mejor rendimiento presentó en las localidades de Buesaco, San Bernardo y La Florida, superando ampliamente el promedio nacional para maíz tradicional reportado en 1,8 t/ha⁻¹ en cultivos asociados en sistemas cafeteros en zonas de clima frío moderado (Agronet, 2010). Al respecto Ortega *et al*, 2010 encontraron que POBLACION 19 alcanzaba los mejores rendimientos con valores de 2006,53 Kg/ha para la localidad de Sandoná, 1936,40 Kg/ha en Nariño y 1886,79 Kg/ha en La Unión. Los mismos autores afirmaron que la Población 19 expresa al máximo su potencial productivo en condiciones de clima medio.

Cabe resaltar además que en los resultados encontrados Tangua se comportó como la localidad menos favorable hacia el tratamiento POBLACION 19, debido posiblemente a las condiciones edafoclimáticas asociadas a la localidad durante el periodo de evaluación, especialmente en lo relacionado a disponibilidad hídrica y excesos de temperatura.

Una vez que se ha establecido el número de los granos por mazorca, el rendimiento final depende de la disponibilidad de materiales asimilados corrientes y almacenados. El maíz no tiene una conexión vascular directa entre los granos y el olote. Los carbohidratos y otros nutrimentos se acumulan en el espacio libre debajo de los granos en desarrollo y se mueven hacia los granos siguiendo un gradiente de difusión. Una implicación importante de este proceso es que los desbalances en el abastecimiento de los distintos constituyentes del grano pueden limitar su desarrollo (Below, 1997).

Bajo las condiciones de baja disponibilidad de nutrientes, el crecimiento del grano depende de una estricta estequiometría entre el carbono y el nitrógeno. Si en el grano se acumula un exceso de carbohidratos, la concentración osmótica de la zona del pedicelo puede llegar a ser muy alta para una posterior entrada de carbono, hasta que otros compuestos estén disponibles para la conversión de los carbohidratos solubles en constituyentes del grano osmóticamente menos activos (Porter *et al.*, 1987).

4.3 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

4.3.1 Análisis de estabilidad AMMI para la variable rendimiento. En la Tabla 9 se presentan los resultados de la prueba de Gollob (Gollob, 1968) mediante la cual se determina la significancia de cada uno de los términos AMMI, se muestra los valores propios de la matriz de covarianzas que son la varianza de cada componente, el porcentaje de explicación acumulado para cada componente principal. En donde se observa que los dos primeros componentes explican el

89,89 % de la variabilidad total, con una aporte de 66,65 para el primero y 23,24% para el segundo.

Tabla 9. Porcentaje de variación explicada y variación acumulada de los componentes principales para la variable rendimiento (RTO) de ocho genotipos de maíz en cuatro localidades de la zona andina de Nariño.

CP	Var total	% var acumulado
1	66.65	66.65
2	23.24	89.897
3	10.10	100.000

Mediante el Modelo AMMI aplicado a los valores de rendimiento promedio de los tratamientos se generó el biplot de la Figura 1, que muestra el efecto de la interacción genotipo x ambiente.

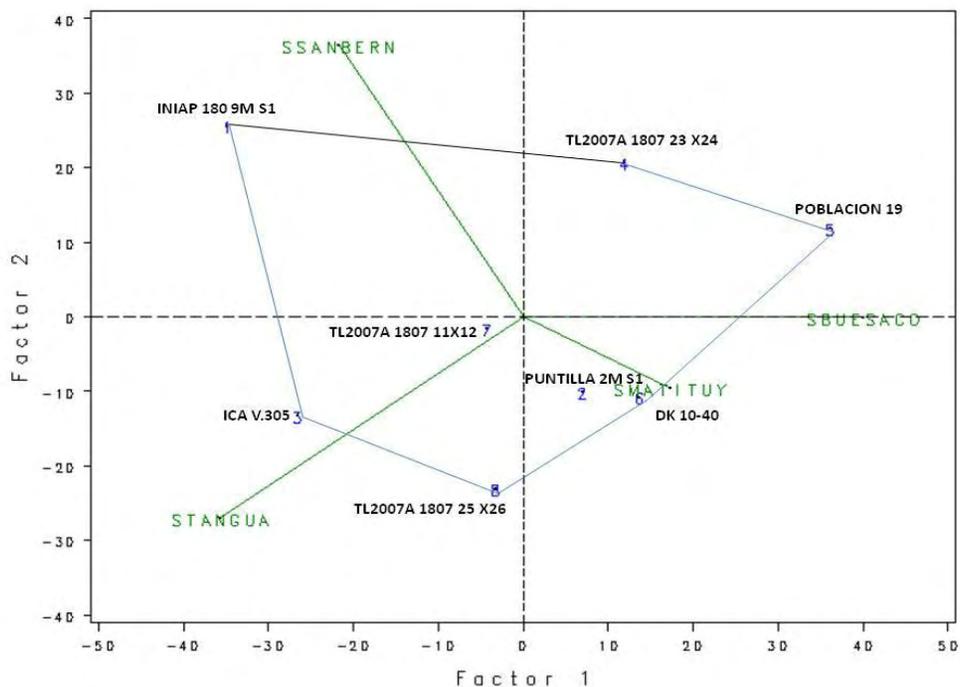


Figura 1. Biplot para el rendimiento de los genotipos POBLACION 19, TL2007A 180725X26, TL2007A 1807 23X24, INIAP 180 9M S1, DK 10-40, TL2007A 1807 11X12, ICA V.305 Y PUNTIILLA 2M S1 a través de 4 ambientes de la zona andina de Nariño.

