

**MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ZAPALLO *Cucurbita moschata*:  
OBTENCIÓN DE UN NUEVO CULTIVAR CON FINES DE CONSUMO EN  
FRESCO ADAPTADO A LAS CONDICIONES DEL VALLE DEL CAUCA**

**ELEONORA ZAMBRANO BLANCO I.A**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
COORDINACIÓN GENERAL DE POSTGRADOS  
PALMIRA  
2010**

**MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ZAPALLO *Cucurbita moschata*:  
OBTENCIÓN DE UN NUEVO CULTIVAR CON FINES DE CONSUMO EN  
FRESCO ADAPTADO A LAS CONDICIONES DEL VALLE DEL CAUCA**

**ELEONORA ZAMBRANO BLANCO I.A**

**Tesis de Grado para optar al título de:  
MAGISTER EN CIENCIAS AGRARIAS LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
FITOMEJORAMIENTO**

**Directores: EDGAR IVÁN ESTRADA M.sc. Y DIOSDADO BAENA  
GARCÍA Ph.D.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
COORDINACIÓN GENERAL DE POSTGRADOS  
PALMIRA  
2010**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE PALMIRA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE JURADO DE TESIS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
LINEA DE INVESTIGACIÓN FITTOMEJORAMIENTO

En Palmira a los 04 días del mes de Junio de 2010, se reunió en esta Sede el Jurado Calificador de Tesis, integrado por los doctores FRANCO ALIRIO VALLEJO y ARIEL GUTIERREZ

Para calificar la Tesis de Grado de:

**ELEONORA ZAMBRANO BLANCO**

Titulada:

"MEJORAMIENTO GENETICO DE ZAPALLO *Cucurbita moschata Duchesne ex Poir*: OBTENCIÓN DE UN NUEVO CULTIVAR CON FINES DE CONSUMO EN FRESCO ADAPTADO A LAS CONDICIONES DEL VALLE DEL CAUCA" bajo la dirección de Edgar Iván Estrada Salazar, M.Sc. y Diosdado Bacna García, Ph.D.

Después de oír el informe del jurado evaluador compuesto por los doctores FRANCO ALIRIO VALLEJO y ARIEL GUTIERREZ, y de haber cumplido con el proceso de evaluación, la tesis fue calificada como:

APROBADA

REPROBADA

  
FRANCO ALIRIO VALLEJO C.

  
ARIEL GUTIERREZ

## **DEDICATORIA**

### **A MIS QUERIDOS HERMANOS**

Carlos Andrés Zambrano Blanco  
Franceline Zambrano Blanco  
Giovanna Loriette Zambrano Blanco  
Héctor Fabio Zambrano Blanco

### **A MIS QUERIDOS PADRES**

Héctor Fabio Zambrano Fernández  
Flor María Blanco de Zambrano

### **A MI QUERIDO E INCONDICIONAL AMOR**

Alexander Fuentes Vega

## **AGRADECIMIENTOS**

Me siento feliz por la culminación de una etapa más de mi vida, que trae consigo el gozo y la satisfacción de una nueva conquista. Quiero compartir esta felicidad y expresar mis más sinceros agradecimientos a todos aquellos que hicieron posible este triunfo:

A Dios padre celestial por ser fuente inagotable de luz y esperanza para mi vida. Fortaleza de mi alma, que guía mi camino y jamás me deja desfallecer aún frente a las adversidades.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, por abrirme sus puertas y permitirme obtener una victoria mas.

A la facultad de Ciencias Agropecuarias y la Escuela de Posgrados, por toda su colaboración, respaldo y diligencia durante mis estudios.

Al programa de Investigación en Hortalizas, por su valiosa acogida, por permitirme crecer profesionalmente e influir grandemente en mi formación como investigadora.

Al profesor Edgar Iván Estrada Salazar, por su valiosa amistad, sus aportes, sus consejos y su gran apoyo moral y académico durante el transcurso de mi profesión.

Al profesor Franco Alirio Vallejo Cabrera, por abrirme las puertas en el programa, por su valiosa amistad, su diligencia y gran apoyo profesional e incondicional de siempre.

Al profesor Diosdado Baena García, por su valiosa amistad, su cariño, su confianza, su incondicional colaboración y disposición sin la cual no hubiese sido posible la culminación de mi tesis.

Al profesor Juan Carlos Menjivar Flores, por su valiosa amistad y colaboración.

Al Ingeniero Armando Zapata Valencia y todo el personal de CEUNP, por toda su colaboración y apoyo en la realización de la parte experimental de esta investigación. A todos ustedes: Armando (ojitos chiquititos), Luis Ángel (Angelito), Doña Denise, Mauricio (mi Mauris), Jessid (Yeso), Arquímedes, Abraham, Rubiel (Pinedita), Luis Gerardo y Estiven, gracias por su linda amistad, su cariño y la alegría de tantos momentos compartidos.

Al profesor Paulo Cesar Tavares de Melo, por su amistad, su orientación y apoyo durante mi pasantía en la ESALQ/USP en Brasil. Gracias por brindarme la oportunidad de conocer su país y su cultura, así como de aprender y complementar mi formación académica que me dejó la satisfacción de nuevas experiencias personales y profesionales vividas.

A Margarita Bonilla, por toda su colaboración y servicio, por todos esos favores que “me salvaron la patria”. Gracias por toda su ayuda.

A Marzory Andrade, por su amistad y cariño, además de brindarme un espacio en la sala de Biometría.

A todos mis amigos y compañeros quienes me han acompañado siempre, me han apoyado, han confiado en mí, me han querido, me han soportado y me han brindado lo mejor de si. A: Maricela Solarte Ordoñez, Laura Cristina Clavijo, Nelson Enrique Casas Leal, Beatriz Eugenia Rodríguez Zambrano, Leila Aceneth Durán Gaviria, Sandra Marín, Luis Orlando López Zúñiga, Alfredo Rivera, Carlos

Madriñan, Francisco Molineros, Víctor Manuel Mayor, Giomara Vásquez Gamboa, Luz Aida Cumball, Javier Fernando Osorio, Adriana Arteaga y Nelson Ceballos, por la alegría de tantos momentos maravillosos vividos, por su amistad, por sus aportes y compañerismo.

Porque con guardar tu palabra, limpiará  
el joven su camino y lámpara  
es a mis pies tu palabra,  
y lumbrera en mi camino.

(Salmo 119: 9, 105)



La facultad y los jurados de tesis  
no se harán responsables de las ideas  
emitidas por el autor.

Articulo 24, resolución 04 de 1974

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	18
1. OBJETIVO GENERAL .....	20
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
2.1 IMPORTANCIA SOCIECONOMICA DEL ZAPALLO .....	21
2.2 MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ZAPALLO.....	22
2.2.1 Selección recurrente .....	24
2.2.2 Contribución del programa de Investigación en Hortalizas .....	26
2.2.3 Importancia de las pruebas de evaluación agronómica .....	36
2.3 ABASTECIMIENTO DE SEMILLAS DE ZAPALLO EN EL PAÍS.....	38
3. MATERIALES Y METODOS .....	40
3.1 PRIMERA ETAPA: CICLOS DE SELECCIÓN Y RECOMBINACIÓN .....	40
3.1.1 Localización del experimento .....	40
3.1.2 Material genético.....	40
3.1.3 Selección de plantas .....	40
3.1.4 Procedimiento experimental.....	41
3.1.5 Variables evaluadas.....	45
3.2 SEGUNDA ETAPA: ENSAYO DE RENDIMIENTO GENERACIONAL .....	46
3.3 TERCERA ETAPA: PRUEBAS REGIONALES Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....	47
3.3.1 Localización del experimento .....	47
3.3.2 Familias experimentales.....	48
3.3.3 Procedimiento experimental.....	48
3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1 PRIMER CICLO DE SELECCIÓN Y RECOMBINACIÓN (C1).....	54
4.1.1 Variables Cuantitativas.....	54

4.1.2 Variables cualitativas.....	58
4.1.3 Selección de plantas .....	59
4.2 SEGUNDO CICLO DE SELECCIÓN Y RECOMBINACIÓN (C2).....	61
4.3 TERCER CICLO DE SELECCIÓN Y RECOMBINACIÓN (C3) .....	66
4.4 ENSAYO DE RENDIMIENTO GENERACIONAL (2008-1).....	70
4.4.1 Análisis de varianza para el rendimiento .....	70
4.4.2 Análisis de varianza para días a floración, grosor de pulpa y diámetro de la cavidad placentaria .....	74
4.4.3 Comparación de las familias elites obtenidas en los ciclos de selección recurrente.....	76
4.4.4 Evaluación de las variables asociadas a la calidad del fruto .....	79
4.5 PRUEBAS REGIONALES Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD (2009-1).....	81
4.5.1 Análisis de varianza por localidad .....	81
4.5.2 Análisis de varianza combinado .....	84
4.5.3 Análisis de estabilidad .....	85
4.5.4 La nueva variedad de zapallo Unapal LLanogrande .....	88
5. CONCLUSIONES.....	92
BIBLIOGRAFIA.....	93
ANEXOS.....	99

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Oferta de semillas de cultivares de zapallo en Colombia (2010).....	39
<b>Tabla 2.</b> Valores promedios para la producción por planta y sus dos componentes en tres poblaciones de zapallo.....	42
<b>Tabla 3.</b> Valores promedios de variables cuantitativas asociados al fruto en tres poblaciones de zapallo.....	42
<b>Tabla 4.</b> Identificación de las familias seleccionadas en el ciclo 1(C1).....	43
<b>Tabla 5.</b> Identificación de las familias seleccionadas en el ciclo 2 (C2).....	44
<b>Tabla 6.</b> Identificación de las familias seleccionadas en el ciclo 3 (C3).....	45
<b>Tabla 7.</b> Características geográficas de las localidades de evaluación.....	47
<b>Tabla 8.</b> Características de las familias experimentales de zapallo evaluadas en la prueba regional.....	49
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza por localidad durante un semestre para la evaluación de las familias experimentales.....	51
<b>Tabla 10.</b> Análisis de varianza combinado para la evaluación de las familias experimentales en diferentes ambientes.....	51
<b>Tabla 11.</b> Cuadrados medios (CM) del ANDEVA para características asociadas a la calidad del fruto (Lote 1).....	55
<b>Tabla 12.</b> Cuadrados medios (CM) del ANDEVA para características asociadas a la calidad del fruto (Lote 2).....	55
<b>Tabla 13.</b> Descriptores estadísticos de la familia P1S3-1 (lote 1).....	56
<b>Tabla 14.</b> Descriptores estadísticos de la familia P5S3-1 (lote 1).....	57
<b>Tabla 15.</b> Características de las familias seleccionadas en el ciclo 1.....	60
<b>Tabla 16.</b> Cuadrados medios (CM) del ANDEVA para los caracteres cuantitativos evaluados en el ciclo 2.....	61
<b>Tabla 17.</b> Valores promedios para las variables asociadas al rendimiento y	

calidad de fruto de tres familias evaluadas en el ciclo 2.....	63
<b>Tabla 18.</b> Distribución porcentual (%) de los caracteres cualitativos asociados a la calidad del fruto de tres familias evaluadas en el ciclo 2.....	64
<b>Tabla 19.</b> Características de las familias seleccionadas en el ciclo 2.....	65
<b>Tabla 20.</b> Cuadrados medios (CM) del ANDEVA para los caracteres cuantitativos evaluados en el ciclo 3.....	66
<b>Tabla 21.</b> Valores promedios para las variables asociadas al rendimiento y calidad de fruto de las familias evaluadas en el ciclo 3.....	67
<b>Tabla 22.</b> Características de las familias seleccionadas en el ciclo 3 (C3).....	69
<b>Tabla 23.</b> Distribución porcentual (%) de los caracteres cualitativos asociados a la calidad del fruto en familias evaluadas del ciclo 3.....	70
<b>Tabla 24.</b> Cuadrados medios para los componentes del rendimiento de las familias genealógicas evaluadas en el ensayo de rendimiento.....	72
<b>Tabla 25.</b> Valor fenotípico promedio de los componentes del rendimiento de las familias genealógicas evaluadas. CEUNP (2008-1).....	73
<b>Tabla 26.</b> Cuadrados medios para los días a floración y caracteres cuantitativos de calidad del fruto de las familias genealógicas evaluadas.....	75
<b>Tabla 27.</b> Valor fenotípico promedio de los días a floración y caracteres de la calidad del fruto de las familias genealógicas evaluadas.....	76
<b>Tabla 28.</b> Descriptores cuantitativos y cualitativos de las familias avanzadas de zapallo.....	80
<b>Tabla 29.</b> Valor fenotípico promedio para los descriptores del rendimiento de las familias avanzadas de zapallo.....	82
<b>Tabla 30.</b> Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para el rendimiento y sus componentes de las familias avanzadas de zapallo.....	85
<b>Tabla 31.</b> Parámetros de estabilidad según el modelo de Eberhart y Rusell para el rendimiento por planta de las familias avanzadas de zapallo evaluadas en tres ambientes diferentes.....	86
<b>Tabla 32.</b> Descripción varietal para el cultivar Unapal Llanogrande.....	91

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Esquema genealógico de siembra, ensayo de rendimiento (2008-1).....	46
<b>Figura 2.</b> Familias avanzadas de zapallo <i>Cucurbita moschata</i> .....	71
<b>Figura 3.</b> Número de frutos por planta después de tres ciclos de selección.....	78
<b>Figura 4.</b> Producción por planta después de tres ciclos de selección.....	78
<b>Figura 5.</b> Comportamiento productivo de la población FL8-1, FL8-2 y el cultivar Unapal Bolo verde en función del Índice ambiental de tres localidades.....	88
<b>Figura 6.</b> Diagrama del procedimiento experimental para la obtención del cultivar de zapallo Unapal – Llanogrande.....	90

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo 1.</b> Colores de pulpa medido e frutos de zapallo.....	100
<b>Anexo 2.</b> Distribución porcentual del grosor de pulpa en el lote 1 y 2.....	101
<b>Anexo 3.</b> Distribución porcentual del diámetro de la cavidad placentaria en el lote 1 y 2.....	101
<b>Anexo 4.</b> Distribución porcentual del formato de fruto en el lote 1 y 2.....	102
<b>Anexo 5.</b> Distribución porcentual del color externo del fruto en el lote 1 y 2...	102
<b>Anexo 6.</b> Distribución porcentual de la superficie externa del fruto en el lote 1 y 2.....	103
<b>Anexo 7.</b> Distribución porcentual del color de pulpa en el lote 1 y 2.....	103
<b>Anexo 8.</b> Variables de calidad de fruto en zapallo.....	104
<b>Anexo 9.</b> Análisis de varianza por localidad.....	105
<b>Anexo 10.</b> Comportamiento promedio de las familias avanzadas de zapallo y el testigo comercial Unapal Bolo verde en cada una de las localidades.....	106

## RESUMEN

La importancia del zapallo *Cucurbita moschata* ha sido reconocida por sus propiedades alimenticias y medicinales en muchas regiones del mundo. En Colombia existen pocas variedades mejoradas de zapallo.

El objetivo del trabajo fue desarrollar una nueva variedad estable, altamente productiva y con excelente calidad de fruto para consumo en fresco. Después de tres ciclos de selección recurrente y evaluación en un ensayo de rendimiento a partir de la población básica No. 34, se obtuvieron en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP), las familias avanzadas FL4-3, FL8-1, FL8-2, FL8-1A y FL8-2A, las cuales se evaluaron en fincas de agricultores, con el fin de analizar la interacción genotipo por ambiente. Por su apreciable adaptabilidad, alta productividad y excelente calidad de fruto, la población FL8-1 fue seleccionada para convertirse en la nueva variedad.

Unapal LLanogrande se caracteriza por su hábito de crecimiento postrado con moderado número de guías. Presenta fruto redondo, de coloración verde con manchas amarillas, superficie lisa sin costilla, peso promedio de 2.5 a 3.5 kg, grosor de pulpa mayor o igual a 3.8 cm, color de pulpa naranja o amarillo intenso, floración masculina o femenina entre 45 a 60 días, número de frutos/planta mayor o igual a 7.0 y rendimientos superiores a los 15.0 kg/planta.

**Palabras Clave:** *Cucurbita moschata*, Mejoramiento Genético, Selección recurrente, Interacción genotipo por ambiente, Unapal LLanogrande



## ABSTRACT

The importance of the squash *Cucurbita moschata* has been recognized for its nutritional and medicinal properties in many regions of the world. In Colombia there are few improved varieties of squash.

The objective was to develop a new variety stable, highly productive and with high quality fruit for fresh consumption. After three cycles of recurrent selection and evaluation in a performance test from the basic population No. 34, were obtained at the Experimental Center of the National University of Colombia, Palmira (CEUNP) advanced families FL4-3, FL8 -1, FL8-2, FL8-1A and FL8-2A, which were evaluated in farmers' fields, in order to analyze genotype by environment interaction. Because of its considerable adaptability, high productivity and excellent fruit quality, FL8-1 population was selected to become the new variety.

Llanogrande Unapal is characterized by its prostrate growth with moderate number of guides. It features round fruit, green color with yellow spots, smooth surface rib, average weight of 2.5 to 3.5 kg, pulp thickness greater than or equal to 3.8 cm, orange-flesh color or deep yellow, flowering male or female between 45-60 days, number of fruits / plant greater than or equal to 7.0 and higher returns than 15.0 kg / plant.

**Keywords:** *Cucurbita moschata*, Breeding, Recurrent selection, Genotype by environment interaction, Unapal Llanogrande.

## INTRODUCCIÓN

La importancia de *Cucurbita moschata* en el mundo, ha sido reconocida principalmente por su alto valor nutritivo (representado en vitaminas, carbohidratos, fósforo y minerales), propiedades medicinales (efecto protector sobre enfermedades cardiovasculares, de la vista, cáncer de piel y de estomago, entre otros) y versatilidad en el uso (consumo directo, materia prima para la agroindustria, artesanías y decoración).

En el mundo, las cifras más recientes indican que en el 2007 se sembraron 1'503.336 ha con una producción total de 20'296.443 toneladas y rendimientos promedios de 13.50 t/ha. En América se registra una superficie de cultivo de 175.064 ha sembradas, con una producción total de 2'208.930 toneladas y rendimientos promedios de 12.62 t/ha (FAO, 2009). Para el 2008 se reportan en Colombia 3.997 ha sembradas, una producción de 53.298 toneladas y rendimientos promedios de 13.85 t/ha (Agronet, 2009).

La producción de zapallo en Colombia es frecuente en agroecosistemas de economía campesina y en medianas explotaciones productivas, ya sea como cultivo principal o transitorio o en sistemas de producción intercalados y de relevo con frutales, ornamentales y forestales, por lo cual sobresale como una especie hortícola de gran importancia en la seguridad alimentaria del país (Jaramillo, 1980 y Estrada, 2003).

Actualmente, la producción de zapallo cuenta con una serie de limitantes entre los que se encuentran la poca disponibilidad de cultivares nacionales mejorados. De otro lado, el zapallo se ha considerado como un cultivo rustico con un amplio rango de adaptación; sin embargo, los efectos ambientales podrían tener implicaciones negativas en el rendimiento y productividad del cultivo al impedir que

prospere competitivamente en todos los ambientes, posiblemente por las condiciones contrastantes de clima, suelo, fertilidad, incidencia de plagas y enfermedades, y manejo agronómico. Esta condición presume que el zapallo puede ser muy sensible a la interacción genotipo por ambiente (GxA).

El desarrollo de nuevas variedades de zapallo, a través de un proceso de mejoramiento genético se constituye en una alternativa viable en la solución de estas limitantes que “sin duda” tienen un mayor impacto sobre la economía y calidad de vida de pequeños y medianos agricultores, por ser ellos quienes concentran la mayor parte de las áreas productoras de zapallo en el país.

Desde el punto de vista de mejoramiento genético se ha considerado importante el desarrollo de genotipos rendidores y de amplia estabilidad y/o adaptabilidad a través de las regiones de interés. Sin embargo, es importante evaluar la magnitud de las interacciones de los genotipos con el ambiente, porque este conocimiento orienta en la recomendación de cultivares para regiones de interés, además de que es determinante en lo que tiene que ver con la estabilidad del cultivar.

Teniendo en cuenta la importancia del zapallo para la seguridad alimentaria del país, que Colombia dispone de pocos cultivares nacionales mejorados y que son pocos los estudios de interacción GxA se hace necesario contribuir a la investigación en esta especie, a través de la evaluación y selección de familias elites que den origen a nuevas variedades estables genéticamente, razón por la cual se desarrollo este estudio con los siguientes objetivos:

## **1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una variedad mejorada de zapallo, adaptada, de alta productividad y excelente calidad de fruto, capaz de responder a las necesidades de la horticultura colombiana.

### **1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Obtener familias con alto grado de uniformidad fenotípica para caracteres asociados al rendimiento y calidad del fruto, a partir de ciclos de estabilización genética por medio de selección recurrente intrapoblacional.
2. Evaluar la respuesta agronómica y productiva de poblaciones avanzadas.
3. Estimar la interacción genotipo por ambiente expresada en caracteres asociados al rendimiento.
4. Seleccionar las familias más rendidores y estables, con el fin de dar continuidad al proceso de liberación de la nueva variedad.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 IMPORTANCIA SOCIECONOMICA DEL ZAPALLO

Pocos grupos vegetales como las *Cucurbitas* pueden considerarse tan importantes desde el punto de vista nutricional, medicinal y cultural. Las especies cultivadas de *Cucurbitas* han representado parte fundamental de la dieta y otros aspectos de la vida humana en el mundo. Los frutos inmaduros y maduros y las semillas, son de gran importancia porque han servido de alimento desde épocas remotas, figurando entre las plantas de cultivo más antiguas de América que ofrecieron al hombre primitivo un alimento abundante, de propagación fácil y rápida, que podía crecer óptimamente en sitios abiertos y ricos en desechos orgánicos (Cáceres, 1981; León, 1987; Lira, 1995). A nivel internacional, la especie *Cucurbita moschata* es la más importante del género en países como Zambia, Malawi y otros territorios de la África Tropical (Gwanama *et al.*, 2000) y la India (Hazara *et al.*, 2007). En muchas regiones de Latinoamérica, las flores y algunas partes vegetativas también son apreciadas como verdura.

El valor alimenticio de todas las partes de las plantas que son consumidas como alimento humano es bastante aceptable. Estas plantas contienen altos niveles de almidón, azúcar, proteínas, vitaminas, carotenoides totales, de los cuales cerca del 30% corresponde a B-carotenos (provitamina A); minerales como calcio y fósforo, y aminoácidos como tiamina y niacina, que le confieren al zapallo ciertas propiedades nutricionales y medicinales. Estudios recientes habrían demostrado el efecto benéfico del zapallo sobre el tratamiento de enfermedades como la diabetes, hipertensión, úlceras gástricas, enfermedades de la vista, problemas

cardiovasculares, así como ayuda en la prevención de enfermedades de la piel y actividad antioxidante (Vallejo y Gil, 1998; Chengrui et al., 1999; Alfaro, 2006).

