UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Mejoramiento Genético del Contenido de Materia Seca en Fruto del Cultivar de Zapallo UNAPAL Abanico 75 por Medio del Método de Selección Recurrente

Zoot. Cristian Camilo Ubaque Pinzón

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados
Palmira, Colombia
2016

Mejoramiento Genético del Contenido de Materia Seca en Fruto del Cultivar de Zapallo UNAPAL Abanico 75 por Medio del Método de Selección Recurrente

Zoot. Cristian Camilo Ubaque Pinzón

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Ciencias Agrarias

Director (a):

Ph.D. Sanin Ortiz Grisales

Codirector (a):

Ph.D. Magda Piedad Valdés Restrepo

Línea de Investigación:

Fitomejoramiento

Grupo de Investigación:

Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Posgrados

Palmira, Colombia

2016

“Como ser humano soy una especie de antología de contradicciones, de gaffes, de errores, pero tengo sentido ético. Esto no quiere decir que yo obre mejor que otros, sino simplemente que trato de obrar bien y no espero castigo ni recompensa. Que soy, digamos, insignificante, es decir, indigno de dos cosas; el cielo y el infierno me quedan muy grandes."

Jorge Luis Borges

La facultad y los jurados de tesis no se harán responsables de las ideas emitidas por el autor. Artículo 24, resolución 04 de 1974.

Agradecimientos

Al hacedor del universo, quien guía cada paso de nuestro destino.

A mi familia, conformada por mi madre, mi padre y mi hermana, por formarme como persona íntegra y como la principal fuente de perseverancia para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi Director y Co-Directora, los doctores Sanin Ortiz Grisales y Magda Piedad Valdes Restrepo, por su apoyo y transferencia de conocimientos cruciales para la realización de este trabajo.

Al doctor Franco Alirio Vallejo Cabrera, como líder del Grupo de Investigación en Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (APSHUNP), por los conocimientos transmitidos para la realización de este trabajo de investigación.

Al Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, (CEUNP) y a todos sus funcionarios; principalmente al Ingeniero Armando Zapata, por su asesoría en el ámbito agronómico para el desarrollo de este proyecto; a la mano de obra de Don Durbey, Don Arquímedes, Don Guillermo, Don Abraham, Don Ronald, Leonardo, Estiven, Miller y los diferentes estudiantes auxiliares que me apoyaron en campo; y al acompañamiento y apoyo moral de Doña Denise.

Al Laboratorio Agropecuario Mario Gonzales Aranda, principalmente a su Ex Director el Zootecnista Julio Cesar Castro, por su apoyo incondicional como funcionario, colega y amigo; y a su actual Director el Médico Veterinario Oscar López, por su disposición para la ejecución de algunas actividades contempladas en este proyecto.

A mis amigos y colegas Zootecnistas Katherine Johanna Domínguez, Sully Amaya, Brigitte Hadiye Bastidas, Jessica Paola Pístala, Cleber Elias Cuchillo, Diego Quiñonez y Cristian Camilo Solarte, por su apoyo en las labores de campo y su apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

A los Ingenieros Agroindustriales Ginna Alejandra Ordoñez y Jorge Luis Luna por el conocimiento y apoyo transmitido para la elaboración del presente trabajo de investigación.

Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), por su apoyo económico al autor de este trabajo de investigación, en la modalidad de Joven Investigador.

A la Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia (DIPAL) y a la Oficina de Investigación y Extensión de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, responsables de la financiación parcial de este proyecto investigativo por medio de las convocatorias para el apoyo a nuevos trabajos de investigación y apoyo a estudiantes de posgrados.

A los familiares, amigos y conocidos que indirectamente sirvieron como apoyo para la realización de este trabajo de investigación.

Resumen

Se evaluaron 50 familias del cultivar de zapallo UNAPAL – Abanico 75, a través de tres ciclos de recombinación y selección, según su Diámetro de Planta (DP), Producción por Planta (PP), Número de Frutos por Planta (NFP), y Peso Promedio del Fruto (PPF). Sus frutos se caracterizaron morfológicamente por su Peso (P), Diámetro Polar (DP), Diámetro Ecuatorial (DE), Espesor de Pared (EP), Color de la Pulpa (C), Índice de Esfericidad (IE), Diámetro de Cavidad Placentaria (DCP) y químicamente según su Materia Seca del Fruto (MSF). Además, la Harina Integral de los frutos (HIZ) fue valorada nutricionalmente en cada ciclo.

Se seleccionaron las 20, 10 y 5 familias con las mejores características, durante el primer, segundo y tercer ciclo de recombinación y selección, respectivamente. El Avance Genético (ΔG) obtenido fue estimado de dos formas: Avance Genético Aparente o Intersemestral (ΔGA) y Avance Genético Real (ΔGR) en un ciclo de evaluación, valorando el comportamiento de dichas familias bajo un mismo ambiente en un diseño experimental de bloques completos al azar.

Palabras claves: Agroindustria, ahuyama, Cucurbita moschata, fitomejoramiento.

Abstract

Fifty families of UNAPAL – Abanico 75 squash cultivar were evaluate through three cycles of recombination and selection by Plant Diameter (DP), Production per Plant (PP), Number of Fruits per Plant (NFP) and Weight Average of Fruit (PPF). Its fruits were morphologically characterized by their Weight (P), Polar Diameter (DP), Ecuatorial Diameter (DE), Wall Thickness (EP), Color Pulp (C), Sphericity Index (IE), Placental Cavity Diameter (DCP) and chemically by Dry Matter in Fruit (MSF). Also, the whole meal flour of the fruits was valued nutritionally in each cycle.

Twenty, ten and five families with the best features were selected in the first, second and third cycle of recombination and selection, respectively. The Genetic Advance (ΔG) obtained was estimated in two forms: Apparent Genetic Advance (ΔGA) or intersemestral and Real Genetic Advance (ΔGR) in an evaluation cycle, valuing the behavior of these families in a complete random block design.

Keywords: Agroindustry, breeding, Cucurbita moschata, squash.

Contenido

Pág.

Agradecimientos ..... **VII**

Resumen ..... **IX**

Abstract ..... **X**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XIV**

1. Introducción 1
   1.1 Problema de Estudio 1
   1.2 Justificación 2
   1.3 Hipótesis 3
   1.4 Objetivos 4
      1.4.1 Objetivo General 4
      1.4.2 Objetivos Específicos 4
2. Marco referencial 5
   2.1 Generalidades del género *Cucúrbita* 5
   2.2 *Cucúrbita moschata* Duchesne Ex poir. 6
   2.3 Calidad nutricional del fruto de zapallo 7
   2.4 Cultivar de Zapallo Cucúrbita moschata Duch. Ex poir. UNAPAL Abanico – 75 10
   2.5 La selección recurrente como método de mejoramiento óptimo para el mejoramiento del Cultivar de Zapallo UNAPAL Abanico – 75. 13
3. Materiales y Métodos 15
   3.1 Localización 15
   3.2 Material Biológico 15
      3.2.1 Material biológico primera etapa de campo 15
      3.2.2 Material biológico base para la selección recurrente 16
   3.3 Actividades desarrolladas 20
      3.3.1 Ciclo de Formación de Cruzamientos Fraternales entre Familias con Alto Porcentaje de MSF (C0/2013-II) 20
      3.3.2 Prueba de Germinación del Material Biológico Base para la Selección Recurrente 22
      3.3.3 Primer ciclo de Recombinación y Selección (C1/2014-I) 23
      3.3.4 Segundo Ciclo de Recombinación y Selección (C2/2014-II) 24
      3.3.5 Tercer Ciclo de Recombinación y Selección (C3/2015-I) 26
      3.3.6 Ciclo de Evaluación para estimación del Avance Genético (CE/2015-II) 26

3.3.7 Determinación de MSF, caracterización morfológica y selección de semillas de los frutos obtenidos en C0, C1, C2, C3 y CE 28
3.3.8 Calidad Nutricional de la Harina Integral de Zapallo (HIZ) de cada Ciclo de Selección Recurrente 30
3.3.9 Análisis estadístico 32
4. Resultados y Discusión 37
4.1 Ciclo de Formación de Cruzamientos Fraternales entre Familias con Alto Porcentaje de MSF (C0/2013-II) 37
4.2 Prueba de Germinación del Material Biológico Base para la Selección Recurrente 41
4.3 Primer ciclo de Recombinación y Selección (C1/2014-I) 42
4.4 Segundo Ciclo de Recombinación y Selección (C2/2014-II) 47
4.5 Tercer Ciclo de Recombinación y Selección (C3/2015-I) 51
4.6 Estimación del Avance Genético del carácter MSF Aparente (ΔGA) y Real (ΔGR) 54
4.7 Calidad Nutricional de la Harina Integral de Zapallo (HIZ) de cada Ciclo de Selección Recurrente 63
5. Conclusiones y recomendaciones 65
5.1 Conclusiones 65
5.2 Recomendaciones 65

Anexos 67

Bibliografía 73

Lista de figuras

Pág.

