

**Evaluación de la adaptabilidad y potencial de rendimiento de tres nuevos híbridos de maíz (Zea mays L.) amarillo en el Valle del Cauca.**

**Victor Alfonso Vallejo Serna**

**Trabajo de grado presentado para obtener el título de  
Agrónomo**

**Director:**

**Doctor. Oscar Eduardo Sanclemente Reyes**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD  
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente**

**2018**

## Resumen

El maíz *Zea mays L.* Es un cereal de alto valor nutricional altamente involucrado en la gastronomía nacional, en búsqueda de mejorar la tecnificación del cultivo y aumentar la producción interna, este estudio tuvo como objetivo evaluar la adaptabilidad y potencial de rendimiento de los híbridos de maíz amarillo SV 298, SV 292 y SV 775, bajo las condiciones agroambientales del Valle del Cauca. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro (4) repeticiones en las localidades centro experimental, localizado a 990 m.s.n.m., 3° 41' latitud N y 76° 18' longitud O, jurisdicción del municipio de El Cerrito y en la Hacienda "Estambul", localizada a 966 m.s.n.m., 4° 20' latitud N y 76° 10' longitud O, jurisdicción del municipio de Roldanillo, Valle. Los genotipos probados en este estudio fueron desarrollados por Semillas Valle y están cerca de su lanzamiento al mercado. La evaluación agronómica se realizó durante las dos temporadas de siembra de 2017. Con el fin de evaluar la estabilidad de los híbridos en diferentes entornos. Se realizó un análisis de varianza por localidad en cada temporada de siembra y también un análisis combinado entre localidades y estaciones, prueba de comparación de medias (Tukey) con una significancia del 5%, utilizando los cuatro entornos como la ubicación del factor y los genotipos como los tratamientos del factor. Los genotipos SV 775, DK 7088 y SV 558 obtuvieron un buen resultado por su potencial de rendimiento 10.9 t.ha<sup>-1</sup>, 10.8 t.ha<sup>-1</sup> y 10.2 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente superando en un 13.1%, 12.5% y 6.9% respectivamente al genotipo testigo IMPACTO con 9.2 t.ha<sup>-1</sup>. Se concluyó que SV 775 es una alternativa óptima para los agricultores del Valle del Cauca, ya que muestra valores óptimos de adaptabilidad, arquitectura de la planta, resistencia a enfermedades y rendimiento de grano.

**Palabras claves:** Cereal, productividad, beneficio/costo, competitividad, genotipo, semilla comercial.

## Abstract

Corn *Zea mays L* is cereal with highly nutritional value and a key component of the national diet. Our study aim to improve the technical level of corn national production and increase internal productivity by assessing the adaptability and yield potential of the yellow grain hybrids SV 298, SV 292 y SV 775 under the environmental conditions of the Cauca Valley. We used a randomized complete block design, with for replicates at two sites. The first site was the research center of Semillas Valle S.A. with coordinates: 3° 41' N and 76° 18' W and altitude of 990 m.a.s.l, close to El Cerrito, Valle. The second site was the experimental farm "Estambul" located at the coordinates 4° 20' N y 76° 10' W with an altitude of 966 m.a.s.l close to Roldanillo, Valle. The genotypes tested in this study were developed by Semillas Valle and are close to market release. The trials we conducted during the two planting seasons of 2017. In order to assess the stability of the hybrids across environments, we developed (i) analysis of variance at each site x season level and also a combined analysis across sites and seasons, (ii) mean comparison test (Tuckey) at the 5% significance level, using the four environments as the factor location and the genotypes as the factor treatments. The hybrids SV 775, DK 7088 y SV 558 showed high yield potential with 10.9 t.ha<sup>-1</sup>, 10.8 t.ha<sup>-1</sup> y 10.2 t.ha<sup>-1</sup> respectively. Additionally they obtained 13.1%, 12.5% y 6.9% more yield than the local check IMPACTO which obtained only 9.2 t.ha<sup>-1</sup>. We conclude that SV 775 is an optimal alternative for farmers of the Cauca Valley, as it displays optimal values for adaptability, plant architecture, disease resistance and grain yield.

**Key words:** Cereal, productivity, cost/benefit, competitiveness, genotypes, Commercial seed.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
1. Introduccion .....	1
2. Planteamiento del problema .....	2
2.1 Formulación de la pregunta de investigacion .....	2
3. Justificación .....	3
4. Hipotesis .....	5
4.1. Hipotesis nula.....	5
4.2. Hipotesis alternativa.....	5
5. Objetivos .....	6
5.1. Objetivo general .....	6
5.2. Objetivos específicos .....	6
6. Marco teórico .....	7
6.1 Origen y descripcion del maiz .....	7
6.2 Produccion de maiz en regiones tropicales y subtropicales .....	7
6.3 Definicion de híbrido .....	8
6.4 Produccion de semilla híbrida.....	8
6.5 Interaccion genotipo por ambiente (IGA) .....	10
6.5.1 Definicion y complejidad biologica .....	10
6.5.2 Implicaciones del IGA en el mejoramiento .....	11
6.6 Estabilidad y adaptabilidad .....	12
6.7 Diseño experimental .....	12
6.7.1 Diseño de bloques completos al azar (DBCA) .....	12
6.7.2 Ventajas y desventajas del DBCA.....	13
6.8 Modelo estadistico del DBCA.....	14
6.9 Analisis de varianza y comparacion de medias Tukey .....	15
7. Materiales y metodos .....	16
7.1. Ubicación ambientes de evaluacion.....	16
7.2. Genotipos evaluados .....	16
7.3. Descripcion del experimento.....	16
7.4 Variables evaluadas.....	17

7.4.1 Variables relacionadas con el crecimiento .....	17
7.4.2 Variables relacionadas con características agronómicas.....	18
7.4.3 Variables relacionadas con el rendimiento.....	20
7.5 Establecimiento del cultivo.....	22
7.5.1 Preparación del terreno.....	22
7.5.2 Surcado.....	22
7.5.3 Siembra.....	23
7.5.4 Fertilización.....	23
7.5.5 Control malezas.....	24
7.5.6 Control fitosanitario.....	24
7.5.7 Riego.....	25
7.5.8 Cosecha.....	26
7.5.9 Análisis de datos.....	27
8. Resultados y discusión.....	28
8.1 Variables relacionadas con el crecimiento.....	28
8.2 Variables relacionadas con la precocidad y madurez.....	29
8.3 Variables relacionadas con enfermedades de planta.....	31
8.4 Variables relacionadas con enfermedades de mazorca .....	32
8.5 Variables relacionadas con los componentes de rendimiento y Textura de grano.....	34
8.6 Variables relacionadas con el rendimiento .....	34
8.7 Rendimiento de grano a través de cada ambiente.....	36
9. Conclusiones.....	38
10. Recomendaciones.....	39
<b>Bibliografía .....</b>	<b>40</b>

## Lista de figuras

Figura 1: Toma de datos correspondientes a fecha de floración masculina y femenina .....	18
Figura 2: Toma de datos relacionados con características agronómicas (semestres 2017A y 2017B). A) Toma de alturas de planta y mazorca. B) evaluación de incidencia y severidad de enfermedades en prefloración y postfloración. C) conteo de mazorcas sanas y enfermas, aspecto de mazorca, tipo de grano, enfermedades de grano.....	19
Figura 3: Toma de datos variables relacionadas con el rendimiento (semestres 2017A y 2017B). A) conteo de mazorcas cosechadas y peso sin desgranar. B) Desgrane mecánico de las muestras. C) peso de la muestra desgranada y prueba de humedad .....	21
Figura 4: Labor de adecuación del terreno, surcado del experimento. ....	22
Figura 5: Labor de siembra manual del experimento .....	23
Figura 6: Labor de fertilización manual del experimento.....	24
Figura 7: Equipo de trabajo realizando labores de control fitosanitario de plagas, enfermedades y malezas.....	25
Figura 8: Riego del experimento por aspersión con pivote central. ....	26
Figura 9: Cosecha manual del experimento.....	26
Figura 10: Variables relacionadas con el crecimiento del maíz, combinado de cuatro ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca.....	29
Figura 11: Variables relacionadas con la precocidad y madurez de planta, combinado de cuatro ambientes en el Valle Geográfico Del Rio Cauca. ....	30
Figura 12: Incidencia de enfermedades foliares en post floración (escala de 1-9 donde 1= Todas las hojas sanas; 9= 91-100% hojas afectadas). Combinado de cuatro localidades en el Valle Geográfico Del Rio .....	32
Figura 13: Enfermedades de mazorca, combinado de cuatro ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca.....	33
Figura 14: Rendimiento de grano, combinado de cuatro ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca.....	35
Figura 15: Rendimiento de grano por ambiente en $t.ha^{-1}$ .....	37

## Lista de anexos

Anexo A: Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las variables relacionadas con el crecimiento y volcamiento.....	44
Anexo B: Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de variables relacionadas con la precocidad y madurez de la planta.....	45
Anexo C: Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con Enfermedades de planta.....	46
Anexo D: Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con Enfermedades de Mazorca.....	47
Anexo E: Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con los componentes de rendimiento y textura de grano.....	48
Anexo F: Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con el rendimiento de grano. ....	49
Anexo G: Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con el Rendimiento por ambiente.....	50
Anexo H: Datos climáticos correspondientes al año 2017. Centro experimental de Semillas Valle. Municipio de El Cerrito.....	51
Anexo I: Climograma correspondiente al año 2017. Centro experimental de Semillas Valle. Municipio de El Cerrito. ....	51
Anexo J: Datos climáticos correspondientes al año 2017. Hacienda Estambul de Semillas Valle, municipio de Roldanillo.....	52
Anexo K. Climograma correspondiente al año 2017. Hacienda Estambul de Semillas Valle, municipio de Roldanillo.....	52
Anexo L: Analisis de suelo y extractos. Centro experimental. Semillas Valle S.A. ....	53
Anexo M: Analisis de suelo y extractos. Hacienda Estambul. Semillas Valle S.A... ..	54

## 1. Introducción

En el año 2005 unos de los principales departamentos productores de maíz tecnificado en Colombia era el Valle del Cauca con participación del 12.5% en el área sembrada, al 2017 esta participación se ha visto reducida a 5,2 % (Federación nacional de cultivadores de cereales y leguminosas – FENALCE, 2017). Lo anterior debido al aumento de las importaciones con la implementación de tratados de libre comercio y la difícil situación de producción de los pequeños y medianos agricultores que carecen de recursos para la adquisición de semilla mejorada debido al elevado costo, además de no contar con la tecnificación necesaria para lograr la máxima expresión de rendimiento de los híbridos comerciales introducidos en el mercado, promoviendo la expansión del monocultivo de la caña de azúcar en el departamento.

Por lo tanto aspectos como la innovación, la creación e implementación en la región maicera de clima cálido y medio del Departamento del Valle del Cauca, de nuevas tecnologías que permitan incorporar a las comunidades de pequeños y medianos agricultores en la producción de maíz y la de sus comunidades vecinas con estándares de buena calidad, se convierten en factores cada vez más relevantes en el ejercicio de la agricultura sostenible y promoción en el desarrollo de sistemas de producción diversificados, permitiendo incrementar los rendimientos de los cultivos en relación con los monocultivos y minimizando la degradación del suelo y uso eficiente del recurso hídrico.

En consecuencia se encuentra la necesidad de realizar innovación científica en maíz, unida al desarrollo tecnológico para solucionar el limitante de producción, mejorar rentabilidad y calidad nutricional en comunidades de agricultores rurales. Motivo por el cual la compañía Semillas Valle S.A. solicitó la evaluación de cuatro localidades en campo para los genotipos de maíz amarillo SV 298, SV 292, SV 775 y los testigos comerciales DK7088 Y IMPACTO para la Región natural valle geográfico del río Cauca (VGRC). Este proyecto tiene como objetivo obtener el registro de híbridos en la zona, que se destacan por mejor rendimiento, sanidad y textura de granos, para los mercados de grano amarillo, para consumo humano e industrial, pero ante todo en busca de garantizar que los agricultores de baja tecnificación tengan la accesibilidad a híbridos mejorados y adaptados a las condiciones agroambientales de la región, garantizando que esta innovación conlleve un plan de trabajo que asegure fuentes de empleo permanentes en todos los niveles productivos.



## **1. Planteamiento del problema**

En Colombia la producción de maíz no satisface la demanda interna siendo uno de los principales importadores de maíz en el mundo. Con la implementación del TLC con los Estados Unidos desde el año 2012 se incrementó las importaciones del cereal, afectando la producción interna debido a los altos costos de producción comparados con los bajos precios de venta fijados, dejando la actividad como poco viable económicamente comparada con otras formas de inversión, tal como ha sucedido en el departamento del Valle del Cauca donde en los últimos 12 años a disminuido notablemente su participación en el área sembrada (FENALCE, 2017).

Sumado a lo anterior se tiene los altos costos de adquisición de semilla mejorada, siendo esta inaccesible para los pequeños y medianos productores, con áreas sembradas no mayores a 5 ha, los cuales conforman el 85% de la producción. Cerca de 200.000 familias se sustentan de esta actividad, utilizando sistemas de producción tradicional (CONFECAMPO, 2008). Teniendo en cuenta que Colombia es deficitaria en producción de maíz, surge un desafío atrayente para los agricultores en búsqueda de incrementar la productividad, mediante la transición de siembra tradicional a siembra tecnificada, con el propósito de contrarrestar la dependencia a las importaciones.

Actualmente la semilla mejorada de híbridos de maíz que se encuentra en el mercado, corresponde en su mayoría a materiales globales desarrollados por compañías multinacionales y no a materiales desarrollados para mejorar las condiciones de producción en una región específica, generando información de esta zona que permita conocer la respuesta genético ambiental del cultivo.

Surge entonces, la necesidad de investigación, en tecnologías eficientes que aporten una posible solución al problema, Una de estas alternativas, consiste en la evaluación de 3 nuevos híbridos de maíz amarillo en el Valle del Cauca proporcionando información que genere mejores alternativas de producción y accesibilidad de semilla mejorada a pequeños y medianos agricultores de la región, apoyando la tecnificación del cultivo e incrementación de la producción en comunidades de agricultores con recursos limitados.

### **2.1 Formulación de la pregunta de investigación**

¿Son los híbridos de maíz amarillo SV 298, SV 292 y SV 775, en las condiciones agroambientales de zona plana del Valle del Cauca, mejor adaptados y presentan mayor rendimiento que los híbridos comerciales DK7088 e IMPACTO?

## 2. Justificación

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, desde su autonomía académica, simpatiza por la formación básica específica, el fomento del espíritu científico o investigativo y, la formación Socio- humanista, articulada al Proyecto Académico Pedagógico Solidario PAP'S (Vicerrectoría Académica y de Investigación - VIACI UNAD, 2011). Precisamente el carácter investigativo y Socio-humanista de la UNAD posibilita su acción en torno al diagnóstico y solución de problemas que presentan diferentes sectores sociales y productivos de nuestro país.

La escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA, bajo esta mirada de la UNAD se identifica por el fomento de la investigación enfocada al desarrollo de nuevas tecnologías que planteen alternativas de solución a los actuales problemas de producción agropecuaria, siendo algunos de los problemas a abordar mediante el enfoque sistémico investigativo, la situación actual de producción de maíz amarillo tecnificado en el departamento del Valle del cauca.