En Colombia, los frutos de zapallo son utilizados por las amas de casa para la preparación de sopas, cremas, purés, tortas y jugos. En la agroindustria, la pulpa de zapallo es fuente de sólidos en la fabricación de salsas y cremas, forma parte integral de los alimentos procesados para niños (compotas), además de que se utiliza como materia prima para la elaboración de concentrados, dietas en fresco y para la alimentación de animales de corral (Estrada, 2003).

## **2.2 MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ZAPALLO**

En Colombia, la investigación en zapallo fue inicialmente realizada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), institución responsable por el registro de la variedad Zapallica. El ICA puso fin al programa, siendo la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira en 1985, quien a través del Programa de Hortalizas, asume el reto de la investigación en esta y otras especies de hortalizas. En aquellos años no se disponía de cultivares nacionales de zapallo mejorados genéticamente, razón por la cual los campos productores se establecían a partir de semilla obtenida por el propio agricultor, proveniente de poblaciones heterogéneas locales, o en pocos casos se utilizaba la única variedad seleccionada por el ICA (Estrada, 2003).

El objetivo principal que se busca atender en un programa de mejoramiento genético de zapallo, es la obtención de plantas altamente productivas, de hábito de crecimiento más compacto (gen braquíptico), altamente prolíficas, excelente calidad de frutos y con resistencia a las principales enfermedades de campo como oidio, mildiu, virosis, así como a plagas de importancia económica como *Diaphania* sp. Con relación a la calidad del fruto, los factores a mejorar en esta especie son:

- Peso y forma de los frutos: para el mercado de fruto fresco, actualmente existe la tendencia en el consumidor a preferir frutos de 1.0 a 3.0 kg y formatos de frutos redondos que puedan comercializarse por unidad entera.
- Rendimiento de pulpa: un alto rendimiento de pulpa es un atributo de calidad esencial, tanto para el consumo directo como para la industria. Se han encontrado rendimientos de pulpa hasta del 92%.
- Consistencia: el consumidor prefiere frutos duros con altos contenidos de sólidos totales y menor cantidad de fibra. Los frutos considerados de buena calidad poseen 17 – 24% de sólidos totales. Es importante mencionar que a mayor cantidad de almidón en los frutos, mayor será la firmeza y viscosidad de la pulpa.
- Coloración de la pulpa: la coloración amarilla intensa o salmón es la preferida por el consumidor. Su intensidad está relacionada directamente con la cantidad de carotenoides totales, de los cuales cerca del 30% corresponden al betacaroteno.
- Sabor: los frutos con mayor cantidad de azúcares son considerados de mejor sabor. El sabor generalmente está relacionado con los niveles de azúcares, almidón, relación azúcar almidón y de otros compuestos.
- Altos contenidos: de materia seca, proteína y betacaroteno

En este sentido, cabe resaltar la labor realizada por el Programa de Investigación en Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, el cual siempre ha involucrado en sus estudios básicos, la mejora genética de estos caracteres, tendientes a caracterizar y seleccionar poblaciones promisorias tanto para el mercado de fruto fresco como para fines agroindustriales.

Los métodos de selección recurrente y pedigree han sido los más utilizados para mejorar poblaciones de libre polinización y el retrocruzamiento ha sido utilizado para transferir genes mayores entre variedades o entre especies (Vallejo y Estrada, 2004).

### **2.2.1 Selección recurrente**

En la escogencia del método de mejoramiento más adecuado para poder inferir sobre la predicción de ganancias en la selección, es muy importante la estimación de parámetros genéticos como la variación genética, heredabilidad e índice de variación, y también el conocimiento de las correlaciones entre caracteres, cuando se desea obtener ganancias indirectas simultáneamente en características diferentes. Una de las ventajas de estos procedimientos, es la ganancia de economía y mano de obra; además la eficiencia de selección de un carácter puede aumentarse cuando se tiene este conocimiento (Cruz y Regazzi, 2001).

La selección recurrente, en su sentido más amplio, se le puede definir como un procedimiento cíclico y gradual de selección que busca aumentar la frecuencia de alelos favorables dentro de una determinada población, resultando en una población superior a la original tanto en el valor medio como en el desempeño de los mejores individuos (Fer, 1987; Ceballos, 1998).

Distintos métodos de selección recurrente han sido desarrollados, principalmente para el mejoramiento de caracteres poligénicos o cuantitativos, los que generalmente son controlados por numerosos genes, de efectos individuales pequeños y altamente influenciados por el ambiente. Estos caracteres cuantitativos son medidos métricamente y descritos mediante parámetros estadísticos como la media, las varianzas y covarianzas (Ceballos, 1998).

El éxito de la selección recurrente depende de numerosos factores. Uno de ellos, quizás el más obvio, es que exista suficiente variabilidad genética, la cual debe



mantenerse en niveles adecuados para permitir el progreso genético en las generaciones subsecuentes. Por lo tanto, este método de selección es utilizado para programas de mejoramiento diseñados a mediano o largo plazo (Souza, 2001).

De acuerdo con Vallejo y Estrada (2002), la selección recurrente ha sido muy utilizada en especies alógamas porque el proceso de recombinación genética, en estas poblaciones, ocurre en forma natural.

Diversos estudios de mejoramiento y estimación de parámetros genéticos en zapallo manifiestan contribución de efectos genéticos aditivos y no aditivos en la herencia de caracteres cuantitativos como el rendimiento y sus componentes, grosor de la pulpa, días a floración masculina y femenina, sugiriendo que pueden ser mejorados a través de métodos simples como el de selección recurrente y mejoramiento por heterosis (Sirohi y Bejera, 2000; Hazara *et al* 2007; Singh *et al.*, 2007; Gwanama *et al.*, 2008; Mohanty, 2000; Bezerra, 2006; Espitia, *et al.*, 2006; Cardoso, 2007a; Cardoso, 2007b; Boiteux *et al.*, 2007).

Estudios recientes en Brasil compararon dos métodos de mejoramiento con el fin de aumentar el rendimiento y calidad en el fruto del cultivar 'Piramoita', logrando obtener aumentos significativos en la producción de frutos comerciales, durante tres ciclos de selección recurrente (Cardoso, 2007a).

La eficiencia del método de selección recurrente en la mejora de la productividad y calidad del fruto en Piramoita fue nuevamente evaluada. La varianza y el análisis de regresión indicaron un aumento progresivo y lineal de la producción a través de los tres ciclos de selección, con aumentos hasta del 63% en el número de frutos comerciales por planta (Cardoso, 2007b).

## **2.2.2 Contribución del programa de Investigación en Hortalizas**

La importancia socio-económica de los cultivos hortícolas a nivel nacional, la necesidad de crear cultivares propios y adaptados a las condiciones específicas del país, así como la necesidad de formar recurso humano altamente capacitado en las áreas de fitomejoramiento, sistemas de semillas y producción hortícola, fueron los factores de interés más importantes que marcaron la pauta en la creación y consolidación del programa de investigación en Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia hace 22 años.

La investigación adelantada por el programa de hortalizas en cinco especies hortícolas que incluyó el zapallo ha consistido, principalmente, en estudios genéticos tendientes a la obtención de cultivares nacionales adaptados, con mayores rendimientos y altamente productivos, que generen beneficios económicos al horticultor y contribuyan con el desarrollo agrícola del país.

### **2.2.2.1 Antecedentes en la investigación**

Desde su creación, el Programa de Hortalizas orientó su trabajo hacia la creación de nuevos cultivares de zapallo que cumplieran con las exigencias de calidad del mercado de fruto fresco, además de ser altamente rendidores y productivos. Para ello se realizaron numerosos estudios tendientes a seleccionar poblaciones o genotipos elites con características agronómicas sobresalientes a nivel de rendimiento y sus dos componentes principales (número de frutos y peso promedio de fruto), así como de otros rasgos de importancia en la producción y comercialización tales como habito de crecimiento, formato de fruto, color de pulpa, grosor de pulpa, diámetro de cavidad interna, sanidad de la planta, entre otras.

- **Selección por el hábito de crecimiento:**

El hábito de crecimiento es considerado un rasgo de interés agronómico importante en zapallo y uno de los objetivos del programa ha sido modificar el hábito tipo rastrero y producir cultivares con crecimiento compacto que sean más eficientes en el uso del suelo y permitan utilizar una mayor densidad de siembra, facilitar las labores agronómicas y propiciar mayor productividad por unidad de área.

Es conocido que el gen Bu, de herencia simple, es el responsable de conferir el tipo de crecimiento compacto o arbustivo en zapallo (Robinson *et al.*, 1976). La acción del gen Bu es peculiar debido a su dominancia reversa. En *Cucurbita pepo* el gen compacto es completamente dominante durante el crecimiento inicial y dominante incompleto en el crecimiento posterior; mientras que en *C. maxima* el gen es completamente dominante durante el crecimiento inicial y completamente recesivo en estados tardíos. Entonces el crecimiento compacto se debe al gen Bu, con dominancia reversa y presencia de genes modificadores que interactúan en su expresión (Whitaker y Davis, 1974).

Giraldo y Vallejo (1988) transfirieron el gen Bu de la variedad "Piramoita" de *Cucurbita moschata* producida en Brasil a la población 034 (P<sub>34</sub>) de *C. moschata* y a la población 17 (P<sub>017</sub>) de *C. maxima*, ambas de tipo rastrero. El cruzamiento intraespecífico (P<sub>34</sub>xPiramoita) permitió obtener generaciones F1, F2 y retrocruzas, mientras que el cruce P<sub>17</sub>xPiramoita (interespecífico) presentó problemas de incompatibilidad. Se encontró que el gen Bu en su forma heterocigota redujo la longitud de la guía principal en más del 50% comparada con las plantas normales y pareció no tener efecto negativo en el rendimiento por planta. La manifestación de la dominancia reversa ocurrió muy temprano, a los 27 días después de la emergencia. El gen Bu en su forma heterocigota pareció no haber tenido efecto

negativo sobre el rendimiento por planta. Estas poblaciones fueron la base para posteriores estudios de selección por el tipo de crecimiento compacto.

Vallejo y Gil (1998), estudiaron los efectos de la endocría sobre la longitud de la guía principal, el número de guías secundarias, número y longitud de entrenudos, producción por planta, peso del fruto, número de frutos y otros caracteres agronómicos de importancia, a partir de poblaciones endocriadas obtenidas de las variedades Piramoita y P34 y el híbrido P34xPiramoita. Las variedades y el híbrido, no parecieron sufrir por depresión endogámica en los caracteres asociados con el hábito de crecimiento, mientras que los otros caracteres evaluados respondieron diferencialmente a la endocría: algunos no variaron con diferentes niveles de endocría, otros tendieron a aumentar el carácter y otros tendieron a disminuirlo. Los resultados de este estudio permitieron inferir que los efectos de la endocría difieren de acuerdo con el material genético, pues las variedades se mostraron poco afectadas mientras que los materiales híbridos fueron más sensibles.

Con el objeto de continuar con la producción de poblaciones de zapallo con hábito de crecimiento compacto y de buenas características agronómicas, Mosquera y Vallejo (1998), realizaron una serie de cruzamientos inter e intraespecíficos entre poblaciones de *C.maxima* y *C.moschata*, todas de crecimiento postrado y utilizando como polinizador y donador del gen Bu a *C.maxima* población 25 (P<sub>25</sub>). Los cruzamientos intraespecíficos fueron exitosos en la producción de semilla híbrida viable, contrario a la hibridación interespecífica donde fueron evidentes los problemas de incompatibilidad inherentes a este tipo de cruzamientos. Todas las plantas F1 presentaron crecimiento compacto durante sus primeros estados de desarrollo hasta comienzos de fructificación y luego se presentó reversión hacia el crecimiento postrado, con incremento en longitud de la guía principal, lo cual se explica por el fenómeno de la dominancia reversa del gen Bu. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Giraldo y Vallejo (1988) en términos de la

dominancia reversa del gen Bu. El híbrido intraespecífico *C.maxima* P<sub>3</sub> x *C.maxima* P<sub>25</sub>, manifestó excelentes cualidades agronómicas.

Vinasco y Baena (1998), evaluaron la expresión fenotípica de los caracteres que controlan el hábito de crecimiento compacto en *C.maxima*. Se formaron las poblaciones F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, RC<sub>1</sub> y RC<sub>2</sub> derivadas del cruzamiento entre dos poblaciones rastreras (P<sub>10</sub> y P<sub>37</sub>) y P<sub>25</sub> que es el parental de crecimiento compacto. Estas poblaciones se sembraron y se evaluaron las generaciones segregantes. Utilizando la metodología de medias generacionales con las respectivas pruebas de chi-cuadrado se demostró que algunos de los caracteres que controlan el hábito de crecimiento compacto en zapallo *C.maxima*, como la longitud de la guía principal y número de nudos presentan un control genético simple y donde el gen dominante Bu contribuye de manera significativa a la expresión fenotípica del porte compacto de la planta. Se identificaron algunas plantas segregantes de porte compacto con características de rendimiento deseables (entre 6.30 y 8.23 kg/planta) que abrieron la posibilidad de iniciar un programa de selección simultánea para ambos caracteres.

- **Selección por componentes del rendimiento y calidad del fruto:**

Las evaluaciones asistidas por hábito de crecimiento en realidad fueron parte de un programa de selección fenotípica que buscaba integrar, en las poblaciones a seleccionar, el gen Bu y otros genes de interés agronómico que favorecieran el rendimiento, sus componentes y la calidad del fruto (formato de fruto, superficie externa, color externo del fruto, grosor de pulpa, color de pulpa naranja, diámetro de cavidad placentaria, tamaño de fruto mediano). Sin embargo, el carácter de crecimiento arbustivo parece estar relacionado con baja producción por planta, por lo cual no siempre fue posible hacer selección simultánea de plantas para ambos caracteres (Amariles y López, 1994; Nakamura y Vallejo, 1997), prefiriéndose, en algunos casos, la selección de poblaciones con hábito postrado o intermedias.

Amariles y López (1994), realizaron un aumento, caracterización morfológica, evaluación agronómica y selección de poblaciones promisorias a partir de 50 accesiones pertenecientes a la primera colección de germoplasma colombiano de zapallo *Cucurbita spp.* Los resultados encontrados en el primer ciclo fueron los siguientes: el 92% de las accesiones fueron de hábito rastrero, 29% tuvo fruto redondo, el 46% tuvo fruto de color verde sin color secundario, el 90% con superficie externa lisa, el 23% con grosor de pulpa entre 2.1 y 2.5 cm, el 75% tuvo color naranja y el 19% con diámetro de cavidad interna entre 10 a 10.9 cm. Del rendimiento, el 25% de las accesiones mostró una producción por planta de 2.1 a 4.0 kg/planta, el 29% con 3.1 a 4.0 frutos/planta con pesos entre 2.6 a 3.0 kg/fruto (21%). Buscando mejorar los caracteres de rendimiento y calidad de interés, fueron evaluadas, en un segundo ciclo, dos poblaciones seleccionadas del ciclo anterior: la población 10 (P<sub>10</sub>) de *C. maxima* y población 34 (P<sub>34</sub>) de *C. moschata*, las cuales presentaban crecimiento postrado, pero sobresalían por sus buenas cualidades de calidad de fruto y rendimiento destacado que alcanzaron una producción por planta de 6.16 kg y 8.32 kg por planta, respectivamente.

Pérez y Tigreros (1994), evaluaron la población P<sub>10</sub> de *C. maxima* seleccionada por Amariles y López (1994), con el objetivo de continuar la selección por el número de frutos por planta (prolificidad), tamaño y color de frutos y calidad interna del fruto, para luego comparar en un ensayo de rendimiento la población original, la población seleccionada y el testigo comercial Zapallica. La población original tuvo frutos mas pesados (3.77 kg/fruto), mientras que la población seleccionada y el testigo tuvieron frutos mas livianos (2.79 kg/fruto y 1.4 kg/fruto, respectivamente). Para el número de frutos por planta no se encontraron diferencias entre las poblaciones. La población seleccionada rindió 4.4 kg/planta y el testigo 2.9 kg/planta. Se logró obtener una población altamente homogénea y con características de fruto óptimas para una mayor demanda, consistentes en formato de fruto redondo, superficie lisa, color de fruto naranja, peso promedio entre 2 a 3 kg y color de pulpa naranja. Estas características de calidad, junto con su mejor

producción frente al testigo comercial, hicieron que esta población fuera considerada como promisoría para el desarrollo de una nueva variedad.

El comportamiento agronómico de las poblaciones P<sub>10</sub> y P<sub>34</sub> y otras accesiones identificadas por el programa (P<sub>4</sub>, P<sub>16</sub> y P<sub>11</sub>), continuó siendo evaluado en ensayos de rendimiento que permitieron confirmar sus ventajas agronómicas al obtenerse plantas hasta con 5 frutos por planta, con pesos entre 1.75 y 3.3 kg/fruto y producción total por planta que oscilaba entre 5.2 y 14.9 kg/panta. Con relación a la calidad del fruto, plantas con frutos redondos y grosores por encima de 3.5 cm en comparación con el testigo Zapallica con 2.5 cm de grosor de pulpa (García et al., 1995; Pérez y Gutiérrez, 1997).

Nakamura y Vallejo (1997), realizaron un trabajo de selección masal en una población híbrida interespecífica de zapallo (*C.maxima* Var. *Zapallica* y *C.moschata* Var. *Piramoita*) durante tres ciclos de siembra, con el fin de avanzar en la estabilización genética de esta población promisoría y seleccionar plantas sobresalientes con crecimiento arbustivo, frutos redondos, de color externo naranja intenso y peso aproximado de 2.0 kg. De 400 plantas sembradas en el primer y segundo ciclo, solo 25 (6.25%) y 19 (4.75%), respectivamente, presentaron hábito de crecimiento compacto. En el tercer ciclo, 35 de 300 plantas sembradas (11.66%) expresaron este carácter. En cuanto a los caracteres asociados a la calidad del fruto, todas las plantas, en los tres ciclos, presentaron formato de fruto redondo y liso, ausencia de carpelos y coloración externa naranja intensa con ausencia de color secundario. El segundo ciclo fue el que obtuvo los mayores rendimientos para las variables evaluadas tales como: peso de fruto con una media de 415.6g, número promedio de frutos por planta de 1.9 frutos y producción por planta con una media de 697.4g. De este estudio se recomendó seguir evaluando y seleccionando este material con miras a obtener una población mejorada que pudiera sembrarse a altas densidades de siembra, pero con características agronómicas sobresalientes.

Los aportes hechos por el programa generaron beneficios a los productores rurales y al sector hortícola colombiano en general. Fue a través de estos referidos estudios que el Programa de Hortalizas obtuvo, en 1999, dos variedades de zapallo: UNAPAL BOLO VERDE especie *C. moschata* y UNAPAL-MANDARINO especie *C. maxima*, cultivares de amplia aceptación comercial por agricultores y consumidores. Estos cultivares se desarrollaron a partir de las poblaciones básicas P<sub>34</sub> y P<sub>10</sub>, provenientes de la primera colección y caracterización de germoplasma colombiano de *Cucurbita spp* del proyecto ICA-IBPGR (Instituto Colombiano Agropecuario – International Board Plant Genetic Resources), después de cuatro ciclos de selección para los caracteres producción por planta, calidad del fruto y sanidad de la planta (Vallejo et al., 1999).

Estudios de impacto en el Valle del Cauca indicaron que cerca del 80% de los cultivos de zapallo establecidos con variedades mejoradas lo hacen con el cultivar Unapal-Bolo Verde ampliamente conocido tanto por agricultores y comercializadores mayoristas quienes han usado su nombre para diferenciarlo en los mercados a través de su clasificación comúnmente denominada zapallos tipo Bolo Verde en reconocimiento a sus excepcionales características de producción y calidad (Estrada, 2003).

#### **2.2.2.2 Avances en la investigación**

En pro de su misión y compromiso social el programa de hortalizas continúa avanzando en el mejoramiento genético de esta especie hortícola, trabajando en la selección, recombinación genética y uniformización fenotípica de distintos genotipos elites que han sido sometidos a procesos de mejoramiento genético con miras a obtener nuevas variedades tanto para fines de consumo en fresco como para usos agroindustriales (Escobar y Muriel, 2002; Montes, 2003; Espitia, 2004; Cabrera et al., 2007; Zambrano, 2007; Ortiz, 2006; Tobar, 2009).



Montes *et al.*, (2004), colectaron, caracterizaron morfológicamente y evaluaron agronómicamente 133 accesiones de *C. moschata* en Colombia, las cuales presentaron una alta diversidad genética para caracteres de importancia agronómica como prolificidad, tamaño, forma, peso y color de fruto, días a floración masculina y femenina, espesor de pulpa, días a floración masculina y femenina, y otros caracteres vegetativos. Estos resultados fueron confirmados en estudios posteriores de diversidad genética a nivel molecular realizados por Restrepo y Vallejo (2008), quienes encontraron que la mayoría de la variación genética entre las introducciones era atribuible a la variación entre individuos dentro de cada departamento. La riqueza genética incluida en estas accesiones permitió establecer el valor agronómico potencial de algunas poblaciones (entre ellas la población P<sub>34</sub>) que sobresalieron, entre otros rasgos, por su buen rendimiento y productividad, excelente color y grosor pulpa, tamaño de fruto mediano y formato de fruto redondo, de color externo verde y naranja, sin costillas, alta prolificidad y aceptable sanidad.

Espitia (2004), estudió el comportamiento genético y fenotípico de las progenies de dos cruzamientos dialélicos con cinco progenitores cada uno. La población 34 (P<sub>34</sub>) utilizada como progenitor sobresalió por su alta prolificidad, frutos de color verde, superficie lisa, forma redonda y color salmón de la pulpa, bajo peso de 100 semillas (<11.5 gr), diámetro de la cavidad interna reducido (<13cm), buen grosor de pulpa (>3.9 cm), alto porcentaje de pulpa (>40%), alta precocidad relativa (>64%) y adecuado tamaño de fruto para su comercialización directa tipo-entero con peso entre 2.0 a 3.0 kg, convirtiéndola en una excelente opción como población básica en programas de mejoramiento enfocados al mercado de fruto fresco.