Figura 3-1. Plano de campo cruzamientos fraternales UNAPAL Abanico – 75 LAMGA 2013 - II 21
Figura 3-2. Proceso de polinización manual 22
Figura 3-3. Plano de campo C1 selección recurrente UNAPAL-Abanico 75 24
Figura 3-4. Plano de campo C2 selección recurrente UNAPAL-Abanico 75 25
Figura 3-5. Plano de campo C3 selección recurrente UNAPAL-Abanico 75 26
Figura 3-6. Resumen de labores de campo llevadas a cabo en cada ciclo del proceso de selección recurrente 27
Figura 3-7. Plano de campo CE selección recurrente UNAPAL-Abanico 75 28
Figura 3-8. Proceso de determinación del contenido de MSF, caracterización morfológica y extracción de semillas de los frutos seleccionados en cada ciclo de selección 30
Figura 3-9. Proceso de obtención de muestras de HIZ para análisis de su calidad nutricional en cada ciclo 31
Figura 3-10. Diagrama resumen del proceso de SR para el mejoramiento genético del contenido de MSF del cultivar de zapallo UNAPAL – Abanico 75 36
Figura 4-1. Registro fotográfico del fenotipo expresado por los cruzamientos fraternales obtenidos en el C0/2013-II 40
Figura 4-2. Modelo lineal de la regresión del contenido de MSF en la SR 56
Figura 4-3. Modelo lineal de la regresión del contenido de MSF en la SR 59
Figura 4-4. Fenotipo expresado por el genotipo testigo la introducción 250 considerada como población original del cultivar UNAPAL – Abanico 75 en el CE/2015-II 60
Figura 4-5. Fenotipo expresado en CE/2015-II por la población de las 20 familias seleccionadas en C1/2014-I 61
Figura 4-6. Fenotipo expresado en CE/2015-II por la población de las 10 familias seleccionadas en C2/2014-II 62
Figura 4-7. Fenotipo expresado en CE/2015-II por la población de las 5 familias seleccionadas en C3/2015-I 62
Figura 4-8. Calidad nutricional de la HIZ en cada ciclo de Selección Recurrente 64

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2-1. Clasificación taxonómica de *Cucúrbita moschata* Duchesne.....7
Tabla 2-2. Composición nutricional del fruto de zapallo (por cada 100g de fruto fresco)...9
Tabla 2-3. Composición nutricional de la harina de zapallo con y sin pericarpio, comparada con la composición de la harina de trigo.....10
Tabla 2-4. Descripción del cultivar UNAPAL - ABANICO 75 12
Tabla 2-5. Composición nutricional comparativa entre la HIZ del cultivar UNAPAL Abanico 75 comparada y el maíz (Ubaque *et al*., 2015).....12
Tabla 3-1. Genotipos seleccionados para la realización de cruzamientos fraternales en el LAMGA 2013-II 16
Tabla 3-2. Familias del Cultivar de Zapallo UNAPAL – Abanico 75 de la colección de trabajo del Laboratorio de Semillas UN – Palmira 17
Tabla 3-3. Protocolos de laboratorio realizados a la HIZ de cada ciclo de selección.....32
Tabla 3-4.ANDEVA para modelo lineal DCA (Baena, 2012).....33
Tabla 3-5. ANDEVA modelo lineal DBCA (Baena, 2012). 34
Tabla 4-1. Resumen de polinizaciones dirigidas realizadas en C0/2013-II 38
Tabla 4-2. Características morfológicas y de composición de los frutos obtenidos a partir de los cruzamientos fraternales realizados en C0/2013-II 39
Tabla 4-3. Población inicial (P0) para proceso de selección recurrente del cultivar UNAPAL – Abanico 75 de acuerdo a su porcentaje de germinación 41
Tabla 4-4. Cuadrados medios de las variables agronómicas de C1/2014-1 42
Tabla 4-5. Promedios de las variables agronómicas de las familias evaluadas en C1/2014-I 43
Tabla 4-6. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos de las familias seleccionadas en C1/2014-I.....44
Tabla 4-7. Promedios de las variables de conformación y composición de interés en las familias seleccionadas en C1/2014-I 45
Tabla 4-8. Características de las variables agronómicas y de laboratorio de las familias de plantas individuales seleccionadas en C1/2014-1 como población para C2/2014-II...46
Tabla 4-9. Características de conformación y composición de los frutos producto de los cruzamientos logrados en C2.....47
Tabla 4-10. Cuadrados medios de las variables agronómicas en C2/2014-II 48
Tabla 4-11. Promedios de las variables agronómicas de las familias evaluadas en C2/2014-II 48

Tabla 4-12. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos en C2/2014-II 49
Tabla 4-13. Promedios de las variables de conformación y composición de interés en las familias seleccionadas en C2/2014-II 50
Tabla 4-14. Características de las variables agronómicas y de laboratorio de las familias de plantas individuales seleccionadas en C2/2014-II como población para C3/2015-I ... 51
Tabla 4-15. Cuadrados medios de las variables agronómicas en C3/2015-I 52
Tabla 4-16. Promedios de las variables agronómicas de las familias evaluadas en C3/2015-I 52
Tabla 4-17. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos en C3/2015-I 52
Tabla 4-18. Promedios de las variables de conformación y composición de interés en las familias seleccionadas en C3/2015-I 53
Tabla 4-19. Características de las variables agronómicas y de laboratorio de las familias de plantas individuales seleccionadas en C3/2015-I como población para CE/2015-II ... 53
Tabla 4-20. Cuadrados medios de las variables agronómicas en la SR 54
Tabla 4-21. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos en SR 54
Tabla 4-22. Promedios de MSF de las poblaciones seleccionadas en cada ciclo de la SR 55
Tabla 4-23. Estimación del avance genético aparente obtenido en la SR..... 55
Tabla 4-24. Cuadrados medios y coeficientes de la regresión de la MSF registrada en los ciclos de SR 56
Tabla 4-25. Cuadrados medios de las variables agronómicas en CE/2015-II 57
Tabla 4-26. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos en CE/2015-II 57
Tabla 4-27. Promedios de MSF de las poblaciones seleccionadas en CE/2015-II..... 58
Tabla 4-28. Estimación del avance genético real obtenido en CE/2015-II 58
Tabla 4-29. Cuadrados medios y coeficientes de la regresión de la MSF registrada en CE/2015-II 59
Tabla 4-30. Análisis de la calidad nutricional de la HIZ en cada ciclo de selección recurrente 63

1. Introducción

1.1 Problema de Estudio

El zapallo *Cucurbita moschata* Duch. ex Poiret, es una de las especies de hortaliza domesticada más importante en Colombia, teniendo en cuenta su área sembrada equivalente a 3.800 Ha y su producción de 65.000 Ton (FAOSTAT, 2013). Su gran acogida está dada por su versatilidad en el consumo, tanto directo (sopas, cremas, dulces, purés, jugos, pastelería y compotas), como indirecto (materia prima para la agroindustria: harinas y deshidratados); altas calidades alimenticias relacionadas con el contenido de caroteno, ácido ascórbico, minerales y aminoácidos; rusticidad; alto volumen de producción (60 – 100 Ton/Ha) y mercado potencial de exportación, especialmente a los países europeos y de Norte América (Vallejo y Estrada, 2004).

Debido a que la demanda de esta hortaliza se encuentra destinada principalmente al consumo directo, su mejoramiento genético se ha encaminado para este fin, dejando a un lado su potencial para fines agroindustriales, haciendo urgente la identificación de genotipos que permitan optimizar su procesamiento poscosecha (Valdés, 2010). Procesos como el deshidratado, requieren que los frutos tengan un alto contenido de materia seca y una alta concentración de compuestos nutricionales en la misma, que eviten altas perdidas en su manipulación (Ortiz et al., 2008).