Actualmente en Colombia se siembra aproximadamente 398.554 ha de maíz, de las cuales el 53.5% corresponde a maíz tecnificado con una productividad promedio de  $5.8 \text{ t.ha}^{-1}$ , mientras que el maíz tradicional presenta una productividad promedio de  $2 \text{ t.ha}^{-1}$ . El principal productor de maíz amarillo tecnificado en Colombia es el departamento del Meta con una participación del 38.7% de la producción nacional, seguido del departamento de Tolima con el 11.7%, El Valle del Cauca ocupa el octavo puesto con una participación del 5.2% de la producción (FENALCE, 2017).

En medio de los años 2005 y 2017 se evidencio la disminución en el área sembrada, aunque la producción nacional incremento debido a la tecnificación del cultivo obteniendo mayores rendimientos que en áreas con cultivo tradicional, logrando obtener en el año 2017 una producción nacional de 1.6 millones de toneladas de grano. El contraste entre los dos sistemas de cultivo, se basa principalmente de que en el cultivo tecnificado, se emplea semilla proveniente del mejoramiento genético (híbridos o variedades) y se emplea algún nivel de mecanización en el proceso productivo. Aunque la producción nacional no sacia la demanda y por lo tanto Colombia es uno de los principales importadores de maíz en el mundo (FENALCE, 2017).

El bajo promedio en la producción nacional de maíz, también es efecto del cambio del uso del suelo, la siembra de germoplasma de restringida adaptación que trae como impacto la inconsistencia en la producción de grano y el incumplimiento de la demanda interna del mismo. La limitada adaptación genera alta susceptibilidad del cultivo a los cambios ambientales y a los problemas que estos ocasionan como la aparición de plagas y enfermedades (Narro, 2017).

Teniendo en cuenta estos aspectos, se hace necesario generar alternativas de producción para los pequeños y medianos agricultores, desarrollando germoplasma adaptado a nuestras propias condiciones de producción y con buen potencial de rendimiento, con niveles de resistencia a plagas y enfermedades que favorezcan la producción interna de grano y de alto valor nutricional que contribuya a mejorar la producción agrícola en las comunidades de pequeños y medianos agricultores, ampliando y mejorando las fuentes de empleo permitiéndoles mejorar su calidad de vida y las de sus familias.

Dado a lo anterior se evidencia la importancia de la evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento de los tres nuevos híbridos de maíz amarillo en el valle del Cauca con los cuales la compañía Semillas Valle S.A. busca promover el desarrollo agroindustrial en comunidades de agricultores sin tecnificación. Esta investigación pretende también aplicar competencias y conocimientos propios del programa de formación en Agronomía de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, contribuyendo al mismo tiempo al desarrollo de proyectos agrarios y buena administración de recursos naturales, preocupándose por impulsar la motivación y organización de la comunidad, en particular de los pequeños agricultores en búsqueda de resultados específicos que permitan mejorar la calidad de vida de la sociedad rural.

### **3. Hipótesis**

#### **4.1. Hipótesis nula**

Los híbridos de maíz amarillo SV 298, SV 292 y SV 775, al menos uno difiere estadísticamente de los materiales testigos DK7088 e IMPACTO en cuanto a adaptabilidad y rendimiento.

#### **4.2. Hipótesis alternativa**

Los híbridos de maíz amarillo SV 298, SV 292 y SV 775, no difieren estadísticamente de los materiales testigos DK7088 e IMPACTO en cuanto a adaptabilidad y rendimiento.

## **5. Objetivos**

### **5.1. Objetivo general**

Evaluar la adaptabilidad y potencial de rendimiento de los híbridos de maíz amarillo SV 298, SV 292 y SV 775, bajo las condiciones agroambientales del Valle del Cauca.

### **5.2. Objetivos específicos**

- Evaluar la adaptabilidad de los híbridos de maíz amarillo SV 298, SV 292, SV 775, y comerciales DK7088 e IMPACTO, mediante la medición de algunas variables agronómicas en diferentes estados fenológicos.
- Estimar el potencial de rendimiento de híbridos de maíz amarillo en la zona, destacados por mayor rendimiento, sanidad y textura de granos, para los mercados de consumo humano e industrial y recomendar su producción en la región.
- Generar información sobre la respuesta de tres nuevos híbridos de maíz (*Zea mays* L.) amarillo, bajo las condiciones agroambientales del Valle del Cauca, con el propósito de ofrecer nuevas alternativas de producción.

## **6. Marco teórico**

### **6.1 Origen y descripción del maíz**

El maíz es originario de América. Según investigaciones realizadas sugieren que el maíz fue domesticado en las montañas del centro de México hace cerca de 10.000 años (Wang et al. 1999). A partir de su lugar de domesticación el maíz se dispersó a diversas zonas climáticas de América y el resto del mundo. Se asume que el maíz tuvo origen a partir de su pariente silvestre teosinte y su proceso de domesticación implicó la siembra y cosecha selectiva de plantas con mazorcas grandes, menos mazorcas por planta y mayor número de granos por mazorca, transformando un pasto que no era útil para la alimentación humana en un cultivo de gran valor (White & Doeblley, 1998).

El maíz es una gramínea que pertenece a la familia Poaceae, de tipo monoica con flores estaminadas (masculinas) que corresponden a la espiga y flores pistiladas (femeninas) que corresponden a la mazorca. Su ciclo de vida incluye estados vegetativos y reproductivos que tienen una duración promedio de 125 días. El ciclo inicia con la germinación de la semilla, continua con el crecimiento de la planta y termina con el secamiento o pérdida de humedad en la semilla madura. Por naturaleza el maíz es una planta de polinización cruzada (Ritchie, Hanway & Benson, 1986), sin embargo, el maíz puede ser manualmente autopolinizado. La autopolinización llevada a cabo en sucesivas generaciones produce plantas homocigotas en cada uno de sus *loci* en un porcentaje que puede alcanzar 99%, estas plantas son denominadas líneas endocriadas y son la base para formar híbridos comerciales y variedades o sintéticos mejorados (Kooner, 2008).

### **6.2 Producción de maíz en regiones tropicales y subtropicales.**

El maíz en países tropicales es sembrado en varios ambientes, más de los que se siembran en países de clima templado. En estos lugares el maíz ha sido labrado de manera tradicional durante siglos, en donde las variedades locales han venido siendo mejoradas por los propios agricultores, quienes continúan utilizándolas. La baja producción del maíz en zonas tropicales se debe a diferentes factores entre los cuales tenemos el clima, días cortos, periodo de crecimiento breve, baja intensidad de la radiación, altas temperaturas nocturnas y factores bióticos y abióticos (Lafitte, 2000). También se evidencia una baja producción del grano en ambientes tropicales, debido a escasos recursos que garanticen el desarrollo del cultivo en regiones marginales. (Smith & Paliwal, 1996).

Los cultivos tropicales con excepción del arroz y unos pocos cultivos industriales han tenido un progreso lento en cuanto al mejoramiento genético, a diferencia del cultivo de maíz en zona templada, sobre el cual encontramos numerosa

información de carácter científico. Paliwal & Sprague (1981), expresaron diferentes desventajas que se presentan en el mejoramiento genético del cultivo de maíz en países tropicales, entre las cuales tenemos limitación de recursos para la investigación haciéndola lenta y tardía, además de carecer de una amplia base genética.

Muchos de los países en desarrollo, por medio de las escuelas de agricultura en donde había un numeroso agrupamiento de personal científico iniciaron la investigación para el mejoramiento genético del maíz; en medio de los años 1960 y 1970, mediante la creación de instituciones nacionales de investigación agrícola, las cuales fueron transformándose en importantes centros de investigación en maíz. En la actualidad los institutos nacionales, universidades agropecuarias y el sector privado, han adquirido la responsabilidad de investigar y generar conocimiento científico que fortalezca los programas de investigación y desarrollo sobre el cultivo de maíz, readquiriendo la importancia del cultivo en su economía (Dowswell, Paliwal & Cantrell, 1996).

### **6.3 Definición de híbrido**

El autor Paliwal (s.f.) cita que el cruce entre dos genotipos diferentes da origen a un híbrido, el cual hace referencia a la primera generación o F1. Existen varios tipos de híbridos desarrollados en los proyectos de mejoramiento con el propósito de obtener la mezcla de distintos caracteres de los diversos genotipos. En el caso del cultivo del maíz se busca por medio del mejoramiento genético, suplir un requerimiento particular por lo cual el híbrido F1 es empleado para la producción comercial. En consecuencia el híbrido seleccionado debe exponer un elevado grado de heterosis ocasionando que el cultivo y su producción sean económicamente factibles.

### **6.4 Producción de semilla híbrida**

Un elemento clave para alcanzar niveles competitivos en la producción de maíz a nivel mundial es utilizar semilla mejorada genéticamente (Espinosa, 2004), teniendo en cuenta el imparable aumento de la población mundial, la industria de producción de semillas desempeña un papel protagónico, suministrando a los agricultores semillas con altos estándares de calidad que garanticen mayor rendimiento y beneficios en manejo agronómico, permitiendo reducir el costo de producción (Asociación de semillas de las américas - ASA, 2009).

No obstante como respuesta a nuevos retos en la producción mundial de maíz, la industria de producción de semillas cruza por un relevante progreso, en donde América del Norte, Central y del Sur lleva a cabo una labor fundamental en el interior del continente y a nivel mundial, con la producción y comercialización de

semillas (ASA, 2009), dado que la semilla mejorada genéticamente ha sido un elemento esencial en el crecimiento de la productividad del maíz y beneficios en rentabilidad para los agricultores (CIMMYT, 2012). En el año 1920 los híbridos de maíz empezaron a tomar importancia en Estados Unidos, reemplazando a las variedades de polinización abierta, en un principio se demostró un 15 % de mayor rendimiento de los híbridos frente a las variedades, siendo estos cada vez más adoptados por los agricultores, debido también a otras características favorables como la resistencia al acame de tallo y raíz, mayor uniformidad y la accesibilidad a la mecanización en los cultivos lograda en 1930 (Duvick, 1999).

La utilización de los híbridos en el cultivo de maíz se adoptó por parte de los agricultores con gran fuerza e incremento en Canadá y Estados Unidos, seguidamente en Europa en el año 1950 y posteriormente en países tropicales en el año 1960 (Duvick, 1999). Los híbridos presentan superioridad en rendimiento frente a las variedades de polinización abierta, la cual varía dependiendo del tipo de híbrido; 46% en híbridos simples, 30% en híbridos triples, 37% en híbridos dobles (Paliwal, 2001). Aunque al año 2010 se pudo evidenciar en los híbridos cultivados más competitivos una superioridad en el rendimiento entre el 50% a 100% frente a las variedades a polinización abierta (Kutka, 2011).

Existen varios factores entre uniformidad, rendimiento y estabilidad los cuales se deben tener en cuenta en el momento de seleccionar el tipo de híbrido a cultivar, de igual forma es un factor importante los recursos y el sistema de producción a utilizar, dado que en grandes áreas mecanizables y con tecnificación se procura obtener uniformidad y rendimiento, lo cual es concedido por un híbrido simple, caso contrario en una zona de bajos recursos y/o efectos climáticos y fitopatológicos adversos en donde la uniformidad puede ser una desventaja, adquiriendo protagonismo por su estabilidad y adaptabilidad los híbridos dobles y triples (Hallauer & Carena, 2009).

El mejoramiento tradicional de maíz en la actualidad está basado fundamentalmente en la formación de híbridos, mediante el desarrollo de líneas endocriadas por auto-fecundación, la obtención de cruces entre las líneas derivadas y el reconocimiento de híbridos que presentan en diferentes ambientes un rendimiento estable, propiciando la obtención de los mejores híbridos para el uso y beneficio por parte de los agricultores (Hallauer & Carena, 2009). En consecuencia los proyectos de mejoramiento genético y las normas gubernamentales referentes a la producción de semillas, se convirtieron en importantes instrumentos al momento de ofrecer un medio de garantía en el uso de semilla mejorada (ASA, 2009).

Los híbridos de maíz comparados con las variedades expresan mayor homogeneidad en floración, altura de planta, altura de mazorca y maduración, superioridad respecto a vigor, resistencia al volcamiento de tallo y raíz, mayor sanidad y rendimiento de grano (Castañedo, 1990). A inicios del año 1920 fue



creado el primer híbrido de maíz con fines comerciales (Wych, 1988) y seis años más tarde Henry Wallace, un joven estudiante estadounidense que en años posteriores se desempeñó como secretario de agricultura y vicepresidente de los Estados Unidos, creó Pioneer Hybrid, empresa pionera en comercialización de semilla de maíz híbrido, llevándolo años más tarde a ser acreedor de un premio de productividad de maíz en Iowa (Teichert et al, 2009), dando inicio a un época en donde los agricultores norteamericanos se interesaron en los híbridos recién lanzados, debido evidentes diferencias respecto al desempeño de estos frente a las variedades existentes en el mercado.

De este modo comienzan a emerger los programas de fitomejoramiento a nivel mundial, aplicando métodos de purificación, selección, mejoramiento y cruzamiento de líneas, en búsqueda de identificar las combinaciones más sobresalientes con superioridad en rendimiento y un alto grado de adaptación que contenga cualidades agronómicas favorables, permitiendo la mecanización y tecnificación de grandes extensiones de cultivo (Teichert et al, 2009).

## **6.5 Interacción genotipo por ambiente (IGA)**

### **6.5.1 Definición y complejidad biológica**

Los caracteres visibles de un genotipo se definen por dos factores fundamentales que son la herencia genética y las características del ambiente particular en donde se desarrolla el individuo, estos caracteres visibles corresponden al fenotipo, el cual se puede observar, medir y analizar, en tanto el genotipo no se puede observar a simple vista, pero a través de diversos métodos de análisis genéticos se puede deducir mediante el fenotipo. Un genotipo puede responder al ambiente expresando diferentes fenotipos como consecuencia de la Interacción Genotipo Ambiente (IGA). Específicamente un mismo genotipo puede presentar diferentes características visibles dependiendo del ambiente (Puertas, 1992).

Cuando los cambios ambientales traen diferentes consecuencias en los distintos genotipos, podemos afirmar que hay presencia de la IGA; en otras palabras, la interacción genotipo ambiente surge de la diferente respuesta de un genotipo a los cambios ambientales (Fox et al, 1997). La IGA es un aspecto que se debe considerar en el fitomejoramiento, dado que dependiendo de la reacción de un genotipo a factores ambientales opuestos en etapas vitales de su desarrollo se puede alterar su estabilidad de rendimiento (Crossa et al, 1991). La IGA es la causa que más se interpone en el reconocimiento de genotipos concretos para ambientes determinados (Snedecor & Cochran, 1980).

En el fitomejoramiento, tener en cuenta la IGA es primordial para garantizar una eficiente técnica de selección, dado a que generalmente los principales atributos que se buscan obtener por medio del mejoramiento son métricos, los cuales

expresan distribución continua y tienen herencia poligénica, siendo estos altamente afectados por las variantes ambientales. Por consiguiente la buena interpretación de la IGA, contribuye a la exitosa explotación de los resultados favorables de la interacción, al igual que compensar los efectos negativos del ambiente respecto a la evaluación de genotipos y recomendación de cultivares (Chaves, 2001).