En la figura 1, se observan líneas punteadas que representan a los ambientes, en los vértices del polígono se ubican los genotipos con mayor interacción, por lo tanto, mayor adaptación específica a los ambientes más cercanos a las líneas continuas que representan los ambientes. Así, en el sector superior se ubican los ambientes en el que se encuentran las localidades de San Bernardo y Buesaco. Se destacan el genotipo INIAP 180 en San Bernardo y TL2007A 1807 23 x 24 y Población 19 en Buesaco, estos pueden mencionarse como los de mejor comportamiento a través de las cuatro localidades, situación que los llevo a ubicarse en la parte superior derecha del Biplot. Puntilla 2M S1 por su parte presentó afinidad con la localidad de Matituy.

En la parte inferior se encuentran ubicadas las localidades de Tangua quien presento afinidad con ICA V.305 y Matituy con DK 10-40 como el genotipo más cercano a ella. TL2007A 1807 11x12 se muestra como el genotipo más estable a través de todos los ambientes por estar más cerca al eje del biplot. Cabe resaltar además que los genotipos que se mostraron cerca de la ubicación de Tangua fueron los de menor rendimiento en las demás localidades. TL2007A 1807 25 x 26 por su parte se presentó como el genotipo de mayor interacción para las localidades de San Bernardo, Buesaco y Matituy. En la práctica, se persigue explotar la interacción genotipo x tratamiento, es decir, determinar la adaptabilidad específica de los materiales genéticos a determinados ambientes.

Mediante este modelo aplicado a los valores de RTO promedio de los genotipos se generó la Tabla 10 que muestra los resultados de la variable RTO y los puntajes genotípicos y ambientales para los dos primeros términos AMMI (DIM1 y DIM2), así como los valores de las variables que sirvieron para generar el Biplot de la Figura 1. En esta tabla se puede observar que los tratamientos INIAP 180, ICA V.305, Población 19, TL2007 A 1807 23X24 y TL2007 A 1807 23X24 con valores de -34.88, -26.55, 34.23, 20.68 Y -29,77 se muestran como los tratamientos que más influyeron en la conformación de los componentes.

Tabla 10. Resultados de los puntajes para la gráfica del biplot para rendimiento (RTO) de ocho genotipos maíz (*Zea mays* L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.

TYPE	NAME	YLD(tn/ha ⁻¹)	DIM1	DIM2
GEN	INIAP 180 9M S1	3,11	-34.88	25.68
GEN	PUNTILLA 2M S1	3,01	7.02	-9.94
GEN	ICA V.305	3,96	-26.55	-13.22
GEN	TL2007A 1807 23X24	3,44	11.91	20.68
GEN	POBLACION 19	5,52	36.23	12.01
GEN	DK 10-40	3,51	-4.26	-1.51
GEN	TL2007A 1807 11X12	3,16	-3.18	-22.97
GEN	TL2007A 1807 25X26	2,96	-4.6803	-29.7968
ENV	BUESACO	3,66	40.01	-0.02
ENV	MATITUY	3,34	17.34	-9.54
ENV	SAN BERNARDO	3,94	-21.72	36.52
ENV	TANGUA	3,38	-35.62	-26.94

El modelo AMMI puede ayudar desde la identificación de genotipos de alta productividad y amplia adaptación hasta en la realización de llamado zoneamiento agronómico, con la selección de localidades claves (Gauch y Zobel, 1988); además, permite hacer un estudio más detallado tanto de las variedades como de las localidades y su interacción, tal como se observa en los resultados obtenidos en el presente trabajo, debido a la observación que el modelo permite acerca de la adaptabilidad específica de determinados genotipos a diferentes localidades.

4.3.2 Análisis de estabilidad Eberhart y Russell para la variable rendimiento.

De acuerdo con los parámetros de adaptabilidad y estabilidad fenotípica de modelo propuesto por Eberhart y Russell (1966) (Tabla 11, figura 2), se observa que la POBLACION 19 fue el tratamiento que presentó el mayor promedio en cuanto a rendimiento de refiere con 5,52 t/ ha⁻¹, evidenciando en el parámetro B=1 no significancia por lo que se puede deducir que demuestra un comportamiento estable a través de las cuatro localidades evaluadas (Buesaco, San Bernardo, Tangua y Matituy), además su comportamiento resulta no predecible dado que la desviación de la regresión (S²d) fue significativamente

diferente de cero. El tratamiento TL 2007 A1807 11x12 presentó un comportamiento similar, aunque su rendimiento promedio se encuentra entre los más bajos para los ocho tratamientos.