Espitia *et al.*, (2006), evaluaron el comportamiento agronómico, la interacción genotipo por semestre (GxS) y la heterosis útil, para el rendimiento por planta, número de frutos y peso promedio, en siete híbridos experimentales de zapallo y

sus ocho progenitores, durante dos semestres agrícolas, concluyendo que la heterosis es una alternativa potencial para mejorar la competitividad del cultivo de zapallo para el mercado de fruto fresco al interior del país.

Cabrera et al (2007), evaluaron el comportamiento agronómico y productivo de dos poblaciones promisorias ( $P_{34}$  de *C. moschata* y  $P_{28}$  de *C. maxima*) utilizando la variedad Bolo Verde como testigo comercial. De este ensayo se seleccionaron y cosecharon individualmente dos frutos de plantas diferentes:  $P_1S_3-1$  (P: población 34, surco 3, planta 1) y  $P_1S_3-5$  (P: población 34, surco 3, planta 5) con el fin de continuar con un proceso de mejoramiento genético, a través de ciclos de selección y recombinación genética, que permitieran fortalecer su potencial genético y así intensificar sus ventajas productivas y de calidad del fruto.

Zambrano (2007), continuó con la evaluación y selección de estas familias derivadas de la población básica 34, bajo un esquema de selección recurrente fenotípica con polinización controlada.

La selección de estos nuevos genotipos elites se enmarcó en la obtención de poblaciones competitivas, de excelente calidad de fruto, y altamente rendidoras y productivas en términos de prolificidad (6 o más frutos por planta) y tamaño de fruto mediano (2 a 3 kg/fruto). En este sentido cabe aclarar que la reducción del tamaño ha sido deseable, pero solo hasta lograr frutos que se ajusten a los estándares de tamaño nacionales requeridos actualmente por el mercado de fruto fresco (Vallejo y Mosquera, 1998). De otro lado, la selección de plantas con mayor número de frutos por planta incrementará la producción por planta, pero también llevará a la reducción indirecta en peso del fruto. Este tipo de asociación es interesante en el mejoramiento genético de la especie para el consumo de fruto fresco (Espitia *et al.*, 2005).

Paralelo al programa de selección recurrente de la población 34, otros estudios de selección fenotípica con poblaciones sobresalientes han sido llevados a cabo con el fin de obtener cultivares con mayor contenido nutricional medido en términos de altos contenidos de materia seca y beta caroteno (Ortiz, 2006; Ortiz *et al.*, 2008; Ortiz *et al.*, 2009; Tobar, 2009).

Ortiz (2006), evaluó 81 de las 133 accesiones colectadas por Montes (2003), con el fin de encontrar genotipos con alto porcentaje de materia seca con miras a obtener una variedad para la agroindustria de alimentos balanceados para animales (ABA). La selección de introducciones se hizo con base en las variables producción por planta, porcentaje de materia seca del fruto y color de la pulpa. Se seleccionaron las 10 mejores poblaciones y se procedió a autofecundar dos veces cada una de ellas con el fin de producir 6 líneas S<sub>2</sub>.

Tobar (2009), obtuvo dos familias avanzadas de zapallo *Cucurbita moschata*, denominadas F7 y F7A, después de dos ciclos de recombinación genética, selección, y evaluación en un ensayo de rendimiento, a partir de una población original compuesta por once familias promisorias destacadas por presentar características sobresalientes del fruto para el mercado en fresco y alto contenido de materia seca en el fruto (MS>8%) en comparación con la variedad comercial UNAPAL BOLO VERDE.

Los esfuerzos investigativos del Programa de Hortalizas en los últimos años, a través de estos estudios, permitieron la obtención de tres nuevas variedades para el mercado de fruto fresco y agroindustrial: UNAPAL- LLANOGRANDE, UNAPAL-DORADO Y UNAPAL ABANICO 75. Estas nuevas variedades fueron pensadas según los objetivos generales que busca atender un programa de mejoramiento de zapallo, donde los factores de interés a mejorar se evaluaron en poblaciones seleccionadas que integraron, en su composición genética, características agronómicas sobresalientes en términos de alto rendimiento y productividad,

sanidad vegetal y excelente calidad de fruto, además de altos contenidos de materia seca.

### **2.2.3 Importancia de las pruebas de evaluación agronómica**

El concepto de evaluación agronómica fue introducido por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA (1999), como un concepto técnico emitido con base en los resultados de la prueba de evaluación a la que son sometidos diferentes genotipos, por lo cual todo cultivar dentro del proceso de certificación y con destino a la comercialización como semilla para siembra, deberá obtener previamente el concepto de evaluación agronómica.

En las pruebas de evaluación agronómica se determina el comportamiento agronómico y de otras características de un genotipo comparado con el comportamiento simultáneo de otro u otros genotipos comerciales como testigos, según sistema definido de experimentación, con el fin de lograr su inscripción en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales. Cultivar es el nombre genérico que se utiliza para referirse indistintamente a variedades, líneas, híbridos y clones que se estén utilizando como materiales comerciales para la siembra (ICA, 1999).

Las pruebas regionales son pruebas semicomerciales que corresponden a la etapa final de la prueba de adaptación, en la cual los materiales genéticos se siembran en localidades diferentes en comparación con la variedad o variedades comerciales como testigos, con el fin de determinar su grado de comportamiento en áreas de mayor extensión. Según Yan y Hunt (2002), la evaluación de genotipos en diferentes localidades, es llevada a cabo en la mayoría de cultivos de importancia económica en el mundo y aunque es una de las actividades de mayor trabajo y más costosas, en los programas de mejoramiento, es esencial en el proceso de liberación y recomendación de un nuevo cultivar por los efectos ambientales sobre el comportamiento de los genotipos.

La importancia del efecto ambiental sobre el crecimiento, desarrollo y estabilidad de genotipos ha sido ampliamente discutido por diversos autores. Para Borém y Miranda (2005), el efecto ambiental es definido por las condiciones edafoclimáticas asociadas a prácticas culturales, incidencia de patógenos y otras variables que afectan el desarrollo de las plantas. Vencovsky (1992), señala que el modelo aditivo dominante ampliamente utilizado hasta ahora, presupone que las diferencias genéticas y ambientales contribuyen, de forma independiente unas de las otras, sobre la variación fenotípica. Allard (1960), define que la variación del fenotipo sobreviene de la acción conjunta del genotipo y el ambiente. Lynch y Walsh (1998), explican que las diferencias entre localidades y años, referidas como efectos macroambientales, presentan condiciones contrastantes de crecimiento que impiden que los genotipos de interés se comporten de forma similar a través de los ambientes y entonces ocurra interacción genotipo por ambiente (GXA).

Durante la optimización de los recursos, los costos operacionales deben ser considerados. Por ejemplo, el aumento en el número de repeticiones es menos costoso que el aumento en el número de localidades a evaluar y esta a su vez menos que el número de años. En algunos casos las localidades pueden ser utilizadas, en parte, para sustituir años de evaluación. Por ejemplo, los efectos de localidades ocurren principalmente en razón de las diferencias de suelo y distribución de la precipitación, mientras que los efectos de año son principalmente de naturaleza climática. Si fuera posible escoger las localidades en regiones climáticamente contrastantes, los efectos climáticos serían mayores. Entonces, siempre que sea posible se debe sustituir años por localidades, en beneficio de la reducción del tiempo que se invierte en el desarrollo de un nuevo cultivar (Borém y Miranda, 2005).

### **2.3 ABASTECIMIENTO DE SEMILLAS DE ZAPALLO EN EL PAÍS**

Un altísimo porcentaje de los cultivos hortícolas en Colombia se propagan a través de semillas importadas con variedades relativamente antiguas de gran tradición y arraigo en los sistemas de producción. Esta dependencia absoluta trae en algunos casos consecuencias negativas para la horticultura colombiana especialmente con riesgos asociados a la baja adaptabilidad de los cultivares foráneos, la adquisición de semillas de baja calidad, la presencia de otras semillas extrañas especialmente de especies arvenses nocivas, prohibidas o ausentes en el país, introducción de enfermedades o plagas que puedan construir fuentes de contaminación primaria de nuevos problemas fitosanitarios no existentes en la actualidad (Estrada, 2003).

El mercado nacional de semillas esta siendo atendido principalmente por semilla de origen extranjero con firmas de reconocido prestigio y tradición que han logrado posicionarse manteniendo o creciendo los niveles de participación con “nuevos productos” en la línea de semillas híbridas de alto costo (Estrada, 2003).

En zapallo, un bajo porcentaje de los cultivos se establece con semillas mejoradas e importadas, abastecidas a través de las casas importadoras y comercializadoras especializadas (Tabla 1).

En este cultivo, predomina el sistema de autoabastecimiento de semillas a partir de plantas seleccionadas en la propia finca o en fincas vecinas. Algunos agricultores se proveen de semilla obtenida a partir de frutos comprados en los mercados frescos. No existe en Colombia un sistema formal de abastecimiento de semillas de zapallo que multiplique las variedades regionales y garantice calidad genética, fisiológica y sanitaria de las mismas.

Esta informalidad en el suministro de semillas hace que el sistema sea muy frágil y riesgoso, tanto para los agricultores productores de zapallo, como para los

comercializadores de frutos para el mercado en fresco y los proveedores de pulpas para la agroindustria que no pueden estandarizar el producto frente a requisitos mínimos de calidad (Estrada, 2003).

El registro de las importaciones de semillas de variedades e híbridos de zapallo para el año 2009 correspondió a 940,6 kg y 190,7 kg provenientes del Brasil y los Estados Unidos, respectivamente.

**Tabla 1.** Oferta de semillas de cultivares de zapallo en Colombia. Año 2010.

Nombre del cultivar	Tipo	Unidad	Casa comercializadora
<b>IMPORTADOS</b>			
Ahuyama Sugar Pie	Hibrido	Lata 500g	Semillas Ler
Ahuyama Tetsukabuto	Hibrido	Lata 100g	Semillas Ler
Ahuyama Piacentina	Hibrido	Bolsa 500g	Semillas Ler
Zapallo Hibrido Ultra F1	Hibrido		Semillas Agrinter
Ahuyama Mini Sarita	Hibrido		Semillas Agrinter
Ahuyama Delica	Híbrido		Agro Global
Ahuyama Canesi	Híbrido		Arroyave
Golden Delicious	Híbrido	Sobre 100g	Peto Seed
Connecticut Fiel	Híbrido	Lata 454g	Peto Seed, Agrosemillas
Ahuyama Butternut	Híbrido	Lata 100g	Peto Seed, Semillas Ler
<b>NACIONALES</b>			
Ahuyama Candelaria	Variedad	Libra 500g	Semicol
Ahuyama Valluna	Variedad	Libra 500g	Semicol
Zapallica VMP-1	Variedad	Libra 500g	ICA- Producción nacional
Ahuyama Mexicana	Variedad	Libra 500g	Arroyave
UNAPAL – Mandarino	Variedad	Bolsa 500g	Semillas UNAPAL – Palmira
UNAPAL –Boloverde	Variedad	Libra 500g	Semillas UNAPAL - Palmira

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 PRIMERA ESTAPA: CICLOS DE SELECCIÓN Y RECOMBINACIÓN**

##### **3.1.1 Localización del experimento**

Entre Julio de 2006 y Diciembre de 2007, bajo un esquema de selección recurrente fenotípica se desarrollaron en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP), tres ciclos de selección, recombinación genética y uniformización fenotípica de la población básica 34 de *Cucurbita moschata*. CEUNP está localizado en el municipio de candelaria (Valle), vereda el Carmelo a 3° 25' 34" latitud norte y 76° 25' 53" longitud oeste, a 951 msnm, con una temperatura media de 23 – 27 °C, 75% de humedad relativa y una precipitación media anual de 1000 mm, distribuidas en dos épocas de lluvia.

##### **3.1.2 Material genético**

La población 34 ( $P_{34}$ ) de la colección de germoplasma colombiano de zapallo que posee la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira se utilizó como población básica original para la obtención de la nueva variedad con fines de consumo en fresco. La población 34 es proveniente del Valle del Patía (Cauca).

##### **3.1.3 Selección de plantas**

En cada ciclo de selección se seleccionaron las mejores plantas teniendo en cuenta los siguientes atributos de rendimiento y calidad de fruto: formato redondo, color externo verde con manchas amarillas; color de pulpa amarillo intenso o



naranja, peso promedio de fruto entre 2.0 y 3.5 kg, grosor de pulpa mayor o igual a 3.8 cm, diámetro de cavidad interna reducida (menor a 12 cm), elevado número de frutos por planta (mayor o igual a 6) y una producción por planta igual o superior a 12 kg/planta.

### **3.1.4 Procedimiento experimental**

El trabajo de campo se inicio con la siembra de dos familias de la población 34 (PL1S3-1 y PL5S3-1)<sup>1</sup>, previamente seleccionadas por sus excelentes atributos de calidad de fruto, rendimiento y productividad, en un ensayo de rendimiento con la población 28 y la variedad Bolo Verde como testigo comercial. Las características de la población 34 en este estudio se presentan en las tablas 2 y 3.

La siembra de las plantas se realizó en vasos plásticos de 300 cc, utilizando turba como sustrato. Después de quince días, cuando las plantas contaban con buen desarrollo radicular y al menos tres hojas verdaderas se trasplantaron al campo a una distancia de 3m X 3m.

La recombinación genética de la población se hizo a través de polinización manual controlada, realizando cruzamientos fraternales entre plantas escogidas por reunir los criterios de selección.

La cosecha de frutos se realizó de forma individual, con el fin de conocer exactamente la producción y características de cada una de las plantas dentro de la población.

---

<sup>1</sup> PL= planta, S= surco

**Tabla 2.** Valores promedios para la producción por planta y sus dos componentes en tres poblaciones de zapallo.

<b>Población</b>	<b>NFP</b>	<b>PPF kg</b>	<b>PPP (kg/planta)</b>
34	6,4 <sup>a</sup>	3,5 <sup>b</sup>	13,7 <sup>a</sup>
28	3 <sup>b</sup>	5 <sup>a</sup>	14,4 <sup>a</sup>
Testigo (Bolo verde)	2,7 <sup>c</sup>	3,2 <sup>c</sup>	12,3 <sup>c</sup>
DMS (5%)	0,2	0,19	2,9

**NFP**= Numero de frutos por planta, **PPF**= Peso promedio fruto, **PPP**= Producción por planta

**Tabla 3.** Valores promedios de variables cuantitativas asociados al fruto en tres poblaciones de zapallo.

<b>Población</b>	<b>DCP (cm)</b>	<b>DE (cm)</b>	<b>DCI (cm)</b>	<b>GP (cm)</b>	<b>CP</b>
34	17,53 <sup>c</sup>	19,77 <sup>b</sup>	11,46 <sup>b</sup>	4,16 <sup>b</sup>	12,3 <sup>a</sup>
28	21,71 <sup>a</sup>	22,5 <sup>a</sup>	13,57 <sup>a</sup>	4,44 <sup>a</sup>	8,97 <sup>b</sup>
Testigo (Bolo verde)	18,46 <sup>b</sup>	19,45 <sup>b</sup>	11,85 <sup>b</sup>	3,88 <sup>c</sup>	10,2 <sup>a</sup>
DMS (5%)	0,7	0,69	0,49	0,18	0,35

**DCP** = diámetro de cavidad polar; **DE** = diámetro ecuatorial; **DCI** = diámetro cavidad interna; **GP** = grosor de pulpa; **CP** = color de pulpa

*Fuente: Cabrera et al., 2006*

### 3.1.4.1 Primer ciclo de selección y recombinación genética

Se sembraron 70 plantas por familia en dos lotes de 900m<sup>2</sup> y se seleccionaron de las mejores plantas, cinco frutos de libre polinización y tres frutos provenientes de cruzamientos fraternos.

La semilla del mejor fruto de cada planta seleccionada se constituyó en una familia de hermanos medios (frutos de libre polinización) y hermanos completos (frutos fraternos), para un total de ocho familias a evaluar en el segundo ciclo, las cuales fueron identificadas como se muestra en la tabla 4.

**Tabla 4.** Identificación de las familias seleccionadas en el ciclo 1(C1).

<b>FAMILIA</b>	<b>GENEALOGIA</b>	<b>PROCEDENCIA</b>
FL1	PL59	Fruto proveniente de la planta 59.
FL2	PL18	Fruto proveniente de la planta 18.
FL3	PL14	Fruto proveniente de la planta 14.
FL4	PL64	Fruto proveniente de la planta 64.
FL5	PL 20	Fruto proveniente de la planta 20.
FL6	PL14*PL18	Fruto derivado del cruzamiento entre las plantas 14 y 18
FL7	PL59*PL56	Fruto derivado del cruzamiento entre las plantas 59 y 56.
FL8	PL18*PL56	Fruto derivado del cruzamiento entre las plantas 18 y 56.

PL= planta

### 3.1.4.2 Segundo ciclo de selección y recombinación genética

Las ocho familias seleccionadas en C1 se sembraron a razón de 20 plantas para una densidad total de 160 plantas en 1500m<sup>2</sup>. Consolidados los datos de evaluación se realizó selección inter e intrafamiliar, seleccionando las tres mejores familias (FL4, FL6 y FL8) y dentro de ellas las nueve mejores plantas con frutos provenientes de cruzamientos fraternos.

La semilla del mejor fruto de cada planta dio origen a nueve familias a evaluar en el tercer ciclo de siembra, las cuales fueron identificadas según su procedencia como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5.** Identificación de las familias seleccionadas en el ciclo 2 (C2).

<b>FAMILIA</b>	<b>GENEALOGIA</b>	<b>PROCEDENCIA</b>
FL4-1	Familia 4	Fruto fraterno proveniente de la familia 4.
FL4-2	Familia 4	Fruto fraterno proveniente de la familia 4.
FL4-3	Familia 4	Fruto fraterno proveniente de la familia 4.
FL4-4	Familia 4	Fruto fraterno proveniente de la familia 4.
FL4-5	Familia 4	Fruto fraterno proveniente de la familia 4.
FL6-1	Familia 6	Fruto fraterno proveniente de la familia 6.
FL6-2	Familia 6	Fruto fraterno proveniente de la familia 6.
FL8-1	Familia 8	Fruto fraterno proveniente de la familia 8.
FL8-2	Familia 8	Fruto fraterno proveniente de la familia 8.

### **3.1.4.3 Tercer ciclo de selección y recombinación genética**

Se sembraron 20 plantas por familia seleccionada en C2, seleccionando las cuatro mejores familias (FL4-3, FL4-5, FL8-1 y FL8-2), y dentro de ellas cuatro plantas (una planta por familia).

Como en los ciclos anteriores, la semilla del mejor fruto de cada planta seleccionada dio origen a cuatro familias identificadas según su procedencia como se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6.** Identificación de las familias seleccionadas en el ciclo 3 (C3).

<b>FAMILIA</b>	<b>GENEALOGIA</b>	<b>PROCEDENCIA</b>
FL4-3	Familia 4	Fruto proveniente de la familia FL4-3
FL4-5	Familia 4	Fruto proveniente de la familia FL4-5
FL8-1	Familia 8	Fruto proveniente de la familia FL8-1
FL8-2	Familia 8	Fruto proveniente de la familia FL8-2

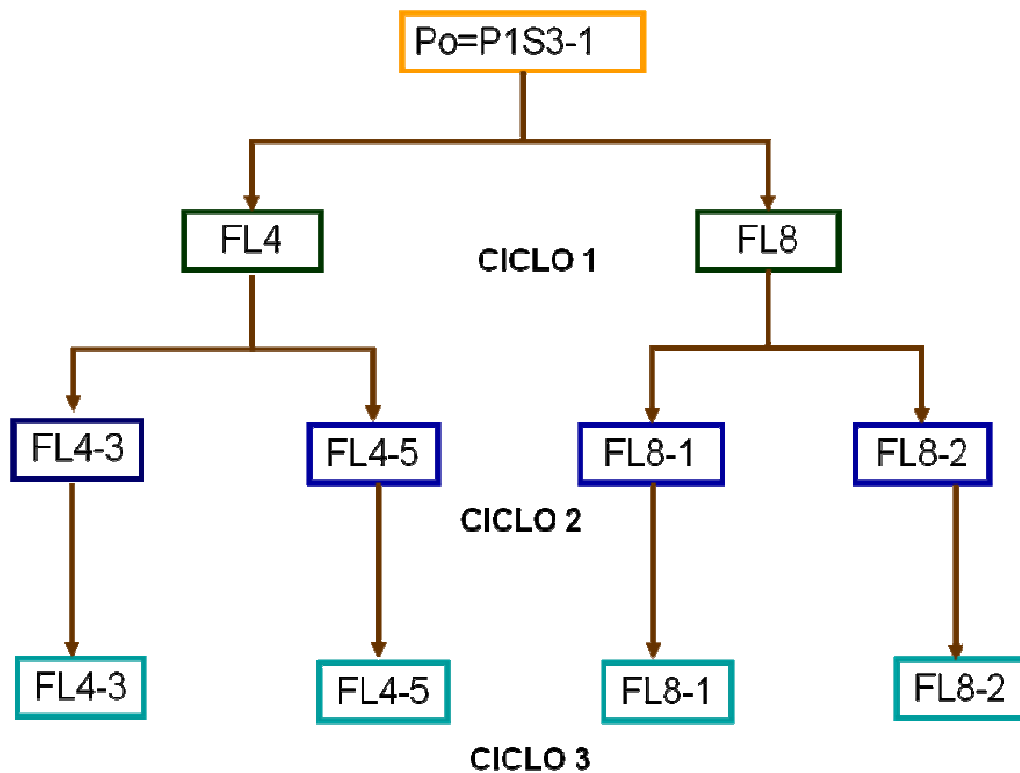
### **3.1.5 Variables evaluadas**

- Número de frutos por planta: se contó el número de frutos producidos por planta al momento de la cosecha.
- Peso del fruto: Se obtuvo el peso en kg de cada uno de los frutos cosechados por planta.
- Producción por planta: Fue el resultado de sumar los pesos de todos los frutos cosechados en cada planta.
- Grosor de la pulpa: Se midió en cm, en una muestra de tres frutos por planta, en la zona del máximo diámetro transversal del fruto.
- Color de la pulpa: se determinó mediante apreciación visual utilizando el abanico de colores de Roche (Anexo 1).
- Diámetro de la cavidad placentaria: se midió en cm, en una muestra de tres frutos por planta.
- Formato del fruto: se clasificó de acuerdo a su forma en: redondo o globular, aplanado, cilíndrico, elíptico, entre otros.
- Color externo principal y secundario del fruto: se estimó visualmente de acuerdo a su color en: verde manchado, crema, amarillo, naranja, etc.
- Textura superficial: se evaluó visualmente como lisa, rugosa, ondulada y graneada con presencia o ausencia de costillas.