### **6.5.2 Implicaciones de la IGA en el mejoramiento**

Los autores Pandey & Vargas (1985), afirman que usualmente en el fitomejoramiento se procura desarrollar plantaciones con un rendimiento estable y otras cualidades agronómicas apetecidas en medio de un extenso rango de situaciones ambientales. En caso de que una característica sea dominada por genes limitados (herencia Mendeliana), la IGA no es un origen fundamental de variación. Entre tanto cuando una característica es dominada por diversos loci con pocos efectos, manifestando variaciones adicionales dominantes y epistáticas (herencia cuantitativa), la IGA logra un valor superior; teniendo en cuenta que diversas clases de efectos generados por los genes, interaccionan con el medio ambiente impactando en la manifestación del fenotipo.

En el transcurso de los años ha sido admitida por parte de los fitomejoradores las consecuencias de la IGA en el mejoramiento genético vegetal y animal (Yan & Kang, 2003). Reconociendo que la IGA genera un efecto desfavorable en la heredabilidad. Los autores Allard & Bradshaw (1964), se refirieron a la importancia de la IGA para los fitomejoradores debido a que esta minimiza la correlación entre genotipo y fenotipo colaborando en la alterabilidad genética en diversos ambientes. Es significativamente determinante en la elección del número de ambientes en donde se pretende evaluar los genotipos, estar informado sobre factores ambientales y la relevancia de la IGA, con el propósito de obtener la exactitud requerida en la medición de las variables entre genotipos. Por otra parte contribuye a definir si es fundamental el desarrollo de plantaciones para la totalidad de ambientes de interés o para ambientes específicos (Yan & Kang, 2003).

Entre las posibilidades de minimizar la IGA Eberhart (1970), expresa que la variación en el genotipo puede estar influenciada por la cantidad de ambientes en que es evaluado, por ejemplo, para la evaluación de familias  $S_1$  es necesario de 3 a 4 ambientes, en tanto que para la evaluación de familias de medios hermanos es necesario 7 o más ambientes de evaluación. Sprague & Eberhart (1977), sugieren ampliar la cantidad de ambientes de evaluación para la realización de ensayos, en caso de que la IGA sea causa de circunstancias ambientales impredecibles. De igual modo la variabilidad en los genotipos se puede minimizar implementado apropiados diseños experimentales.

## **6.6 Estabilidad y adaptabilidad**

En publicaciones realizadas por los autores Eberhart & Russell (1966), fueron mencionados diferentes resultados concluyendo que la estabilidad en una variedad se presenta cuando no hay interacción con el ambiente, pero la respuesta a los cambios ambientales es satisfactoria. Hanson (1970) a través de sus correspondientes estudios propuso, que la estabilidad en un material se demuestra cuando se obtiene una mínima variación en el rendimiento sobre todas las localidades de evaluación. De igual manera Heinrich *et al* (1983), expreso que la estabilidad hace referencia a la capacidad de un genotipo de eludir una variación significativa en el rendimiento cuando es evaluado en varios ambientes. Laing (1978), reseño uno de los significados más concretos que se encuentra sobre estabilidad, definiéndola como la reacción de un genotipo a las diferentes condiciones ambientales en una localidad en particular. Este autor adicionalmente diferencia la estabilidad espacial refiriéndose a esta como la variante entre replicas dentro de una misma localidad y la estabilidad temporal definiéndola como las variantes de una localidad a otra.

La capacidad o cualidad de un genotipo que le facilita transformar los principios de la adaptación en consecuencia a diversas presiones de selección, se le define como adaptabilidad, en tanto la condición de ajustarse a un ambiente determinado se le define adaptación (Simmonds, 1979). Laing (1978), califico la adaptabilidad como la reacción de un genotipo al ser plantado en diferentes ambientes. El autor aclaro este concepto con mayor especificación dando origen a la expresión de adaptabilidad amplia refiriéndose a esta como la actuación de los genotipos en una gran variedad de ambientes y adaptabilidad especifica como la actuación de los genotipos en un conjunto reducido de ambientes.

## **6.7 Diseño experimental:**

### **6.7.1 Diseño de bloques completos al azar (DBCA)**

Según los autores Argüelles & Carvajal 2013, El diseño de bloques completos al azar (DBCA) es de gran utilidad, principalmente en experimentación de campo, cuando no es posible asegurar suficiente homogeneidad en las unidades experimentales. El concepto de bloques fue introducido por Fisher en 1925, quien observó que los campos experimentales en agricultura presentaban heterogeneidad en la fertilidad del suelo, lo que no facilitaba la asignación de los tratamientos de un lugar a otro.

Se sabe que en condiciones de campo las unidades experimentales contiguas responden de manera similar a la asignación de un tratamiento, mientras que en unidades experimentales distantes la respuesta a un mismo tratamiento puede

diferir significativamente. El bloque o bloqueamiento permite la partición de la variabilidad existente en el campo experimental, después de la asignación de los tratamientos, en los siguientes componentes (Melo et al, 2007).

- Variación entre tratamientos, es decir, diferencias entre tratamientos.
- Variación dentro de bloques.
- Variación entre bloques.

El DBCA se caracteriza porque todos los tratamientos aparecen solo una vez en cada uno de los bloques (o repeticiones); requiere que los tratamientos se asignen de manera aleatoria a las unidades experimentales independientemente en cada bloque. En experimentación agrícola, los bloques se ubican perpendicularmente al gradiente de fertilidad o a cualquier otro gradiente detectado en campo (pendiente o humedad, entre otros), en tanto que las unidades experimentales dentro de cada bloque deben disponerse paralelamente respecto al gradiente.

### **6.7.2 Ventajas y desventajas del DBCA**

De acuerdo con Cochran & Cox (1965), las principales ventajas de este diseño son:

- Este diseño es más eficiente que el DCA, debido a que existe una fuente más de variación constituida por los bloques, siempre y cuando existan diferencias reales entre estos.
- Los valores de las unidades experimentales perdidas por cualquier factor ajeno al experimento, pueden ser estimados mediante covarianza o utilizando una metodología propuesta por Yates.
- Existe ortogonalidad entre bloques y tratamientos, debido a que cada tratamiento aparece una vez en cada bloque, y a que cada uno de los bloques contiene todos los tratamientos.

Por lo anterior, el análisis estadístico es sencillo de ejecutar, aún con pérdida de unidades experimentales.

Las desventajas, planteadas por los mismos autores, son:

- Cuando el número de tratamientos es elevado, este diseño se vuelve inapropiado, puesto que al aumentar el tamaño de los bloques aumenta en consecuencia la variabilidad dentro de los bloques y, por ende, la magnitud del error experimental.
- Cuando existe una alta variabilidad en las unidades experimentales, y además se está evaluando un número elevado de tratamientos, el DBCA es inapropiado. Existen alternativas para esta situación, como el empleo de diseños de bloques incompletos.

- Este diseño se vuelve ineficiente cuando no existe una variabilidad real entre bloques; por lo tanto, no se obtiene ganancia mediante el uso de este diseño, comparado con el DCA.

### **6.8 Modelo estadístico del DBCA:**

De acuerdo con Damba (2008), Para el análisis individual el modelo que explica el comportamiento de cualquier genotipo en cada localidad es:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + e_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = comportamiento medio del genotipo “i” en la repetición “j”, para el carácter de interés.

$\mu$  = media general del experimento.

$g_i$  = efecto del genotipo “i”.

$b_j$  = efecto de la repetición “j”.

$e_{ij}$  = error experimental.

Con relación al análisis combinado de varianza el modelo que explica el comportamiento de cualquier genotipo en los diferentes ambientes (localidades) de evaluación es:

$$Y_{ijk} = \mu + a_k + (r_j)_k + g_i + (g_a)_{ik} + e_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = comportamiento medio del genotipo “i” en la repetición “j” en el ambiente “k”.

$\mu$  = media general a través de todos los ambientes.

$a_k$  = efecto del ambiente “k”.

$(r_j)_k$  = efecto de la repetición “j” dentro del ambiente “k”.

$g_i$  = efecto del genotipo “i”.

$(g_a)_{ik}$  = efecto de la interacción del genotipo “i” en el ambiente “j”.

$e_{ijk}$  = error experimental combinado.

## **6.9 Análisis de varianza y comparación de medias Tukey**

El análisis de varianza es un procedimiento utilizado para determinar si hay o no diferencias significativas entre las medias de diversos tratamientos de un experimento (Daniel, 1984). A fin de que esto se cumpla, las medias determinadas deben proceder de evaluaciones sobre muestras independientes, dado que si las evaluaciones se realizan a la misma muestra debe emplearse métodos que consideren evaluaciones duplicadas. Adicionalmente el ANDEVA no debe ser empleado para porcentajes o proporciones de naturaleza binomial, dado a que éstos no cumplen el supuesto de igualdad de varianzas. Mientras el ANDEVA se puede emplear para porcentajes correspondientes a una distribución normal (Kuelh, 2000., Montgomery, 2003).

En el momento en que el ANDEVA es utilizado para examinar los datos recolectados en experimentos de un factor, similares a los discutidos en este trabajo, en primera instancia se debe corroborar si el factor (tratamiento) materia de estudio es estadísticamente significativo. De no encontrarse significancia es redundante realizar otro análisis seguido. Conforme a lo citado por Gonzalez (2008) en este caso se debe actuar informando la no significancia y demostrar la ausencia de pruebas a fin de concluir que el factor evaluado origina variación en el promedio obtenido para la variable de interés. Unido a la no significancia estadística, debe informarse la potencia del experimento.

El método de comparación de medias Tukey, es el test más utilizado y escogido por los estadísticos, dado que ejerce un control más eficaz sobre las dos tasas de error que se manifiestan mayormente en la estadística (alfa y beta) (Montgomery 2003). El análisis mediante este método facilita realizar todas las factibles comparaciones de tratamientos de dos en dos, por lo cual es calificado como uno de los más completos.

## 7. Materiales y métodos

### 7.1 Localización ambientes de evaluación

El ensayo se desarrolló en campo durante los semestres 2017A y 2017B en las localidades:

**Centro Experimental “Alfonso Paz Casas” de Semillas Valle S.A;** localizado a 990 m.s.n.m., 3° 41' latitud N y 76° 18' longitud O, jurisdicción del municipio de El Cerrito – Valle del Cauca (Colombia), Esta localidad tiene un clima tropical, la temperatura media anual se encuentra a 23.7 °C. Las temperaturas son más altas en promedio en marzo, alrededor de 24.2 ° C. Noviembre tiene la temperatura promedio más baja del año con 23.2 ° C. Anualmente hay precipitaciones alrededor de 971 mm. La menor cantidad de lluvia ocurre en julio. El promedio de este mes es 37 mm. La mayor precipitación cae en noviembre con promedio de 128 mm (Semillas Valle, 2017).

**Hacienda “Estambul” de Semillas Valle S.A;** localizada a 966 m.s.n.m., 4° 20' latitud N y 76° 10' longitud O, jurisdicción del municipio de Roldanillo – Valle del Cauca (Colombia). La localidad presenta un clima tropical, la temperatura media anual es 23.6 ° C. El mes más caluroso del año es marzo con un promedio de 24.0 °C. El mes más frío del año es de 23.0 °C en octubre. Anualmente hay precipitaciones alrededor de 1135 mm. El mes más seco es enero con 52 mm, mientras que octubre el mes que tiene las mayores precipitaciones del año con 153 mm (Semillas Valle, 2017)

Las evaluaciones se realizaron en dos semestres, y estas dos épocas diferentes de tomas de datos se adoptaron como ambientes al momento del análisis.

### 7.2 Genotipos evaluados

Los materiales evaluados SV 298, SV 292 y SV 775, corresponden a híbridos de maíz amarillo provenientes de trabajos de mejoramiento realizados por el equipo de investigación de la compañía Semillas Valle S.A., los materiales testigos comerciales corresponden a los híbridos de maíz amarillo DK7088 e IMPACTO desarrollados por las multinacionales Monsanto y Syngenta respectivamente.

### 7.3 Descripción del experimento

La unidad experimental consistió en una parcela de 6 surcos de 5 m de largo a una distancia de 0.8 m. En diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones para cada uno de los cuatro ambientes de evaluación. Para la

evaluación estadística se realizaron análisis de varianza por ambiente y combinado, prueba de comparación de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ), para los cuatro ambientes de evaluación, donde los genotipos correspondieron a los tratamientos y las estaciones al ambiente.

Las evaluaciones se tomaron en los cuatro surcos centrales. El rendimiento obtenido en las parcelas de  $16 \text{ m}^2$  se expresó en  $\text{t.ha}^{-1}$ , efectuando ajustes por población y humedad al 15%, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento } (\text{t.ha}^{-1}) = \frac{10.000 \text{ RP } (100 - \text{HC}) (\text{PI} - 0.3 \text{ PF})}{85 \text{ PC } \times \text{AP}} / 1000$$

RP = Rendimiento parcela en kilogramos

HC = Humedad de campo

PI = Población Ideal

PF = Población Faltante

PC = Población de campo

AP = Área parcela en  $\text{m}^2$

#### **7.4 Variables evaluadas**

Las variables evaluadas se agruparon teniendo en cuenta los factores que presentan algún tipo de afinidad entre sus componentes.

##### **7.4.1 Variables relacionadas con el periodo vegetativo**

La toma de estas variables, consistió en el monitoreo y registro de la fecha en que ocurre cada evento como se evidencia en la figura 1, para luego calcular los días transcurridos desde la siembra.

- Días de siembra a emergencia
- Vigor (Escala 1-5) (1= alto; 5= bajo)
- Días de emergencia a floración femenina
- Días de emergencia a floración masculina
- Días de emergencia a cosecha





**Figura 1.** Toma de datos correspondientes a fecha de floración masculina y femenina. Fotografía. Víctor Vallejo (2017).

#### **7.4.2 Variables relacionadas con características agronómicas**

Para la toma de datos en este grupo de variables se realizaron conteos y se utilizaron herramientas de medición como se evidencia en la figura 2.

- Altura de la planta (cm)
- Altura de mazorca (cm)
- Volcamiento de tallo %
- Volcamiento de planta desde raíz %
- Afectación por enfermedades en raíz, tallo y hoja a prefloración y postfloración:

Rizoctonia % incidencia

Virus % incidencia

Helminthosporium (Escala 1-9) (1= Resistente, 9= Susceptible)

Borde blanco (Escala 1-9) (1= Resistente, 9= Susceptible)

Cercospora (Escala 1-9) (1= Resistente, 9= Susceptible)

Curvularia (Escala 1-9) (1= Resistente, 9= Susceptible)

Roya (Escala 1-9) (1= Resistente, 9= Susceptible)

Diplodia (Escala 1-9) (1= Resistente, 9= Susceptible)

- Tipo de grano (Escala 1-5) (1= harinoso ; 5= cristalino)
- Peso de 1000 granos (g)
- Punta de mazorca descubierta %
- Presencia de *Diplodia sp* en grano %
- Presencia de *Fusarium sp* en grano %
- Mazorcas podridas %
- Aspecto de mazorca (Escala 1-5) (1= Deseable, 5= No deseable)



**Figura 2.** Toma de datos relacionados con características agronómicas (semestres 2017A y 2017B). A) Toma de alturas de planta y mazorca. B) evaluación de incidencia y severidad de enfermedades en prefloración y postfloración. C) conteo de mazorcas sanas y enfermas, aspecto de mazorca, tipo de grano, enfermedades de grano. Fotografías. Victor Vallejo (2017).