Como producto del mejoramiento genético aplicado por el Programa de Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas, surgió el cultivar de zapallo UNAPAL – Abanico 75, caracterizado por su contenido de materia seca en fruto (26%) y su producción por planta (4 – 5 frutos por planta, con un peso promedio de 5 – 6 Kg, equivalentes a una producción por plata de 29 – 32 Kg), cualidades que lo hacen atractivo para fines agroindustriales, principalmente para su uso como materia prima en la industria de alimentos balanceados para animales (ABA); dicho cultivar fue obtenido a partir de la selección de distintas introducciones colombianas con características agronómicas y

agroindustriales de interés, éstas fueron autofecundadas, su progenie sometida a cruzamientos dialélicos, los cuales fueron evaluados en diferentes localidades y finalmente estabilizados genéticamente para la selección del hibrido con el mejor comportamiento (Baena et al., 2010).

Sin embargo, en el fitomejoramiento no se debe sobredimensionar la capacidad de las variedades o híbridos obtenidos y se debe tener en cuenta que este es un proceso de avances progresivos en el que continuamente se deben ofrecer al público cultivares cada vez mejores (Vallejo y Estrada, 2002).

Por lo tanto, es preciso aprovechar la concentración de genes favorables de las características de interés agroindustrial en este cultivar para continuar los procesos de mejora genética a partir del mismo, y así obtener variedades con mayor potencial para su procesamiento, utilizando métodos como la selección recurrente, que consiste en 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 (Zambrano, 2010).

1.2 Justificación

Con respecto al método empleado, como ejemplo de la efectividad que tienen los diferentes procesos de selección para la obtención de nuevas variedades, se encuentran los cultivares UNAPAL Llanogrande y UNAPAL Dorado, los cuales tienen dentro de sus métodos de mejora genética el proceso de Selección Recurrente (Estrada et al., 2010; Vallejo et al., 2010). La eficacia de esta metodología de mejora ha sido evaluada con respecto a otros métodos de selección, como en el caso del cultivar de zapallo brasilero “Piramoita” en el cual se evidencio resultados mejores con este método a diferencia del método de Single Seed Descent (Cardoso, 2007).

Al tener en cuenta su aplicabilidad, la mejora genética del cultivar de zapallo UNAPAL – Abanico 75 o la posible obtención de un nuevo cultivar con un contenido de materia seca en fruto más alto con respecto a sus progenitores producto de este proceso, permitiría optimizar su uso como materia prima en la agroindustria.

A modo de ejemplo, cabe destacar la utilización de este material como parte de la nutrición avícola; industria pecuaria en la cual el 50% - 70% de los costos de producción son equivalentes a la nutrición de las aves, que en el caso de los países en desarrollo se debe a que las materias primas utilizadas para este fin son granos y cereales importados, entre las cuales el principal es el maíz (Marín et al., 2003; Monforte, 2002; Urresta, 2010).

La Harina Integral de Zapallo fue evaluada como materia prima alternativa para sustituir este cereal, debido a sus características nutricionales superiores en cuanto a su contenido de energía, proteína, macrominerales y carotenos totales, que permitió sustituir en un 50% la máxima inclusión de maíz, logrando un rendimiento general de las aves aceptable y destacando que los productos obtenidos poseen una mayor pigmentación de la piel proveniente de fuentes naturales, una menor cantidad de grasa abdominal y un rendimiento en canal optimo, lo que representa una carne de mayor calidad, con mayor contenido magro y con un posible alto contenido de acetato de retinol entre el musculo, compuesto antioxidante proveniente del B – caroteno, el cual previene la generación de enfermedades degenerativas como el cáncer (Ubaque et al., 2015).

Sin embargo, la obtención de dicho material supone la utilización de energía de alto costo que hace el proceso poco beneficioso, asunto que puede ser perfeccionado consiguiendo por medio de la mejora genética, frutos con mayor contenido de materia seca, que permitirían un mayor rendimiento agroindustrial.

1.3 Hipótesis

Si se aprovecha la concentración de genes de interés agroindustrial en el cultivar de zapallo UNAPAL – Abanico 75, como materia prima para su mejoramiento genético utilizando la metodología de selección recurrente, entonces, se podrán obtener genotipos superiores que permitan optimizar su uso como recurso alternativo en la agroindustria.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento del carácter de Materia Seca en Fruto (MSF) del cultivar de Zapallo UNAPAL – Abanico 75 en un proceso de Selección Recurrente (SR), con el fin de establecer el avance genético obtenido con respecto al estado actual de la característica de interés.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el avance genético obtenido en el carácter MSF mediante un proceso de selección recurrente de tres ciclos, comparando los genotipos obtenidos en cada uno de ellos con respecto a la población original.
- Obtener genotipos superiores producto de la acumulación de alelos favorables para la característica de interés, que sirvan como base para la obtención de nuevas variedades en futuros procesos de mejora.

2. Marco referencial

2.1 Generalidades del género *Cucúrbita*

El género *Cucúrbita* está compuesto por 12 – 14 especies, distribuidas desde Norte América hasta Argentina, al menos cinco de estas especies fueron domesticadas antes del descubrimiento de América (*Cucúrbita moschata, Cucúrbita máxima, Cucúrbita pepo, Cucúrbita ficifolia y Cucúrbita argyosperma*) y nueve especies son consideradas como silvestres (Vallejo y Estrada, 2004).

Es conocido por sus especies cultivadas, las cuales son conocidas en países de habla hispana como “Calabazas”, “Zapallos” y otros múltiples nombres en lengua indígena, mientras que en países anglosajones se les conoce como “Squashes”, “Pumpkins” o “Gourds” (Lira, 1995)

En cuanto a su origen, las especies del genero *Cucúrbita* provienen del continente americano, principalmente de Centro y Sur América, utilizando como referencia para identificar el posible lugar de origen de cada una de las especies, los restos arqueológicos y su proceso de domesticación (Casseres, 1980).

El género *Cucúrbita* se caracteriza por presentar un sistema radical extensivo y profundo; un tallo rastrero, espinoso y generalmente anguloso de una longitud de hasta 12 a 15 metros; tienen hojas simples con 3 o 5 lóbulos que varían en su tamaño con pedúnculos largos y huecos; presentan zarcillos en las axilas de las hojas y generalmente se presentan ramificados; los frutos son variables en cuanto a forma, color, tamaño y textura; con un pedúnculo que varía de acuerdo a la especie pero que por lo general consta de cinco aristas teniendo forma ligeramente redondeada en el punto de inserción del fruto; sus semillas varían en tamaño, forma y color, siendo generalmente deprimidas, elípticas,

débilmente aguzadas del lado del hilo, con una testa firme y un embrión largo (Pérez *et al*., 1998).

2.2 *Cucúrbita moschata* Duchesne Ex poir.

Es una especie de tipo tanto rastrero como arbustiva que se cultiva generalmente en zonas de baja altitud, sin embargo, se han adaptado a diferentes pisos térmicos, debido a la siembra en huertos familiares, además de los agrosistemas; por lo tanto, han abarcado climas cálidos y húmedos con suelos que varían desde arenosos hasta arcillosos (Lira, 1995).

Presenta ciclos cortos de cultivo (5 a 6 meses) con variabilidad en su momento de floración, tiene flores tipo monoicas, axilares, de corola amarillenta a naranja en el ápice, que se presentan con antesis diurna de acuerdo con la disponibilidad de agua (McGregor, 1976). Su sistema de reproducción es de tipo alógama, sus granos de polen son grandes, pegajosos y pesados transportados por vectores entomófilos principalmente (Chávez, 2001).

En condiciones óptimas de cultivo, proporciona fructificación todo el año, con un promedio de 5 frutos por planta desarrollados a partir del tercer mes después de la siembra (Ríos et al., 1998). Las semillas suelen ser totalmente blancas o pardo claras, usualmente con el centro blanco-amarillento a pardo claro u oscuro, dorado a pardo claro u oscuro (Lira, 1995), el contenido de estas oscila entre 100 a 700 semillas por fruto (Lau y Stepheson, 1993).

Comercialmente, es la especie cultivada de mayor importancia, el fruto maduro se consume como verdura y se emplea en la elaboración de distintos productos alimentarios, mientras las semillas, son utilizadas como agente vermífugo, o se consumen tostadas como pasaboca (Hernández y León, 1994).

C. moschata es una de las especies domesticadas más importante para el país; pues, el cultivo se caracteriza por su amplia dispersión, se encuentra en gran parte del territorio nacional (especialmente a nivel de huertos caseros) y se utiliza una gran cantidad de

variedades locales, las cuales presentan amplia diversificación en cuanto a tamaño, forma y color del fruto, grosor y textura de la pulpa, color y tamaño de la semilla (Vallejo y Estrada, 2004).