### 3.2 SEGUNDA ETAPA: ENSAYO DE RENDIMIENTO GENERACIONAL

Bajo un esquema genealógico, fueron evaluadas en el CEUNP las familias elites de los tres ciclos de selección y la población original, utilizando la variedad Bolo Verde como testigo comercial (Figura 1). Un total de doce familias se establecieron en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con cuatro repeticiones y ocho plantas por unidad experimental para una densidad total de 384 plantas distanciadas a 3m X 3m. Se evaluaron las mismas variables consideradas en la primera etapa.

**Figura 1.** Esquema genealógico de siembra ensayo de rendimiento (2008-1).



Sobre las familias elites del tercer ciclo se realizó una selección inter e intrafamiliar en la que se seleccionaron las tres mejores familias (FL4-3, FL8-1 y FL8-2) y

dentro de ellas las dos mejores plantas con frutos provenientes de cruzamientos fraternos, identificándolos como FL8-1A y FL8-2A por provenir de las familias FL8-1 y FL8-2, respectivamente.

Las cinco nuevas familias seleccionados conformaron las familias avanzadas a evaluar en las pruebas regionales y/o de evaluación agronómica requeridas por el ICA como etapa final en el proceso de obtención y registro de la nueva variedad.

### **3.3 TERCERA ETAPA: PRUEBAS REGIONALES Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

#### **3.3.1 Localización del experimento**

El trabajo se llevó a cabo durante el 2009-1 en 3 localidades del Valle del Cauca: Ceunp (Candelaria), Vereda San Pablo (Restrepo) y Cabuyal (Candelaria). Algunas características de las localidades se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7.** Características geográficas de las localidades de evaluación

<b>Localidad</b>	<b>Coordenadas geográficas</b>	<b>Altitud (msnm)</b>
Restrepo	3°49' 30" N 76°31' 30" O	1400
Cabuyal	3°20' 00" N 76°21' 00" O	984
Ceunp	3°25' 34" N 76°25' 53" O	951

### **3.3.2 Familias experimentales**

Como se menciona anteriormente, las familias experimentales evaluadas correspondieron a las familias avanzadas seleccionadas en el ensayo de rendimiento generacional. La variedad Bolo Verde se empleó como testigo comercial y las principales características de las familias estudiadas se muestran en la tabla 8.

### **3.3.3 Procedimiento experimental**

#### **3.3.3.1 Establecimiento de semilleros**

En el centro experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP) se conformó el vivero donde se multiplicaron las familias para las tres localidades. Las semillas previamente tratadas con insecticidas y fungicidas se sembraron en vasos plásticos de 250cc con substrato de turba colocando dos semillas por vaso. El traslado a cada localidad y el respectivo trasplante a campo se llevo a cabo cuando las plantas presentaron buen desarrollo radicular y al menos dos hojas verdaderas.

#### **3.3.3.2 Diseño experimental**

Las poblaciones se sembraron en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y ocho plantas por parcela experimental. La distancia de siembra fue de 3m x 3m, para una densidad total de 224 plantas en un área total de aproximadamente 2000m<sup>2</sup> en cada localidad.



**Tabla 8.** Características de las familias experimentales de zapallo evaluadas en la prueba regional.

Descriptor	Familias experimentales				
	FL4-3	FL8-1	FL8-2	FL8-1A	FL8-2A
<b>Formato de fruto</b>	Redondo	Redondo	Redondo	Redondo	Redondo
<b>Color externo Del fruto</b>	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde
<b>Color secundario</b>	Amarillo manchado	Amarillo manchado	Amarillo manchado	Sin color	Amarillo manchado
<b>Superficie externa fruto</b>	Lisa sin costilla	Lisa sin Costilla	Lisa sin costilla	Lisa sin cotilla	Lisa si costilla
<b>Color de pulpa*</b>	Naranja intermedio (12)	Naranja intermedio (12)	Amarillo Intenso (10)	Amarillo intenso (11)	Amarillo Intenso (11)
<b>Grosor pulpa (cm)</b>	4.1	4.0	3.8	3.5	3.5
<b>Diámetro cavidad placentaria (cm)</b>	12.6	11.9	11	11.6	10.7
<b>Numero de frutos</b>	10.2	13.7	11.2	8.0	10
<b>Peso promedio del fruto (kg)</b>	1.9	2.3	2.7	2.0	3.3
<b>Producción por planta (kg)</b>	15.8	21.1	19.4	10.9	26.9

### **3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

A partir de la información generada en los diferentes ciclos de evaluación y selección se realizaron los respectivos análisis de varianza para las variables cuantitativas con el fin de probar la significancia estadística de las diferencias entre las familias evaluadas.

De cada rasgo de interés se estimó la Diferencia Mínima Significativa (DMS) a un nivel de significancia del 5%, como valor de comparación entre los promedios de las poblaciones.

Para las variables cualitativas se efectuó una distribución porcentual o frecuencia de cada carácter medido en las plantas de cada familia.

En el ensayo de rendimiento generacional se utilizó análisis de varianza y la prueba DMS (%) para comparar el comportamiento medio fenotípico de las familias. Se midió la ganancia genética obtenida por cada ciclo de selección a través de análisis de regresión.

Con los datos consolidados en cada localidad evaluada se realizaron los respectivos análisis individuales (tabla 9) y combinados de varianza (tabla 10) para las variables rendimiento y sus componentes. Para la prueba de medias se utilizó nuevamente DMS, comparando el comportamiento de las poblaciones con respecto al testigo comercial.

**Tabla 9.** Análisis de varianza por localidad durante un semestre para la evaluación de las familias experimentales.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Cuadrado Medio</b>
Familias (F)	(F-1)	CM1
Bloques (B)	(B-1)	CM2
Error	(B-1) (F-1)	CM3
Total	(BF-1)	

*Fuente: Vallejo y Estrada, 2002.*

**Tabla 10.** Análisis de varianza combinado para la evaluación de las familias experimentales en diferentes ambientes.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>GL</b>	<b>Cuadrado Medio</b>
Familias (F)	(F-1)	CM1
Localidades (L)	(L-1)	
Bloques/localidades	L(B-1)	CM2
F X L	(F-1) (L-1)	
Error	(B-1) (F-1)	CM3
Total	(BF-1)	

*Fuente: Vallejo y Estrada, 2002.*

En el análisis individual el comportamiento de cualquier genotipo en cada localidad es explicado por el siguiente modelo:

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

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".

$\epsilon_{ij}$  = error experimental.

El modelo que explica el comportamiento de un genotipo en diferentes localidades (ambientes) es:

$$Y_{ijk} = \mu + a_k + (r_{jk}) + g_i + (ga)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

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".

$(r_{jk})$  = efecto de la repetición "j" dentro del ambiente "k".

$G_i$  = efecto del genotipo "i".

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

$\epsilon_{ijk}$  = error experimental combinado.

Para los análisis individuales los efectos de bloques y las familias fueron considerados fijos, utilizando como denominador para la prueba de F de la fuente de variación familias el cuadrado medio del error experimental. En el caso de los análisis combinados las familias se consideraron fijos y los efectos de los ambientes aleatorios, utilizando como denominador para la prueba de F de la fuente de variación localidades el cuadrado medio de los bloques/localidades y de

las familias y la interacción familia por localidad (GXL) el cuadrado medio del error experimental.

Para el análisis de estabilidad se utilizó el método propuesto por Eberhart y Rusell (1966).

El análisis de estabilidad por el método del Eberhart y Rusell (1966) se basa en un análisis de regresión lineal simple. El coeficiente de regresión lineal ( $\beta_i$  o  $b_i$ ) es utilizado como respuesta de la estabilidad de cada genotipo (familia) a través de los diferentes ambientes, conjuntamente evaluada con la suma de los desvíos de la regresión ( $\delta_{ij}$  o  $S^2_{di}$ ) (Damba, 2008). Genotipos con valores de regresión igual o cercanos a 1 ( $b=1$ ) y desviaciones de la regresión mínima son de comportamiento estable y comportamiento predecible. Genotipos con coeficientes de regresión superiores a la unidad significa que son específicamente adaptados a ambientes más favorables, o sea que serán poco estables y genotipos con valores de regresión menores a uno se adaptan bien a ambientes poco favorables. El modelo del análisis está dado por la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = promedio del genotipo  $i$  en el ambiente  $j$ .

$\mu_i$  = promedio del genotipo  $i$  en todos los ambientes.

$\beta_i$  = coeficiente de regresión que mide el comportamiento del genotipo  $i$  a la variación ambiental.

$I_j$  = índice ambiental por localidad y esta medido como la desviación del promedio de los genotipos en ese ambiente, en relación con el promedio general:  $I_j = Y_{.j} - Y_{..}$ .

$\delta_{ij}$  = desvío de la regresión del genotipo  $i$  en el ambiente  $j$ .

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 PRIMER CICLO DE SELECCIÓN Y RECOMBINACIÓN (C1)**

#### **4.1.1 Variables Cuantitativas**

A partir de los datos consolidados de las plantas en cada lote se realizó el análisis de varianza individual (ANDEVA). Se detectaron diferencias altamente significativas entre plantas para los caracteres peso promedio del fruto (PPF), grosor de pulpa (GP), diámetro de la cavidad placentaria (DCP), número de semillas por fruto (NSF) y peso unidad de semillas (PUS), indicando la existencia de suficiente variabilidad genética intrapoblacional que sustenta las distintas expresiones fenotípicas para los descriptores en estudio (Tablas 11 y 12).

La variación fenotípica entre plantas en cada lote es debida fundamentalmente a dos componentes: la variación microambiental inherente a cada planta en particular y la variación genética presente entre miembros de una familia de hermanos medios maternos, dado que no se conoce el parental donador de polen. Puesto que no se puede remover la varianza genética de la microambiental, tampoco es posible hacer estimación alguna de los parámetros genéticos de la población. La variación entre frutos dentro de una misma planta da una medida del grado de repetibilidad de cualquier carácter que se mida sobre ellos.

**Tabla 11.** Cuadrados medios (CM) del ANDEVA para características asociadas a la calidad del fruto (Lote 1).

Fuentes de variación	G.L	PPF	GP	DCP	NSF	PUS
Plantas	66	7.91**	0.66*	6.92*	15467.40*	5.31*
Frutos/plantas	98	0.73	0.13	0.95	5717.28	1.42
Media		2.78	3.44	11.56	385.08	10.88

**Tabla 12.** Cuadrados medios (CM) del ANDEVA para características asociadas a la calidad del fruto (Lote 2).

Fuentes de variación	G.L	PPF	GP	DCP	NSF	PUS
Plantas	69	5.05**	0.71*	7.02*	17530.5*	4.6*
Frutos/plantas	98	0.89	0.22	0.96	8284.88	1.39
Media		3.33	4.00	11.11	399.59	10.85

\*\* Diferencia altamente significativa con  $P < 0.01$ , \* Diferencia significativa con  $P < 0.05$ , **G.L:** grados de libertad.

La variación entre plantas puede suponerse que representa en buena medida la varianza genética de la población, debido al estricto control que se realizó sobre la variación microambiental, mediante un manejo relativamente uniforme de cada lote; por lo tanto, la selección hacia genotipos de alto desempeño resultó efectiva tal como se observó en las subsecuentes poblaciones obtenidas a partir de un riguroso proceso de selección intrapoblacional.

En las tablas 13 y 14 se presentan los valores promedios de las siete variables cuantitativas evaluadas en este estudio: número de frutos por planta (NFP), PPF (cm), producción por planta (PPP en kg/planta), GP (cm), DCP (cm), NSF y PUS (peso en g/100semillas). También se presenta la información correspondiente a los valores máximos, los valores mínimos y los respectivos coeficientes de variación.

Los coeficientes de variación demostraron que las familias fueron altamente variables para los caracteres PPP, NFP, PPF, y moderadamente variables para los caracteres GP, DCP, NSF y PUS. La amplitud de la variación en características de importancia económica como PPP y sus componentes NFP y PPF se consideró normal y se justifica por dos razones fundamentales: una es que se trata de una población alógama en proceso de uniformización y la otra es debida a la naturaleza misma de los caracteres en consideración, los cuales son generalmente de herencia cuantitativa y su expresión final está controlada por muchos genes altamente influenciados por el medio ambiente.

**Tabla 13.** Descriptores estadísticos de la familia P1S3-1 (lote 1).

Descriptor	NFP	PPF	PPP	GP	DCP	NSF	PUS
<b>Promedio</b>	7.46	2.70	19.66	3.80	11.56	385.08	10.88
<b>valor máximo</b>	20.0	5.10	52.70	4.70	15.	555.5	14.4
<b>Valor mínimo</b>	1.00	1.20	3.00	2.20	7.30	199	7.35
<b>C.V (%)</b>	57.60	37.80	57.30	15.40	14.50	22.20	13.60

Unidades de medida correspondientes a: **NFP** = frutos/planta; **PPF** = kg/fruto; **PPP** = kg/planta; **GP** = cm; **DCP** = cm; **PUS** = gr/100 semillas.

Los caracteres asociados al rendimiento son de gran importancia en los programas de mejoramiento genético de zapallo porque determinan el potencial productivo de la población en los sistemas de cultivo.

Las familias presentaron promedios de PPP muy similares (19.6 kg/planta lote 1 y 19.3 kg/planta lote 2), pero el rango de variación fue mayor en el lote 1 (49.7 kg/planta) que en el lote 2 (34.1 kg/planta). Estas diferencias pudieron deberse a que las plantas del lote 1 en comparación con las del lote 2, produjeron mayor número de frutos por planta (7.46 frutos/planta lote 1 y 6.11 frutos/planta), pero con un peso promedio menor (2.7 kg lote 1 y 3.5 kg lote 2), sugiriendo que el componente NFP pudo haber tenido mayor influencia en la expresión final del



rendimiento en el lote 1, mientras que en el lote 2 la expresión final del mismo estuvo mas influenciada por el componente PPF.

De forma general, las familias exhibieron un comportamiento sobresaliente para el carácter PPP y sus dos componentes principales (NFP y PPF), ya que la mayoría de plantas se destacaron por su alta prolificidad (> 6 frutos/plantas en promedio) y llenado de frutos, reflejándose en el rendimiento final de ambos lotes.

**Tabla 14.** Descriptores estadísticos de la familia P5S3-1 (lote 2).

Descriptor	NFP	PPF	PPP	GP	DCP	NSF	PUS
<b>Promedio</b>	6,11	3,50	19,31	4.00	11,11	399,59	10,85
<b>valor máximo</b>	15.00	6,30	39,90	5,20	17,80	627,50	15,25
<b>Valor mínimo</b>	2.00	1,70	5,80	2,90	7,50	120,5	7.00
<b>C.V (%)</b>	45.30	30.0	37.40	14.40	17.00	24.00	14.00

Unidades de medida correspondientes a: **NFP** = frutos/planta; **PPF** = kg/fruto; **PPP** = kg/planta; **GP** = cm; **DCP** = cm; **PUS** = gr/100 semillas.

Los caracteres GP y DCI son importantes en la calidad del fruto. Cuanto mayor es el espesor de pulpa en fruto y reducida su cavidad placentaria, mayor será su atractivo y aceptación en el mercado de fruto fresco.

Las familias registraron un valor promedio de 3.8 cm y 4.0 cm en GP, en el lote 1 y 2 respectivamente. Las plantas que presentaron valores óptimos para la selección, representaron el 40.3 % de la población en el lote 1 (el 26.9% con un rango entre 3.6 y 4.0 cm de grosor y el 13.4% mayor a 4.0 cm) y el 74.3% en el lote 2 (el 30% con un rango entre 3.6 y 4.0 cm de grosor y 44.3% mayor a 4.0 cm) (Anexo 2).

Con relación al DCP, la mayoría de las plantas tuvo frutos de rango intermedio (10.6 cm a 14 cm) para este carácter, representando el 65.7% de la familia en el lote 1 y el 57.14% de la familia en el lote 2. El rango reducido (considerado en este

estudio de 7.0 cm a 10.5 cm), estuvo representado por el 26.9% y 35.7% de las familias en el lote 1 y 2, respectivamente (Anexo 3).

#### **4.1.2 Variables cualitativas**

Las variables cuantitativas, sumadas a la modalidad predominante de los descriptores cualitativos en frutos de una misma familia y aún entre frutos de una misma planta, son criterios adicionales que ayudan a refinar el proceso de selección (Tobar, 2009).

Las variables cualitativas como formato, color externo, superficie externa y color de pulpa, sumadas al grosor de pulpa y diámetro de la cavidad placentaria, conforman las características de calidad del fruto en zapallo por apariencia, y además definen el grado de aceptación del producto por el consumidor.

**Formato de fruto:** Predominaron las plantas con formato de fruto redondo (44.8% y 55.7% lote 1 y 2, respectivamente), seguido del formato elíptico con un valor del 20.9% (lote 1) y 18.6% (lote 2). Se encontraron también plantas con formato de fruto piriforme, elongado, bellota, cilíndrico, aplanado y aún de formatos variables dentro de la misma planta (Anexo 4).

**Color de la epidermis:** En las familias predominó el color verde con manchas amarillas como color secundario (46.3% lote 1 y 55.7% lote 2). El color externo amarillo se presentó en el 20.9% y 5.7% de la familia en el lote 1 y 2, respectivamente (Anexo 5).

**Superficie externa:** La superficie lisa sin costillas se registró en el 37.3% y 24.3% de la familia en el lote 1 y 2, respectivamente. El resto de la familia se caracterizó por presentar diferentes texturas que iban desde las onduladas hasta graneadas y rugosas, con costillas y sin costillas (Anexo 6).

**Color de pulpa:** el color de pulpa amarillo intenso predominó entre las plantas del lote 1(44.8%), seguidos del naranja intermedio, del amarillo intermedio y el naranja intenso con valores del 32.8%, 19.4% y 2.98% respectivamente.

En el lote 2, el 50% de la familia presentó color naranja intermedio, siendo este el mas predominante, seguido del amarillo intenso (32.9%) y el amarillo intermedio (17.4%) (Anexo 7).

De forma general, las familias se caracterizaron por presentar una alta variabilidad para el formato de fruto y superficie externa, debido a que un alto porcentaje de plantas presentaron tipos diversos de formas y texturas que la hicieron una población muy heterogénea para estas características.

#### **4.1.3 Selección de plantas**

En campo se realizo la selección intrafamiliar teniendo en cuenta las características asociadas a la producción por planta, número de frutos por planta y peso promedio del fruto, considerando como familias elites aquellas plantas que presentaron número de frutos mayor o igual a 8, con peso promedio de fruto entre 2.0 y 3.5 kg y una producción superior a los 20 kg/planta.

Estas familias también reunieron características de calidad de fruto deseables para el mercado de fruto fresco como formato de fruto redondo, color externo verde y/o amarillo, textura lisa sin costillas, grosor de pulpa mayor a 3.8 cm, diámetro de cavidad placentaria reducido y color de pulpa naranja o amarillo intenso.

Con los datos de evaluación consolidados se seleccionaron ocho frutos, los cuales conformaron el grupo de familias seleccionadas del ciclo 1 (Tabla 15).

**Tabla 15.** Características de las familias seleccionadas en el ciclo 1.

<b>Familia (FL)</b>	<b>NFP</b>	<b>PPF Kg/fruto</b>	<b>PPP kg/pl</b>	<b>GP cm</b>	<b>DCP</b>	<b>Descriptorios cualitativos del fruto</b>
<b>FL1</b>	12	2,70	32,70	3,80	12,00	redondo, amarillo, lisa, pulpa amarilla intermedio.
<b>FL2</b>	20	1,60	32,00	3,80	8,70	redondo, sardo, lisa, pulpa naranja intermedia
<b>FL3</b>	14	2,70	37,20	3,90	11,20	redondo, sardo, lisa, pulpa naranja intermedio
<b>FL4</b>	16	2,80	44,60	4,20	12,30	redondo, sardo, lisa, pulpa naranja intermedio
<b>FL5</b>	16	3,10	49,40	3,80	11,70	redondo, amarillo, lisa, pulpa amarilla intermedio
<b>FL6</b>	14	3,00	37,20	4,20	10,70	redondo, sardo, lisa, pulpa amarillo intenso
<b>FL7</b>	12	2,80	32,70	4,30	11,00	redondo, amarillo, lisa, pulpa naranja intermedio
<b>FL8</b>	20	2,50	32,00	4,00	9,40	redondo, sardo, lisa, pulpa amarillo intenso
<b>Promedio</b>	15.50	2.65	37.20	4.00	10.88	

NFP y PPP, corresponden a la planta de la cual se cosecho el fruto. Los descriptorios cualitativos corresponden en su orden a: formato, color externo, superficie y color de la pulpa. **Sardo**= verde con manchas amarillas.

La población básica 34 demostró tener un alto potencial productivo y excelentes atributos de calidad. Las familias seleccionadas sobresalieron por su alta prolificidad (>10 frutos por planta), producción por planta (>30kg/planta), formato redondo, buen grosor de pulpa (>3.8 cm), color de pulpa amarillo intenso o naranja, superficie lisa sin costilla y tamaño mediano del fruto (<3.0 kg/fruto), convirtiéndolas en una excelente opción como poblaciones promisorias en el proceso de mejoramiento para el mercado de fruto fresco.

## 4.2 SEGUNDO CICLO DE SELECCIÓN Y RECOMBINACIÓN (C2)

El análisis de varianza arrojó diferencias significativas entre familias para los caracteres número de frutos por planta NFP, peso promedio de fruto PPF y diámetro de la cavidad placentaria DCP. No se encontró significancia para las variables producción por planta PPP y grosor de la pulpa del fruto GP (Tabla 16).

La estructura genética heterogénea de las poblaciones explica en gran parte la variación observada entre familias en razón de que todas las unidades experimentales correspondieron a familias con algún grado de parentesco, obtenidas a partir de familias de hermanos medios y hermanos completos.

**Tabla 16.** Cuadrados medios (CM) del ANDEVA para los caracteres cuantitativos evaluados en el ciclo 2.

Fuentes de variación	G.L	NFP	PPF	PPP	GP	DCP
Familias	2	19.21*	3.72*	66.80ns	0.24ns	13.50*
Plantas/familias	57	4.46	0.61	41.14	0.22	1.85
Media		6.18	2.96	17.60	3.89	11.19
CV (%)		34.17	26.30	36.52	12.13	12.15

\* Diferencia significativa con  $P < 0.05$ ; ns= no significancia; G.L: grados de libertad.

Por tratarse de una población alógama, las familias evaluadas en este estudio no son genéticamente uniformes, lo que implica que toda la variabilidad genética contenida lleva implícita una variación de tipo intrafamiliar y otra de tipo interfamiliar. La variación interfamiliar está relacionada directamente con causas de origen genético mientras que la variación intrafamiliar, como se explico anteriormente, es de origen genético y ambiental.