Los demás tratamientos presentaron un comportamiento que indica la no adaptabilidad. PUNTILLA 2M S1 y TL 2007 A1807 25x26, por presentar un parámetro de $B < 1$, se muestran como genotipos que se comportan bien en ambientes desfavorables, resaltando que el segundo muestra un comportamiento predecible. El resto con $B > 1$ y S^2d diferente de 0, presentan comportamientos aceptables para ambientes favorables pero no demuestran una tendencia predecible.

Damba, 2008. Afirma que genotipos que presenten un $B > 1$, se pueden considerar como tratamientos con adaptación específica hacia ambientes favorables. En nuestro caso ese comportamiento se evidencio en la mayoría de tratamientos evaluados, sin embargo la no predicibilidad de estos los hacen materiales no consistentes. El mismo autor sugiere una situación inadecuada cuando algunos genotipos presentan un $B < 1$, ya que si bien presentan una buena estabilidad, tienden a rendir menos mostrando rendimientos inferiores a los del promedio general.

Crossa (1990) argumenta que el análisis de regresión lineal no es informativo si la linealidad falla, es altamente dependiente del grupo de genotipos y ambientes incluidos y tiende a simplificar modelos de respuesta, explicando la variación debida a la interacción en una sola dimensión, cuando en la realidad ella puede ser bastante compleja. Situación que puede sustentar los resultados obtenidos en el presente estudio debido al rango de medias en el rendimiento obtenidas a través y dentro de las localidades.

A este respecto, en el estudio de la adaptabilidad y estabilidad se debe considerar según Becker (1981) la estabilidad en el sentido agronómico, es decir que en estos estudios se busca la obtención de materiales que respondan de manera positiva cuando se enfrente a estímulos o prácticas que busquen mejorar su comportamiento, es por esto que se puede afirmar que los genotipos evaluados muestran este tipo de estabilidad, demostrando variabilidad en cuanto a la predicibilidad debido a que estos podrían responder de manera positiva al incrementar estímulos en cuanto a condiciones edafoclimáticas.

Tabla 11. Parámetros de estabilidad para la variable rendimiento Kg.ha⁻¹ de ocho genotipos maíz (*Zea mays*L.) en los municipios de Buesaco, Matituy, San Bernardo y Tangua.

Genotipo	Media(β_0)	β_1		S²d	
INIAP 180 9M S1	3,11	3,11	**	2,53	**
PUNTILLA 2M S1	3,01	-0,02	**	0,07	**
ICA V.305	3,96	0,24	**	1,43	**
TL2007A 1807 23X24	3,45	3,47	**	0,44	**
POBLACION 19	5,52	1,32	ns	2,75	**
DK 10-40	3,52	0,11	**	0,38	**
TL2007A 1807 11X12	3,16	1,07	ns	0,05	**
TL2007A 1807 25X26	2,96	-1,30	**	0,02	Ns

** diferencias estadísticas 0,05%
 ns no hay diferencias significativas.

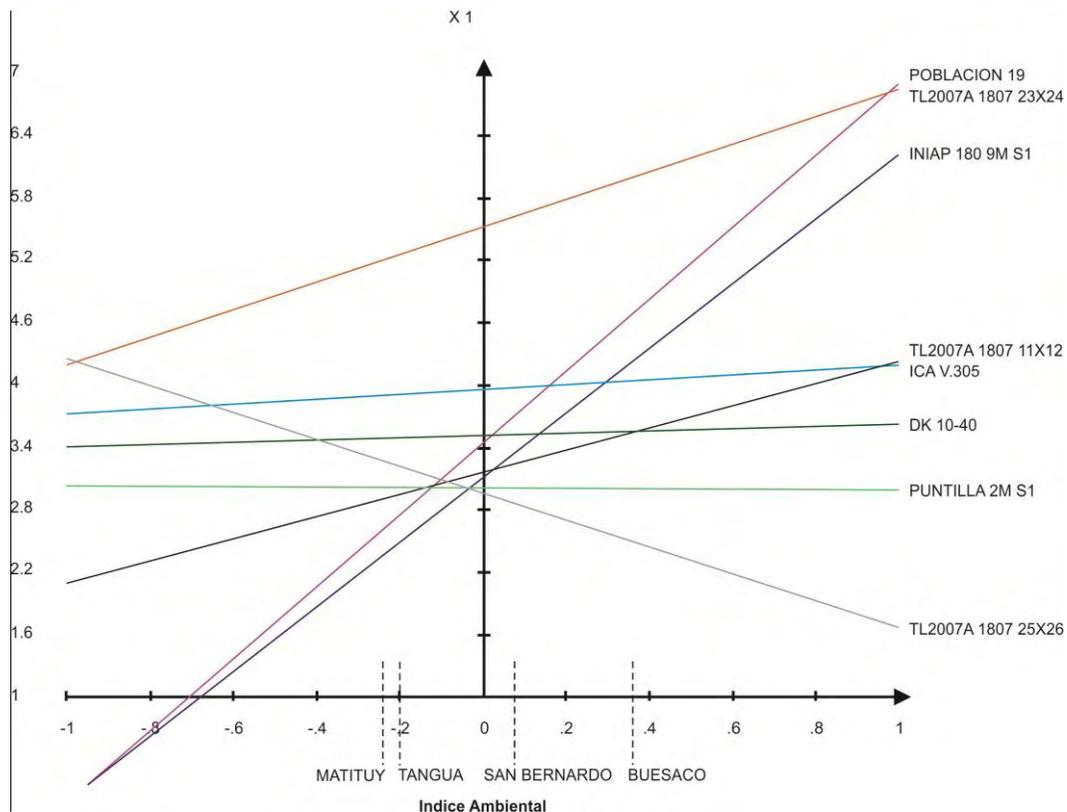


Figura 2. Estabilidad fenotípica de los genotipos POBLACION 19, TL2007A 1807 25X26, TL2007A 1807 23X24, INIAP 180 9M S1, DK 10-40, TL2007A 1807 11X12, ICA V.305 Y PUNTILLA 2M S1 a través de 4 ambientes de la zona andina de Nariño.