### 7.4.3 Variables relacionadas con el rendimiento

Para la toma de datos en este grupo de variables se realizaron conteos y se utilizaron herramientas de medición como se evidencia en la figura 3.

- Número de plantas cosechadas por parcela
- Numero de mazorcas cosechadas por parcela
- Prolificidad
- Peso de mazorcas por parcela (kg)
- Peso de grano por parcela (kg)
- Peso de grano / total %
- Humedad del grano a cosecha %
- Rendimiento en  $t.ha^{-1}$  al 15% de humedad
- Plantas cosechadas por hectárea
- Mazorcas cosechadas por hectárea



**Figura 3.** Toma de datos variables relacionadas con el rendimiento (semestres 2017A y 2017B). A) conteo de mazorcas cosechadas y peso sin desgranar. B) peso de la muestra desgranada y prueba de humedad. C) Desgrane mecánico de las muestras. Fotografías. Víctor Vallejo (2017).

## 7.5 Conducción del experimento

### 7.5.1 Preparación del terreno.

En la preparación se realizaron las labores de descepada, rastro arado, subsuelo y pulida; En la descepada se realizaron 2 pases con rastra pesada de 36" x 20 discos, para el subsuelo se realizaron 2 pases cruzados con cincel a 50 cm de profundidad, un pase de rastro arado de 32" x 20 discos y un pase de pulidor de 24" x 44 discos.

### 7.5.2 Surcado.

La labor de surcado se realizó de forma mecánica a una distancia de 0.80 m entre surcos. En el surcado del experimento se utilizó un implemento convencional de tres puntos acoplado a un tractor de 120 Hp, con el cual se logró un ancho de trabajo de 4.5m con tres cuerpos. (Figura 4)



**Figura 4.** Labor de adecuación del terreno, surcado del experimento. Fotografía. Victor Vallejo (2017).

### 7.5.3 Siembra.

El establecimiento del cultivo se efectuó de manera manual utilizando la matraca (sembradora manual). Se plantaron surcos de 5 m de largo con una distancia entre surcos de 0.8 m, la densidad de siembra aplicada fue de 8 semillas por metro lineal, posteriormente a los 10 días de emergencia se realizó un ajuste de población o aclareo dejando 5 plantas por metro, con lo que se obtuvo una población final de 62.500 plantas.ha<sup>-1</sup> (Figura 5).



Figura 5. Labor de siembra manual del experimento. Fotografía. Victor Vallejo (2017).

### 7.5.4 Fertilización

La fertilización se realizó de manera manual (figura 6). Teniendo en cuenta el resultado obtenido mediante el análisis de suelos, se efectuó un plan de fertilización que consistió en la aplicación de fósforo (40 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (60 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O), ambos incorporados al suelo en el momento de la siembra, en tanto que el nitrógeno (160 kg.ha<sup>-1</sup>) se incorporó al suelo en dos fracciones: a los 15 y 35 días posteriores a la siembra. La fuente de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> empleada fue el fosfato de amonio (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) junto con cloruro de potasio (60% de K<sub>2</sub>O); la urea (46% N) y el sulfato de amonio (21% N y 24% S), fueron los insumos utilizados como fuentes de fertilizante nitrogenado.



**Figura 6.** Labor de fertilización manual del experimento. Fotografía. Victor Vallejo (2017).

### **7.5.5 Control de malezas**

El manejo de arvenses efectuado consistió en un primer control químico 20 días antes de la siembra, empleando el herbicida sistémico no selectivo Glifosato Agrogen 747SG ( $1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), posterior a la siembra (pre emergencia), se efectuó control con herbicida selectivo al cultivo de maíz utilizando Atrazina ( $1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y se realizó una segunda aplicación a los 20 días de emergencia con Paraquat + Atrazina ( $2 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1} + 1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) dirigida al suelo, previo a la emergencia de arvenses; en estados más avanzados del cultivo se realizaron dos controles manuales de malezas focalizados, utilizando el azadón como herramienta para la realización de la labor.

### **7.5.6 Control fitosanitario**

El cultivo fue protegido en los primeros 10 días de emergencia con el producto insecticida Audax (Suspensión concentrada para tratamiento de semillas –FS, ingredientes activos Imidacloprid 150 g/L y Thiodicarb 450 g/L), posteriormente a los 30 días después de emergencia se realizó control químico para vectores transmisores de virus con Imidacloprid en una dosis de  $0,15 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

El insecto plaga que generó mayor impacto en daños foliares fue el cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith), para el cual se efectuó control químico mediante la aplicación de Cipermetrina + clorpirifos (Disparo) en dosis de  $1 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Las aplicaciones se realizaron con fumigadora royal cóndor clásica con capacidad de 20 L (Figura 7).



**Figura 7.** . Equipo de trabajo realizando labores de control fitosanitario de plagas, enfermedades y malezas. Fotografía. Victor vallejo (2017).

### **7.5.7 Riego**

El maíz requiere a lo largo de su ciclo, entre 400 a 500 mm, bien distribuidos acorde a la etapa de desarrollo del cultivo. En este caso se aprovechó la precipitación complementando el requerimiento mediante el riego por aspersión con pivote central (Figura 8).

El maíz es tolerante al déficit hídrico durante el período vegetativo y de maduración, no obstante durante la formación de la inflorescencia, floración, formación de estigmas y polinización, lo que origina severas pérdidas de rendimiento por reducción del número de mazorcas por hectárea y de granos por mazorca. A su vez, el encharcamiento del suelo durante la floración, puede reducir hasta un 40 % del rendimiento.





**Figura 8.** . Riego del experimento por aspersión con pivote central. Fotografía. Victor Vallejo (2017).

### **7.5.8 Cosecha**

Se realizó cosecha manual de mazorcas en estado de madurez fisiológica (150 días después de siembra), en el área útil de cada parcela (Figura 9).



**Figura 9.** Cosecha manual del experimento. Fotografía. Victor Vallejo (2017).

### **7.5.9 Análisis de datos**

El programa estadístico empleado para analizar los datos recolectados en el experimento fue el software InfoStat, el cual es una herramienta muy completa desarrollada por un amplio equipo de profesionales en estadística, diseño experimental y biometría. Garantizando el previo conocimiento y comprensión de las necesidades de los investigadores en cuanto al análisis de la información recolectada en ensayos de campo, lo cual permitió incorporar en el desarrollo de este software bajo la plataforma Windows, cualidades que permiten satisfacer estas necesidades mediante el logro de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis exploratorio de datos. Además el software cuenta con otras propiedades como el desarrollo de avanzados métodos de modelación estadística y análisis multivariado.

Una de las cualidades de InfoStat está en la sencillez de su interfaz generando confianza y buena interacción con el investigador, además de contar con una amplia gama de capacidades profesionales facilitando el manejo de datos y análisis estadístico de los mismos. Entre otras de sus cualidades InfoStat cuenta con la capacidad de conectar con R, el cual es una plataforma de desarrollo de algoritmos estadísticos de dominio público, permitiendo la ejecución de script de R sin abandonar el entorno de trabajo en InfoStat.

## 8. Resultados y discusión

Evaluación de algunas variables agronómicas de los híbridos de maíz amarillo SV 298, SV 292, SV 775, y comerciales DK7088 e IMPACTO en diferentes estados fenológicos

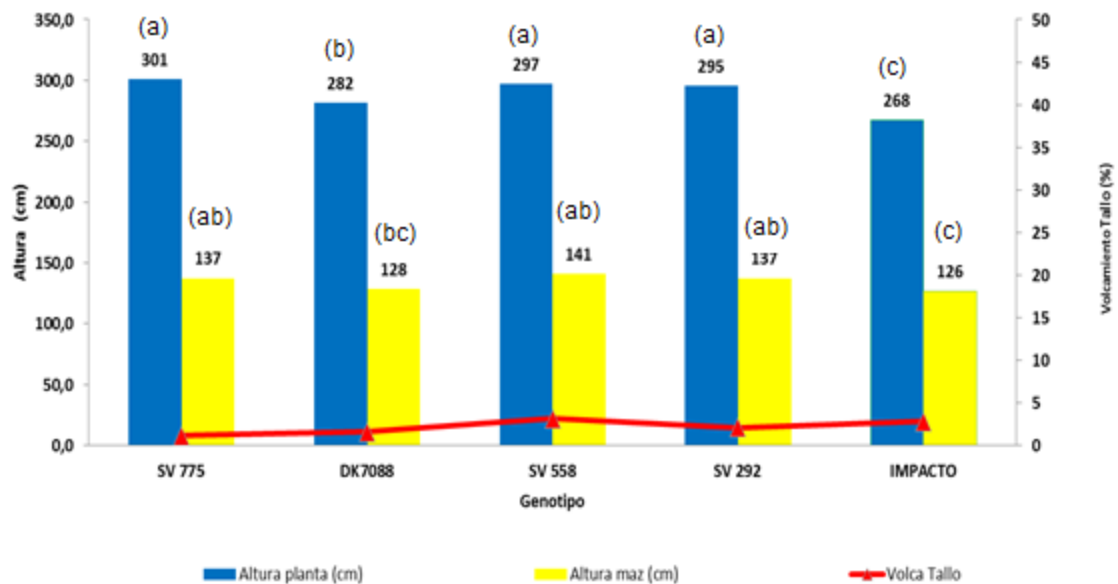
### 8.1 Crecimiento.

En el análisis de cuadrados medios de este grupo de variables (Anexo A), se observó que para la altura de planta, altura de mazorca y volcamiento de tallo se registraron diferencias significativas(\*\*) en los ambientes y genotipos, mostrando que al menos uno es estadísticamente diferente a los demás en los 4 ambientes de evaluación y no significativas para las demás fuentes de variación.

Para volcamiento de planta desde raíz no se registraron diferencias significativas (ns) entre los ambientes ni entre los bloques en los ambientes de evaluación, solo se presentaron diferencias estadísticas (\*) en los genotipos y en la interacción genotipo ambiente. Debido a estas condiciones no se puede catalogar los genotipos con las mejores o peores características de crecimiento porque los genotipos presentaron un comportamiento y una respuesta similar a estas variables.

En la comparación de medias (figura 10), se apreció que en lo que se refiere a la altura de la planta, el promedio general fue de 288.5. cm, con una oscilación entre 267.6 cm y 300.7 cm en los genotipos IMPACTO y SV 775 respectivamente. Para la altura de mazorca el comportamiento fue similar con una media de 134.1 cm, siendo los genotipos IMPACTO y DK7088 quienes presentaron la menor altura con 126.4 cm y 128.4 cm respectivamente.

Es importante resaltar que todos los genotipos presentaron muy buena correlación entre la altura de planta y la inserción de mazorca la cual estuvo por debajo del punto de gravedad. Cabe anotar que todos los genotipos para este grupo de variables presentaron muy buena respuesta y no fue posible catalogar alguno como descartable.



**Figura 10.** Variables relacionadas con el crecimiento del maíz, combinado de cuatro ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo (2017).

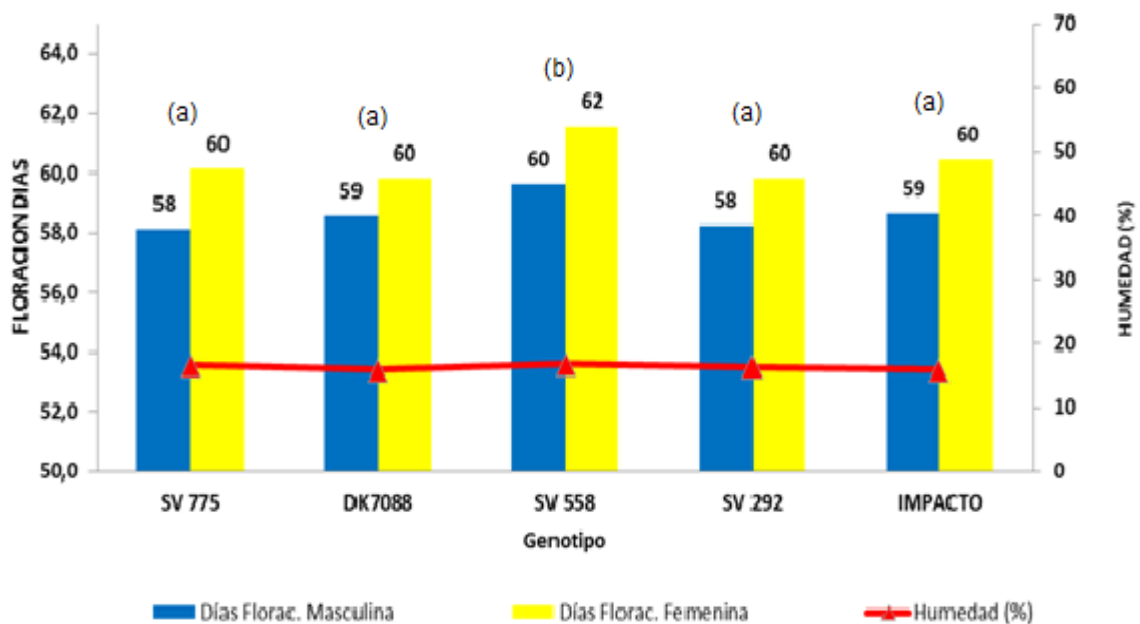
## 8.2 Precocidad y madurez

Se evidencio en los cuadrados medios correspondientes al análisis de varianza combinado para las variables relacionadas con la precocidad de las plantas (Anexo B), que La floración masculina y femenina registraron diferencias significativas (\*\*) en los ambientes, genotipos y en la interacción genotipo ambiente y no significativo (ns) para bloc (loc). Para él % de humedad no se presentaron diferencias significativas, solo se evidenciaron diferencias estadísticas entre los ambientes y en la interacción genotipo ambiente.

Todo lo anterior demostró que los ambientes seleccionados fueron los adecuados y sufrieron los cambios de temperatura, clima y lluvias. La emergencia de plantas fue similar en ambas las localidades y su promedio fue 4 días. Se dispuso de riego suplementario y la semilla tenia buena calidad lo cual aseguro rápido establecimiento. La floración masculina como es normal se presentó primero que la femenina en todos los genotipos y su promedio estuvo en 58.6 días. El genotipo SV 775 se puede considerar como el más precoz dentro del grupo, pero normal en general.

En general, la floración permite inferir que los genotipos evaluados están dentro del ciclo normal de floración y se ubicaron casi todos en el mismo grupo de intersección estadística (b) excepto el genotipo SV 558 quien se ubicó en el grupo (a) pero no alcanza como para catalogarlo como tardío. La diferencia encontrada entre la floración masculina y femenina que en promedio fue de 1.7 días, evidenció la sincronía de los genotipos mostrando una madurez uniforme. Esta condición nos indica que los genotipos presentan buena adaptación a los ambientes y que la sincronía es una característica única de cada material.