Los coeficientes de variación para las variables asociadas al rendimiento fluctuaron entre 34.17% (NFP), 26.30% (PPF) y 36.52% (PPP), y aunque fueron

significativamente menores que el ciclo anterior son un indicativo de alta variabilidad intrapoblacional, explicada no solo por los efectos genéticos, dado a las estructura genética de las poblaciones, sino a la variación microambiental asociada a cada planta en particular. Los caracteres GP y DCP, por el contrario, demostraron ser poco variables. Resultados similares fueron encontrados por Tobar (2009), quien reportó coeficientes de variación por encima del 35% para PPP y sus componentes principales y por debajo del 16% para GP y DCP.

En la tabla 17 se registra el comportamiento promedio para los descriptores del rendimiento, grosor de la pulpa y diámetro de la cavidad placentaria de cada una de las familias y su posición de acuerdo con el desempeño alcanzado. También se presenta el valor correspondiente a la DMS a un nivel de significancia del 5%.

De forma general, las tres familias sobresalieron por su alto potencial productivo, buen grosor de pulpa y diámetro de la cavidad placentaria relativamente reducida, excepto la familia 6 por presentar frutos de mayor tamaño. La familia 4 se destaca por presentar el mayor rendimiento promedio (19.68kg/planta), atribuible al alto número de frutos por planta (7.10) y al peso promedio de fruto (2.83 kg) que aunque difiere significativamente de la familia 6 (3.44 kg), representa un tamaño ideal para el mercado de fruto fresco. La familia 6 presentó el menor número de frutos por planta (5.15), pero compensable con el mayor peso promedio de fruto reflejándose en una producción destacada. La familia 8 con un número de frutos por planta relativamente similar al de las demás familias (6.30), también se destacó por sus frutos de tamaño mediano (2.61 kg), ideales para los fines de selección del presente estudio.

**Tabla 17.** Valores promedios para las variables asociadas al rendimiento y calidad de fruto de tres familias evaluadas en el ciclo 2.

Posición	F	NFP	F	PPF	F	PPP	F	GP	F	DCP
1	<b>FL4</b>	7.10 a	<b>FL6</b>	3.44 a	<b>FL4</b>	19.68 a	<b>FL6</b>	4.02 a	<b>FL4</b>	10.55 b
2	<b>FL8</b>	6.30 ab	<b>FL4</b>	2.83 b	<b>FL6</b>	16.89 a	<b>FL8</b>	3.82 a	<b>FL8</b>	10.68 b
3	<b>FL6</b>	5.15 b	<b>FL8</b>	2.61 b	<b>FL8</b>	16.24 a	<b>FL4</b>	3.81 a	<b>FL6</b>	12.12 a
	<b>Promedio</b>	6.18		2.96		17.60		3.89		11.19
	<b>DMS (5%)</b>	1.34		0.49		4.04		0.29		0.86

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas con  $P < 0.05$ . Unidades de medida correspondientes a: **NFP** = frutos/planta; **PPF** = kg/fruto; **PPP** = kg/planta; **GP** y **DCP** = cm.

En la tabla 18 se describen las categorías de cada una de las características del fruto y la frecuencia de ocurrencia dentro de las familias. De forma general, las tres se mostraron bastante promisorias, no solo por sus destacables bondades agronómicas en términos de rendimiento, sino por sus excelentes propiedades en calidad de fruto. Predominaron los frutos redondos, de color verde con manchas amarillas, excepto la familia 8 en donde predominaron los frutos de color naranja, de textura lisa sin costilla y color de pulpa amarillo intenso con variante hacia naranja intermedio.

Después de la evaluación en campo y consolidación de los datos referentes a las variables estudiadas se hizo una selección intrafamiliar hacia las mejores plantas de cada familia. Un total de nueve plantas (Presión de selección del 15%) fueron seleccionadas e identificadas según la familia de procedencia, Conformando así el grupo de familias que dieron inicio a un nuevo ciclo de selección recurrente (Tabla 19).

**Tabla 18.** Distribución porcentual (%) de los caracteres cualitativos asociados a la calidad del fruto de tres familias evaluadas en el ciclo 2.

Familia (FL)	CFP		CFS		TSF			F			CP		
	Verde	Naranja	Sin color	Amarillo manchado	Lisa sin costilla	Ondulada sin costilla	Granular sin costilla	Redondo	Elíptico	Piriforme	Amarillo intermedio	Amarillo intenso	Naranja intermedio
<b>FL4</b>	95	5	20	80	95	5		85	15		10	65	25
<b>FL6</b>	85	15	45	55	85	10	5	90		10		45	55
<b>FL8</b>	15	85	85	15	100			90	10			80	20

**CFP**= color principal del fruto; **CFS**= color secundario del fruto; **TSF**= textura superficial del fruto; **F**= formato del fruto; **CP**= color de la pulpa



Según su procedencia, las familias se nombraron como FL4-1, FL4-2, FL4-3, FL4-4 y FL4-5 (provenientes de la familia 4), FL6-1 y FL6-2 (provenientes de la familia 6), FL8-1 y FL8-2 (provenientes de la familia 8).

**Tabla 19.** Características de las familias seleccionadas en el ciclo 2.

Familia (FL)	NFP	PPF Kg/fruto	PPP kg/pl	GP	DCP	Descriptorios cualitativos del fruto
FL4-1	8	3.30	29.60	4.10	11.20	redondo, amarillo, lisa, pulpa amarilla intenso.
FL4-2	8	2.50	20.00	3.80	10.40	redondo, sardo, lisa, pulpa amarillo intenso.
FL4-3	9	2.50	19.80	4.70	11.50	redondo, sardo, lisa, pulpa amarillo intenso.
FL4-4	8	2.20	22.50	4.00	10.60	redondo, sardo, lisa, pulpa naranja intermedio
FL4-5	8	2.40	21.60	4.20	10.40	redondo, sardo, lisa, pulpa amarilla intermedio
FL6-1	13	2.70	35.10	4.30	11.60	redondo, amarillo, lisa, pulpa amarillo intenso.
FL6-2	11	2.60	28.60	3.80	11.00	redondo, sardo, lisa, pulpa naranja intermedio.
FL8-1	9	2.30	20.70	4.00	10.50	redondo, sardo, lisa, pulpa amarillo intenso.
FL8-2	12	2.80	32.40	4.00	9.40	redondo, sardo, lisa, pulpa naranja intermedio.
<b>Promedio</b>	9.6	2.60	25.60	4.10	10.70	

NFP y PPP, valor fenotípico correspondiente a la planta de la cual se cosecho el fruto. Los descriptorios cualitativos corresponden en su orden a: formato, color externo, superficie y color de la pulpa. **Sardo**= verde con manchas amarillas.

Todas las familias seleccionadas se caracterizan por integrar en su fenotipo excelentes atributos de rendimiento y calidad de fruto. Las nuevas familias sobresalieron por su alto potencial productivo (PPP >20.0 kg/planta), elevada prolificidad (NFP > 6), frutos de tamaño mediano, ideales para el mercado de fruto fresco (PPP < 3.5 kg), redondos, de coloración verde o amarilla, superficie lisa sin

insinuación de costilla, buen grosor de pulpa (GP > 3.8 cm) y color de pulpa amarillo intenso que puede variar hacia anaranjado.

### 4.3 TERCER CICLO DE SELECCIÓN Y RECOMBINACIÓN (C3)

El ambiente tuvo un importante efecto sobre el rendimiento y productividad de las plantas en este ciclo. La alta humedad al interior del cultivo, favorecida por el exceso de lluvias que se presentó durante el ciclo del cultivo (2007-II), propició el desarrollo temprano de enfermedades y otros problemas fitosanitarios que ocasionaron la pérdida de un alto porcentaje de frutos, afectando el rendimiento final de las familias. La familia FL4-4 desapareció en su totalidad.

Solo se encontraron diferencias significativas para los caracteres PPF y GP, mientras que para las variables NFP, PPP y DCP el comportamiento fenotípico de las familias fue similar según el ANDEVA (Tabla 20).

**Tabla 20.** Cuadrados medios (CM) del ANDEVA para los caracteres cuantitativos evaluados en el ciclo 3.

Fuentes de variación	G.L	NFP	PPF	PPP	GP	DCP
Familias	7	2.53ns	2.05*	18.97ns	0.56*	4.29ns
Plantas/familia	102	1.87	0.74	13.96	0.24	2.48
Media		2.79	2.87	7.65	3.86	11.22
CV (%)		48.97	29.92	48.81	12.78	14.05

\* Diferencia significativa con  $P < 0.05$ ; ns= no significancia; G.L: grados de libertad.

Es importante anotar que la ausencia de significancia para los caracteres en mención posiblemente es atribuible a la magnitud del efecto ambiental durante este semestre que afecto indistintamente unas parcelas y algunas plantas dentro

de la parcela, lo cual condujo a un aumento significativo del error experimental y de los coeficientes de variación que motivaron a su vez una baja sensibilidad del experimento. Es evidente que en la medida que se minimice el error experimental, se aumenta la posibilidad de detectar diferencias entre medias de familias en el ANDEVA, haciendo más eficiente el aprovechamiento de la variabilidad genética entre poblaciones y mejorando los progresos de la selección en la dirección deseada.

En la tabla 21 se registra el valor fenotípico de las variables asociadas al rendimiento, grosor de pulpa y diámetro de la cavidad placentaria de cada una de las familias evaluadas y su posición de acuerdo con el desempeño alcanzado.

**Tabla 21.** Valores promedios para las variables asociadas al rendimiento y calidad de fruto de las familias evaluadas en el ciclo 3.

Posición	F	NFP	F	PPF	F	PPP	F	GP	F	DCP
1	FL8-1	3,21 a	FL6-1	3,74 a	FL4-5	8,79 a	FL6-1	4,15 a	FL8-1	10,37 a
2	FL4-5	3,12 a	FL4-1	3,35 ab	FL4-3	8,76 a	FL4-1	4,13 ab	FL8-2	10,60 a
3	FL4-3	3,11 a	FL4-5	2,98 abc	FL8-2	7,87 a	FL4-5	3,91 ab	FL4-2	10,83 a
4	FL8-2	2,83 a	FL4-3	2,96 abc	FL8-1	7,84 a	FL8-1	3,87 ab	FL6-2	11,13 a
5	FL4-2	2,64 a	FL8-2	2,74 bc	FL4-1	7,86 a	FL4-2	3,85 ab	FL4-3	11,15 a
6	FL4-1	2,41 a	FL4-2	2,68 bc	FL4-2	7,06 a	FL8-2	3,80 ab	FL4-5	11,75 a
7	FL6-2	2,00 a	FL8-1	2,37 c	FL6-1	5,92 a	FL4-3	3,78 ab	FL6-1	11,90 a
8	FL6-1	1,75 a	FL6-2	2,29 c	FL6-2	4,63 a	FL6-2	3,47 b	FL4-1	11,96 a
Promedio		2.79		2.87		7.65		3.86		11.22
CV(%)		48.97		29.2		48.81		12.78		14.05

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas con  $P < 0.05$ . Unidades de medida correspondientes a: **NFP** = frutos/planta; **PPF** = kg/fruto; **PPP** = kg/planta; **GP** y **DCP** = cm

Nuevamente en este ciclo, el ANDEVA no arrojó diferencias significativas para el carácter PPP; sin embargo, la diferencia entre los dos promedios extremos (máximo y mínimo), arroja un valor aproximado de 3 a 4 kg/planta. En términos económicos esta diferencia es importante y le da al fitomejorador un criterio alternativo para decidir sobre las familias a seleccionar para el siguiente ciclo.

Las familias fueron evaluadas según su desempeño y se consideraron aquellas cuyo valor medio fenotípico estuviera por encima del promedio general del experimento, para los caracteres NFP, PPP y GP; por debajo del promedio general para el carácter DCP y por debajo de 3.5 kg para el carácter PPF. Sobresalieron las familias FL4-5, FL4-3, FL8-1 Y FL8-2, las cuales ocuparon los cuatro primeros lugares en producción y número de frutos. Si bien la familia FL4-1 fue destacada en producción por planta, el número de frutos no satisfizo los requerimientos. Para la variable PPF, todas las familias, excepto la FL6-1, presentaron frutos de tamaño ideal por debajo de 3.5 kg. Sin embargo, esta familia no difirió significativamente de las familias FL4-1, FL4-3 y FL4-5. Los descriptores GP y DCP se mostraron poco variables y de comportamiento relativamente similar en todas las familias.

Los caracteres cualitativos que generalmente son controladas por pocos genes (caracteres monogénicos u oligogénicos) son poco afectados por el ambiente y se mantuvieron relativamente invariables con respecto al ciclo anterior (Tabla 22).

Después de la evaluación en campo y consolidación de datos se seleccionaron las mejores familias (selección interfamiliar) y dentro de ellas las mejores plantas (selección intrafamiliar).

Las familias FL4-5, FL4-3, FL8-1 Y FL8-2 fueron seleccionadas en razón a que mostraron ventajas agronómicas y de calidad de fruto sobre las demás familias evaluadas. Un total de 4 plantas (una planta por familia) fueron seleccionadas y se identificaron según la familia de procedencia. Las características de las nuevas familias se registran en la tabla 23.

**Tabla 22.** Distribución porcentual (%) de los caracteres cualitativos asociados a la calidad del fruto en familias evaluadas del ciclo 3.

Familia	CFP			CFS		TSF			F				CP		
	Verde	amarillo	Naranja	Sin color	Amarillo manchado	Lisa sin costilla	Ondulada sin costilla	variable	Redondo	Bellota	Elíptico	Piriforme	Amarillo intermedio	Amarillo intenso	Naranja intermedio
	%			%		%			%				%		
<b>FL4-1</b>	92,9		7,14	28,6	71,43	100			71,4		7,14	21,4	42,8	57,4	
<b>FL4-2</b>	70,6	23,52	5,88	47,1	52,94	64,71	35,29		88,24		11,76		76,46	17,64	5,9
<b>FL4-3</b>	100			57,1	42,86	85,71	14,29		100				57,14	28,57	14,29
<b>FL4-5</b>	100			21,1	78,95	52,64	10,52	36,84	89,44		10,56		31,6	52,63	15,8
<b>FL6-1</b>	55,5	38,9	5,6	44,4	55,55	88,89		11,11	57,3	5,4	37,3			72,22	27,78
<b>FL6-2</b>	14,3	42,86	42,86	100		100			100					50	50
<b>FL8-1</b>	25	75		25	75	100			100					100	
<b>FL8-2</b>	94,1	5,8		5,88	94,12	88,24		11,76	76,47		23,53			75	25

**CFP**= color principal del fruto; **CFS**= color secundario del fruto; **TSF**= textura superficial del fruto; **F**= formato del fruto; **CP**= color de la pulpa.

**Tabla 23.** Características de las familias seleccionadas en el ciclo 3 (C3).

Familia	NFP	PPF	PPP	GP	DCP	Descriptorios cualitativos del fruto
		Kg/fruto	kg/pl	cm		
FL4-3	4	3.40	13.60	4.10	12.60	redondo, sardo, lisa, pulpa amarilla intenso.
FL8-1	3	3.20	9.60	4.00	11.90	redondo, amarillo, lisa, pulpa amarillo intenso.
FL4-5	5	3.80	19.10	4.10	11.50	redondo, sardo, lisa, pulpa amarillo intenso.
FL8-2	8	2.40	19.00	4.00	11.00	redondo, sardo, lisa, pulpa naranja intermedio

NFP y PPP, valor fenotípico correspondiente a la planta de la cual se cosecho el fruto. Los descriptorios cualitativos corresponden en su orden a: formato, color externo, superficie y color de la pulpa. Sardo= verde con manchas amarillas.

#### **4.4 ENSAYO DE RENDIMIENTO GENERACIONAL (2008-1)**

##### **4.4.1 Análisis de varianza para el rendimiento**

En la tabla 24 se relacionan los cuadrados medios obtenidos en el ANDEVA para la producción por planta (PPP), número de frutos por planta (NFP) y peso promedio del fruto (PPF), de las doce familias genealógicas evaluadas. De igual modo se registra el promedio general del experimento y el coeficiente de variación de cada una de las variables.

No se encontraron diferencias entre bloques ( $P < 0.05$ ) para ninguno de los tres caracteres, lo que indica que el gradiente de humedad como criterio de bloqueo no fue efectivo para controlar estas fuentes sistemáticas de variación.

**Figura 2.** Familias avanzadas de zapallo *Cucurbita moschata*.



Frutos de la familia FL8-2



Frutos de la familia FL8-1



Frutos de la familia FL4-3



Frutos de la familia FL4-5

Teóricamente es importante encontrar diferencias entre bloques porque confirman la eficiencia del diseño utilizado. Sin embargo, en evaluaciones de campo esta condición no siempre se cumple, debido a la magnitud de los efectos ambientales que generan ruido en el experimento y hacen que el ensayo pierda sensibilidad, impidiendo que se encuentren diferencias en el ANDEVA.

**Tabla 24.** Cuadrados medios para los componentes del rendimiento de las familias genealógicas evaluadas en el ensayo de rendimiento.

<b>Fuentes de variación</b>	<b>G.L</b>	<b>PPP</b>	<b>PPF</b>	<b>NFP</b>
Familia	11	29,66**	1,93ns	24,24**
Bloques	3	2,65ns	1,11ns	2,73ns
Error experimental		2,79	1,26	2,79
Media		15,61	2,76	8,71
C.V (%)		10,69	40,76	19,17

\*\* Diferencia altamente significativa con  $P < 0.001$ ; ns= no significancia; G.L= grados de libertad.

Entre familias se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.001$ ) para PPP y NFP. Estos resultados demuestran que, aún cuando el mejoramiento de poblaciones alógamas es un proceso que conduce a una base genética mas estrecha (Vallejo y Estrada, 2002), en las familias persiste cierto grado de variabilidad genética que no ha sido mayormente afectada por el proceso de selección y recombinación aplicado en los ciclos anteriores.

Para el PPF no se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, para efecto de análisis se decidió agrupar esta variable en dos categorías, estableciéndose una diferencia mínima de 1 kg/fruto como término de comparación entre los promedios de las familias evaluadas con respecto al testigo comercial Bolo Verde (Tabla 25).

Al compararse la media fenotípica de las familias de los tres ciclos, se tuvo que los valores para NFP fueron superiores a los del testigo comercial Bolo verde,



mientras que para PPP, solo las familias del ciclo 1 exhibieron un comportamiento relativamente inferior. Estos resultados pueden ser explicables por tratarse de las primeras familias seleccionadas provenientes de la población original y que aún se mantenían altamente heterogéneas para los caracteres a mejorar (Tabla 25).

**Tabla 25.** Valor fenotípico promedio de los componentes del rendimiento de las familias genealógicas evaluadas. CEUNP (2008-1).

<b>Población</b>	<b>ciclo de selección</b>	<b>Número frutos/planta</b>	<b>Peso promedio (kg/fruto)</b>	<b>Producción (kg/planta)</b>
FL4-3	C3	10,2 b	1,9 b	15,8c
FL4-5	C3	9,6 b	2,2 b	17,6 b
FL8-2	C3	11,2 b	2,7 b	19,4 a
FL8-1	C3	13,7 a	2,4 b	21,1 a
<b>Media familias elites ciclo 3</b>		<b>11,18</b>	<b>2,30</b>	<b>19,23</b>
FL4-3	C2	9,3 b	1,9 b	13,6 c
FL8-1	C2	8,7 b	3,1 b	14,1 c
FL4-5	C2	9,6 b	2,3 b	16,9 b
FL8-2	C2	7,9 c	3,1 b	15,7 c
<b>Media familias elites ciclo 2</b>		<b>8,88</b>	<b>2,60</b>	<b>15,07</b>
FL4	C1	6,5 c	2,6 b	13,2 d
FL8	C1	7,0 c	3,0 b	12,6 d
<b>Media familias elites ciclo 1</b>		<b>6,75</b>	<b>2,80</b>	<b>12,9</b>
P1S3-1	Original	6,4 c	3,5 a	12,6 d
Bolo verde	Testigo	4,5 d	4,3 a	14,8 c
<b>Media general</b>		<b>8,71</b>	<b>2,76</b>	<b>15,61</b>
<b>DMS (5%)</b>		<b>1,8</b>	<b>-</b>	<b>2,1</b>

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas con  $P < 0.05$ .

Se resalta la superioridad de las cuatro familias avanzadas del ciclo 3 (FL4-3, FL4-5, FL8-2 y FL8-1), las cuales rindieron hasta un 30% más que el testigo comercial, caracterizándose a su vez por ser aproximadamente hasta un 150% más prolíficas que este cultivar. En cuanto al PPF, Bolo verde superó significativamente las familias experimentales (4.3 kg). Sin embargo, como la selección se hizo a favor de frutos de menor tamaño, las familias se caracterizaron por presentar frutos

menos pesados que este cultivar, pero adecuado para los fines del mercado fresco.

#### **4.4.2 Análisis de varianza para días a floración, grosor de pulpa y diámetro de la cavidad placentaria**

Los días a floración en zapallo es otro carácter de importancia ya que junto con los días a cosecha determinan la precocidad de las familias.

El zapallo *Cucurbita sp*, es una especie monoica, y por tanto sus flores masculinas y femeninas se encuentran separadas dentro de la misma planta. Generalmente se presenta la apertura floral masculina antes que la femenina mecanismo conocido como protandria (Escobar y Muriel, 2002). Sin embargo, en este estudio los resultados fueron diferentes.

No se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en días a floración femenina (DFF) y masculina (DFM) entre las familias. De igual modo, no hubo diferencias en el tiempo para la apertura de ambos tipos de flores (45.56 DFM y 45.84 DFM), pudiendo ocurrir primero cualquiera de las dos (Tabla 26).

Aún cuando no existan diferencias, todas las familias en los tres ciclos de selección fueron en promedio ligeramente más tardías que el testigo Unapal Bolo Verde con diferencias que van desde 4 a 8 días a floración femenina y masculina. Sin embargo, se puede inferir que las familias expresaron características de precocidad por presentar inicios de floración masculina y femenina antes de los cincuenta días (Tabla 27).

**Tabla 26.** Cuadrados medios para los días a floración y caracteres cuantitativos de calidad del fruto de las familias genealógicas evaluadas.

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>G.L</b>	<b>DFF</b>	<b>DFM</b>	<b>GP</b>	<b>DCP</b>
Familia	11	23,51ns	18,29ns	0,16*	1,58*
Bloques	3	42,06*	38,64*	0,23*	1,30ns
Error experimental		13,6	9,53	0,07	0,65
Media		45,56	45,84	3,48	11,36
C.V (%)		8,09	6,73	7,69	7,1

\*\* Diferencia significativa con  $P < 0.05$ ; **ns**= no significancia; **G.L**= grados de libertad.