Tabla 2-1. Clasificación taxonómica de *Cucúrbita moschata* Duchesne

Categoría	Nombre Científico – Nombre Común
Reino	Plantae – Vegetal o planta
Subreino	Tracheobionta – Plantas Vasculares
Superdivisión	Spermatophyta – Plantas con semilla
División	Magnoliophyta – Plantas con flores
Clase	Magnoliopsida – Dicotiledóneas
Subclase	Dilleniidae
Orden	Violales
Familia	Cucurbitácea
Genero	*Cucúrbita* L. – Calabaza
Especie	*Cucúrbita moschata* Duchesne

Tomado de: Plants Database of the United States Department of Agriculture (USDA, 2014)

2.3 Calidad nutricional del fruto de zapallo

El zapallo hace parte de la nutrición básica en varias regiones de América, Asia y Europa; y es materia prima para la agroindustria de harinas, almidones y concentrados tanto para el consumo humano como animal ya que se caracteriza nutricionalmente por proveer principalmente nutrientes como carbohidratos, B-Caroteno (provitamina A), ácido ascórbico (vitamina C), minerales (Calcio, Hierro, Fosforo) y aminoácidos como tiamina y niacina (Tobar *et al*., 2010).

La literatura reporta gran variedad en la composición nutricional del fruto en cuanto a sus macronutrientes. En el caso específico de la especie Cucúrbita moschata Duchesne ex Poiret, las más recientes publicaciones en el tema reportan contenidos promedio de humedad entre 79.00% - 94.23%, carbohidratos entre 75.21%-77.38%, proteína entre 0.97% - 14,5%, grasa entre 0.07% - 0.16%, fibra cruda entre 0.56% - 1.56%, cenizas entre 0.57% - 0.89% y carotenos totales entre 234,21 µg/g - 535 µg/g (Jacobo *et al*., 2011; Kim *et al*., 2012; Jaeger *et al*., 2012; Ortiz *et al*., 2013). Debido a esta variabilidad se toma como referencia de composición del fruto la reportada en la Tabla 2-2 modificada de la Base de

datos Nacional de Nutrientes para Referencia Estándar del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2008).

Además de los aportes nutricionales que ofrece este fruto, también se le atribuyen propiedades medicinales al reducir la probabilidad de adquirir enfermedades como la diabetes, el cáncer, la hipertensión, la hipercolesterolemia, la artritis, afecciones intestinales y cardiovasculares, la arteriosclerosis, las cataratas, la degeneración macular relacionada con la edad, etc. debido a los altos contenidos en pectinas, sales minerales, carotenoides y vitamina A, sustancias que limitan la aparición de dichos trastornos y que por lo general sus requerimientos diarios no son cubiertos en su totalidad por su carencia en los alimentos comúnmente consumidos (Jacobo *et al*., 2011).

También existen trabajos con respecto a la composición nutricional de la harina de esta hortaliza, que concluyen que su valor radica en su alto contenido de carbohidratos, fibra y almidón, cualidades que le permitirían encontrar aplicaciones adecuadas en la industria de procesamiento de alimentos para el desarrollo de nuevos productos (Saeleaw y Schleining, 2011).

Así mismo, se discrimina su composición dependiendo de la presentación de los frutos utilizados como materia prima, ya sea con pericarpio o sin pericarpio, concluyendo que tienen diferencias significativas en el contenido de grasa y fibra cruda, mayores en el primero, y carbohidratos mayores en el segundo; se concluye también que al compararlo con la harina de trigo, una de las más utilizadas en la industria de alimentos, mostraron diferencias significativas en color (importante como atributo sensorial), composición proximal (mayor contenido de fibra y minerales), baja actividad de agua (que sugiere buena estabilidad de almacenamiento) y específicamente la harina sin pericarpio presento mayor capacidad de retención de agua y aceites lo que le da un potencial para ser utilizado como controlador de la sinéresis y actuar como emulsionante en las formulaciones de alimentos (Nooraziah y Komathi, 2009).

La comparación de la composición proximal de la harina de zapallo con y sin pericarpio se presenta en la Tabla 2-3.

Tabla 2-2. Composición nutricional del fruto de zapallo (por cada 100g de fruto fresco)

Información Calórica		Proteína y Aminoácidos	
Calorías	26.0 (109 kJ)	Proteína	1.0 g
De los Carbohidratos	22.7 (95 kJ)	Triptófano	12.0 mg
De la Grasa	0.8 (3.3 kJ)	Treonina	29.0 mg
De la Proteína	2.4 (10 kJ)	Isoleucina	31.0 mg
Del Alcohol	0.0 (0.0 kJ)	Leucina	46.0 mg
Carbohidratos		Lisina	54.0 mg
Carbohidratos Totales	6.5 g	Metionina	11.0 mg
Azucares	1.4 g	Cistina	3.0 mg
Fibra Dietética	0.5g	Fenilalanina	32.0 mg
Grasas y Ácidos Grasos		Tirosina	42.0 mg
Grasa Total	0.1 g	Valina	35.0 mg
Grasa Saturada	0.0 g	Arginina	54.0 mg
Ácidos Grasos Omega- 3 Totales	3.0 mg	Histidina	16.0 mg
		Alanina	28.0 mg
Ácidos Grasos Omeha-6 Totales	2.0 mg	Acido Aspártico	102 mg
		Acido Glutámico	184 mg
Colesterol	0.0 mg	Glicina	27.0 mg
Fitoesteroles	12.0 mg	Prolina	26. 0 mg
Minerales		Serina	44.0 mg
Cenizas Totales	0.8 g	**Vitaminas**	
Calcio	21.0 mg	Vitamina A	7385 UI
Hierro	0.8 mg	Actividad Equivalente de Retinol	369 mcg
Magnesio	12.0 mg	Alfa Caroteno	515 mcg
Fosforo	44.0 mg	Beta Caroteno	3100 mcg
Potasio	340 mg	Beta Criptoxantina	2145 mcg
Sodio	1.0 mg	Luteina + Zeaxantina	1500 mcg
Zinc	0.3 mg	Vitamina C	9.0 mg
Cobre	0.1 mg	Vitamina E (Alfa tocoferol)	1.1 mg
Manganeso	0.1 mg	Vitamina K	1.1 mcg
Selenio	0.3 mcg	Tiamina	0.1 mg
Flúor	~	Riboflavina	0.1 mg
Otros		Niacina	0.6 mg
Agua	91.6 g	Vitamina B6	0.1 mg
		Folatos	16.0 mcg

Fuente: Modificado de la Base de datos Nacional de Nutrientes para Referencia Estándar del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2008).

Tabla 2-3. Composición nutricional de la harina de zapallo con y sin pericarpio, comparada con la composición de la harina de trigo.

	Harina de Trigo (Noor Aziah y Komathi, 2009)	Zapallo Fresco (Saeleaw y Schleining, 2011)	Harina de Zapallo Sin Pericarpio		Harina de Zapallo Con Pericarpio (Noor Aziah y Komathi, 2009)
			(Saeleaw y Schleining, 2011)	(Noor Aziah y Komathi, 2009)	
Humedad (%)	12.33	92.24	3.73	8.77	9.16
Grasa (%)	1.32	0.15	3.60	0.70	1.08
Proteína (%)	7.17	0.98	7.81	4.91	5.43
Cenizas (%)	0.97	0.76	5.29	7.39	7.32
Fibra Cruda (%)	0.03	0.56	3.65	3.72	5.27
Carbohidratos (%)	78.24	5.31	79.57	74.11	71.90
Capacidad de retención de agua (g agua/ g muestra seca)	1.58	-	-	1.52	2.56
Capacidad de retención de aceites (g agua/ g muestra seca)	0.70	-	-	1.07	1.36
Actividad de agua	0.63	-	-	0.24	0.21

Fuente: Nooraziah y Komanthi, 2009; Saeleaw y Schleining, 2011.

2.4 Cultivar de Zapallo Cucúrbita moschata Duch. Ex poir. UNAPAL Abanico – 75

El cultivar de zapallo UNAPAL – Abanico 75, es una variedad obtenida a través de la selección genética de seis introducciones colombianas de zapallo, caracterizado por su alto contenido de materia seca en fruto (26%) y alta producción por planta (4 – 5 frutos por planta, con un peso promedio de 5 – 6 Kg, equivalentes a una producción por planta de 29 – 32 Kg), cualidades que lo hacen atractivo para fines agroindustriales (Baena *et al*., 2010).