Como se pudo observar en la figura 11 la humedad de los 5 genotipos fue muy uniforme. En general para este grupo de variables todos los genotipos fueron estadísticamente iguales ubicándose en el grupo de intersección y de clasificación **(a) y (b)**, con buen indicativo de adaptabilidad, por la diferencia de floración macho hembra y días a cosecha dentro del rango normal para la región.



**Figura 11.** Variables relacionadas con la precocidad y madurez de planta, combinado de cuatro ambientes en el Valle Geográfico Del Rio Cauca. Víctor Vallejo (2017).

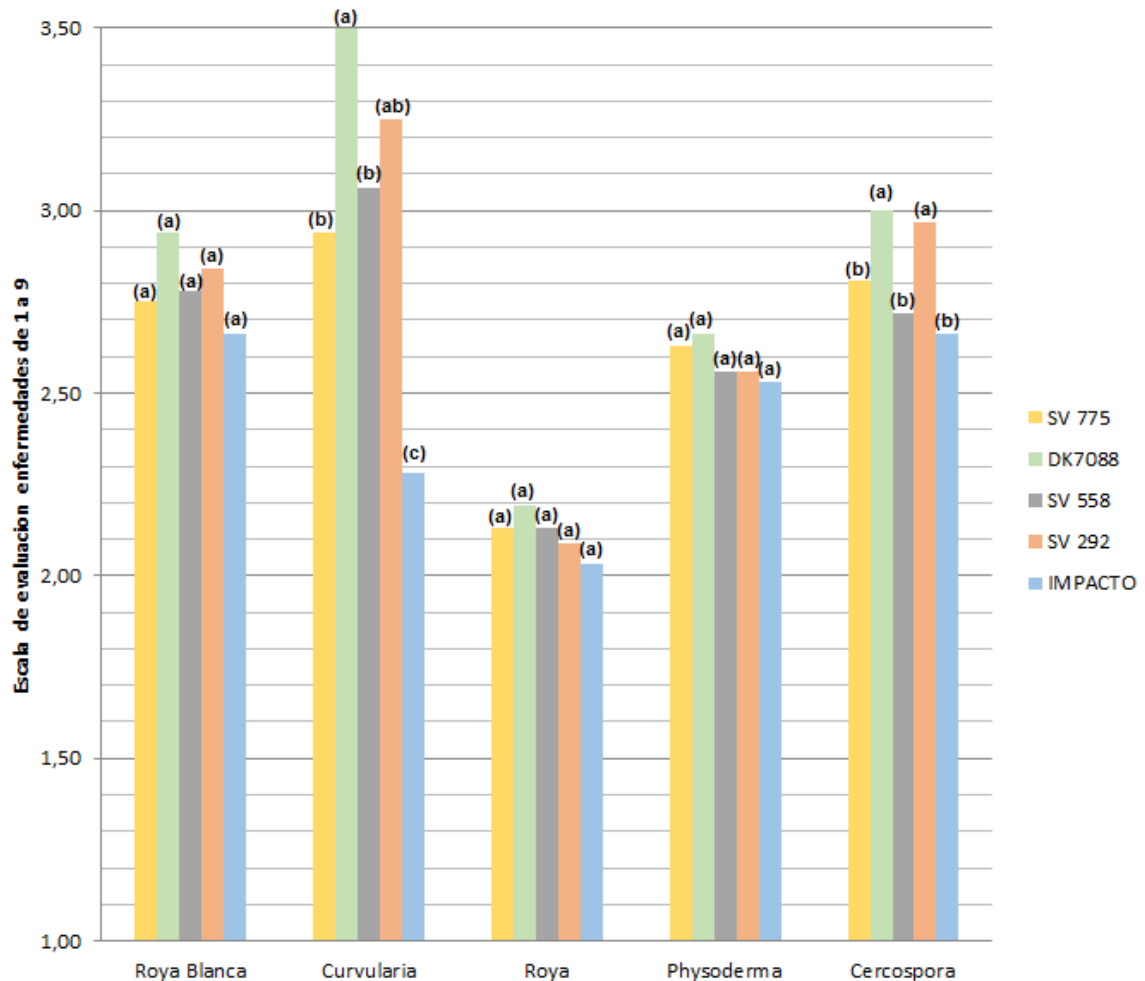
### **8.3. Variables relacionadas con enfermedades de planta.**

La incidencia de enfermedades foliares en prefloración fue mínima y todos los materiales pasaron esta etapa con buena calificación de sanidad. Se presentaron los cuadrados medios del análisis de varianza combinado y la comparación de medias para las enfermedades de planta en post floración: Roya Blanca, Curvularia, Roya, Cercospora, Physoderma y %Incidencia de Virus (Anexo C).

Todas las variables fueron calificadas en Escala de 1-9 donde 1= Todas las hojas sanas; 9= 91-100% hojas afectadas. Roya Blanca evidenció diferencias significativas (\*\*) entre los ambientes y estadísticas (\*) para los genotipos y en la interacción genotipo ambiente. En lo referente a Curvularia se presentaron diferencias significativas (\*\*) entre los genotipos y en la interacción genotipo ambiente, demostrando que los materiales sufrieron los efectos del ambiente.

Roya Roja solo presentó diferencias significativas (\*\*) entre los ambientes y no significativas (ns) para el resto de las fuentes de variación. Para el caso de Physoderma se registraron diferencias significativas (\*\*) entre los ambientes y los genotipos y no significativas (ns) en la interacción genotipo ambiente. Respecto a Cercospora se presentaron diferencias significativas (\*\*) entre los genotipos y no significativas (ns) para las demás fuentes de variación. La incidencia de virus solo evidenció diferencias significativas (\*\*) en los ambientes.

En general como se pudo observar en la figura 12, la incidencia de enfermedades foliares fue relativamente muy baja con una calificación promedio  $\leq 3$ , por esta razón se concluyó que para este grupo de variables no clasifica ningún genotipo como descartable, solo se dio una condición de alerta para el genotipo que actuó como testigo (IMPACTO), por el porcentaje de incidencia de virus  $>6\%$ .



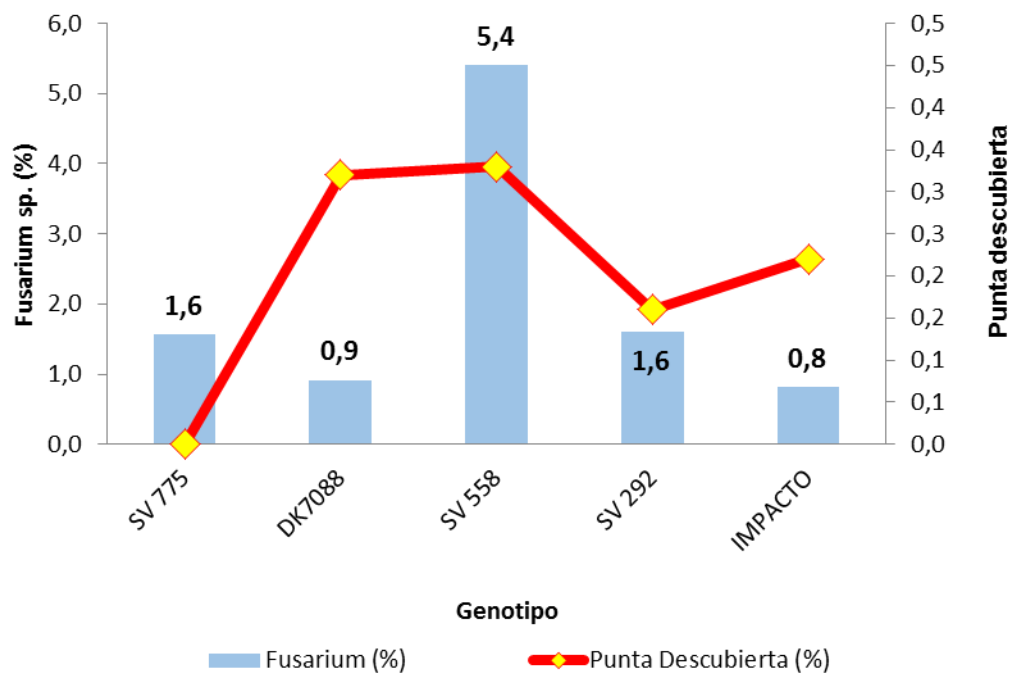
**Figura 12.** Incidencia de enfermedades foliares en post floración (escala de 1-9 donde 1= Todas las hojas sanas; 9= 91-100% hojas afectadas). Combinado de cuatro ambientes en el Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo (2017).

#### 8.4. Variables relacionadas con enfermedades de mazorca

Se presentaron los cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias de las variables relacionadas con las enfermedades de mazorca (Anexo D). El % de Punta descubierta registró diferencias significativas (\*\*) entre los genotipos y no significativas (ns) para las demás fuentes de variación. En lo referente a *Fusarium* sp y aspecto de Mazorca se presentaron diferencias significativas (\*\*) en los genotipos y en la interacción genotipo ambiente. *Diplodia* no evidenció diferencias significativas, solo mostro unas pequeñas diferencias estadísticas en las fuentes de variación.

En cuanto a los virus en la mazorca se registraron diferencias significativas (\*\*) en los ambientes y genotipos. Cabe anotar que la pudrición de mazorca no registró diferencias significativas (ns) en ninguna de las fuentes de variación. En general los genotipos se comportaron bien a las enfermedades de mazorca y presentaron en promedio porcentajes muy bajos.

En la figura 13 se ilustra el porcentaje de pudrición de mazorca con el porcentaje de mazorcas con *Fusarium* sp. Las variables estudiadas permitieron ratificar la sanidad de las mazorcas de los genotipos evaluados y la buena respuesta a la condición adversa y no fue posible calificar alguno como descartable.



**Figura 13.** Enfermedades de mazorca, combinado de cuatro localidades en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo (2017).



### **8.5. Variables relacionadas con los componentes de rendimiento y textura de grano**

Se presentaron los cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias de las variables relacionadas con los componentes de rendimiento y textura de grano (Anexo E). El peso de 1000 semillas y la textura del grano evidencio diferencias significativas (\*\*) entre los ambientes, genotipos y en la interacción genotipo ambiente, mostrando que los genotipos sufrieron los efectos del ambiente, corroborando que los sitios fueron los adecuados. Para porcentaje de grano, solo registró diferencias significativas entre los genotipos, ratificando que al menos uno es diferente a los demás. El tipo de grano de los materiales fue semicristalino y no ofreció limitantes de aceptación, el material con mejor textura de grano fue el SV 558. El peso de 1000 semillas que determina el peso del grano, estuvo encabezado por el genotipo IMPACTO con 308.5 g de peso por 1000 semillas y el genotipo de menor peso fue el SV 558 con 283.1 g.

### **8.6. Variables relacionadas con rendimiento**

Se presento los cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias de las variables relacionadas con el rendimiento de grano (Anexo F). El rendimiento en  $t.ha^{-1}$  presento diferencias significativas (\*\*) entre los ambientes y genotipos, diferencias estadísticas para la interacción genotipo ambiente. Se demostró que los genotipos no sufrieron los efectos del ambiente tal como se ilustra en la figura 14.

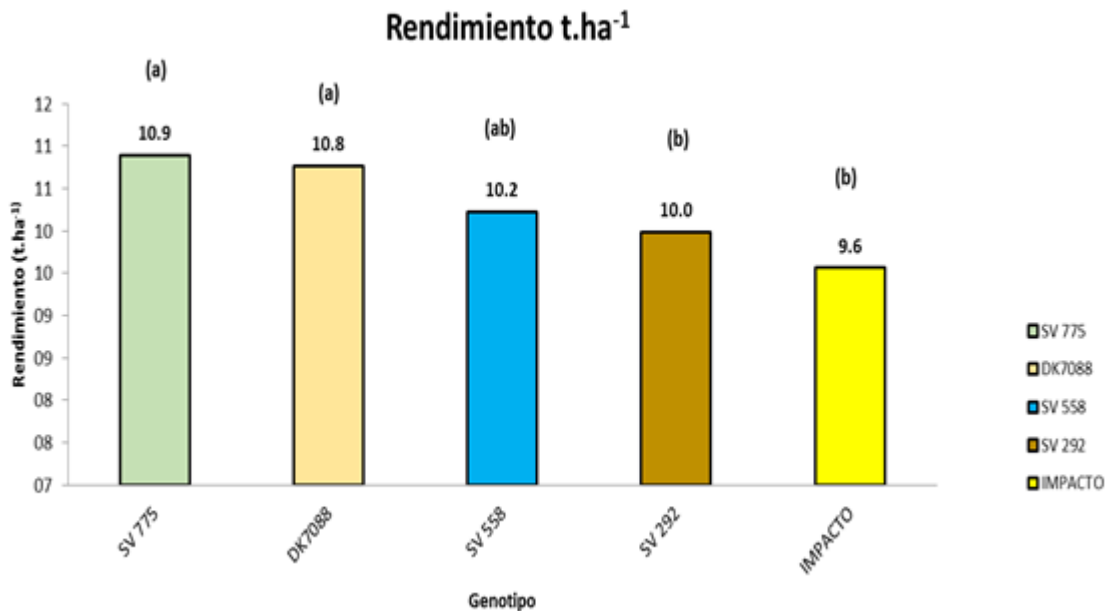
La variable plantas cosechadas registró diferencias significativas (\*\*) entre los ambientes y entre los genotipos y no significativas (ns) para la interacción genotipo ambiente. Para mazorcas cosechadas no se presentaron diferencias significativas solo se evidenció diferencia estadística (\*) entre los genotipos y en la interacción genotipo ambiente lo cual permitió identificar los materiales que soportaron mayor población.

La prolificidad no presentó diferencias estadísticas en ninguna de las fuentes de variación. El promedio de población fue de 73.109 plantas. $ha^{-1}$ , una población excelente para la zona de mostrando la buena adaptación de los genotipos. El genotipo con mayor número de plantas establecidas SV 775 fue de los que presento mayor rendimiento evidenciando que la población de plantas es un requerimiento específico de cada material y tiene influencia con el rendimiento.

El promedio de mazorcas cosechadas estuvo levemente por encima al número de plantas, mostrando que en general la prolificidad fue 1.01. El ambiente del Valle Geográfico Del Rio Cauca con unas condiciones óptimas de temperatura, clima y riego hacen que sea propicio para expresar esta respuesta.

Los genotipos SV 775 y SV 558 obtuvieron mayor número de mazorcas cosechadas por hectárea. En general los rendimientos obtenidos en la prueba fueron muy competitivos para la zona con una media general de 10.3 t.ha<sup>-1</sup> donde los genotipos que presentaron los rendimientos más altos fueron el SV 775, DK7088 y SV 558 con 10.9 t.ha<sup>-1</sup>, 10.8 t.ha<sup>-1</sup> y 10.2 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente. El genotipo experimental SV 558 presentó excelente desempeño, estando por encima con un 6.9% de mayor rendimiento que el testigo IMPACTO con 9.6 t.ha<sup>-1</sup> en promedio. Cabe anotar que todos los genotipos experimentales estuvieron por encima del genotipo que actuó como testigo (IMPACTO).

Para este grupo de variables, se pudo deducir que el número de plantas, número de mazorcas, peso promedio de mazorca, porcentaje de grano y prolificidad están altamente relacionadas con el rendimiento de los genotipos SV 775, DK7088, SV 558 y SV 292. Esta condición confirmó que el rendimiento es una característica propia de cada genotipo.