4.3.3 Análisis de estabilidad de Shukla para la variable rendimiento. En la tabla 12 se observa el análisis de varianza y la tabla de varianzas de estabilidad obtenida a partir de las medias de los rendimientos y los ambientes, como se puede observar, en este caso los tratamientos INIAP 180 9MS1, ICA V.305, TL2007A 1807 23 x 24, POBLACION 19, DK 10-40 Y TL2007A 1807 25X26, presentaron una varianza homogénea igual a 0, por lo que podemos concluir que estos son estables y adaptables a través de todos los ambientes. Los genotipos PUNTILLA 2M S1 y TL2007A 1807 11x12 resultaron ser inestables por cuanto la varianza de la estabilidad resultó ser diferente de 0. Podemos añadir además que mediante la aplicación de este análisis determinamos adaptabilidad y estabilidad a través de

todos los ambientes sin considerar alguna adaptabilidad específica de un tratamiento a un ambiente determinado.

Tabla 12. Análisis de varianza y varianzas de estabilidad de Shukla de ocho poblaciones de maíz amarillo evaluados a través de cuatro localidades de la zona andina de Nariño.

FdeV	GL	SC	CM	F	
Loc	3	0,2360479	0,078683		
Gen	7	5,0385705	0,719796		
Loc X Gen	21	4,9731045	0,236814	0,283237	Ns
δ^2 INIAP 180 9M S1	1	0,6448185	0,644819	0,771222	Ns
δ^2 PUNTILLA 2M S1	1	0,0035641	0,003564	0,004263	**
δ^2 ICA V.305	1	0,2985838	0,298584	0,357115	Ns
δ^2 TL2007A 1807 23X24	1	0,2204456	0,220446	0,263659	Ns
δ^2 POBLACION 19	1	0,5777748	0,577775	0,691036	Ns
δ^2 DK 10-40	1	0,0691158	0,069116	0,082665	Ns
δ^2 TL2007A 1807 11X12	1	-0,025426	-0,02543	-0,03041	**
δ^2 TL2007A 1807 25X26	1	0,1056391	0,105639	0,126347	Ns
Error	84	4,6804	0,05572		
S ² 0	96	80,269273	0,8361		

** diferencias estadísticas 0,05%
 ns no hay diferencias significativas.

En el desarrollo de programas de mejoramiento de plantas se han implementado diferentes metodologías de análisis que permitan estimar, cuantificar y usar eficientemente la interacción genotipo x ambiente (GE), con miras a incrementar dichos programas, al respecto vallejo *et al.* (2005), Afirman que entre estos sobresalen métodos como el de Shukla (1972) que estudian los componentes de varianza que hacen los diferentes genotipos a la varianza de la interacción GE, metodologías basadas en la regresión como Eberharth y Rusell (1966), encaminadas a hacer un estimación de la interacción GE y los métodos multivariados entre los que se encuentra el modelo AMMI que permite no solo

hacer una estimación de la interacción sino también hacer un uso más eficiente de la misma.

Huertas *et al.* (2009), evaluaron diferentes genotipos de maíz a través de varios ambientes productores en México aplicando diferentes metodologías para analizar su adaptabilidad y estabilidad, emplearon metodologías multivariadas como AMMI (Zobel *et al.*, 1988; Vargas y Crossa, 2000) y de genotipo x método de Eskridge (Sánchez, 1995; González *et al.*, 2007), univariadas, Finlay y Wilkinson (1963), Eberhart y Russell (1966), Shukla (1972) y Francis y Kannenberg (1978), justificando su trabajo en consideración con los problemas que enfrenta el fitomejorador para desarrollar cultivares superiores en tiempo y espacio.

Los autores mencionados encontraron, que los métodos univariados identificaron diferentes variedades como estables, citando los métodos evaluados en el presente trabajo, los autores mencionados encontraron que bajo el modelo de Shukla se identificaron 18 variedades estables, Eberharth y Russell 21 y el modelo AMMI por su parte permitió clasificar seis variedades como las más estables entre los ambientes, tres con los mejores rendimientos asociados a una localidad y nueve como los de mayor interacción genotipo por ambiente, concluyendo que de los métodos evaluados la técnica multivariada genotipo x ambiente es la más adecuada al agrupar a los genotipos por su estabilidad estática o dinámica.