Ortiz *et al*., (2013), describen en detalle la obtención de este cultivar, cuyo origen genético se remota a la colección de 133 introducciones colombianas caracterizadas por Montes (2003), de las cuales 81 eran promisorias en características agroindustriales, pero 10 de ellas fueron la base para la obtención del cultivar, por lo que fueron sometidas a autofecundación hasta S2 para finalmente seleccionar 6 genotipos de acuerdo a su producción total por planta, porcentaje de materia seca en fruto y color de la pulpa.

Ortiz (2009), realiza y evalúa tres sistemas de cruzamientos dialélicos a partir de dichos genotipos, uno por cada generación, seleccionando los mejores cruzamientos y líneas teniendo en cuenta su alto contenido de materias seca, formato del fruto, prolificidad por planta, diámetro de cavidad placentaria, textura superficial, espesor de pared y alta habilidad combinatoria general.

Valdes (2010), recombinó los cruzamientos y líneas, obteniendo 7 poblaciones promisorias, que fueron estabilizadas genéticamente en dos ciclos para finalmente ser evaluadas en dos pruebas regionales, la primera en dos localidades y la segunda en tres localidades del Valle del Cauca.

Producto de este trabajo se logró el registro de este cultivar bajo la Resolución ICA N° 003850 del 13 de octubre de 2009, para la comercialización de sus semillas en la subregión natural del rio Cauca (800 – 1700 m.s.n.m.).

Posteriormente se publica la descripción del cultivar en la Revista Acta Agronómica, como se observa en la Tabla 4.

Posteriormente, al considerar los frutos provenientes de este cultivar como materia prima potencial en la agroindustria de alimentos balanceados para animales (ABA), Ubaque *et al*. (2015), caracterizan la composición nutricional de la Harina Integral de Zapallo (HIZ) obtenida a partir de frutos del mismo y la comparan con la composición nutricional del maíz, al tener como principal objetivo su uso en la nutrición avícola, donde este grano es la principal materia prima utilizada para la nutrición de las aves y en general de las especies manejadas en producción animal estabulada. Dicha comparación se observa en la Tabla 5.

Teniendo como base la composición nutricional de la harina de esta hortaliza, lograron establecer que esta puede sustituir el grano de maíz en un 50% en dietas para pollos de engorde, obteniendo resultados aceptables en cuanto al rendimiento de las aves y principalmente sobre la calidad de la canal.

Tabla 2-4. Descripción del cultivar UNAPAL - ABANICO 75

Tipo de crecimiento:	**Rastrero. Indeterminado.**
Tallo:	**Delgado, largo con zarcillos, herbáceo, de habito rastrero a trepador.**
Hoja:	**Laminar foliar pequeña, verde intenso, de pocos tricomas, sin mácula.**
Tipo de floración:	**Monoica**
Días de inicio de floración:	**Las flores estaminadas aparecen a partir de los 45 días después de la emergencia, mas tarde aparecen las flores pistiladas (60 días) en los extremos de las guías hasta una proporción de 10:1.**
Color del fruto inmaduro:	**Verde brillante.**
Color de fruto:	**Verde intenso**
Color de la pulpa:	**Amarillo (10 en escala de Roche)**
Forma del fruto:	**Variable, predominantemente globular, acostillado.**
Grosor de pulpa (cm):	**4.5**
Diámetro de la cavidad placentaria (cm):	**14**
Peso promedio del fruto (kg):	**5 – 6**
Producción por planta (kg):	**29 – 32**
Materia seca promedio (%):	**26%**
Días a inicio de la cosecha:	**150 – 160**
Color de semilla:	**Café**

Tomado de: Baena *et al*., 2010.

Tabla 2-5. Composición nutricional comparativa entre la HIZ del cultivar UNAPAL Abanico 75 comparada y el maíz (Ubaque *et al*., 2015)

Ítem		Unidad	Valor	
			HIZ	Maíz
MS	Materia seca	%	87,76	87,11
EB	Energía bruta	Kcal/Kg	4157	3925
EM	Energía metabolizable	Kcal/Kg	3402	3381
PB	Proteína bruta	%	12,20	8,26
FDN	Fibra detergente neutra	%	12,00	11,75
FDA	Fibra detergente ácida	%	11,00	3,54
Ca	Calcio	%	0,72	0,03
Mg	Magnesio	%	1,46	0,09
K	Potasio	%	3,55	0,28
Na	Sodio	%	0,79	0,02
Fe	Hierro	ppm	3,53	43,10
Cu	Cobre	ppm	0,05	2,90
Zn	Zinc	ppm	0,73	19,40
Bo	Boro	ppm	3,50	-

2.5 La selección recurrente como método de mejoramiento óptimo para el mejoramiento del Cultivar de Zapallo UNAPAL Abanico – 75.

El cultivar de zapallo UNAPAL – Abanico 75 fue conseguido a partir de la selección de distintas introducciones colombianas con características agronómicas y agroindustriales de interés. Por lo tanto, posee una estabilidad en su genotipo que le permite ser utilizado como población base para continuar con procesos de mejora utilizando métodos como la selección recurrente (Baena *et al*., 2010).

Los procesos de obtención de cultivares mejorados genéticamente, efectuados por el programa de investigación en hortalizas, se han basado principalmente en los diversos métodos de selección existentes, algo que no es de extrañar al ser el más antiguo, básico y efectivo método utilizado en los programas de mejoramiento genético vegetal (Gupta, 2009).

En este caso en específico, se utilizarán dos métodos de selección análogos: la selección recurrente y la selección masal. El primero es utilizado generalmente para la obtención de variedades por medio de procesos de mejora tanto de una población en sí, como de sus cruzamientos, mientras se mantiene su variabilidad genética (Lopes de Souza, 2011). Este método consiste en un proceso sistemático de selección de individuos dentro de una población genéticamente heterogénea, seguido de la recombinación de los individuos seleccionados para formar una nueva población, que a su vez puede ser utilizada para iniciar un nuevo ciclo de selección (Geraldi, 1997).

El segundo método no difiere mucho del primero y consiste en seleccionar de una población aislada heterocigota y heterogénea una cantidad de plantas agronómicamente deseables, de las cuales se cosecha su semilla, se mezcla y esta mezcla constituye la semilla para la siguiente generación (Vallejo y Estrada, 2004).

La combinación de estos dos métodos se convierte en una variación del primero que consiste en realizar ciclos de selección a partir de individuos con características deseables, los cuales serán expuestos a un proceso de recombinación y la mezcla de las semillas obtenidas de la misma, será utilizada para iniciar un nuevo ciclo. A esto se le adiciona que

el proceso de recombinación será realizado por medio de cruzamientos fraternales dirigidos para asegurar la concentración de genes de interés.

Teniendo en cuenta las características de esta metodología y las particularidades del genero Cucúrbita la selección recurrente ha sido utilizada en múltiples investigaciones como método de para su mejoramiento genético y en otras es recomendado como el mejor método para la concentración de genes favorables después de la obtención de híbridos o variedades, debido a los resultados positivos obtenidos, al utilizarlo para la homogenización y aumento en la media de las características de interés a mejorar (Pérez y Tigreros, 1994; Amariles y López, 1994; Nakamura y Vallejo, 1997; Vallejo *et al*., 1999; Sánchez *et al*., 2000; Espitia *et al*., 2006; Cardoso, 2007; Estrada *et al*., 2010; Vallejo *et al*., 2010; Valdés *et al*., 2013; Ortiz *et al*., 2014).

3. Materiales y Métodos

3.1 Localización

El trabajo se llevó a cabo en cinco etapas de campo desarrolladas de la siguiente manera:

- La primera etapa de campo fue ejecutada el segundo semestre del año 2013 (2013-II) en el Laboratorio Agropecuario Mario Gonzales Aranda (LAMGA), ubicado a 03° 30´ 26.8" Latitud norte y 76° 18´47.6" Longitud Oeste, 998 m.s.n.m en el municipio de Palmira, Valle del Cauca (Valdés, 2010). Además, en esta misma localidad se llevaron a cabo los semilleros pre – siembra de las tres etapas de campo subsiguientes.