La floración temprana no es una característica que defina por sí sola la precocidad de una población. Se necesita que las familias también cuenten con ciclos productivos cortos (90 – 120 días), de manera que se preserve esta cualidad hasta el momento de la cosecha. Por ejemplo, las familias de los tres ciclos de selección, la población original y el testigo comercial, registraron inicios de cosecha entre los 95 y 167 días después del trasplante. Estos resultados indican que la precocidad en floración, no necesariamente es una cualidad que este correlacionada directamente con el tiempo que invierte la planta en el llenado y maduración del fruto, siendo este último proceso el que toma un mayor tiempo para llegar a la expresión final en madurez fisiológica y de cosecha.

Con respecto al grosor de pulpa (GP) y diámetro de la cavidad placentaria (DCP), las familias difieren significativamente y exhiben un comportamiento superior al testigo comercial Bolo verde. Estos resultados reflejan el énfasis en calidad del fruto para la selección de las familias en los tres ciclos (Tabla 27).

A diferencia del rendimiento, hubo diferencias entre bloques para DFF, DFM y GP, indicando que el gradiente de humedad como criterio de bloqueo si resultó efectivo para el control de estas variables.

**Tabla 27.** Valor fenotípico promedio de los días a floración y caracteres de la calidad del fruto de las familias genealógicas evaluadas.

<b>Población</b>	<b>ciclo de selección</b>	<b>DFF (ddt)</b>	<b>DFM (ddt)</b>	<b>GP (cm)</b>	<b>DCP (cm)</b>
FL4-3	C3	44,20	46,62	3,81a	11,91ab
FL4-5	C3	46,73	44,07	3,85a	11,15bcd
FL8-2	C3	45,88	45,96	3,78a	10,52cd
FL8-1	C3	43,88	44,05	3,62a	10,99bcd
<b>Media familias elites ciclo 3</b>		<b>45,17</b>	<b>45,18</b>	<b>3,59</b>	<b>11,14</b>
FL4-3	C2	45,08	45,35	3,56a	11,59abc
FL8-1	C2	47,25	48,00	3,49a	11,67abc
FL4-5	C2	45,50	46,25	3,62a	11,89ab
FL8-2	C2	47,50	46,25	3,33a	10,17d
<b>Media familias elites ciclo 2</b>		<b>46,33</b>	<b>46,46</b>	<b>3,50</b>	<b>11,33</b>
FL4	C1	47,75	49,00	3,31a	10,98bcd
FL8	C1	46,75	47,50	3,58a	11,45abc
<b>Media familias elites ciclo 1</b>		<b>47,25</b>	<b>48,25</b>	<b>3,45</b>	<b>11,22</b>
P1S3-1	P0	47,25	46,25	3,60a	11,56abc
Bolo verde	Testigo	39,03	40,82	2,95b	12,42a
<b>Media general</b>		<b>45,56</b>	<b>45,84</b>	<b>3,48</b>	<b>11,36</b>
<b>DMS (5%)</b>		<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,39</b>	<b>1,16</b>

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas con  $P < 0.05$ .

#### 4.4.3 Comparación de las familias elites obtenidas en los ciclos de selección recurrente

Después de los análisis de varianza, fue realizado un análisis de regresión con el fin de estimar las ganancias obtenidas por cada ciclo de selección recurrente, para los caracteres producción por planta y número de frutos por planta.

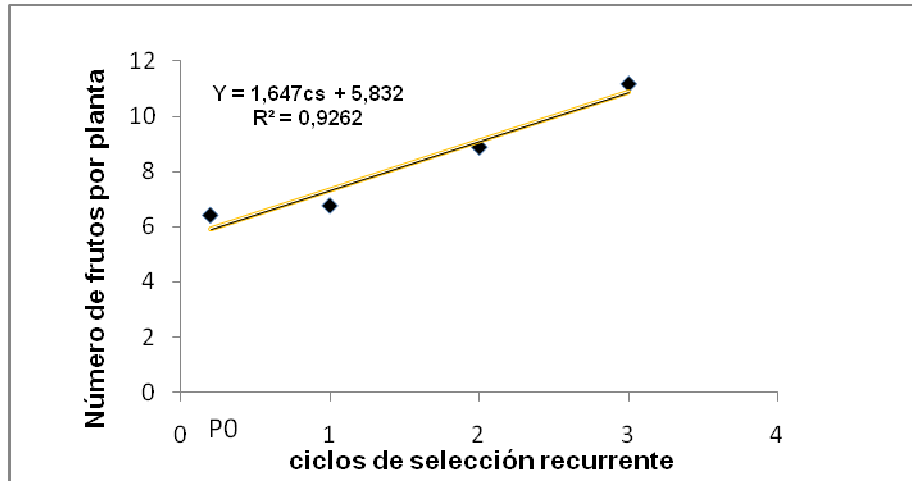
Se obtuvieron aumentos progresivos para ambos caracteres a través de los ciclos de selección (Figura 3 y 4). Las familias aumentaron en promedio 1.65 frutos por planta, lo que representa un aumento aproximado del 25% por cada ciclo de selección recurrente. Con respecto al carácter producción por planta se obtuvo un

incremento promedio de 2.20 kg/planta, representando una ganancia hasta del 20% por cada ciclo de selección.

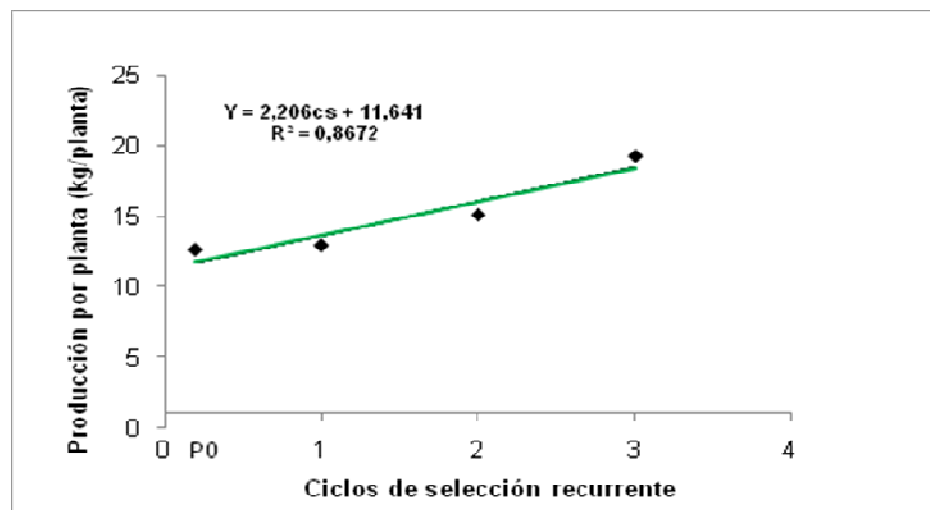
Comparándose la diferencia de producción por planta y número de frutos entre la media de las familias avanzadas (C3= FL4-3, FL4-5, FL8-1, FL8-2) y la población original (P0= P1S3-1), se percibieron aumentos de más de 6.0 kg/planta y más de 4.0 frutos por planta, lo que corresponde a ganancias en productividad y prolificidad del 50% y 75%, respectivamente. Si se considerara, por ejemplo, una hectárea comercial de zapallo con una densidad posible de siembra de 4000 plantas, se tendrían aumentos de más de 20 t/ha con incrementos hasta de 16000 frutos/ha, en solo tres ciclos de selección recurrente. Resultados relativamente similares fueron obtenidos por Cardoso (2007a), quien obtuvo ganancias en productividad superiores a 11 t/ha e incrementos hasta de 36000 frutos/ha después de tres ciclos de selección de progenies de zapallo provenientes del cultivar Piramoita.

Cabe anotar que estos valores fenotípicos fueron observados bajo las mismas condiciones de cultivo en que fueron realizadas las actividades de selección de las familias a través de los diferentes ciclos de siembra. En otras épocas y regiones estas ganancias comparativas pueden ser diferentes.

Las ganancias obtenidas son altamente expresivas en términos económicos y permiten reconocer y valorar el alto potencial productivo incorporado a través del mejoramiento genético practicado en las familias seleccionadas.



**Figura 3.** Número de frutos por planta después de tres ciclos de selección



**Figura 4.** Producción por planta después de tres ciclos de selección

Se confirma una vez más que con la selección recurrente intrapoblacional es posible mejorar de forma continua y progresiva el desempeño de las poblaciones (Fehr, 1987) y obtener ganancias genéticas en características de herencia cuantitativa, resultando en una nueva población superior a la original.

#### **4.4.4 Evaluación de las variables asociadas a la calidad del fruto**

En el anexo 8 se muestra el comportamiento fenotípico de las familias para el formato de fruto, color de la epidermis, textura superficial y color de pulpa. Los descriptores cualitativos, por su genética simple (controlados por uno o pocos genes y poco afectados por el ambiente) son generalmente de alta heredabilidad y le confieren identidad fenotípica a cada población. Por ejemplo, de las familias avanzadas (C3), todas tienen frutos redondos, de superficie lisa sin costilla, colores de pulpa que van desde amarillo intenso a naranja intermedio (9-13 en la escala de roche) y color de epidermis verde, excepto la familia FL8-2 que se caracteriza por presentar frutos de color amarillo.

Estas características fueron relativamente invariables con respecto al testigo comercial Unapal Bolo verde, pero con relación a la población original (P1S3-1), hubo progresos importante en formato y textura superficial al pasar de frutos de distintos formatos (piriformes, elípticos, elongados, bellotas, entre otros) y superficies (granulada, rugosa, con costilla, sin costilla, etc) a frutos redondos o globulares con superficie lisa y ausencia de costillas. El color de pulpa amarillo intenso y naranja se mantuvo, siendo el ideal para los fines de selección.

Consolidados los datos de las variables cuantitativas y cualitativas se realizó una selección inter e intrafamiliar en la que se consideraron las tres mejores familias (FL4-3, FL8-1 y FL8-2) y los dos mejores frutos provenientes de cruzamientos fraternos, que fueron identificados como FL8-1A y FL8-2A por provenir de las familias FL8-1 y FL8-2, respectivamente (Tabla 28).

**Tabla 28.** Descriptores cuantitativos y cualitativos de las familias avanzadas de zapallo.

<b>Población</b>	<b>FL4-3</b>	<b>FL8-1</b>	<b>FL8-2</b>	<b>FL8-1A</b>	<b>FL8-2A</b>
<b>Formato de fruto</b>	Redondo	Redondo	Redondo	Redondo	Redondo
<b>Color externo Del fruto</b>	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde
<b>Color secundario</b>	Amarillo manchado	Amarillo manchado	Amarillo manchado	Sin color	Amarillo manchado
<b>Superficie externa fruto</b>	Lisa sin costilla	Lisa sin Costilla	Lisa sin costilla	Lisa sin cotilla	Lisa sin costilla
<b>Color de pulpa</b>	Naranja intermedio (12)	Naranja intermedio (12)	Amarillo Intenso (10)	Amarillo intenso (11)	Amarillo Intenso (11)
<b>Grosor pulpa (cm)</b>	4.1	4.0	3.8	3.5	3.5
<b>Diámetro cavidad placentaria (cm)</b>	12.6	11.9	11	11.6	10.7
<b>Numero de frutos</b>	10.2	13.7	11.2	8.0	10
<b>Peso promedio del fruto (kg)</b>	1.9	2.3	2.7	2.0	3.3
<b>Producción por planta (kg)</b>	15.8	21.1	19.4	10.9	26.9

Aunque las cuatro familias avanzadas fueron de alto desempeño por calidad del fruto y productividad, cabe destacar las poblaciones FL8-1 y FL8-2, con floración temprana y la mayor productividad (21.1 y 19.4 kg/planta, respectivamente), producto del mayor número de frutos (13.7 y 11.2 frutos/planta, respectivamente) de tamaño mediano (2.4 y 2.7 kg/fruto, respectivamente), convirtiéndolas en la potencial variedad mejorada Unapal LLanogrande.

Las cinco familias se evaluaron junto con el testigo Unapal Bolo Verde y un séptimo genotipo promisorio (G7), en las pruebas regionales y/o de evaluación



agronómica requeridas por el ICA como etapa final en el proceso de obtención y registro de la nueva variedad.

## **4.5 PRUEBAS REGIONALES Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD (2009-1)**

### **4.5.1 Análisis de varianza por localidad**

En el Anexo 9 se presentan los análisis de varianza por localidad para los descriptores del rendimiento. También se presenta la información correspondiente a la estadística descriptiva: rango de variación estimado con los valores máximos y mínimos, promedios y desviaciones estándar para cada variable en los distintos ambientes de evaluación, así como el respectivo coeficiente de variación.

Se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre las familias evaluadas para las tres variables. Estos resultados indican las diferencias en la expresión del potencial genético de cada familia de zapallo evaluada, lo que permite discriminarlas por su potencial de producción.

Los coeficientes de variación (C.V) presentaron un rango de variación de 14.17% (Ceunp) a 33.29 (Cabuyal) para producción por planta, de 9.64% (Restrepo) a 26.04% (Cabuyal) para peso promedio de fruto y de 16.11% (Ceunp) a 23.96% (Cabuyal) para el número de frutos por planta. En las localidades Ceunp y Restrepo los coeficientes de variación presentaron valores intermedios a bajos, mientras que en el Cabuyal se presentó una mayor variación para las tres variables consideradas. Los valores de estos coeficientes, salvo para la localidad Cabuyal, indican que hubo un control razonable del error experimental y eficiencia en el diseño utilizado.

En la tabla 29 se registra el comportamiento fenotípico promedio para las variables consideradas por familia y localidad. De igual modo se relaciona el promedio general, la DMS y el índice ambiental (I.A) de cada localidad. Los ambientes Cabuyal y Restrepo se mostraron como altamente productivos (I.A> 0.0), mientras que Ceunp no ofreció las mejores condiciones ambientales para la producción (I.A< 0.0).

**Tabla 29.** Valor fenotípico promedio para los descriptores del rendimiento de familias avanzadas de zapallo evaluadas en tres ambientes diferentes.

Familia	CEUNP			CABUYAL			RESTREPO		
	NFP	PPF	PPP	NFP	PPF	PPP	NFP	PPF	PPP
<b>FL4-3</b>	7,74 a	3,15 ab	24,16 a	9,19 a	2,68 bc	24,32 a	7,29 a	2,67 b	19.28 b
<b>FL8-1</b>	8,12 a	2,49 bc	20,24 b	8,14 ab	2,89 bc	21.56 a	7,41 a	2,91 b	22.46 ab
<b>FL8-2</b>	4,48 b	3,19 a	14.04 c	5,59 c	4,06 a	21,79 a	7,19 a	3,44 a	24.13 ab
<b>FL8-1A</b>	5,93 b	2,16 c	12.85 c	8,10 ab	2,30 c	18,01 ab	7,38 a	2,63 b	19.49 ab
<b>FL8-2A</b>	5,82 b	2,36 c	13,43 c	6,54 bc	2,33 c	15,05 ab	7,66 a	2,72 b	20.59 ab
<b>BV</b>	7,87 a	2,30 c	18.09 b	6,10 bc	3,47 ab	21,05 a	7,35 a	3,41 a	25.07 a
<b>G7</b>	4,82 b	2,63 c	12,23 c	4,54 c	2,10 c	9,46 b	3,72 b	1,98 c	7,75 c
<b>Prom</b>	6,39	2,61	16,44	6,89	2,83	18,75	6,86	2,82	19,83
<b>DMS (5%)</b>	1,53	0,68	3,46	2,45	1,09	9,34	2,13	0,4	5,65
<b>C.V</b>	16.11	17.56	14.17	23.96	26.04	33.3	20.87	9.64	19.32
<b>I.A</b>			- 1,90			0,41			1,48

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas con  $P < 0.05$ .

El rendimiento promedio por planta (PPP) varió de 16.44 kg/ha (Ceunp) a 19.8 kg/ha (Restrepo) para un promedio general de 18.33 kg/planta. El rango de variación entre las familias fue generalmente amplio para los tres ambientes, especialmente para Cabuyal y Restrepo. Siendo así, estas localidades permiten discriminar mejor las familias, que Ceunp. Por ejemplo en Cabuyal la máxima producción por planta fue de 24.32 kg/planta (F4-3) y el mínimo de 9.46 kg/planta (G7); mientras que en Restrepo el máximo rendimiento fue de 25.05 kg/planta (Bolo verde) y el mínimo de 7.75 kg/planta (G7).

El número promedio de frutos por planta (NFP) fue invariable en las tres localidades. Sin embargo, existen variaciones considerables entre las familias dentro de cada localidad. En Ceunp, la familia más prolífica produjo en promedio 8.12 frutos/planta (F8-1) y la menos prolífica 4.82 frutos/planta (G7). En Cabuyal la más prolífica fue F4-3 con 9.19 frutos/planta, y la menos prolífica G7 con 4.54 frutos/planta producidos. A diferencia de Ceunp y Cabuyal, Restrepo sobresale porque todas las familias, excepto G7, fueron más uniformes para este carácter, produciendo alrededor de 7.0 a 8.0 frutos por planta en promedio.

Con relación al peso promedio del fruto (PPF) se observa que este carácter, al igual que el NFP, fue prácticamente invariable a través de los tres ambientes de evaluación, sobresaliendo porque todas las familias, dentro de cada localidad, produjeron frutos de tamaño ideal.

En general, se observa que en la localidad de Ceunp se presentaron los menores valores promedios para producción por planta, mientras que en las localidades Cabuyal y Restrepo se obtuvieron los mayores valores promedios de producción.

#### **4.5.1.1 Poblaciones experimentales Vs Testigo Comercial**

En el anexo 10 se registra el comportamiento promedio de las familias experimentales de zapallo y el testigo comercial Unapal Bolo verde en cada una de las localidades para las tres variables evaluadas. También se relaciona la media general y la DMS al 5% de significancia para cada carácter.

En la localidad Ceunp, para el carácter producción por planta, todas las familias difirieron significativamente y a favor del testigo comercial, excepto las poblaciones FL8-1 (producción estadísticamente igual a Bolo verde) y FL4-3 que superaron significativamente al cultivar Unapal Bolo verde. Tampoco existen diferencias significativas entre estas dos familias (FL8-1 y FL4-3) y el promedio del testigo para el número de frutos por planta. En cuanto al peso promedio de fruto, todas

presentan tamaños ideales para su comercialización tipo entero, sobresaliendo las familias FL4-3 (3.15 kg/fruto) y FL8-2 (3.19 kg/fruto) por presentar frutos más pesados que el testigo.

En la localidad Cabuyal, solo presentaron diferencias significativas con respecto al testigo comercial, la familia G7 para producción por planta y peso promedio, FL4-3 para el número de frutos, y FL8-1A y FL8-2A para el peso promedio de fruto. Sobresalen las familias FL4-3, FL8-1 y FL8-2 por presentar los mayores rendimientos (> de 20 kg/planta), debido a su alta prolificidad (FL4-3 y FL8-1) y buen tamaño de fruto (F8-2).

La localidad Restrepo, que fue el ambiente más productivo en este estudio (I.A= 1.48), favoreció considerablemente el desempeño del testigo Unapal Bolo verde, el cual sobresalió por su mayor productividad, debido principalmente al alto peso de los frutos (3.41 kg/fruto en promedio), una vez que en prolificidad fue relativamente igual (diferencias estadísticamente no significativas) al de las familias experimentales (excepto para G7). Pese la superioridad del testigo en esta localidad, se destacan las familias FL8-1, FL8-2 y FL8-2A por su notable potencial productivo (mayor o igual que 20 kg/planta), el cual no difiere significativamente del promedio del cultivar Bolo verde.

Al hacer un análisis conjunto de las familias en los tres ambientes, se destacan las poblaciones FL4-3, FL8-1 y FL8-2, las cuales presentaron, en general, un buen desempeño agronómico en los tres ambientes.

#### **4.5.2 Análisis de varianza combinado**

En la tabla 30 se presentan los resultados del análisis de varianza combinado para la producción por planta y sus componentes principales. Se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre familias para las tres variables, diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre localidades para producción por planta y

diferencias significativas para la interacción familia por localidad para las tres variables evaluadas. Resultados opuestos fueron encontrados por Espitia *et al.*, 2006, quienes no encontraron significancia de la interacción genotipo por semestre en poblaciones promisorias de zapallo para el rendimiento por planta.

**Tabla 30.** Cuadrados medios del análisis de varianza combinado para el rendimiento y sus componentes para las familias avanzadas de zapallo evaluadas en tres ambientes diferentes.

Fuentes de variación	G.L	Producción planta	Peso fruto	Número de frutos
		kg/planta	kg/fruto	Frutos/planta
Localidades (Loc)	2	80,83*	0,43	2,1
Bloques/localidades	9	40,64*	0,37	8,11**
Familia (Fam)	6	238,01**	2,51**	20,08**
Fam x Loc	12	40,56*	0,59*	3,81*
Error experimental	54	19,8	0,28	1,94
Media		18,34	2,75	6,71
C.V (%)		24,27	19,06	20,77

\* Diferencia significativa con  $P < 0.05$ ; \*\* Diferencia altamente significativa con  $P < 0.01$ ; **G.L** grados de libertad.

La significancia encontrada para la interacción familia por localidad es un indicativo del comportamiento diferencial que presentan las familias evaluadas cuando son sometidas a diferentes ambientes. Quiere decir también que las distintas familias no respondieron de forma similar a través de las localidades. Estos resultados sugieren la necesidad de un estudio más detallado, obligando a considerar la estabilidad de los materiales.

#### 4.5.3 Análisis de estabilidad

Para estudiar la estabilidad del rendimiento (producción por planta) de las poblaciones de zapallo se utilizó la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966). La tabla 31 presenta los parámetros de estabilidad  $b_i$  y  $S_{di}^2$  obtenidos para

cada población según esta metodología. También se presentan los promedios, el modelo de regresión y el coeficiente de determinación como indicador de la calidad de ajuste del modelo.

**Tabla 31.** Parámetros de estabilidad según el modelo de Eberhart y Russell para el rendimiento por planta de las familias avanzadas de zapallo evaluadas en tres ambientes diferentes.