Gonzales *et al.*, 2010 estudiaron la interacción genotipo x ambiente de 25 genotipos de maíz mediante la aplicación de varios los métodos univariados desviación estándar Francis y Kannenberg (1978), los parámetros de estabilidad (b_i y S^2_{di}) de Eberhart y Russell, (1966), la ecovalencia (W_i) de Wricke (1962), la varianza de estabilidad de Shukla (1972), los índices no paramétricos ($S_i(1)$ y $S_i(2)$) de Huehn (Nassar y Hühn 1987) y la medida de superioridad de un cultivar (P_i) de Lin y Binns(1988), entre sus resultados, los relacionados con la comparación sobre los métodos aplicados al presente trabajo, concluyen que la

varianza de estabilidad de Shukla(1972) y los parámetros de estabilidad de Eberhart y Russell (1966), coincidieron en la identificación de los mismos genotipos como adaptables, mencionando sin embargo las implicaciones de cada metodología en cuanto a estabilidad por cuanto Shukla considera un solo parámetro ambiental como referencia, mostrando estabilidad en aquellos genotipos adaptables, situación que puede explicar lo encontrado en el presente trabajo.

Al respecto estos autores mencionan que aunque el método de Eberhart y Russell (1966) es muy popular en la literatura especializada, es criticado debido a la dependencia de los efectos ambientales de las variedades usadas y la no linealidad de las respuestas de éstas al medio ambiente. Sin embargo, este método puede ser de gran utilidad para determinar adaptabilidad y por lo tanto, asociación genotipo x ambiente, al permitir la identificación y la recomendación de genotipos con la mayor respuesta a ambientes favorables y no favorables estabilidad dinámica o agronómica. Shukla, 1972, por su parte determina la estabilidad únicamente en sentido estático al considerar la varianza ambiental dentro más la varianza ambiental entre para cada genotipo, es decir la estabilidad en todos los ambientes.

Estos resultados concuerdan con las observaciones obtenidas para los dos métodos mencionados por cuanto al analizar el comportamiento de los genotipos de maíz, se pudo observar que en su interpretación para el caso de los parámetros Eberhart y Rusell, 1966 se obtuvieron genotipos que se destacaron por su adaptabilidad y estabilidad. Para el caso de Shukla, 1972 se observó la estabilidad de los genotipos identificados a través de las localidades en evaluación.

El comportamiento general de los genotipos para la variable rendimiento (RTO) demostró un comportamiento disperso con respecto a su concentración hacia el

eje principal del Biplot, al respecto Becker (1981), distingue dos tipos de estabilidad. Por una parte, la estabilidad biológica con un sentido homeostático, mediante el cual un genotipo mantiene un rendimiento constante en diferentes ambientes; este tipo de estabilidad no es deseable en la agricultura moderna, donde los genotipos deberían responder a las condiciones del medio mejoradas. En el presente trabajo se puede observar una situación contraria con este concepto debido posiblemente a la variabilidad exhibida en los tratamientos evaluados si consideramos su procedencia mostrando rendimientos variables en los ambientes de evaluación.

El mismo autor también menciona un segundo concepto al que denomina estabilidad agronómica, al cual se pueden ajustar los resultados obtenidos en el presente trabajo, este concepto implica que un genotipo es considerado estable si rinde relativamente bien respecto al potencial de los ambientes evaluados, mostrando una baja interacción con ambientes específicos. Al respecto se puede considerar la necesidad de evaluar los genotipos en rangos ambientales de mayor variación.

Por otra parte también se puede mencionar la necesidad de la evaluación en diferentes estados cronológicos. Según Fan *et al.*, 2007 la adaptabilidad fenotípica evalúa el comportamiento de los genotipos en localidades diferentes. Los estudios de adaptabilidad y de estabilidad fenotípica, para fines de mejoramiento, se refieren a la evaluación de la respuesta diferencial de los genotipos a la variación de las condiciones del ambiente. La evaluación de los cultivares se debe realizar en localidades representativas de la región y en varios años, para que se tenga seguridad en una recomendación

5. CONCLUSIONES

Matituy se comportó como la localidad en donde el periodo de días a cosecha fue menor, Buesaco por su parte mostro el mayor índice de prolificidad. La variable rendimiento se destacó por cuanto presento diferencias para los tratamientos en todas las localidades.

Según el modelo AMMI los genotipos POBLACION 19 y TL2007 A 1807 23X24 INIAP 180 e PUNTILLA 2M S1 fueron los más adaptables a las localidades de San Bernardo, Buesaco y Matituy. TL2007 A 1807 25x26 por su parte presento la mayor interacción a través de la localidades. El modelo identifico también a DK 10-40 con una adaptabilidad específica a Matituy y TL2007 A 1807 23X24 como el más adaptable a todas las localidades si ser el mejor en el promedio de rendimiento.

El modelo Eberhart y Rusell (1966), identifico al 75% de los genotipos evaluados como no adaptables y no predecibles a excepción de POBLACION 19 y TL2007A 1807 11X12 que presentaron un comportamiento adaptable y no predecible a través de todos los ambientes evaluados, mostrando a POBLACION 19 con un rendimiento superior.