- Las cuatro etapas de campo subsiguientes fueron desarrolladas entre en los años 2014 y 2015 (2014-I, 2014-II, 2015-I y 2015-II) en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira (CEUNP), localizado en el municipio de Candelaria, Valle del Cauca, a 03° 25' 25,3" Latitud norte y 76° 25' 47,8" Longitud Oeste, a 980 m.s.n.m. (Ortiz, 2009). En la etapa de campo final se realizó el semillero pre – siembra en esta misma localidad.

Las pruebas químicas se realizaron en el Laboratorio de Semillas y Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

3.2 Material Biológico

3.2.1 Material biológico primera etapa de campo

Para la primera etapa de campo se seleccionaron 14 introducciones, con el objetivo de llevar a cabo cruzamientos fraternales entre familias del cultivar UNAPAL– Abanico 75 con características de precocidad, diámetro de planta corto y alta MSF. Diez de ellas fueron

obtenidas por Jorge Luis Luna en el CEUNP durante el año 2011 y cuatro de ellas por Yuli Triana en el LAMGA en el primer semestre de 2013. Dichos genotipos se enlistan en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Genotipos seleccionados para la realización de cruzamientos fraternales en el LAMGA 2013-II

Autor (Año)	Introducción o Referencia	Materia Seca en Fruto (%)
Jorge Luna (2011)	406	23,60
	408	21,88
	409	22,35
	411*	25,10*
	413*	25,51*
	414	21,10
	415	20,40
	416*	24,24*
	417	21,15
	418*	24,10*
Yuli Triana (2013)	MG1 – 3	22,42
	MG1 – 5*	26,90*
	ABC2 – 3 x MG2 – 2*	25,31*
	ABC1 – 4 x MG2 – 4*	27,36*

Fuente: Elaboración propia

Utilizando como referencia un contenido de MSF superior a 24%, y con el fin de superar dicho promedio se decidió finalmente tener en cuenta aquellos marcados con un asterisco (*), para una totalidad de 7 genotipos seleccionados.

3.2.2 Material biológico base para la selección recurrente

Para iniciar el proceso de selección recurrente, se seleccionaron 71 familias del cultivar de zapallo UNAPAL – Abanico 75 de la colección de trabajo de *Cucúrbita sp*. del Laboratorio de Semillas de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, provenientes de diversos trabajos de investigación realizados desde el año 2010 hasta el año 2013, realizados en diversas localidades y para múltiples finalidades, los cuales se enlistan a continuación (Tabla 3-2).

Tabla 3-2. Familias del Cultivar de Zapallo UNAPAL – Abanico 75 de la colección de trabajo del Laboratorio de Semillas UN – Palmira

Referencia No.	Etiqueta y ubicación
1	Abanico 75, Fecha: 12-11-11, Loc.: CEUNP Bidón Negro Con Lorsban
2	Abanico 75, Fecha: 12-11-11, Loc.: CEUNP Genotipos Precoces Tarro Blanco Con Lorsban
3	Abanico 75, Fecha: 07-01-11, Loc.: GMGA Tarro Blanco Con Lorsban
4	Abanico 75 Tarro Blanco Nacional de Chocolates
5	Pool Abanico 75, Fecha: Nov/2011, Loc.: CEUNP Bidón Blanco
6	Pool Abanico 75, Fecha: Nov/2011, Loc: CEUNP Bidón Negro
7	Abanico 75 Doctorado, Fecha: 2010, Loc. LAMGA Recipiente Plástico Cuadrado
8	Abanico 75, Fecha: 07-01-2011 Bolsa Con Lorsban Nevera GE 345L
9	Abanico 75 Oscuras, Fecha: 07-01-2011 Bolsa Nevera GE 345L
10	Abanico 75 Claras, Fecha: 07-01-2011 Bolsa Nevera GE 345L
11	Abanico 75 Bolsa Drogas la Rebaja Nevera GE 345L
12	Mejores Genotipos Yuli Triana ABC1-4 X MG2-4, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L
13	Mejores Genotipos Yuli Triana MG1-3 X MG1-3, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L
14	Mejores Genotipos Yuli Triana MG1-5 X MG1-5, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L
15	Mejores Genotipos Yuli Triana ABC2-3 X MG2-2, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L
16	Mejores Genotipos Yuli Triana ABC1-4 X MG2-4, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L
17	Mejores Genotipos Yuli Triana ABC1-16 X ABC1-10, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L
18	Mejores Genotipos Yuli Triana ABC1-4 X ABC1-3, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L
19	Mejores Genotipos Yuli Triana ABC2-13 X ABC2-6, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L
20	Mejores Genotipos Yuli Triana ABC1-10 X ABC1-16, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L

Tabla 3-2. (Continuación)

Referencia No.	Etiqueta y ubicación
21	Mejores Genotipos Yuli Triana ABC1-3 X ABC1-2, Fecha: 2013 – I Caja Cartón Nevera GE 345L
22	Colección Zapallo 407 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
23	Colección Zapallo 408 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
24	Colección Zapallo 409 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
25	Colección Zapallo 410 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
26	Colección Zapallo 411 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
27	Colección Zapallo 413 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
28	Colección Zapallo 406 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
29	Colección Zapallo 414 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
30	Colección Zapallo 415 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
31	Colección Zapallo 417 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
32	Colección Zapallo 418 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
33	Colección Zapallo 419 (401-419), Fecha: Siembra 2011 Bolsa Nevera LG 180L
34	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 412-P4-1,Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
35	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 413-P3, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
36	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 413-P7, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
37	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 414-P2-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
38	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 415-P2-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
39	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 417-P3-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
40	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 417-P5, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L

Tabla 3-2. (Continuación)

Referencia No.	Etiqueta y ubicación
41	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 407-P5-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
42	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 409-P4, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
43	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 409-P6-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
44	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 410-P7-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
45	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 412-P3, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
46	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 414-P1-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
47	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 414-P3-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
48	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 416-P2-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
49	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 417-P1-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
50	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 418-P1-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
51	Semilla Almidones Jorge Luna Respaldo 418-P8-1, Loc. CEUNP, Fecha: 2012 Bolsa Nevera GE 345L
52	Siembra Referencias 165 – 250 /251 – 315 Jorge Luna Abanico, Loc. CEUNP F: 2011 – 2012 P3 – 2 Seleccionada M.S. Bolsa Nevera LG 180L
53	Siembra Referencias 165 – 250 /251 – 315 Jorge Luna Abanico, Loc. CEUNP F: 2011 – 2012 P10 – 2 Seleccionada M.S. Bolsa Nevera LG 180L
54	Semilla Ciclo I ABC1-4-1 X 413-2 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
55	Semilla Ciclo I 413-1 X ABC2-3-4 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
56	Semilla Ciclo I 411-3 X ABC2-3-3 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
57	Semilla Ciclo I 413-3 X ABC1-4-2 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
58	Semilla Ciclo I 411-6 X ABC1-3-4 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
59	Semilla Ciclo I ABC2-3-8 X ABC2-3-1 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 203-II Bolsa Nevera GE 345L
60	Semilla Ciclo I ABC2-3-2 X ABC2-3-3 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L

Tabla 3-2. (Continuación)

Referencia No.	Etiqueta y ubicación
61	Semilla Ciclo I ABC1-4-4 X ABC2-3-1 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
62	Semilla Ciclo I ABC2-3-3 X 411-2 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
63	Semilla Ciclo I ABC1-4-3 X ABC2-3-4 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
64	Semilla Ciclo I ABC1-4-4 X 418-2 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
65	Semilla Ciclo I ABC1-4-4 X ABC2-3-1 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
66	Semilla Ciclo I ABC1-4-2 X ABC1-3-3 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
67	Semilla Ciclo ABC2-3-11 X ABC1-4 I Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
68	Semilla Ciclo I MG1-5-4 X 416-5 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
69	Semilla Ciclo I ABC2-3-11 X ABC1-4-1 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
70	Semilla Ciclo I ABC2-3-3 X 411-8 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L
71	Semilla Ciclo I ABC1-4-1 X 413-2 Cristian Ubaque, Loc. LAMGA, Fecha: 2013-II Bolsa Nevera GE 345L

Fuente: Elaboración propia

3.3 Actividades desarrolladas

3.3.1 Ciclo de Formación de Cruzamientos Fraternales entre Familias con Alto Porcentaje de MSF (C0/2013-II)

Teniendo en cuenta el material biológico para los cruzamientos fraternales, mencionado anteriormente, se realizó un campo para esta finalidad, ubicado en el lote de cultivos del LAMGA. En este se distribuyeron 51 plantas en tres surcos durante tres fechas diferentes, para asegurar la disponibilidad de flores tanto masculinas como femeninas durante todo el ciclo. Se realizó un protocolo de cruzamientos fraternales dirigidos, escogiendo al azar las plantas donadoras como las receptoras. Lo anterior siguiendo la metodología de

polinización manual y manejo agronómico planteados por Vallejo y Estrada (2004). La distribución de los genotipos en campo se puede observar en la Figura 3-1.