Población	Promedio (kg/planta)	bi	Sdi <sup>2</sup>	Modelo	R <sup>2</sup>
<b>F4-3</b>	22,59	-1,19 ns	2.83 ns	Y= -1.14IA + 22.59	0.521
<b>F8-1</b>	21,42	0,64 ns	0 ns	Y= 0.65IA + 21.42	0.991
<b>F8-2</b>	19.98	3.03 ns	0 ns	Y= 3.03IA + 19.98	0.991
<b>F8-1A</b>	16.78	2.00 ns	0 ns	Y= 2.05IA + 16.78	0.989
<b>F8-1B</b>	16,36	1,88 ns	0 ns	Y= 1.85IA + 16.36	0.757
<b>BV</b>	21.40	1.93 ns	0 ns	Y= 1.92IA + 21.40	0.915
<b>G7</b>	9,81	-1,32 *	0 ns	Y= -1.30IA + 9.81	0.994
<b>Media general</b>	18.33				

Los resultados indican que todas las familias evaluadas, excepto G7, presentan coeficientes de regresión significativamente iguales a uno y desviaciones de la regresión estadísticamente iguales a cero, que de acuerdo con la metodología de Eberhart y Rusell se consideran estables ( $b_i=1$ ), con un comportamiento promedio aceptable tanto en ambientes poco productivos como en aquellos altamente productivos y además de respuesta predecible ( $S_{di^2}=0$ ). Los coeficientes de determinación ( $R^2>90\%$ ) para las familias FL8-1, FL8-2, FL8-1A, G7 y el testigo Bolo Verde permiten inferir la confiabilidad del modelo, indicando que podría utilizarse para predicción del comportamiento productivo de las familias, en ambientes relativamente similares a los evaluados en las pruebas.

Si bien es cierto que estadísticamente estas familias son estables ( $b_i= 1$ ), vale la pena anotar que, en la práctica, mostraron respuesta diferencial a los estímulos

ambientales impuestos por cada localidad. Por ejemplo, la familia FL4-3 fue altamente productiva en ambientes pobres como Ceunp, pero no demostró capacidad de responder a las condiciones de los mejores ambientes como Restrepo, de ahí que su coeficiente de regresión sea negativo, es decir que tiende a rendir menos. Una situación similar se presentó con G7 con rendimiento promedio poco apreciable en los tres ambientes (Tabla 29) y por debajo del promedio general. Las familias FL8-1 y FL8-1B demostraron tener respuesta positiva a un mejor ambiente, pero FL8-1B que rindió en promedio 16.36 kg/planta, no superó la media general.

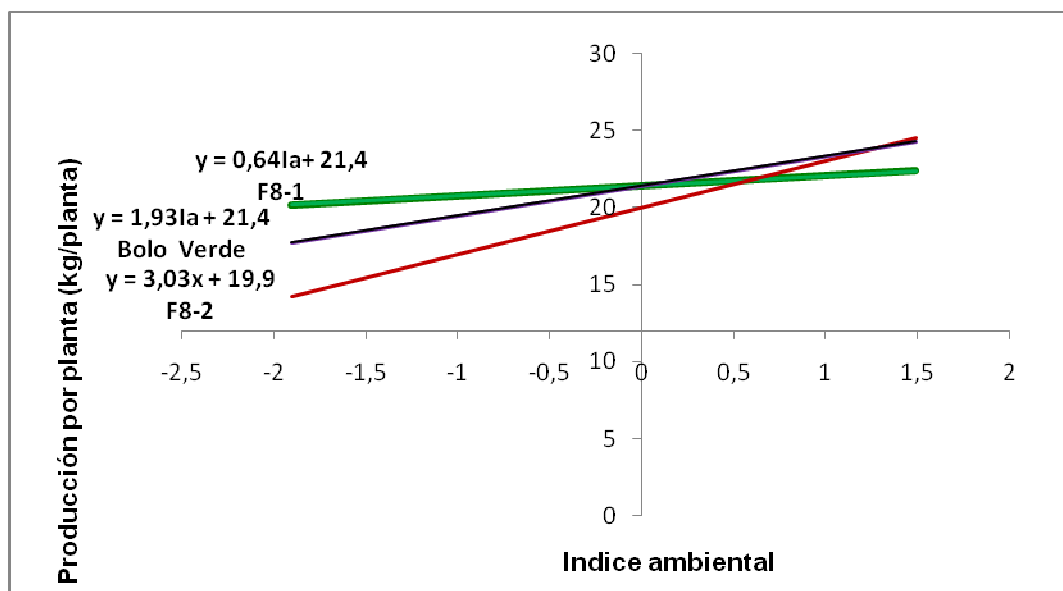
Dentro del grupo de familias teóricamente estables sobresale FL8-1 con un rendimiento promedio de 21.42 kg/planta superior en 31% al promedio general (18.33 kg/planta). De aquellas que se desempeñaron mejor en ambientes favorables se destaca FL8-2 con un rendimiento promedio de 19.98 kg/planta que superó en 11% a la media general. La tendencia en el rendimiento de estas dos familias junto con el del testigo Unapal bolo verde se muestra en la figura 5.

En Ceunp, la familia FL8-1 fue la de mayor rendimiento mientras que en la localidad de Restrepo tuvo un desempeño menor que FL8-2 y Bolo verde. Según Ceballos (1998), este tipo de interacción es cualitativa y resulta en cambios de orden de mérito de las familias evaluados en los diferentes ambientes.

En la práctica, independiente del criterio estadístico, las familias FL8-2 y Unapal Bolo Verde con coeficientes de regresión  $b=3.03$  y  $b=1.92$  respectivamente, asemejan un comportamiento relativamente inestable y con tendencia a responder satisfactoriamente en ambientes favorables como Cabuyal y Restrepo, mientras que la familia FL8-1 con  $b= 0.64$  fue mas estable, y aunque no mostró la misma magnitud de respuesta que FL8-2 y Bolo verde en ambientes favorables, se destaca por su alto promedio en rendimiento, superior en 31% al promedio

general, tanto en ambientes limitantes (Ceunp) como en aquellos que ofrecieron las mejores condiciones de producción (Restrepo).

**Figura 5.** Comportamiento productivo de la población FL8-1, FL8-2 y el cultivar Unapal Bolo verde en función del Índice ambiental de tres localidades.



#### 4.5.4 La nueva variedad de zapallo Unapal Llanogrande

La figura 6 resume el proceso de mejoramiento genético realizado para la obtención del nuevo cultivar Unapal Llanogrande. También se resume la descripción varietal para los principales descriptores cualitativos y cuantitativos que le confieren identidad fenotípica (Tabla 32).

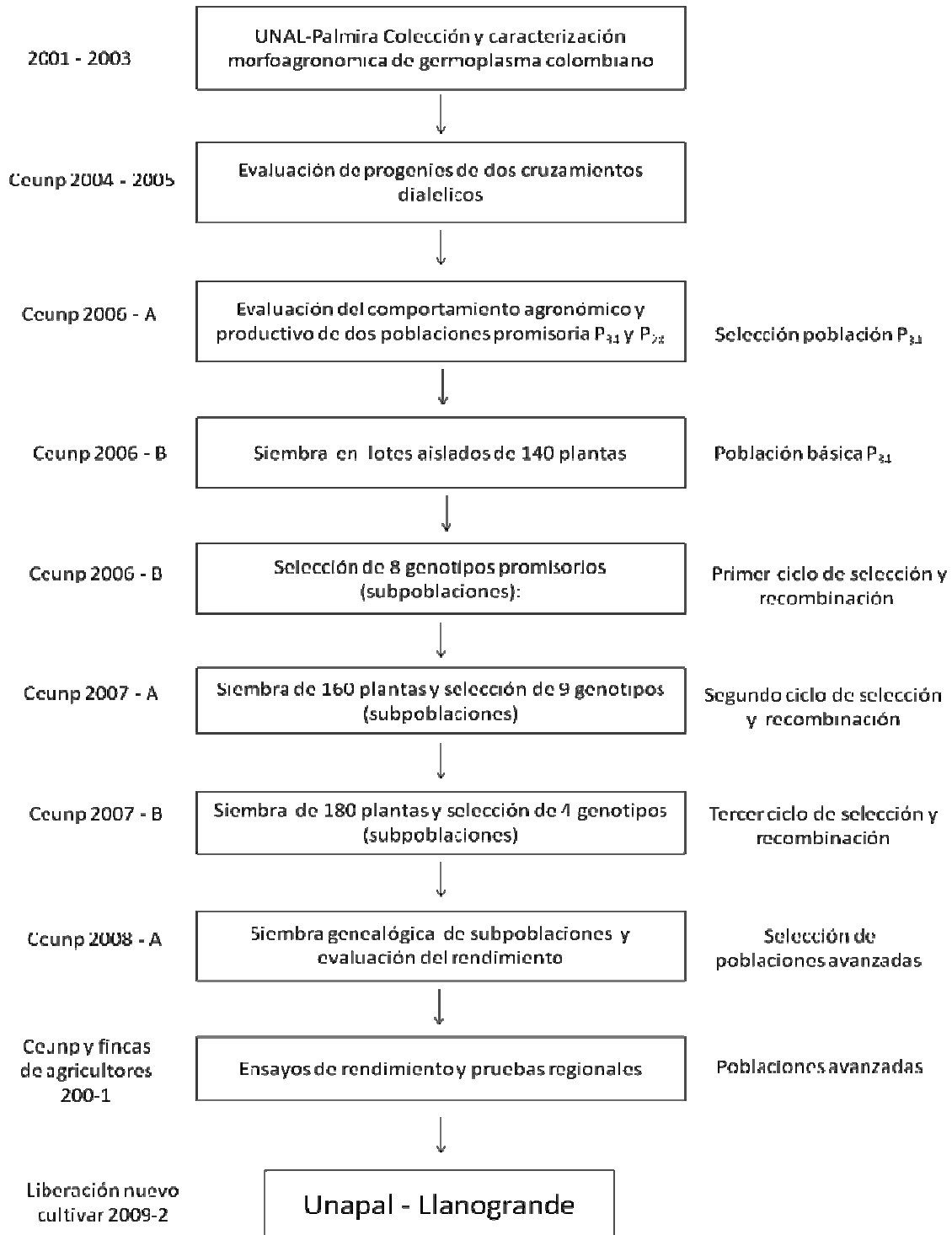
La evaluación del rendimiento en parcelas experimentales establecidas en fincas de agricultores se constituyó en la última etapa del proceso de obtención de la nueva variedad.



El estudio de la interacción genotipo por ambiente permitió el análisis de estabilidad del rendimiento para las distintas familias evaluadas en este estudio, encontrándose familias relativamente estables como FL8-1 y rendimiento predecible, según el respectivo análisis estadístico. Sin embargo, vale la pena anotar que se hace necesario realizar nuevos ensayos multilocales y preferiblemente en diferentes épocas de siembra, que permitan contar con distintos ambientes de evaluación, de manera que se logre mejorar la confiabilidad de los resultados y así concluir si las distintas familias experimentales son o no genéticamente estables.

Por ser relativamente estable, de alta productividad y excelente calidad de fruto, la familia FL8-1 fue seleccionada por el Programa de Investigación en Hortalizas, para convertirse en la nueva variedad mejorada de zapallo “Unapal LLanogrande”, la cual se ofrece como alternativa para el horticultor colombiana y para el mercado con fines de consumo en fresco.

**Figura 6.** Diagrama del procedimiento experimental para la obtención del cultivar de zapallo Unapal – Llanogrande



**Tabla 32.** Descripción varietal para el cultivar Unapal Llanogrande

---

<b>Nombre científico</b>	<i>Cucurbita moschata</i>
<b>Características Cualitativas</b>	
Habito de crecimiento	Postrado con moderado número de guías
Forma de tallo	Cilíndrico angular y pubescente
Forma y tamaño de la hoja	Reniforme, lobulada, pequeña a intermedias con manchas plateadas o algunas veces ausentes
Tipo de floración	Monoico
Forma de fruto	Redondo con superficie lisa y sin costilla
Color de fruto inmaduro	Verde brillante
Color de fruto en maduración	Verde con manchas amarillas
<b>Características Cuantitativas</b>	
Color de pulpa	Amarillo intenso (No. 11) a naranja intermedio, (No. 13) en escala de Roche.
Numero de frutos por planta	8.0 – 10.0 ± 2.0
Días a inicio floración	45 – 60 estaminada o pistilada.
Días a inicio cosecha	110 - 140
Peso promedio de fruto (Kg)	2.5 – 3.5 ± 0.5
Grosor de la pulpa (cm)	3.8 - 4.8
Diámetro de cavidad (cm)	9.0 - 12.0
Producción por planta (kg)	15.0 – 20.0 ± 5.0

---

## 5. CONCLUSIONES

1. Se logró la obtención de una nueva variedad de zapallo para consumo en fresco, de alto rendimiento y excelente calidad de fruto, adaptada a las condiciones agroclimáticas del Valle del Cauca y capaz de responder a las necesidades de la horticultura nacional.
2. La evaluación del rendimiento generacional permitió reconocer y valorar el alto potencial productivo incorporado a través del mejoramiento genético practicado en las familias seleccionadas, confirmando una vez más las bondades agronómicas, productivas y de calidad integradas en la nueva variedad.
3. La selección recurrente intrapoblacional fue un método de mejoramiento efectivo que permitió mejorar de forma continua y progresiva el desempeño de las familias elites de zapallo y obtener ganancias genéticas en características de herencia cuantitativa, resultando en una nueva población superior a la original.
4. La nueva variedad Unapal-Llanogrande se ofrece como una alternativa para el mercado de fruto fresco, con una alta producción por planta entre 15 y 20 kg/planta y rendimientos potenciales de hasta 80 t/ha. Se diferencia de la actual variedad Unapal Bolo Verde por su arquitectura más compacta y moderado número de guías, lo que permite optimizar la eficiencia en el uso del suelo y manejar mayores densidades de siembra. Mayor prolificidad por planta (6.0 a 10.0 frutos/planta), frutos de coloración verde con manchas amarillas, lisos, sin costillas y de menor tamaño (2.5 a 3.5 kg), siendo ideales para su comercialización tipo entero. Mayor grosor de pulpa (>3.8 cm) y reducido diámetro de la cavidad placentaria (< 12.0 cm).

## BIBLIOGRAFIA

**ALLARD, R.W. 1960.** Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega. 320 p.

**AGRONET, 2009.** Estadísticas agrícolas nacionales. Disponible en [www.agronet.gov.co](http://www.agronet.gov.co).

**ALFARO, C. 2006.** La importancia del Ayote en Costa Rica. En: boletín, ciencia y tecnología No. 47. [www.conicit.go.cr/boletin/boletin23/ayote.shtml](http://www.conicit.go.cr/boletin/boletin23/ayote.shtml).

**AMARILES, C.A Y LOPEZ, A.J. 1994.** Aumento, caracterización, evaluación y selección de poblaciones promisorias de 50 accesiones de zapallo, *Cucurbita* spp. Tesis de Ingeniería agronómica Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 162 p.

**BOITEUX L.S et al., 2007.** 'Brasileirinha': cultivar de abóbora (*Cucurbita moschata*) de frutos bicolors com valor ornamental e aptidão para consumo verde. En: Horticultura Brasileira 25: 103-106.

**BORÉM, A Y MIRANDA, G. 2005.** Melhoramento de plantas. Editorial UFV. Cuarta edición. 250 p.

**CABRERA, G.A; VALENCIA Z.A; ESTRADA E.I, BAENA G.D. 2006.** Evaluación agronómica y productiva de tres poblaciones de zapallo *Cucurbita moschata*. Presentación en Power Point. Congreso Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento. Pasto, julio de 2007.

**CAICEDO, L. Y MONTES, P. 2002.** Formación de poblaciones mejoradas de zapallo (*C.moschata*), a través de la recombinación de genotipos segregantes seleccionados. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

**CÁCERES, E. 1981.** Producción de hortalizas 3 edición. San José Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA. 387 p.

**CARDOSO, A.I. 2007a.** Seleção Visando ao aumento de produtividade e qualidade de frutos em abobrinha 'Piramoita' comparando dois métodos De Melhoramento. Bragantia, Campinas, 66 (3): 397-402.

**CARDOSO, A.I. 2007b.** Seleção recorrente para produtividade e qualidade de frutos em abobrinha braquítica. *Horticultura Brasileira* 25: 143-148.

**CEBALLOS, L. H. 1998.** Genética cuantitativa y Fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 524p.

**CHENGRUI et al., 1999.** Health-protection composition of pumpkin. En: *Cucurbit Genetics Cooperative Report*. Vol 22: 59-60.

**CRUZ, C.D Y REGAZZI, AJ. 2001.** Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Segunda edición. Universidade Federal de Visoça 390p.

**EBERHART, S.A Y RUSSELL, W.A. 1966.** Stability parameters for comparing varieties. En: *Crop Sci* Vol 6: 36 – 40 p.

**ESCOBAR, L Y MURIEL, C. 2002.** Evaluación y selección de poblaciones promisorias de zapallo *Cucurbita* sp. Tesis de Ingeniería agronómica Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 83 p.

**ESTRADA, E.I. 2003.** Mejoramiento genético y producción de semillas de hortalizas para Colombia. Universidad nacional de Colombia sede Palmira. 257 p.

**ESPITIA, M. 2004.** Estimación y análisis de parámetros genéticos en cruzamientos dialélicos de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch. ex *poir*). Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Tesis de gado de Doctorado en Ciencias Agraria con énfasis en Fitomejoramiento. 206 p.

**ESPITIA, M; VALLEJO, F.A Y BAENA, D. 2005.** Correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales en *Cucurbita moschata* Duch. Ex *Poir*. En: *Acta Agronómica* 54(1): 1-9 p.

**ESPITIA, M; VALLEJO, F.A Y ARAMENDIZ H. 2006.** Evaluación agronómica de siete híbridos experimentales f1 de zapallo (*Cucurbita moschata* DUCH. EX POIR). *Temas Agrarios*, 11 (1): 32 - 42.

**FAO, 2009.** Estadísticas agrícolas mundiales.

**FEHR, W.R. 1987.** Principles of cultivar development: theory and technique. New York: MacMillan. 536p. Tomado de: Seleção recorrente para produtividade e qualidade de frutos em abobrinha braquítica. *Horticultura Brasileira* (2007). 25: 143-148.

**GARCÍA et al., 1995.** Evaluación de dos subpoblaciones promisorias de zapallo, *Cucurbita spp.* Instituto de Educación Técnica profesional. Programa de Producción Agropecuaria. Roldanillo.

**GIRALDO, J.E Y VALLEJO, F.A. 1988.** Modificación del habito de crecimiento rastrero del zapallo *Cucurbita spp.* mediante la transferencia del gen Bu (habito arbustivo). Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

**GWANAMA, C; BOTH A, A. M y LABUSCHAGNE, M. T.** Genetic effects and heterosis of flowering and fruit characteristics of tropical pumpkin. *Plant Breeding* (2008). 120 (3): p 271-272.

**GWANAMA, C; LABUSCHAGNE, M. T y BOTH A.A.M. 2000.** Analysis of genetic variation in *Cucurbita moschata* by random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. En: *Euphytica* 113: 19-24.

**ICA, 1999.** Resolución No. 03034: normas para la producción, exportación, distribución y comercialización de semillas para siembra en el país. 29 p.

**JARAMILLO, J. 1980.** El cultivo de Ahuyama o zapallo. Hortalizas. Manual de asistencia técnica. ICA, No. 28. p15-19.

**HAZARA, P; MANDAL, A.K; DUTTA A.K; SIKADAR D Y PANDIT M.K. 2007.** Breeding pumpkin (*C. moschata* Dutch.) for high yield and carotene content, en: International Conference on Indigenous Vegetables and Legumes. Prospectus for Fighting Poverty, Hunger and Malnutrition. *Acta Horticulturae* 752.

**LEON, J. 1987.** Botánica de los cultivos tropicales 2<sup>da</sup> edición. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA. San José. 487 p.

**LIRA, S.R. 1995.** Estudios taxonómicos ecogeográficos de las Cucurbitáceas latinoamericanas de importancia económica. IPGI, UNAM. México. 281 p.

**LYNCH, M. Y WALSH, B. 1998.** Genotype X Environment Interaction. En: Genetics and analysis of quantitative traits. pp 657-685.

**MOHANTY, B. K. 2000.** Combining ability analysis for genetic variability in pumpkin. *Mysore Journal of Agricultural Sciences* 20 (1): 59-61p.

**MONTES, C. 2003.** Colección, caracterización morfológica y evaluación agronómica de germoplasma colombiano de zapallo (*Cucurbita moschata*). Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Tesis de grado de Maestría en Ciencias Agraria con énfasis en Fitomejoramiento. 84 p.

**MONTES, C; VALLEJO, F.A Y BAENA, D. 2004.** Diversidad genética de germoplasma colombiano de zapallo (*Cucurbita moschata Duchesne Exp. Prior*). En: Acta Agronómica 55 (3-4): 43-50 p.

**MOSQUERA, E.S Y VALLEJO, F.A. 1998.** Transferencia del gen Bu a poblaciones de zapallo *Cucurbita sp.* con crecimiento compacto. En: Acta Agronómica 48(3-4): 7-11p.

**NAKAMURA, G.P Y VALLEJO, F.A. 1997.** Estabilización genética de una población híbrida de zapallo (*Cucurbita maxima var. Zapallica x Cucurbita moschata var. Piramoita*): Avance hasta la generación F4 y selección. Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

**ORTIZ, G.S. 2006.** Estudio de la heterosis y habilidad combinatoria en caracteres relacionados con calidad del fruto de zapallo *Cucurbita moschata* Duch., para fines agroindustriales. Proyecto de Tesis doctoral Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

**ORTIZ et al. 2008.** Efecto de la osmodeshidratación y secado en la retención de carotenos en fruto de zapallo. En: Acta Agronómica 57(4): 269-274 p.

**ORTIZ, G.S; BAENA, D Y VALLEJO, F.A. 2009.** Efecto de la endocría en caracteres relacionados con la calidad del fruto en zapallo. En: Acta Agronómica 58(3): 140-144 p.

**PEREZ, R.A Y TIGEROS, E.H. 1994.** Selección y evaluación de una población promisoría de zapallo. Tesis de Ingeniería agronómica Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 103 p.

**PEREZ, F.M Y GUTIERREZ, J.A. 1997.** Evaluación del rendimiento y calidad de fruto de tres poblaciones promisorias de zapallo, *Cucurbita spp.* Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 56 p.

**RESTREPO, J.A Y VALLEJO, F.A. 2008.** Caracterización molecular de introducciones colombianas de zapallo *Cucurbita moschata*. En: Acta Agronómica 57(1): 9-17 p.

**ROBINSON et al. 1976.** Genes of the *cucurbitaceae*. En: Hort Science 11(6): 554-568 p.

**SINGH, D.K; HARI H.R Y UPADHYAY, M. 2007.** Breeding potential of indigenous germplasm of cucurbits, en: International Conference on Indigenous Vegetables and Legumes. Prospectus for Fighting Poverty, Hunger and Malnutrition. Acta Horticulturae 752.