Por medio de la estimación de la varianza de estabilidad de Shukla, 1972, se observó que los tratamientos INIAP 180 9MS1, ICA V.305, TL2007A 1807 23 x 24, POBLACION 19, DK 10-40 y TL2007A 1807 25X26, resultaron ser los más estables por cuanto su varianza resulto ser homogénea e igual a 0, por otra parte PUNTILLA 2M S1, y TL2007A 1807 11x12 mostraron ser inestables debido al comportamiento del rendimiento través de las localidades evaluadas.

El genotipo Población 19 presentó los mayores promedios de rendimiento a través de las localidades de Buesaco, San Bernardo y Matituy, comportandose como estable y adaptable analizado desde el modelo AMMI, adaptable y poco predecible con Eberhart y Rusell y adaptable y estable bajo el modelo Shukla.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda la continuidad en la evaluación del genotipo Población 19 bajo condiciones de una prueba de evaluación agronómica y pruebas semicomerciales en localidades con condiciones edafoclimáticas similares a las del presente estudio, con el fin de obtener su posible inscripción en el registro nacional de cultivares

BIBLIOGRAFIA

ABBOTT, L. y PISTORALE, S. 2011. Análisis de la estabilidad y adaptabilidad de caracteres de interés agronómico en genotipos selectos de cebadilla criolla (*Bromuscatharticus*). Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Nacional de Luján. CC 221 (6700) Luján. Buenos Aires. Argentina.

ACEVEDO, M., REYES, E. y CASTRILLO, W. 2010. Estabilidad fenotípica de arroz de riego en Venezuela utilizando los modelos LIN_BINNS y AMMI ESTABILIDAD FENOTÍPICA DE ARROZ DE RIEGO EN VENEZUELA En: *Agronomía Trop*, 60(2): 131-138.

AGRIOS, G. 2004. *Fitopatología*. Segunda edición, Limusa. México DF.

AGRONET, 2010. Estadísticas de productos agropecuarios. Publicación encuesta agrícola. Disponible en Línea: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/AnalisisEstadisticas/tabid/73/Default.aspx>. Consulta Septiembre 2011.

ARAYA, J. 1996. *Producción de Harinas*. Tesis para obtención de título Técnico Universitario en Industria Alimentaria. Universidad de Santiago de Chile. Consultada en Mayo de 2012. <http://www.usch.edu.ch>

BECKER, H. 1981. Correlation among some statistical measure of phenotypic stability. *Euphytica*. 30: 835-840.

BECKER, H. y LEON J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding* 101:1-23.

Below, F.E. 1997. Growth and productivity of maize under nitrogen stress. *In* G.O. Edmeades, M. Bänziger, H.R. Mickelson & C.B. Peña-Valdivia, eds.

Developing Drought and Low-Nitrogen Tolerant Maize. Proc. Symp., CIMMYT, El Batán, Mexico, 25-29 Mar. 1996. Mexico, DF, CIMMYT.

BERNAL, J. CAICEDO, S. y GUEVARA, E. 2001. Híbridos de maíz amarillo adaptados a suelos ácidos de la altillanura plana colombiana. CORPOICA. Cundinamarca, Colombia. 11p.

BUESACO, Sitio oficial de Buesaco - Nariño, en Colombia. <http://buesaco-narino.gov.co/sitio,shtml?apc=m-G1--&x=2606869>, Consulta: Septiembre, 2011.

CASA, R. REIS, E. y BLUM, M. 2004. Quantificação de danos causados por doenças de milho. Em: I Workshop de Epidemiologia de Doenças de Plantas. Resumo. Viçosa, MG. Brasil.

CRIOLLO, H. LAGOS, T.C. y RUIZ, H. 2000. Calidad de la semilla de maíz utilizada en algunas zonas maiceras de Nariño. En: Revista de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Vol, 17, No,2, p, 9-20.

CRIOLLO, H. LAGOS, T. PARDES, R. Y BENAVIDES. 2002. Comportamiento de materiales mejorados de maíz bajo diferentes niveles de Boro y Fosforo. En: Revista de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Vol, 19, No 1 -2, p, 168-177.

CROSSA, J. 1988. A comparison of results obtained with two methods for assessing yield stability. Theor. Appl. Genet. 75:460-467.

CROSSA, J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials, Adv, Agron, 44:55-85.

CROSSA, J., FOX, P. Y PFEIFFER, W. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. Theor Appl. Genet. 81:27-37.

CROSSA, J., GAUCH H. y ZOBEL, R. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. Crop Sci. 30:493-500.

CRUZ, C.D. 2006. Programa GENES. Biometría. Editor UFV. Vicososa. 382p

CRUZ, C. TORRES, R. y VENCOVSKY R (1989). An alternative and approach to the stability analyses proposed by Silva and Barreto. Rev. Bras. Genét. 12: 567-580.

DANE, 2004. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Secretaria. Técnica Comercio Exterior. Documento maíz tecnificado en Colombia.http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/maiz_tecnificado.pdf. Consulta: Septiembre 2011.

DANE, 2006. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Secretaria Técnica Comercio Exterior.<http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/maiztecnificado.pdf>. Consulta: Septiembre, 2011.

Eberhart, A. & Rusell, W. 1966. Stability parameters for comparing varieties, Crop Science, Vol 6 No 1, 36 – 44.