Figura 3-1. Plano de campo cruzamientos fraternales UNAPAL Abanico – 75 LAMGA 2013 - II

	ABC2 – 3 – 10	
	ABC2 – 3 – 9	ABC2 – 3 – 2
413-5	ABC2 – 3 – 8	ABC2 – 3 – 1
416-5	ABC2 – 3 – 7	MG1 – 5 – 4
418-4	ABC2 – 3 – 6	MG1 – 5 – 3
MG1 – 5 – 10	ABC2 – 3 – 5	MG1 – 5 – 2
MG1 – 5 – 9	418 – 3	MG1 – 5 – 1
MG1 – 5 – 8	416 – 4	418 – 2
MG1 – 5 – 7	416 – 3	418 – 1
MG1 – 5 – 6	413 – 4	416 – 2
MG1 – 5 – 5	413 – 3	416 – 1
ABC1 – 4 – 7	411 – 10	413 – 2
ABC1 – 4 – 6	411 – 9	413 – 1
ABC1 – 4 – 5	411 – 7	411 – 5
ABC1 – 4 – 4	411 – 6	411 – 4
ABC1 – 4 – 3	ABC1 – 4 – 1	411 – 3
ABC1 – 4 – 2	ABC2 – 3 – 4	411 – 2
ABC2 – 3 – 11	ABC2 – 3 – 3	411 – 1
Surco 3	Surco 2	Surco 1

Fuente: Elaboración propia.

La metodología empleada para la polinización manual se describe en la Figura 3-2.

Figura 3-2. Proceso de polinización manual

Fuente: Modificado de Vallejo y Estrada (2004).

3.3.2 Prueba de Germinación del Material Biológico Base para la Selección Recurrente

Teniendo en cuenta la antigüedad de algunas de las familias del material biológico base para iniciar el proceso de selección recurrente, se realizó una prueba de germinación como primer criterio de selección, utilizando 515 semillas, variando entre 5 a 10 por familia, dependiendo de la disponibilidad en cantidad de las mismas. Estas fueron dispuestas en bandejas de germinación de 285 celdas, utilizando como sustrato arena y manteniendo su temperatura entre 20 y 30°C; se utilizó como tiempo mínimo de germinación cuatro días, según la especie (Rao *et al*., 2007). Al cabo de los 5 y 7 días se realizó el conteo de semillas germinadas y se obtuvo el porcentaje de germinación, utilizado para descartar aquellas familias con un porcentaje menor al 60%.

3.3.3 Primer ciclo de Recombinación y Selección (C1/2014-I)

Para el primer ciclo, se distribuyó el material bajo un diseño de bloques completos al azar con el fin de realizar una estratificación del suelo y disminuir el sesgo por efectos ambientales. Se contemplaron tres bloques, cada uno compuesto por cinco plantas de cada familia seleccionada, lo que conllevó a 750 plantas sembradas en campo. Para esto se dispuso de un espacio de 90 metros de largo por 75 de ancho, para un total de 6750 m^2.

Las plántulas fueron germinadas previamente en vivero, en el lote de cultivos del LAMGA durante 15 días en vasos plásticos con un sustrato de suelo, compost y cascarilla de arroz, cada uno de ellos con dos semillas para un total de 15 vasos por familia y 30 plantas posibles.

Al momento de la siembra, se utilizó el segundo criterio de selección al utilizar la planta más vigorosa en el caso de que las dos semillas hayan germinado. Las plantas fueron sembradas a una distancia de tres metros entre surco y tres metros entre planta. Cada familia fue distribuida aleatoriamente dentro del bloque.

Se realizó el protocolo de fertilización recomendado por el Programa de Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas. Para el riego inicial se distribuyeron mangueras de riego por goteo a lo largo de los surcos, con el fin realizar un suministro hídrico localizado para cada planta durante sus primeros días de desarrollo. Posteriormente se utilizó el método de riego por gravedad. Durante el ciclo del cultivo se realizaron labores de guiado o enrollado de las plantas, plateado o deshierbado, y guadañado para eliminar plantas indeseables.

Una vez terminado el ciclo, cuatro meses (120 días) posteriores a la siembra, se realizó la cosecha planta por planta teniendo en cuenta la madurez de cosecha de los frutos, que se establece por la lignificación del pedúnculo, la marchitez del zarcillo y la hoja acompañante del fruto. En ese momento se evaluaron los siguientes criterios: Diámetro de la Planta (DP) en metros (m), Precocidad (P) teniendo en cuenta el inicio de floración femenina (menor a 60 días), Numero de Frutos por Planta (NFP), Producción por Planta (PP) y Peso Promedio de los Frutos (PPF) en kilogramos (Kg).

Figura 3-3. Plano de campo C1 selección recurrente UNAPAL-Abanico 75

BLOQUE	PLANTA																									
3	5																									
	4																									
	3																									
	2																									
	1	40	35	63	39	64	34	61	26	21	67	46	68	66	30	22	43	6	19	18	53	10	69	42	36	12
	5																									
	4																									
	3																									
	2																									
	1	65	47	37	15	49	70	27	62	59	44	38	51	60	48	33	5	41	45	13	16	11	4	2	24	25
2	5																									
	4																									
	3																									
	2																									
	1	53	16	15	10	11	24	12	34	19	6	30	62	22	27	2	61	13	51	21	67	35	26	59	33	47
	5																									
	4																									
	3																									
	2																									
	1	45	46	60	69	48	49	37	64	63	36	44	38	25	5	18	65	70	39	43	40	4	66	68	41	42
1	5																									
	4																									
	3																									
	2																									
	1	62	59	18	63	2	4	41	49	51	33	26	68	37	24	36	35	70	12	67	40	25	11	22	53	48
	5																									
	4																									
	3																									
	2																									
	1	39	44	66	45	43	30	42	64	6	47	60	61	5	27	38	46	16	21	15	13	34	10	19	65	69
SURCO		25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Segundo Ciclo de Recombinación y Selección (C2/2014-II)

Para el segundo ciclo, se dispuso de un campo de 102 metros de largo por 21 de ancho, para un total de 2142 m^2. En él se distribuyeron completamente al azar las 18 familias seleccionadas en 7 surcos, teniendo un total 233 plantas sembradas en campo. Durante este ciclo se realizó el mismo manejo agronómico (semillero, fertilización y labores de campo) descrito en el ciclo inmediatamente anterior. Solamente se descartó la utilización de riego por goteo al inicio del mismo y adicionalmente se realizaron algunos cruzamientos fraternales para obtener algunas familias de hermanos completos, siguiendo la metodología descrita en la primera etapa de campo.

Cabe aclarar que para este ciclo se seleccionaron 20 familias de acuerdo a su MSF, sin embargo, la semilla de dos de éstas no fue viable y fueron descartadas. Esto debido a problemas de germinación presentados al momento de la realización del semillero, por lo que fueron llevadas a campo las plantas disponibles por cada genotipo. Esto influyó en el diseño utilizado y, por lo tanto, no hubo una homogeneidad en la cantidad de plantas por cada referencia, como se puede observar en la Figura 3-4.

Figura 3-4. Plano de campo C2 selección recurrente UNAPAL-Abanico 75

PLANTA							
34							
33							
32							
31							
30					19		
29							
28							17
27				13			
26							
25					3		
24							
23							
22			12			7	
21	16						
20					5		
19		18					
18							
17							
16							
15							
14							
13							
12							
11				9			
10							6
9							
8							
7							
6							
5							
4							
3							
2							
1	20	11	10	4	8	2	1
SURCO	7	6	5	4	3	2	1

Fuente: Elaboración propia.

3.3.5 Tercer Ciclo de Recombinación y Selección (C3/2015-I)

Para el tercer ciclo, se dispuso de un campo de 60 metros de largo y 30 metros de ancho, para un total de 1800 m^2. Se distribuyó en un diseño de bloques completos al azar 10 familias, en cuatro bloques, cada una con 5 plantas, para un total de 200 plantas sembradas en campo. Se realizó el mismo manejo agronómico del ciclo inmediatamente anterior (semillero, riego, fertilización, labores de campo) excluyendo la formación de cruzamientos fraternales. En la Figura 5 se observa la distribución en campo de las familias seleccionadas.