**Figura 14.** Rendimiento de grano, combinado de cuatro ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Víctor Vallejo (2017).

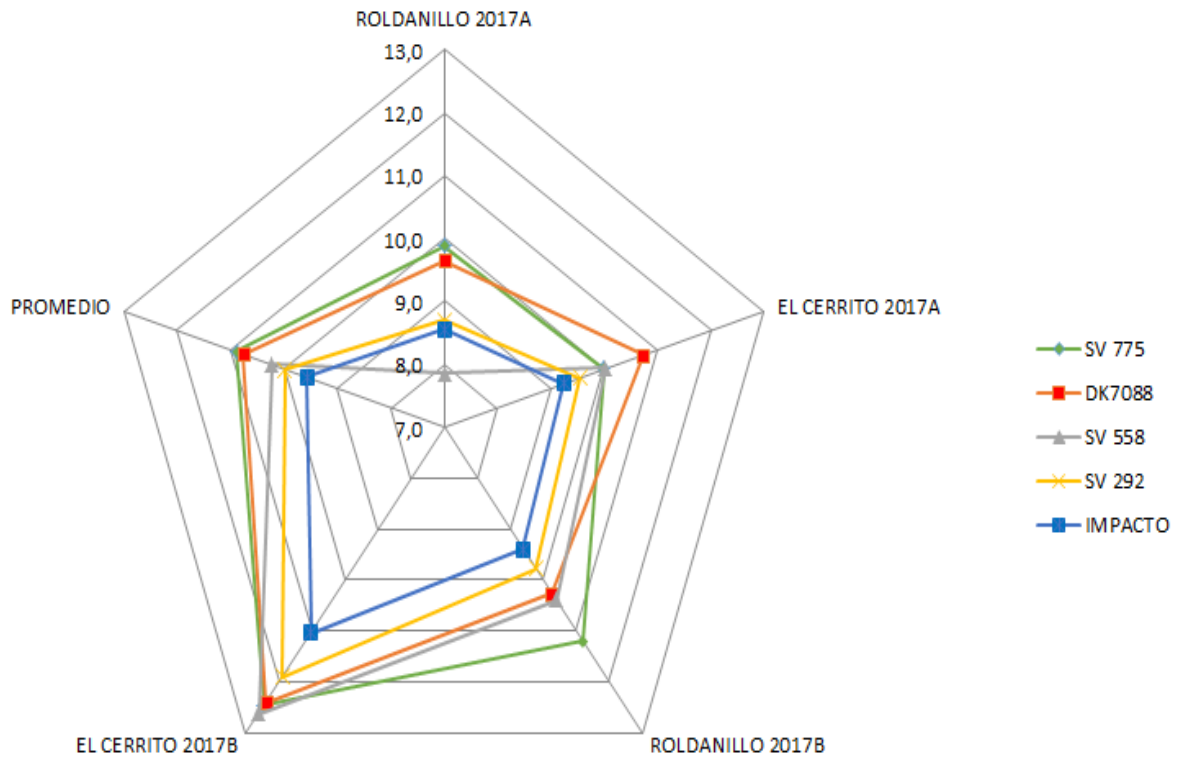
## 8.7 Rendimiento de grano a través de cada ambiente

Se presentaron los cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias de las variables relacionadas con el rendimiento de grano en los ambientes (Anexo G). El ambiente de evaluación Roldanillo 2017A registró diferencias significativas (\*\*) entre los genotipos y no significativas (ns) entre los bloques. Para El Cerrito 2017A se registraron diferencias estadísticas (\*) entre los genotipos y no significativas (ns) entre las repeticiones.

En lo referente a los ambientes Roldanillo 2017B y El Cerrito 2017B no registraron diferencias significativas (ns) en ninguna de las fuentes de variación. En general el promedio de los ambientes evaluados no registró diferencias significativas, el ambiente de El Cerrito 2017B, fue en promedio el de mayor rendimiento con 12.1 t.ha<sup>-1</sup>. Los valores promedios se consideran muy apropiados para la región.

El rendimiento más alto se encontró en El Cerrito 2017B y lo obtuvo el genotipo **SV 558** con 12.6 t.ha<sup>-1</sup>. En promedio los genotipos de mayor rendimiento son SV 775, DK7088 y SV 558 con valores de 10.9, 10.8 y 10.2 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente y en promedio el genotipo que menos rindió fueron el testigo comercial IMPACTO con un rendimiento de 9.6 t.ha<sup>-1</sup>. (Figura 15)

En la tabla además se mostró las diferencias de rendimiento en porcentaje, de los genotipos evaluados con respecto al testigo IMPACTO. La diferencia más amplia de los genotipos experimentales a considerar se observa en los materiales SV 775, DK7088 y SV 558 con 13.9%, 12.55% y 6.9 % respectivamente de rendimiento por encima del genotipo utilizado como testigo comercial (IMPACTO).



**Figura 15.** Rendimiento de grano por ambiente en  $t \cdot ha^{-1}$ . En la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo (2017).

## Conclusiones

- De acuerdo con las condiciones en que se desarrolló el ensayo, el híbrido SV 775 registró la mejor adaptabilidad en términos de crecimiento, alturas de planta y mazorca, precocidad, alta tolerancia a enfermedades foliares como Roya, Curvularia, Physoderma, Cercospora., sanidad de mazorca, textura de grano y rendimiento en el promedio de los 4 ambientes evaluados, difiriendo estadísticamente de los resultados obtenidos por los testigos DK 7088 e Impacto. Estos atributos respaldan al SV 775 como un material mejor adaptado a las condiciones agroambientales del Valle del Cauca.
- Los materiales SV 775 y DK 7088 fueron los híbridos que expresaron el mayor potencial de rendimiento así como sanidad y textura de grano. Debido a estos resultados el híbrido SV 775 de la compañía Semillas Valle es considerado como altamente competitivo y se recomienda su inscripción a pruebas de evaluación agronómica regidas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), para una posterior comercialización.
- Los híbridos de maíz amarillo SV 775, SV 298 y SV 292, generaron información de respuesta satisfactoria en cuanto a adaptabilidad y potencial de rendimiento bajo las condiciones agroambientales del Valle del Cauca, posicionándose todos por encima del híbrido testigo impacto, siendo el material SV 292 quien presento menor adaptabilidad.
- Las enfermedades foliares, no fueron factor de incidencia en el comportamiento de los genotipos con promedios  $\leq 3$ . La incidencia observada fue muy baja y no es de relevancia, debido a que su efecto puede ser mitigado por el buen manejo agronómico.

## Recomendaciones

- Con base al comportamiento presentado por los tres nuevos híbridos evaluados y al análisis de adaptabilidad y potencial de rendimiento, se recomienda el genotipo SV 775 para la producción por parte de los agricultores de la región del Valle Geográfico del Rio Cauca.
- Es conveniente el aprovechamiento de germoplasma que presenta alta adaptación a la región de producción, lo cual trae como resultado estabilidad en el rendimiento de grano, tolerancia a los cambios ambientales y a los problemas que estos ocasionan como la aparición de plagas y enfermedades.
- Es necesario el acompañamiento permanente a los productores de la región, en especial a los agricultores de recursos limitados, con el objetivo de entender sus necesidades y preocupaciones en relación a la producción del cultivo de maíz, y de esta manera brindarles asesoría y ofrecerles la semilla e insumos correctos por medio de los mercados locales, al igual que capacitarlos en la implementación de prácticas agronómicas más productivas mediante el desarrollo de labores de mecanización y riego basados en los principios de la agricultura de conservación.

## Bibliografía

Allard, R.W. & Bradshaw, A.D. (1964). Implications of genotype environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* Pág 503-508.

Asociación de semillas de las Américas. (2009). Movimiento de semillas en las Américas. Pág 29.

Argüelles Cárdenas, Jorge; Carvajal Rojas, Guillermo. (2013). Estadística y diseño de experimentos. Aplicaciones prácticas para diseño de experimentos en sistemas agropecuarios tropicales Bogotá (Colombia): Corpoica. Pág 104.

Castañedo, P. (1990). El maíz y su cultivo. Editorial AGT Editor. Pág 248-256.

CIMMYT. (2012). World maize facts and trends: Meeting world maize needs: Technology opportunities and priorities for the public sector. Pág 59.

CONFECAMPO. Confederación Empresarial del Campo de Colombia. (2008). Estudio de mercado de maíz en Colombia. Departamento técnico. Bogotá D.C. Acceso electrónico:  
<http://www.confecampo.com/estadisticas/COOAGROCAMPO--MAIZ.ppt>

Chaves, Lázaro J. (2001). Interacção de genótipos com ambientes. En: Recursos genéticos e melhoramento-plantas. (Eds) Lourenço Nass, Afonso Celso Candelaria Valois, Itamar Soares de Melo, María Cléria Valadares Rondonópolis: Fundação MT. Pág 673-713.

Cochran, W.G. & Cox. G.M. 1965. Diseños Experimentales. Trillas México, D.F. Pág 661.

Crossa, J., Fox, P. N., Pfeiffer, W. H., Rajaram, S and Gauch, H.G. (1991). AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theor. Appl Genet* 81. Pág 27-37.

Damba, P. (2008). Evaluación de métodos para análisis de estabilidad en diferentes ambientes en genotipos de yuca (*manihot esculenta crantz*). Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Pág 32.

Daniel, W. (1984). Bioestadística. Limusa, México D.F. Pág 485.

Dowswell, C.D., Paliwal, R.L., and Cantrell, R.P. (1996). Maize in the third world. Boulder, CO, USA, Westview Press.

Duvick, N.D. (1999). Commercial Strategies for Exploitation of Heterosis. En: The genetics and exploitation of heterosis in crops, American Society of Agronomy.

Pág 295-303.

Espinosa, A., Tadeo, M., Sierra, M., Gómez, N., Coutiño, B., Palafox, A. (2004). Mejoramiento Genético y Conservación de Biodiversidad del Maíz en México. Pág 2-3.

Eberhart, S.A. (1970). Factors effecting efficiencies of breeding methods. Afr. Soils. Pág 655-667.

Eberhart, S.A. & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. Crop sciences. Pág 36-40.

FENALCE. (2017). Importaciones y producción nacional de maíz. Indicadores económicos. En: Revista el Cerealista. Bogotá, D.C.

Fisher, KS. Edmeades, GO. Johnson, EC. (1987). Recurrent selection for reduced tassel branch number and reduced leaf area density above the ear in tropical maize populations. Crop Sci. Pág 1150-1156.

Fox, B. A & Cameron, A. G. (1997). Ciencia De los alimentos, nutrición y salud. Primera reimpresión. Editorial Limusa. México. D. F. pág: 122-128.

González, M.I. (2008). Potencia de prueba: la gran ausente en muchos trabajos científicos. Agronomía Mesoamericana 19(2). Pág 309-313.

Hallauer, A & Carena, J. (2009). Maize Breeding en: Handbook of Plant Breeding: Cereals. Springer, New York. Pág 3-98.

Hanson, W. D. (1970). Genotypic stability. Theor. Appl. genet. Pág 226-231.

Heinrich, G. M C. A. Francis and Eastin, J. D. (1983). Stability of grain sorghum yield components across diverse enviroments. Crop. Sci. Pág 209-212.

Kooner, R. (2008). Proteomic Analysis Of Maize Leaf Tissues From Inbred Lines Resistant And Susceptible To Fall Armyworm, Spodoptera frugiperda (J.E. Smith). Master's thesis for the title de Master of Science. Universidad de Pennsylvania. Pág 99.

Kuehl, R.O. (2000). Diseño de experimentos. 2 ed. Thomson Learning, México D.F. Pág 666.

Kutka, F. (2011). Open pollinated vs. Hybrid maize cultivars. Sustainability. Pág 1531-1554.

Lafitte, H. R. 2000. Estreses abióticos que afectan el maíz. En: El maíz en los



trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y protección vegetal No. 28. Pág. 95-106.

Laing, D. R. 1978. Adaptabilidad y estabilidad en el comportamiento de plantas de frijol común. Documento presentado en la reunión de discusión sobre viveros internacionales de rendimiento y adaptación de frijol. CIAT. Pág 24.

Narro, L. (2017). Comunicación personal. Fecha de consulta Octubre del 2017.

Melo, M. O., López, P. L., Melo, M. S. (2007). Diseño de Experimentos. Métodos y Aplicaciones. Facultad de Ciencias, Departamento de Estadística. Universidad Nacional de Colombia. Primera Edición. Pág 668.

Montgomery, D. C. (2003). Diseño y análisis de experimentos. Limusa Wiley, México D.F. Pág 686.

Paliwal, L. (2001), El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación. FAO. Pág 367.

Paliwal, R.L. & Sprague, E.W. (1981). Improving adaptation and yield dependability in maize in the developing world. Mexico, DF. Cimmyt.

Pandey, S & Vargas, J.E. (1985). La interacción fenotipo-medio ambiente y su importancia en el mejoramiento intra poblacional en las plantas cultivadas. Trabajo presentado en el VII Congreso Latinoamericano de Genética- I Congreso Colombiano de Genética. Mimeografiado. Pág 38.

Puertas, M. J. (1992). Genética fundamentos y perspectivas. 1ª. ed. mc. graw. hill interamericana de España. Pág 741.

Ritchie, S.W., Hanway, J.J. and Benson, G.O. (1986). "How a corn plant develops" Special report No.48., Iowa State University and Technology Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.

Semillas Valle S.A. (2017). Estación metereologica del centro experimental. El cerrito Valle Del Cauca.

Semillas Valle S.A. (2017). Estación metereologica Hacienda Estambul. Roldanillo Valle Del Cauca.

Simmonds, N. W. (1979). Principles of Crop Improvement. Longman. NY. Pág 408.

Snedecor, G. N & Cochran, W. G. (1980). Statistical methods. 7th ed. IOWA, State University Press. Ames, I.A.

Smith, M.E. & Paliwal, R.L. (1996). Contributions of genetic resources and biotechnology to sustainable productivity increases in maize. In: K. Watanabe & E. Pehu, Eds. Plant biotechnology and plant genetic resources for sustainability and productivity. Austin, TX, USA, R.G. Landes and Academic Press. (In press).

Sprague, G. F & Eberhart, S. A. (1977). Corn breeding. In: G.F. Sprague, ed. Corn and corn improvement, Madison, WI, USA, American Society of Agronomy. Pág 305-362.

Teichert, P., Amaral, V., Baudet, L., Souza, A. (2009). Tecnología de producción de semillas de maíz en: Curso de especialización en producción de maíz. Universidad de Pelotas y Prosemillas. Santa Cruz-Bolivia. Pág 70.

Vicerrectoría académica y de investigación. (2011). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Colombia.

Wang, L.R., Stec, A., Hey, J., Lukens, L. and Doebley, J. (1999). The limits of selection in maize domestication Nature 398. Pág 236-239.

White, S. & Doebley, J. (1998). Of genes and genomes and the origin of maize. TIG 14. Pág 327-332.

Wych, Robert. (1988). Production of Hybrid Seed Corn in: Corn and Corn Improvement. Agronomy Monograph. USA. Pág 565-607.