FAN, X.M.; M.S. KANG, H. CHEN, Y. ZHANG, J. TAN AND C. XU. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. Agronomy Journal 99:220-228.

FAO, 2010. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura, Pagina de Internet consultada en diciembre de 2011. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.

FENALCE, 2010, Federación nacional de cultivadores de semillas y leguminosas, Consulta en Mayo de 2012: http://www.fenalce.org/archivos/Coyuntura_cebada.pptx.pdf.

FINLAY, KW. y WILKINSON, GN. 1963. The analysis of adaptation in plant breeding program. Aust. J. Agric. Res. 14:742-754.

Fischer, K.S. & Palmer, A.F.E. 1984. Tropical maize. In P.R. Goldsworthy & N.M. Fisher, eds. *The physiology of tropical field crops*, p. 213-248. New York, NY, USA, J. Wiley & Sons.

GARCIA R., OSWALDO C. y ALVARADO T. 2006. Evaluación agronómica de una variedad y cuatro híbridos de maíz duro (*zea mays l.*), en la comunidad Porotuyacus, CantonArchidona. 8p.

GAUCH, H y ZOBEL, R. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. Theor. Appl. Genet. 76:1-10

GONZALES, T., MONTEVERDE, E., MARIN, C., PETRA, M, y MADRIZ, I. 2007, Comparación de tres métodos de para estimar estabilidad del rendimiento en nueve variedades de algodón, INTERCIENCIA, Vol, 32 N° 5, P, 344 – 348.

GONZÁLEZ, A., CASTELLANOS, J., VÁZQUEZ, L., RODRÍGUEZ, J., PÉREZ, L., DOMÍNGUEZ, A., MORA, F. Y BALBUENA, A. 2010. Identificación de variedades de maíz sobresalientes considerando el modelo

ammi y los índices de eskridge. *Agronomía Costarricense* 34(2): 129-143.
ISSN: 0377-9424

GORDON, R., BARRERA, J. y CAMARGO, I. 2010. Adaptabilidad y estabilidad de 20 variedades de Maíz, Panamá. *Agronomía mesoamericana* 21(1):11-20.

ICA. 1999. Instituto Colombiano Agropecuario. Resolución 716. 13p.

INTA, Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. 2008. Manual de recomendaciones del cultivo de Maíz. San José de Costa Rica, 72p.

LA FLORIDA. Un mejor lugar para vivir, sitio oficial de la florida en Nariño, Colombia, <http://lafloridanarino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m1t4--&m=f>, Consulta: Septiembre, 2011.

LAGOS, T., CRIOLLO, H. y CHECA, O. 2000. Evaluación de 19 materiales de maíz de clima frío en la zona del altiplano de Pasto. Departamento de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia)*, 17(2):9-20, P.

LIN, C., BINNS, M. Y LEFKOVITH, L. 1986. Stability analysis. Where do we stand?. *CropScience*. 26:894-900.

LOPEZ, H., HERRERA, B. y MUÑOZ, A. 1996. Prueba de cultivares criollos de maíz en la cordillera de Tezsto, Puebla. *Developing Drought-and Low N-Tolerant Maize*. CIMMYT. MEXICO. 290-292. 566p.

MALAGUTI, G. 1994. El maíz en ambientes tropicales y templados, Incidencia de enfermedades en ambos ambientes, En: *Revista de la Facultad de agronomía (Maracay)*, Vol, 20, Nos; p,1 – 11.

MARTINEZ, N. Y LIGARRETO, G. 2005. Evaluación de cinco genotipo de papa *Solanum tuberosum sp. andigena* según desempeño y calidad industrial. *Agronomía Colombiana-Bogota*. 23(1): 17-25.

MEDINA, S., MARÍN, C. y SEGOVIA, A. Evaluación de la estabilidad del rendimiento de variedades de maíz en siete localidades de Venezuela. *Agronomía Trop*. 52(3):255-275.

MURIEL, J. Y MENDEZ, L. 2002. Evaluación de dos líneas mejoradas de Maíz (*Zea Maíz L.*) tipo morocho en la vereda La Laguna – Municipio de Tuquerres. Tesis de grado (I. Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto-Colombia. 115p.

NARRO, L., PANDEY, S., DE LEON, C., PEREZ, J., SALASAR, F. y ARIAS, M. 1997. Integración de un programa de selección recurrente y de producción de híbridos de maíz (*Zea mays L.*) para suelos ácidos, p. 333-343. En: De León C, Et al, *Memorias IV Reunión Latinoamericana y XVII Reunión de la Zona Andina de Investigadores en Maíz*, Cereté y Cartagena, Colombia.

NAVAS A, A.; POSADA S., H.; Y PÉREZ B, J.C. 1991. Variedades de maíz para la zona cafetera: ICA V 305, ICA V 354. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Fenalce, Fondo Nacional Cerealista, ICA, Fedecafé. No. 263. Plegable divulgativo

NAVAS, A. Y CERVANTES, T. 1992. Selección en cruzas interraciales tropicales de maíz de México para adaptación a valles altos. *Agronomía mesoamericana*. Vol 3, pp 23-33.

ORDOÑES, J. 2006. Consolidado agropecuario. Secretaria de agricultura de Nariño. Edinar. Pasto, Colombia. P. 23-40.