**SIROHI, P.S y BEHERA, T.K.** Inheritance of yield and its attributing characters in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch ex. Poir). Journal of Applied Horticulture. 2000: 2(2): 117-118.

**SOUZA JÚNIOR C.L. 2001.** Melhoramento de espécies alógamas, in: nass II; valois acc; melo is; valadares mc. (eds) *Recursos genéticos e melhoramento: plantas*. Rondonópolis: Fundação MT. p159-199. Tomado de: Seleção recorrente para produtividade e qualidade de frutos em abobrinha braquítica. Horticultura Brasileira (2007). 25: 143-148 p.

**TOBAR, D.E. 2009.** Evaluación y selección de cultivares de zapallo *Cucurbita moschata duchesne ex poir* con alto contenido de materia seca en fruto para consumo en fresco. Tesis Maestría en Ciencias Agrarias con Énfasis en Fitomejoramiento. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

**VALLEJO, F.A. 1993.** Evolución y potencial genético del genero *Cucurbita*. Quinto seminario sobre recursos vegetales promisorios: Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. p 2-27

**VALLEJO, F. A Y GIL, V.O. 1998.** Efecto de la endocría sobre algunos caracteres agronómicos del zapallo, *Cucurbita moschata* Poir. En: Acta Agronómica. 48:46 – 50 p.

**VALLEJO, F.A; ESTRADA, E.I; BAENA, D; GARCIA, M.A. 1999.** Nuevo cultivar de zapallo, *Cucurbita moschata*, adaptado a las condiciones del Valle del Cauca, Colombia: UNAPAL-BOLO VERDE. En. Acta Agronómica 49(3-4): 7-9 p.

**VALLEJO, F.A Y ESTRADA, E.I. 2002.** Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 402 p.

**VALLEJO, F. A y ESTRADA, E.I. 2004.** Producción de Hortalizas de Clima Cálido. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. p 191-235.

**VENCOVSKY, R. 1992.** Genética biométrica no fitomejoramento. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. 496 p.

**VINASCO, L.E Y BAENA, D.1998.** Análisis genético de caracteres que afectan el hábito de crecimiento en zapallo *Cucurbita maxima* Duch ex Lam. En: Acta Agronómica 48(3-4): 12-17 p.

**WHITAKER, T.W Y DAVIS, G.N. 1974.** *Cucurbita*. Handbook of genetics. New York: Plenum press. Vol 2: 135-142 p.

**YAN, W Y HUNT, L.A. 2002.** Biplot analysis of multi-environment trial data. Quantitative genetics, genomics and plant breeding. p 289 – 302.

**ZAMBRANO, B.E. 2007.** Obtención de subpoblaciones mejoradas de zapallo *Cucurbita moschata*, por caracteres asociados al rendimiento y calidad del fruto. Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 76 p.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1. Colores de pulpa en zapallo *C. moschata***



7 y 8 = Amarillo intermedio



9, 10 y 11 = Amarillo intenso



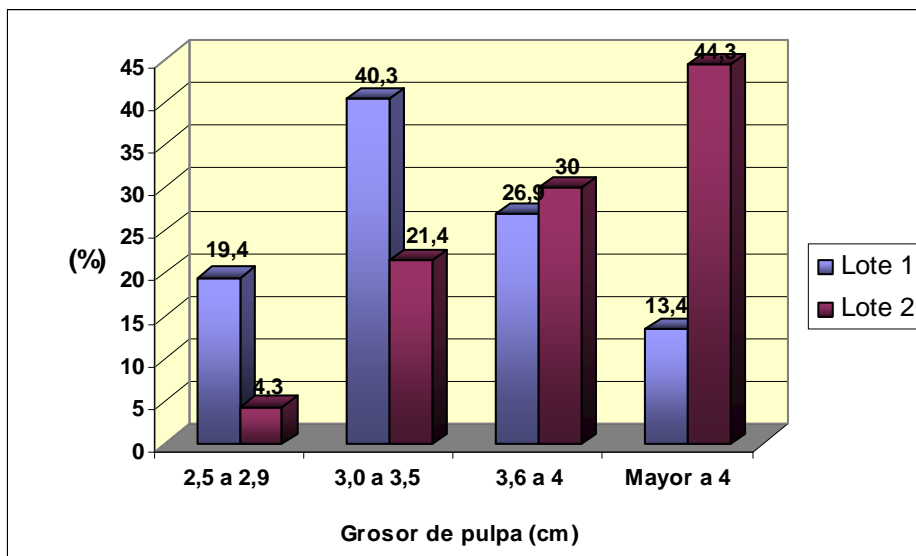
12 y 13 = Naranja intermedio



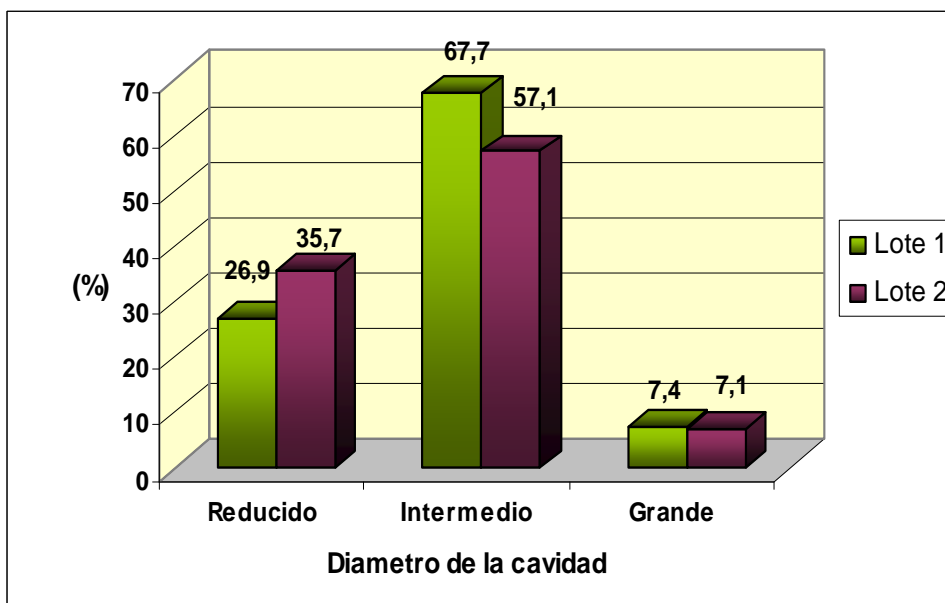
14 y 15 = Naranja intenso



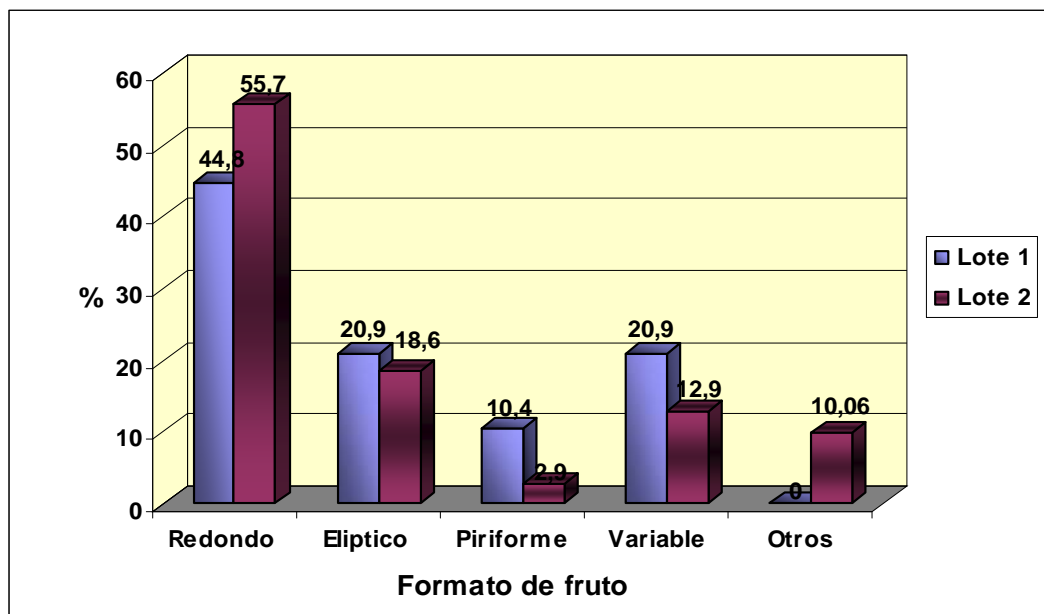
**ANEXO 2.** Distribución porcentual del carácter grosor de pulpa en el lote 1 y 2



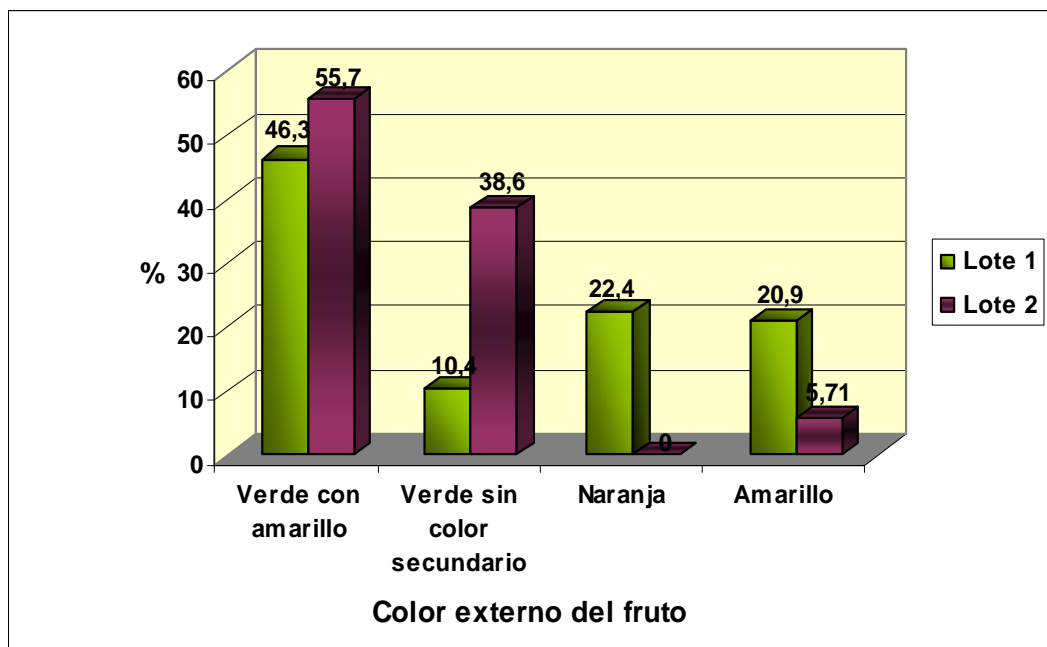
**ANEXO 3.** Distribución porcentual del diámetro de cavidad placentaria en el lote 1 y 2



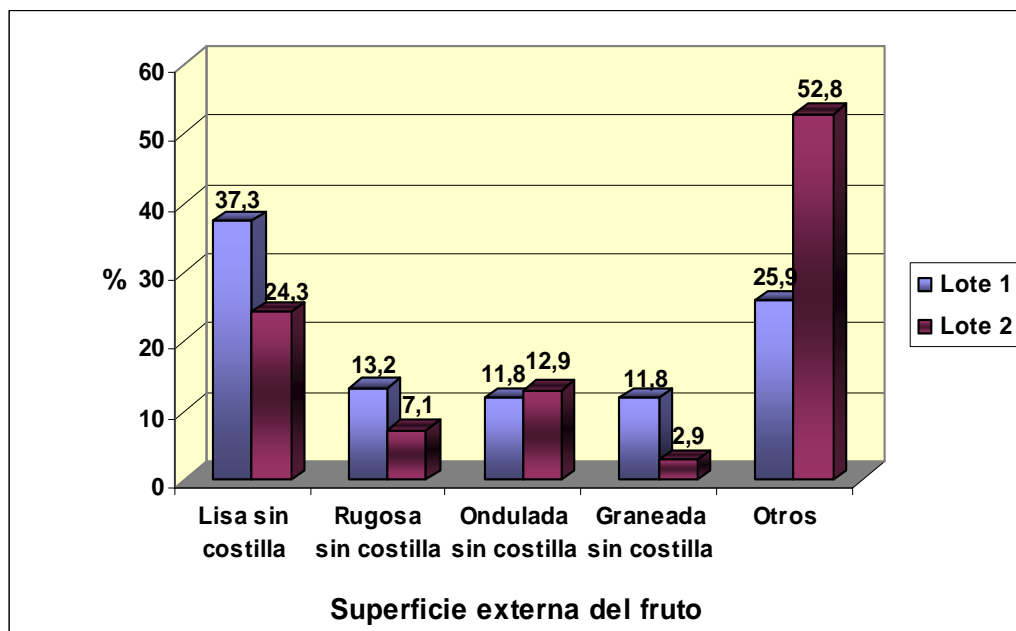
**ANEXO 4.** Distribución porcentual del formato de fruto en el lote 1 y 2



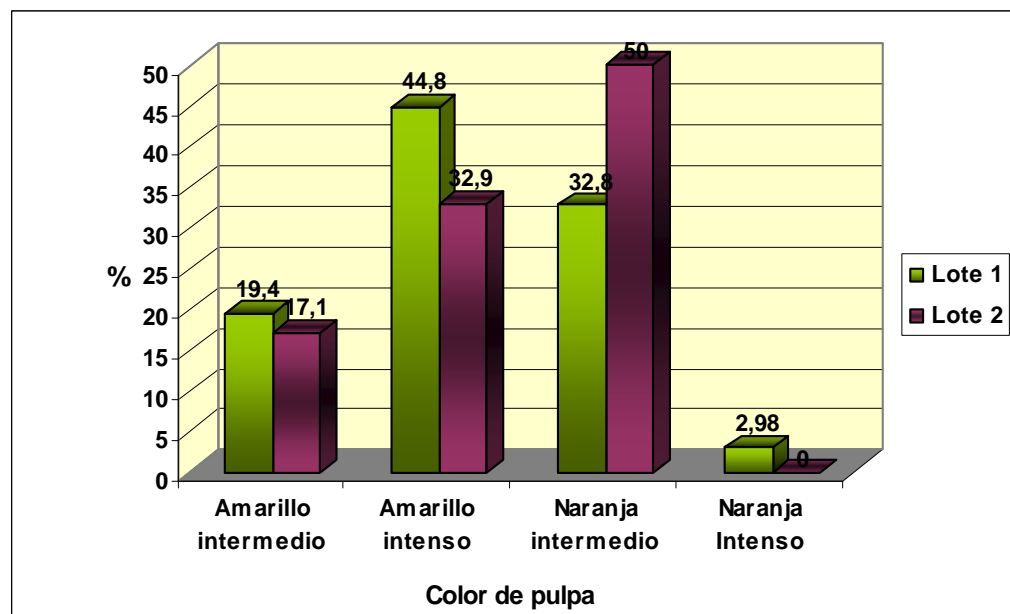
**ANEXO 5.** Distribución porcentual del color externo del fruto en el lote 1 y 2



**ANEXO 6.** Distribución porcentual de la superficie externa del fruto en el lote 1 y 2



**ANEXO 7.** Distribución porcentual del color de pulpa en el lote 1 y 2



## ANEXO 8. Variables de calidad de fruto en zapallo

Distribución porcentual (%) de los caracteres cualitativos asociados a la calidad del fruto en las poblaciones evaluadas en el ensayo de rendimiento generacional. (CEUNP, 2008-1).

<b>Familia</b>	<b>F</b>	<b>CFP</b>	<b>CSF</b>	<b>T</b>	<b>CP</b>
<b>F4-3 (C3)</b>	redondo	verde	amarillo manchado	lisa sin costilla	amarillo intenso
<b>F4-5 (C3)</b>	redondo	Verde	sin color	lisa sin costilla	amarillo intenso
<b>F8-2 (C3)</b>	redondo	amarillo	Amarillo manchado	Lisa sin costilla	naranja intermedio
<b>F8-1 (C3)</b>	redondo	Verde	Amarillo manchado	Lisa sin costilla	amarillo intenso
<b>F4-3 (C2)</b>	redondo	Verde	Amarillo manchado	Lisa sin costilla	naranja intermedio
<b>F8-1 (C2)</b>	redondo	amarillo	sin color	lisa sin costilla	naranja intermedio
<b>F4-5 (C2)</b>	redondo	verde	amarillo manchado	lisa sin costilla	amarillo intenso
<b>F8-2 (C2)</b>	redondo	amarillo	sin color	lisa sin costilla	naranja intermedio
<b>F4 (C1)</b>	redondo	verde	amarillo manchado	lisa sin costilla	amarillo intenso
<b>F8 (C1)</b>	redondo	amarillo	sin color	lisa sin costilla	naranja intermedio
<b>P1S3-1</b>	variable	verde	amarillo manchado	variable	naranja intermedio
<b>Testigo</b>	redondo	verde	sin color	Lisa sin costilla	naranja intermedio

**CFP**= color principal del fruto; **CFS**= color secundario del fruto; **TSF**= textura superficial del fruto; **F**= formato del fruto; **CP**= color de la pulpa.



## ANEXO 9. Análisis de varianza por localidad

### Anexo 9A. Andeva individual para producción por planta

Fuentes de variación	G.L	CEUNP	PPP (KG/PLANTA)	
			CABUYAL	RESTREPO
Población	6	81,37**	106,51*	131,23**
Bloques	3	9,31	25,87	86,72*
Error experimental	18	5,43	39,5	14,49
Media		16,44	18,88	19,7
C.V (%)		14,17	33,3	19,32
D.estandar		4,77	7,27	6,96
Mínimo		9,36	4,88	3,25
Máximo		26,63	30,93	31,38

### Anexo 9B. Andeva individual para peso promedio de fruto

Fuentes de variación	G.L	CEUNP	PPF (kg/fruto)	
			CABUYAL	RESTREPO
Población	6	0,67*	2,01*	1,01**
Bloques	3	0,27	0,78	0,06
Error experimental	18	0,21	0,54	0,074
Media		2,61	2,83	2,82
C.V (%)		17,56	26,04	9,64
D.estandar		0,56	0,94	0,53
Mínimo		1,5	1,78	1,73
Máximo		4,07	5,82	3,95

### Anexo 9C. Andeva individual para número de frutos por planta

Fuentes de variación	G.L	CEUNP	CABUYAL	NFP (kg/fruto)
				RESTREPO
Población	6	9,14**	10,84*	7,73*
Bloques	3	0,99	11,15*	12,23*
Error experimental	18	1,06	2,72	2,05
Media		6,4	6,88	6,86
C.V (%)		16,11	23,96	20,87
D.estandar		1,69	2,34	2,11
Mínimo		4	1,25	1,75
Máximo		9,68	11	10,88

**ANEXO 10.** Comportamiento promedio de las familias avanzadas de zapallo y el testigo comercial Unapal Bolo verde en cada una de las localidades

**Anexo 10A.** Valor fenotípico de familias de zapallo Vs testigo comercial Bolo verde. Localidad Ceunp.

Población	Producción por planta (kg/planta)			Numero de frutos (frutos/planta)			Peso promedio de fruto (kg/fruto)		
	Promedio	P-BV		Promedio	P-BV		Promedio	P-BV	
<b>FL4-3</b>	24,16	8.07	**	7,74	-0,13	ns	3,15	0,85	*
<b>FL8-1</b>	20,24	2.15	ns	8,12	0,25	ns	2,49	0,19	ns
<b>FL8-2</b>	14.04	-4.05	*	4,48	-3,39	*	3,19	0,89	*
<b>FL8-1A</b>	12.85	-5.24	*	5,93	-1,94	*	2,16	-0,14	ns
<b>FL8-2A</b>	13,43	-4.66	*	5,82	-2,05	*	2,36	0,06	ns
<b>BV</b>	18.09			7,87			2,3		
<b>G7</b>	12,23	-5.86	*	4,82	-3,05	*	2,63	0,33	ns
<b>Media general</b>	16,44			6,40			2,61		
<b>DMS (5%)</b>	3,46			1,53			0,68		

**Anexo 10B.** Valor fenotípico de familias de zapallo Vs testigo comercial Bolo verde. Localidad Cabuyal.

Población	Producción por planta (kg/planta)			Numero de frutos (frutos/planta)			Peso promedio de fruto (kg/fruto)		
	Promedio	P-BV		Promedio	P-BV		Promedio	P-BV	
<b>FL4-3</b>	24,32	3,27	ns	9,19	3,09	*	2,68	-0,79	ns
<b>FL8-1</b>	21.56	0.51	ns	8,14	2,04	ns	2,89	-0,58	ns
<b>FL8-2</b>	21,79	0,74	ns	5,59	-0,51	ns	4,06	0,59	ns
<b>FL8-1A</b>	18,01	-3,04	ns	8,1	2	ns	2,3	-1,17	*
<b>FL8-2A</b>	15,05	-6	ns	6,54	0,44	ns	2,33	-1,14	*
<b>BV</b>	21,05			6,1			3,47		
<b>G7</b>	9,46	-11,59	*	4,54	-1,56	ns	2,1	-1,37	*
<b>Media general</b>	18.75			6,89			2,83		
<b>DMS (5%)</b>	9,34			2,45			1,09		

**Anexo 10C.** Valor fenotípico de familias de zapallo Vs testigo comercial Bolo verde. Localidad Restrepo.

Población	Producción por planta (kg/planta)			Numero de frutos (frutos/planta)			Peso promedio de fruto (kg/fruto)		
	Promedio	P-BV		Promedio	P-BV		Promedio	P-BV	
<b>FL4-3</b>	19.28	-5,79	*	7,29	-0,06	ns	2,67	-0,74	*
<b>FL8-1</b>	22.46	-2.61	ns	7,41	0,06	ns	2,91	-0,5	*
<b>FL8-2</b>	24.13	-0,94	ns	7,19	-0,16	ns	3,44	0,03	ns
<b>FL8-1A</b>	19.49	-5,58	ns	7,38	0,03	ns	2,63	-0,78	*
<b>FL8-2A</b>	20.59	-4,47	ns	7,66	0,31	ns	2,72	-0,69	*
<b>BV</b>	25.07			7,35			3,41		
<b>G7</b>	7,75	-17,32	**	3,72	-3,63	*	1,98	-1,43	*
<b>Media general</b>	19,69			6,86			2,82		
<b>DMS (5%)</b>	5,65			2,13			0,4		