Yan, W & Kang, M. S. (2003). GGE biplot analysis: a graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC press. Printed in EEUU. Pág 1-19.

## Anexos

**Anexo A.** Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con el Crecimiento y Volcamiento. Prueba de Adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.

CUADRADOS MEDIOS									
Fuentes de Variación	G.L.	Altura planta (cm)		Altura maz (cm)		Volca Tallo		Volca Raiz	
LOC	3	1711,27	**	1750,45	**	19,95	**	0,04	ns
BLOC(LOC)	12	128,71	ns	4,56	ns	2,63	ns	0,02	ns
GENOTIPO	4	3273,34	**	709,64	**	20,35	**	0,33	*
LOC*GENOTIPO	12	327,19	*	140,14	ns	6,03	ns	0,26	*
ERROR	51	132,5		113,4		3,12		0,11	
COMPARACION DE MEDIAS									
Hibrido	Altura planta (cm)		Altura maz (cm)		Volca Tallo		Volca Raiz		
SV 775	300,7	a	137,3	ab	1,16	b	0,05	a	
DK7088	281,7	b	128,4	bc	1,58	ab	0,16	a	
SV 558	296,9	a	140,8	ab	3,12	ab	0,21	a	
SV 292	295,4	a	137,3	ab	2,11	ab	0,16	a	
IMPACTO	267,6	c	126,4	c	2,83	ab	0,37	a	
<b>PROMEDIO</b>	<b>288,5</b>		<b>134,1</b>		<b>2,2</b>		<b>0,2</b>		
<b>D.M.S</b>	<b>11,5</b>		<b>10,6</b>		<b>1,8</b>		<b>0,3</b>		
<b>C.V.</b>	<b>4,0</b>		<b>7,9</b>		<b>81,8</b>		<b>176,2</b>		
*, ** = Niveles de significancia al 0,05 y 0,01, respectivamente, ns = No significativo									
CV = Coeficiente de Variación									
Medias con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales con $P \leq 0,05$ (Tukey),									
DMS = Diferencia Mínima Significativa									

**Anexo B.** Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con la precocidad y madurez de la planta. Prueba de Adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.

CUADRADOS MEDIOS							
Fuentes de Variacion	G.L.	Días Florac. Masculina		Días Florac. Femenina		Humedad (%)	
LOC	3	30	**	25,65	**	8,51	**
BLOC(LOC)	12	1,28	ns	0,66	ns	1,34	ns
GENOTIPO	4	6,29	**	8,89	**	2,77	*
LOC*GENOTIPO	12	4,38	**	4,83	**	0,68	ns
ERROR	51	0,7		0,6		0,90	
COMPARACION DE MEDIAS							
Hibrido	Días Florac. Masculina		Días Florac. Femenina		Humedad (%)		
SV 775	58,1	b	60,1	b	16,64	a	
DK7088	58,6	b	59,8	b	15,91	a	
SV 558	59,6	a	61,6	a	16,80	a	
SV 292	58,3	b	59,8	b	16,37	a	
IMPACTO	58,6	b	60,4	b	15,90	a	
<b>Promedio</b>	<b>58,6</b>		<b>60,4</b>		<b>16,3</b>		
<b>D.M.S</b>	<b>0,8</b>		<b>0,7</b>		<b>0,9</b>		
<b>C.V.</b>	<b>1,4</b>		<b>1,2</b>		<b>5,8</b>		
*, ** = Niveles de significancia al 0,05 y 0,01, respectivamente, ns = No significativo							
CV = Coeficiente de Variación							
Medias con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales con $P \leq 0,05$ (Tukey),							
DMS = Diferencia Mínima Significativa							

**Anexo C.** Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con Enfermedades de planta. Prueba de Adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.

CUADRADOS MEDIOS													
Fuentes de Variacion	G.L.	Roya Blanca		Curvularia		Roya		Physoderma		Cercospora		%Incidencia Virus	
LOC	3	3,08	**	0,25	ns	3,65	**	7,05	**	0,21	ns	37,80	**
BLOC(LOC)	12	0,09	ns	0,12	ns	0,06	ns	0,24	**	0,07	ns	7,05	ns
GENOTIPO	4	0,28	*	3,50	**	0,05	ns	0,30	**	0,57	**	12,97	*
LOC*GENOTIPO	12	0,19	*	0,57	**	0,11	ns	0,14	ns	0,25	*	12,16	*
ERROR	51	0,09		0,18		0,08		0,08		0,13		4,99	
COMPARACION DE MEDIAS													
(Enfermedades escala de 1-9 donde 1= Todas las hojas sanas; 9= 91-100% hojas afectadas) (% Incidencia Virus)													
Hibrido	Roya Blanca		Curvularia		Roya		Physoderma		Cercospora		%Incidencia Virus		
SV 775	2,75	a	2,94	b	2,13	a	2,63	a	2,81		4,27	a	
DK7088	2,94	a	3,50	a	2,19	a	2,66	a	3,00		4,73	a	
SV 558	2,78	a	3,06	b	2,13	a	2,56	a	2,72		4,38	a	
SV 292	2,84	a	3,25	ab	2,09	a	2,56	a	2,97		5,20	a	
IMPACTO	2,66	a	2,28	c	2,03	a	2,53	a	2,66		6,25	a	
<b>Promedio</b>	<b>2,8</b>		<b>3,0</b>		<b>2,1</b>		<b>2,6</b>		<b>2,8</b>		<b>5,0</b>		
<b>D.M.S</b>	<b>0,3</b>		<b>0,4</b>		<b>0,3</b>		<b>0,3</b>		<b>0,4</b>		<b>2,2</b>		
<b>C.V.</b>	<b>10,6</b>		<b>14,1</b>		<b>13,4</b>		<b>10,8</b>		<b>12,7</b>		<b>45,0</b>		
*, ** = Niveles de significancia al 0,05 y 0,01, respectivamente, ns = No significativo													
CV = Coeficiente de Variación													
Medias con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales con P≤0,05 (Tukey),													
DMS = Diferencia Mínima Significativa													

**Anexo D.** Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con Enfermedades de Mazorca. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.

CUADRADOS MEDIOS													
Fuentes de Variacion	G.L.	Punta Descubierta (%)		Fusarium (%)		Diplodia (%)		Virosis en Mazorcas (%)		Pudricion Mazorca (%)		Aspecto de Mazorca (1-5) (1 Bueno ; 5 Malo)	
LOC	3	0,89	*	9,4	*	0,88	*	9,62	**	1,48	ns	0,08	ns
BLOC(LOC)	12	0,07	ns	1,1	ns	0,15	ns	2,79	ns	0,27	ns	0,01	ns
GENOTIPO	4	1,07	**	58,0	**	1,07	*	9,23	**	1,5	ns	0,53	**
LOC*GENOTIPO	12	0,52	ns	13,5	**	0,72	*	3,65	*	0,75	ns	0,17	**
ERROR	51	0,3		2,5		0,30		1,7		0,7		0,04	
COMPARACION DE MEDIAS													
Hibrido		Punta Descubierta (%)		Fusarium (%)		Diplodia (%)		Virosis en Mazorcas (%)		Pudricion Mazorca (%)		Aspecto de Mazorca (1-5) (1 Bueno ; 5 Malo)	
SV 775		0,00	a	1,56	b	0,21	a	2,22	a	0,46	a	2,91	b
DK7088		0,32	a	0,91	b	0,21	a	1,86	a	0,00	a	2,84	b
SV 558		0,33	a	5,40	a	0,72	a	1,67	a	0,84	a	3,25	a
SV 292		0,16	a	1,61	b	0,44	a	2,07	a	0,43	a	3,00	b
IMPACTO		0,22	a	0,81	b	0,21	a	1,33	a	0,26	a	2,81	b
<b>Promedio</b>		<b>0,2</b>		<b>2,1</b>		<b>0,4</b>		<b>1,8</b>		<b>0,4</b>		<b>3,0</b>	
<b>D.M.S</b>		<b>0,5</b>		<b>1,6</b>		<b>0,5</b>		<b>1,3</b>		<b>0,8</b>		<b>0,2</b>	
<b>C.V.</b>		<b>261,4</b>		<b>76,9</b>		<b>153,7</b>		<b>71,3</b>		<b>213,4</b>		<b>6,7</b>	
*, ** = Niveles de significancia al 0,05 y 0,01, respectivamente, ns = No significativo													
CV = Coeficiente de Variación													
Medias con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales con P≤0,05 (Tukey),													
DMS = Diferencia Mínima Significativa													

**Anexo E.** Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con los componentes de rendimiento y textura de grano. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión Natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Víctor Vallejo. 2017.

CUADRADOS MEDIOS									
Fuentes de Variacion	G.L.	Peso de 1000 Granos		Textura de Grano (1-5) (1 Harinoso ; 5 Cristalino)		% Tusa		% Grano	
LOC	3	3853,78	**	0,23	**	0,0002	ns	0,0002	ns
BLOC(LOC)	12	81,30	ns	0,01	ns	0,0001	ns	0,0001	ns
GENOTIPO	4	1720,10	**	0,32	**	0,0014	**	0,0014	**
LOC*GENOTIPO	12	521,15	**	0,11	**	0,0001	ns	0,0001	ns
ERROR	51	198,00		0,02		0,0001		0,0001	
COMPARACION DE MEDIAS									
Hibrido		Peso de 1000 Granos		Textura de Grano (1-5) (1 Harinoso ; 5 Cristalino)		% Tusa		% Grano	
SV 775		301,25	a	2,97	ab	0,16	b	0,84	b
DK7088		295,19	ab	2,88	ab	0,15	c	0,85	a
SV 558		283,13	b	3,00	a	0,17	a	0,83	c
SV 292		297,25	a	2,84	b	0,17	a	0,83	c
IMPACTO		308,50	a	2,66	c	0,16	ab	0,84	b
<b>Promedio</b>		<b>297,1</b>		<b>2,9</b>		<b>0,16</b>		<b>0,84</b>	
<b>D.M.S</b>		<b>14,1</b>		<b>0,2</b>		<b>0,008</b>		<b>0,008</b>	
<b>C.V.</b>		<b>4,7</b>		<b>5,4</b>		<b>5,3</b>		<b>1,0</b>	
*, ** = Niveles de significancia al 0,05 y 0,01, respectivamente, ns = No significativo									
CV = Coeficiente de Variación									
Medias con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales con P≤0,05 (Tukey),									
DMS = Diferencia Mínima Significativa									

**Anexo F.** Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con el rendimiento de grano. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017

CUADRADOS MEDIOS											
Fuentes de Variacion	G.L.	Rendimiento Ton ha <sup>-1</sup>		Plantas/ha Cosechadas		Mazorcas/ha Cosechadas		% Grano		Prolificidad	
LOC	3	10,53	**	8665364,6	**	9114583,33	ns	0,0002	ns	0,0003	ns
BLOC(LOC)	12	0,13	ns	502387,15	ns	4944661,46	ns	0,0001	ns	0,0009	ns
GENOTIPO	4	5,41	**	6091308,6	**	16459960,94	*	0,0014	**	0,0016	ns
LOC*GENOTIPO	12	1,1	*	2896321,6	ns	9661458,33	*	0,0001	ns	0,0012	ns
ERROR	51	0,5		1556755,5		4832261,03		0,0001		0,0007	
COMPARACION DE MEDIAS											
Hibrido	Rendimiento Ton ha <sup>-1</sup>		Plantas/ha Cosechadas		Mazorcas/ha Cosechadas		% Grano		Prolificidad	% Rendim vs Check	
SV 775	10,9	a	73.906	a	74.375	a	0,84	b	1,01	a	13,91
DK7088	10,8	a	73.203	ab	73.711	ab	0,85	a	1,01	a	12,55
SV 558	10,2	ab	72.344	b	71.797	b	0,83	c	0,99	a	6,90
SV 292	10,0	b	73.203	ab	72.813	ab	0,83	c	0,99	a	4,39
IMPACTO	9,6	b	72.891	ab	73.242	ab	0,84	b	1,00	a	0,00
<b>Promedio</b>	<b>10,3</b>		<b>73109,4</b>		<b>73187,5</b>		<b>0,8</b>		<b>1,00</b>		
<b>D.M.S</b>	<b>0,7</b>		<b>1247,4</b>		<b>2197,7</b>		<b>0,008</b>		<b>0,026</b>		
<b>C.V.</b>	<b>6,5</b>		<b>1,7</b>		<b>3,0</b>		<b>1,0</b>		<b>2,6</b>		
*, ** = Niveles de significancia al 0,05 y 0,01, respectivamente, ns = No significativo											
CV = Coeficiente de Variación											
Medias con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales con P≤0,05 (Tukey),											
DMS = Diferencia Mínima Significativa											



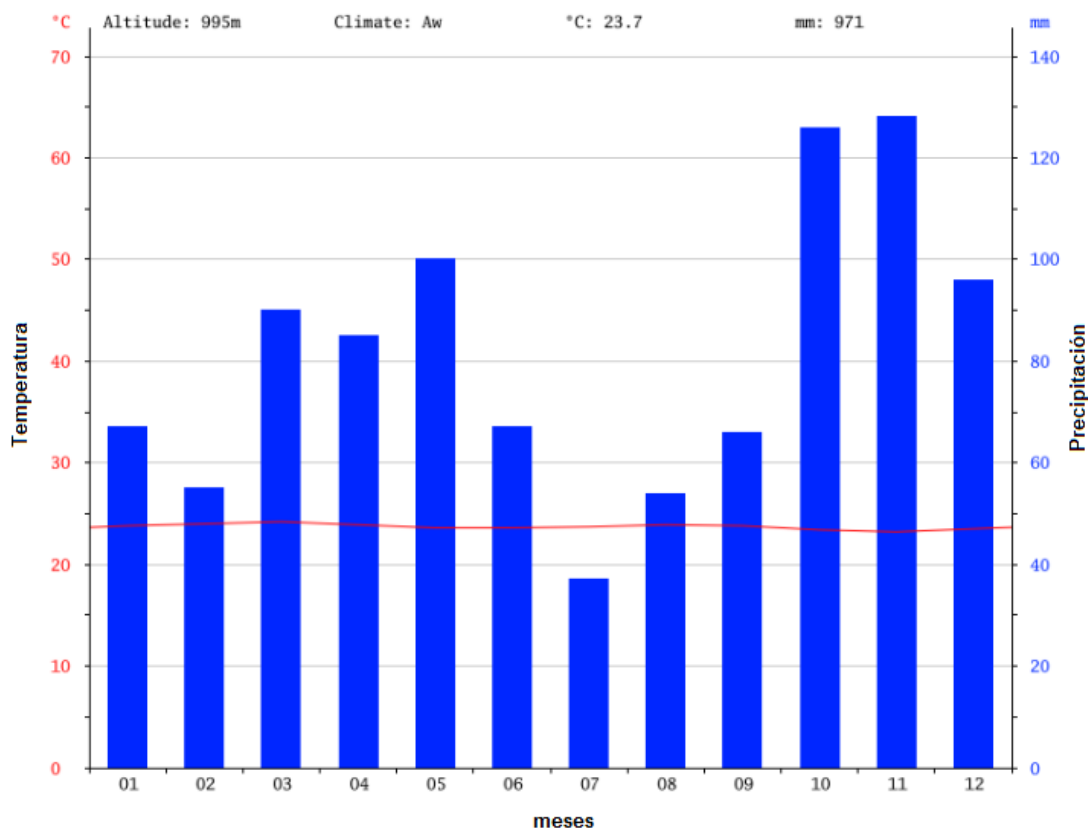
**Anexo G.** Cuadrados medios del análisis de varianza combinado y comparación de medias, de las Variables Relacionadas con el Rendimiento por localidad. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.