ORTEGA, C, y ORTEGA, F, 2009, Comportamiento agronómico de 7 genotipos de maíz *zeamayz*L en tres localidades de clima medio en el departamento de Nariño. Tesis de grado (I. Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto-Colombia. 20 p.

ORTEGA, C., ORTEGA, F., MARTINEZ, F. 2010. Comportamiento agronómico de 7 siete genotipos de maíz *zea mayz* L. en tres localidades de clima medio en el departamento de Nariño. Revista de agronomía-Universidad de Nariño-pasto – Colombia. Vol. XXVII No. 1 (Pag. 18-26)

PANDEY, S., CEBALLOS, H. y GRANADOS, G. 1995. Registration of four tropical maize populations with acid-soil tolerance: SA4, SA5, SA6, SA7, Crop Sci, 34:1230-1231.

PARSONS, D. 2001. Maíz: Manuales para la educación agropecuaria. Editorial Trillas. México. 56 p.

PÉREZ, F., CARVALO, A., SANTACRUZ A., HERNADEZ, A. Y MOLINA ,J. 2007. Calidad fisiológica en semillas de maíz con diferencias estructurales. *Agric. Téc. Méx* [online], vol.33, n.1 [citado 2012-06-29], pp. 53-61 . Disponible en:<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000100006&lng=es&nrm=iso>.ISSN 0568-2517.

PERKINS, J. y JINKS, J. 1968. Environmental and genotype environmental components of variability. IV non-linear interactions for multiple inbred lines. *Heredity*, 23:525-535.

PORTER, G.A., KNIEVEL, D.P. & SHANNON, J.C.1987. Assimilate unloading from maize (*Zea mays* L.) pedicel tissues. I. Evidence for regulation of unloading by cell turgor. *Plant Physiol.*, 83: 131-136.

RAMÍREZ, R Y ANDRADE, L. 1972. Determinación de la madurez del grano de maíz en el híbrido Obregón y la variedad Tunapuy. *Agronomía Tropical*. 22(4), pp 391-396.

RUEDA, J. y COTES, J. 2009. Evaluación de dos métodos de estabilidad fenotípica a través de la validación cruzada, *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín* [en línea] 2009, vol, 62 [citado 2012-01-21], Disponible en Internet: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=179914590010>, ISSN 0304-2847.

SAN BERNARDO, Sitio oficial de San Bernardo en Nariño, Colombia, <http://sanbernardo-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=M1e1--&m=f&s=m>, Consulta: Septiembre 2011.

SAÑUDO, B y ARTEAGA, G. 1996. Perspectivas del maíz para regiones trigueras de Nariño, *Revista de ciencias agrícolas, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia*, 14 (1 y2): 69-72.

SAÑUDO, B. CHECA, O. y ARTEAGA, G. 2000. Evaluación por rendimientos de dos materiales mejorados de maíz morocho en 14 ambientes de la zona cerealista de Nariño, En: *Revista de ciencias agrícolas (Pasto)*. Vol. 17 No. 1; P, 203-217.

SEGOVIA, V Y PATERNIANI, F. 1983 evaluación de la selección masal con control biparental por prolificidad en maíz (*zea mays* L.), *Agronomía Tropical*. Vol. 33(6), pp 367-382.

SEMILLAS COLOMBIANAS S.A. SEMICOL. 2009. Portafolio de productos y servicios edición 2008/9. Bogotá- Colombia, 15p

SHUKLA, G. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29(2):237-245.

TOSQUY, V., PALAFOX, C., SIERRA, M., ZAMBADA M., MARTÍNEZ, M., y GRANADOS, R. 2005 Comportamiento agronómico de híbridos de maíz en dos municipios de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana*. 16: 7-12.

VALLEJO, F., ESPITIA, M., CHECA, O., LAGOS, T., SALAZAR, F. y E. RESTREPO. 2005. Análisis Estadístico Para los Diseños en Fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 249p.

VALLEJO, F. y ESTRADA E. 2002. Resistencia genética de plantas a enfermedades. En: Garces *et al.* VAN DER PLANK, J. E. 1968, *Disease Resistance in Plants*, First edition, Academic Press, New York & London.

VARGAS, E. VANEGAS, H. MOLINA, G, y LEMOS, G. 2010. Nuevo híbrido de maíz amarillo para la región Caribe húmedo FNC 115 – Galileo 33. En: *El cerealista*. FENALCE. Octubre – Diciembre, pp 22-27

VARON, F. y SARRIA, V. 2007, *Enfermedades del Maíz y su Manejo*, Instituto Colombiano Agropecuario, Palmira, Colombia.

WESTCOTT, B. 1986. Some methods of analyzing genotype environment interaction. *Heredity* 56:243-253.

YACUANQUER, Sitio oficial de Yacuanquer Nariño, en Colombia, <http://yacuanquer-narino.gov.co/sitio.shtml?apc=m-G1--&x=2606869>, Consulta: Septiembre, 2011.

ZOBEL, R. W, WRIGHT, MJ y GAUCH, H, G, 1988, Statistical analysis of a yield trial, *Agron, J*, 80:388-39.