CUADRADOS MEDIOS											
Fuentes de Variacion	G.L.	BOLIVAR 2016A		EL CERRITO 2016A		BOLIVAR 2016B		EL CERRITO 2016B			
BLOC	3	0,04	ns	0,22	ns	1,31	ns	0,68	ns		
GENOTIPO	4	2,78	**	1,25	*	1,89	ns	1,65	ns		
ERROR	12	0,12		0,34		0,7		0,6			
COMPARACION DE MEDIAS											
GENOTIPO	ROLDANILLO 2017A	EL CERRITO 2017A	ROLDANILLO 2017B	EL CERRITO 2017B	PROMEDIO	% Rendim vs Check					
SV 775	9,9	a	10,0	ab	11,21	a	12,46	a	10,9	a	13,91
DK7088	9,7	a	10,7	a	10,27	a	12,4	a	10,8	a	12,55
SV 558	7,9	c	10,0	ab	10,4	a	12,62	a	10,2	ab	6,90
SV 292	8,7	b	9,6	ab	9,78	a	11,9	a	10,0	b	4,39
IMPACTO	8,6	bc	9,3	b	9,40	a	11,04	a	9,6	b	0,00
<b>Promedio</b>	<b>8,9</b>		<b>9,9</b>		<b>10,2</b>		<b>12,1</b>		<b>10,3</b>		
<b>D.M.S</b>	<b>0,8</b>		<b>1,3</b>		<b>1,9</b>		<b>1,7</b>		<b>0,6</b>		
<b>C.V.</b>	<b>3,8</b>		<b>5,9</b>		<b>8,2</b>		<b>6,4</b>		<b>6,5</b>		
*, ** = Niveles de significancia al 0,05 y 0,01, respectivamente, ns = No significativo											
CV = Coeficiente de Variación											
Medias con la misma letra en sentido vertical son estadísticamente iguales con P≤0,05 (Tukey),											
DMS = Diferencia Mínima Significativa											

**Anexo H.** Datos climáticos correspondientes al año 2017. Centro experimental de Semillas Valle. Municipio de El Cerrito. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	23.8	24	24.2	23.9	23.6	23.6	23.7	23.9	23.8	23.4	23.2	23.5
Temperatura Min (°C)	18.2	18.3	18.7	18.7	18.5	18.3	17.8	17.9	18	18.2	18.2	18.2
Temperatura Máx (°C)	29.5	29.7	29.7	29.1	28.8	28.9	29.7	29.9	29.7	28.6	28.3	28.8
Precipitación (mm)	67	55	90	85	100	67	37	54	66	126	128	96

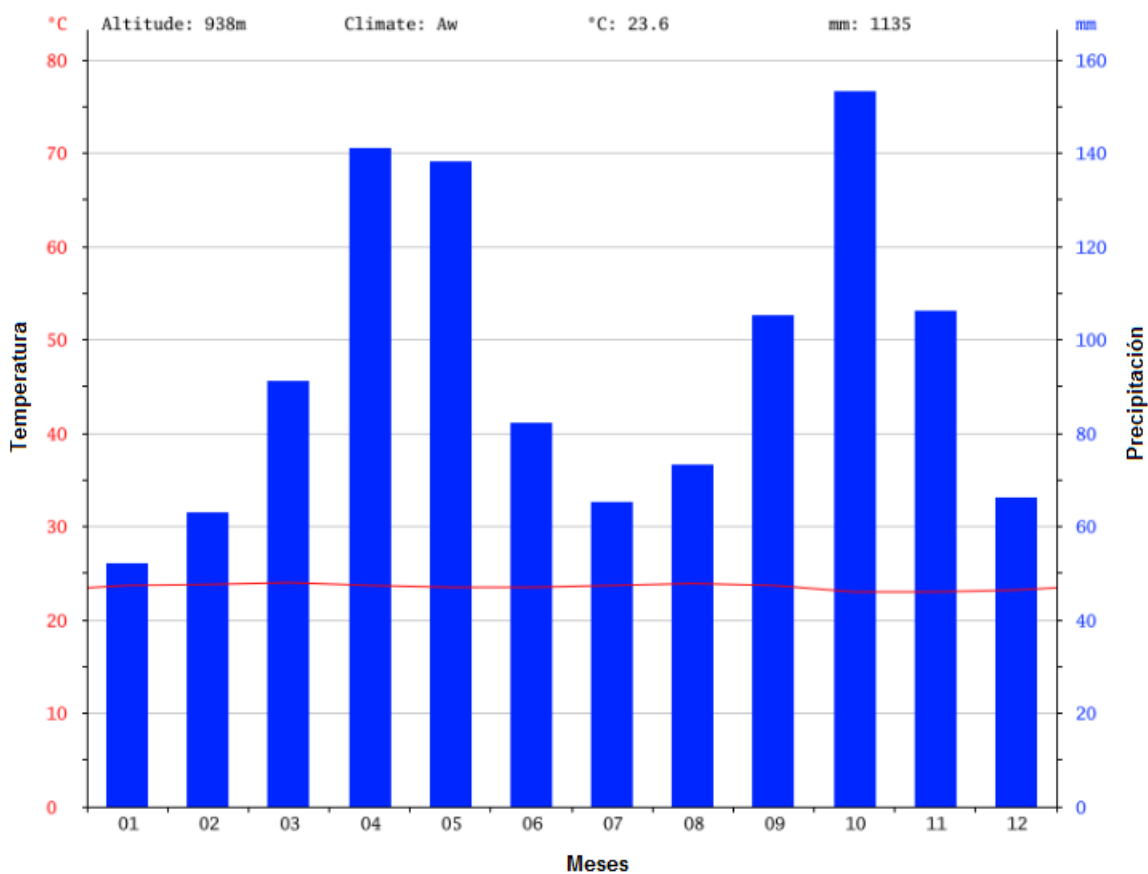
**Anexo I.** Climograma correspondiente al año 2017. Centro experimental de Semillas Valle. Municipio de El Cerrito. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.



**Anexo J.** Datos climáticos correspondientes al año 2017. Hacienda Estambul de Semillas Valle, municipio de Roldanillo. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	23.7	23.8	24	23.7	23.5	23.5	23.7	23.9	23.7	23	23	23.2
Temperatura Min (°C)	17.5	17.7	18.2	18.2	18.3	17.9	17.3	17.5	17.6	17.6	17.8	17.6
Temperatura Máx (°C)	29.9	30	29.9	29.3	28.8	29.1	30.2	30.3	29.8	28.4	28.2	28.9
Precipitación (mm)	52	63	91	141	138	82	65	73	105	153	106	66

**Anexo K.** Climograma correspondiente al año 2017. Hacienda Estambul de Semillas Valle, municipio de Roldanillo. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.



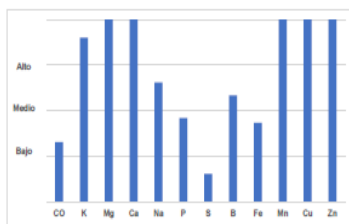
**Anexo L.** Análisis de suelos y extractos. Centro experimental. Semillas Valle. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.

## ANALISIS DE SUELOS Y EXTRACTOS

PROPIETARIO:	SEMILLAS VALLE S.A.	FECHA DE INGRESO:	09-feb-18	ALTURA (msnm):	990	CULTIVO:	MAÍZ
REMITENTE:	SEMILLAS VALLE S.A.	FECHA DE ENTREGA:	19-feb-18	LOTE:	C2	VARIEDAD:	*
TÉLEFONO:	8868139	MUNICIPIO:	CERRITO	TOPOGRAFÍA:		EDAD:	*
DIRECCIÓN:	CRA 34 No. 14-166 CALI	DEPARTAMENTO:	VALLE DEL CAUCA	FINCA:	SEMILLAS VALLE CERRITO	PROFUNDIDAD:	0-40 cm
ASISTENTE TEC:	ING. JUAN PABLO RAMIREZ	IDENTIFICACIÓN:	LOTE EXPERIMENTAL	SUERTE:	*	CORTE:	*

### RESULTADOS ANALÍTICOS

N° Lab	% TEXTURA			% Sat.	pH	C.E	C.O.	BASES INTERCAMBIABLES					CIC	DISPONIBLES		ELEMENTOS MENORES					
	Arena	Limo	Arcilla					Al	K	Mg	Ca	Na		P	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn	
SE 00621	42	50	8	F	55,3	6,45	0,80	2,09	0,00	0,72	11,6	17,2	0,36	29,9	36,9	6,34	0,47	43,6	115	12,1	6,23
<b>INTERPRETACIÓN</b>						Adecuado	No Salino	Adecuado	*	Alto	Alto	Alto	Alto	*	Adecuado	Bajo	Alto	Adecuado	Alto	Alto	Alto



IONES SOLUBLES EN EXTRACTO DE SATURACION														
Al	K	Mg	Ca	Na	NH <sub>4</sub>	P	S	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	Fe	Mn	Cu	Zn
meq/L														
0,00	0,28	2,84	2,38	0,73	0,00	0,10	0,75	0,36	2,88	1,90	0,44	0,17	0,24	0,06
meq(100g de suelo)											mg(Kg de suelo)			
0,000	0,015	0,146	0,131	0,040	0,000	0,005	0,042	0,020	0,159	0,105	0,246	0,093	0,131	0,034

METODOLOGÍAS ANALÍTICAS				FACTORES DE CONVERSIÓN		RELACIÓN DE BASES INTERCAMBIABLES			
Textura	Bouyoucos	Ca, K, Mg, Na	Acetato de Amonio - A.A.	cmol/Kg = meq/100g	meq/100g K x 301 = ppm	% Sat. K	2,41	Ca/Mg	1,48
Carbono Orgánico O.T.	Walkley Black	Fe, Cu, Mn, Zn	DTPA - A.A.	mg/Kg = ppm	meq/100g Ca x 200 = ppm	% Sat. Mg	36,9	Ca/K	23,8
pH	Pasta de Sat.	C.I.C.	Acetato de Amonio - Sumatoria	% = ppm/10000	meq/100g Mg x 121,61 = ppm	% Sat. Ca	57,4	Mg/K	16,2
C.E.	Extracto de Sat.	S - B	Fosfato Monocálcico	mmhos/cm = dS/m	meq/100g Na x 230 = ppm	% Sat. Na	1,21	(Ca+Mg)/K	40,0
% Saturación	Gravimétrico	P	Bray II	C.O. x 1,72 = M.O.		% Sat. Al	0,00		

OBSERVACIONES:  
 ATENTAMENTE,

JULIO CÉSAR GONZÁLEZ PONCE  
 Jefe de Laboratorio

OSWALDO FORERO RODRIGUEZ  
 Gerente Técnico CampoLab

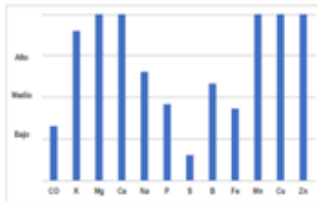
**Anexo M.** Análisis de suelos y extractos. Hacienda Estambul. Semillas Valle. Prueba de Evaluación de adaptabilidad y potencial de rendimiento realizada en cuatro (4) ambientes en la subregión natural Valle Geográfico Del Rio Cauca. Victor Vallejo. 2017.

## ANALISIS DE SUELOS Y EXTRACTOS

PROPIETARIO:	SEMILLAS VALLE S.A.	FECHA DE INGRESO:	09-feb-16	ALTURA (mssnm):	966	CULTIVO:	MAÍZ
REMITENTE:	SEMILLAS VALLE S.A.	FECHA DE ENTREGA:	19-feb-16	LOTE:	C2	VARIEDAD:	*
TELÉFONO:	6668139	MUNICIPIO:	ROLDANILLO	TOPOGRAFÍA:	SEMILLAS VALLE	EDAD:	0-40 cm
DIRECCIÓN:	CRA 34 No. 14-156 CALI	DEPARTAMENTO:	VALLE DEL CAUCA	FINCA:	ESTAMBUL	PROFUNDIDAD:	*
ASISTENTE TEC:	ING. JUAN PABLO RAMIREZ	IDENTIFICACIÓN:	LOTE EXPERIMENTAL	SUERTE:		CORTE:	*

### RESULTADOS ANALÍTICOS

N° Lab	% TEXTURA			% Sat	pH	BASES INTERCAMBIABLES					DISPONIBLES			ELEMENTOS MENORES						
	Arena	Limo	Arcilla			C.E dSm	C.O. %	Al	K	Mg	Ca	Na	CIC	P	S	B	Fe	Mn	Cu	Zn
SE 00621	45	44	11	58.7	6.51	0.80	3.01	0.00	0.72	11.6	17.2	0.36	29.9	36.9	6.34	0.47	42.5	115	11.6	6.09
INTERPRETACIÓN						Adecuado	No Salino	Adecuado	*	Alto	Alto	Alto	*	Adecuado	Bajo	Alto	Adecuado	Alto	Alto	Alto



IONES SOLUBLES EN EXTRACTO DE SATURACIÓN														
Al	K	Mg	Ca	Na	NH <sub>4</sub>	P	S	NO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Fe	Mn	Cu	Zn
meq/L														
0,00	0,31	2,64	2,25	0,69	0,00	0,10	0,71	0,36	2,71	1,90	0,39	0,17	0,24	0,11
meq(100g de suelo)														
0,000	0,11	0,139	0,131	0,040	0,000	0,005	0,042	0,020	0,172	0,105	0,255	0,093	0,129	0,034

METODOLOGIAS ANALITICAS				FACTORES DE CONVERSION				RELACION DE BASES INTERCAMBIABLES			
Textura	Bouyoucos	Ca, K, Mg, Na	Acidato de Amonio - A.A.	cmol/Kg = meq/100g	meq/100g K x 391 = ppm	% Sat: K	2,41	Ca/Mg	1,48		
Carbono Organico O.T.	Walkley Black	Fe, Cu, Mn, Zn	DTPA - A.A.	mg/Kg = ppm	meq/100g Ca x 200 = ppm	% Sat: Mg	36,9	Ca/K	23,8		
pH	Pasta de Sat.	C.I.C.	Acidato de Amonio - Sumatori	% = ppm/10000	meq/100g Mg x 121,81 = ppm	% Sat: Ca	37,4	Mg/K	16,2		
C.E.	Extracto de Sat.	S - B	Formio Monocalcico	mmhos/cm = dSm	meq/100g Na x 230 = ppm	% Sat: Na	1,31	(Ca+Mg)/K	40,9		
% Saturación	Gravimetrico	P	Bray II	C.O. x 1,72 = M.O.		% Sat: Al	0,00				

OBSERVACIONES:  
ATENTAMENTE,

  
 JULIO CÉSAR GONZÁLEZ PONCE  
 Jefe de Laboratorio

  
 ARNALDO FORERO RODRÍGUEZ  
 Gerente Técnico CampoLab