Figura 3-5. Plano de campo C3 selección recurrente UNAPAL-Abanico 75

BLOQUE	PLANTA										
4	5										
	4										
	3										
	2										
	1	7	2	8	3	9	4	10	5	1	6
3	5										
	4										
	3										
	2										
	1	5	10	6	1	7	2	8	3	9	4
2	5										
	4										
	3										
	2										
	1	3	9	4	8	5	10	6	1	7	2
1	5										
	4										
	3										
	2										
	1	1	8	2	9	3	7	4	6	5	10
SURCO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Fuente: Elaboración propia.

3.3.6 Ciclo de Evaluación para estimación del Avance Genético (CE/2015-II)

Para estimar el Avance Genético (ΔG) sin una influencia ambiental semestral, se realizó un ciclo de evaluación en el primer semestre de 2015. Para esto, se dispuso de un campo de 72 metros de largo por 60 metros de ancho, modificando las distancias de siembra por las experiencias anteriores a 2 metros entre plantas y 3 metros entre surcos, para un total de 4320 m^2. En el fueron distribuidas en un diseño de bloques completos al azar, con 4 bloques, 36 tratamientos cada uno con cinco plantas, entre los cuales se encuentran:

- Un tratamiento control (Tratamiento 1) Cultivar UNAPAL – Abanico 75.
- Las familias obtenidas en C1/2014-I (Tratamientos 2 – 21)
- Las familias obtenidas en C2/2014-II (Tratamientos 22 – 31)
- Las familias obtenidas en C3/2015-I (Tratamientos 32 – 36).

Para este campo varió la forma de realización del semillero, que consistió en la germinación de las semillas en 18 bandejas de 72 celdas (36 celdas por tratamiento), utilizando turba comercial. Además, debido a los problemas de germinación presentados previamente, y a la adición de las familias 14 y 15 de C2, se adicionó al sexto día nitrato de potasio (KNO_3) y el producto comercial Cosmocel®, para eliminar la posible dormancia que presentara la semilla y como promotor de crecimiento de las plántulas. En cuanto a la metodología de riego, se decidió mantener durante todo el ciclo el sistema de riego por goteo. Para las demás prácticas agronómicas (fertilización y labores de campo) se continuó realizando la misma metodología. En la Figura 3-6 se presenta el resumen de procesos efectuados en cada ciclo de campo establecido y en la Figura 3-7 se presenta la distribución en campo del CE/2015-II.

Figura 3-6. Resumen de labores de campo llevadas a cabo en cada ciclo del proceso de selección recurrente

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3-7. Plano de campo CE selección recurrente UNAPAL-Abanico 75

Tratamientos																				
1= Introducción 250 Abanico 75					27					18					1					36
2=Familia 1 Ciclo I					26					17					2					35
3=Familia 2 Ciclo I					25					16					3					34
4=Familia 3 Ciclo I					24					15					4					33
5=Familia 4 Ciclo I					23					14					5					32
6=Familia 5 Ciclo I					22					13					6					31
7=Familia 6 Ciclo I					21					12					7					30
8=Familia 7 Ciclo I					20					11					8					29
9=Familia 8 Ciclo I					19					10					9					28
10=Familia 9 Ciclo I					18					9					10					27
11=Familia 10 Ciclo I					17					8					11					26
12=Familia 11 Ciclo I					16					7					12					25
13=Familia 12 Ciclo I					15					6					13					24
14=Familia 13 Ciclo I					14					5					14					23
15=Familia 14 Ciclo I					13					4					15					22
16=Familia 15 Ciclo I					12					3					16					21
17=Familia 16 Ciclo I					11					2					17					20
18=Familia 17 Ciclo I					10					1					18					19
19=Familia 18 Ciclo I					28					36					19					18
20=Familia 19 Ciclo I					29					35					20					17
21=Familia 20 Ciclo I					30					34					21					16
22=Familia 1 Ciclo II					31					33					22					15
23=Familia 2 Ciclo II					32					32					23					14
24=Familia 3 Ciclo II					33					31					24					13
25=Familia 4 Ciclo II					34					30					25					12
26=Familia 5 Ciclo II					35					29					26					11
27=Familia 6 Ciclo II					36					28					27					10
28=Familia 7 Ciclo II					1					27					28					9
29=Familia 8 Ciclo II					2					26					29					8
30=Familia 9 Ciclo II					3					25					30					7
31=Familia 10 Ciclo II					4					24					31					6
32=Familia 1 Ciclo III					5					23					32					5
33=Familia 2 Ciclo III					6					22					33					4
34=Familia 3 Ciclo III					7					21					34					3
35=Familia 4 Ciclo III					8					20					35					2
36=Familia 5 Ciclo III					9					19					36					1
BLOQUE	4					3					2					1				
PLANTA	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
SURCO	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Fuente: Elaboración propia.

3.3.7 Determinación de MSF, caracterización morfológica y selección de semillas de los frutos obtenidos en C0, C1, C2, C3 y CE

La determinación del contenido de Materia Seca en Fruto (MSF), se llevó a cabo en el Laboratorio de Semillas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, utilizando el protocolo número 934.01 de la AOAC (1990), que consistió en deshidratar tres muestras

representativas del fruto en una estufa de aire caliente a una temperatura de 105°C durante 24 horas. Posteriormente se realizó el cálculo mediante la ecuación:

$$\%M.S.F. = \frac{Peso\ de\ la\ muestra\ seca}{Peso\ de\ la\ muestra\ fresca} * 100$$

Una vez realizada dicha determinación, se procedió a extraer la semilla de los frutos seleccionados teniendo en cuenta el análisis de los resultados obtenidos tanto de los criterios agronómicos de selección medidos en campo, como de los porcentajes de MSF. Dicha semilla fue dividida en partes iguales, una para ser almacenada como reserva y la otra para ser llevada a campo al ciclo de recombinación subsiguiente. En el caso del CE/2015-II se obtuvo información de Producción de Semilla por Ciclo Promedio (PSC) y Producción de Semilla por Familia Seleccionada Promedio (PSF).En este proceso se obtuvo información de caracterización morfológica de los frutos, como: Peso (P), Diámetro Polar (DA), Diámetro Ecuatorial (DE), Espesor de Pared (EP), Color de la Pulpa (C), Índice de Esfericidad (IE), Diámetro de Cavidad Placentaria (DCP). Lo anterior se describe en la Figura 3-8.

Figura 3-8. Proceso de determinación del contenido de MSF, caracterización morfológica y extracción de semillas de los frutos seleccionados en cada ciclo de selección

Fuente: Elaboración propia.

3.3.8 Calidad Nutricional de la Harina Integral de Zapallo (HIZ) de cada Ciclo de Selección Recurrente

Se analizó la calidad nutricional de tres muestras de HIZ, obtenidas a partir de frutos seleccionados en los tres ciclos de selección recurrente (C1, C2 y C3), en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. En la Figura 3-9 se describe el proceso de obtención de la HIZ.

A cada una de las muestras se les realizó un análisis proximal de Weende (Materia Seca Analítica (MSa), Cenizas (C), Extracto Etéreo (EE), Proteína Bruta – (PB), Fibra Cruda –

(FC)), Van Soest (Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Acida (FDA), Lignina Detergente Acida (LDA), Hemicelulosa (HEM), Celulosa (CEL) Contenido Celular (CC)), Energía Bruta (EB) y Color de la Harina (CH) de 1 a 15 en la escala de Roche (Tabla 3-3).

Figura 3-9. Proceso de obtención de muestras de HIZ para análisis de su calidad nutricional en cada ciclo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-3. Protocolos de laboratorio realizados a la HIZ de cada ciclo de selección

Prueba		Protocolo
MSa	%	AOAC, 934.01
C	%	AOAC, 942.05
EE	%	AOAC, 920.39
FC	%	AOAC, 978.10
FDN	%	Van Soest (AOAC, 2002.04)
FDA	%	Van Soest (AOAC, 973.18)
LDA	%	Van Soest (AOAC, 973.18)
PB	%	Kjeldahl (Basado en NTC 4657)
EB	Cal/g	Calorimetría (Basado en ISO 9831)

Fuente: Elaboración propia.

La HEM, CEL y CC se hallan por medio de las diferencias entre las variables descritas en las siguientes formulas (Leterme y Estrada, 2006):

$$HEM = FDN - FDA$$

$$CEL = FDA - LDA$$

$$CC = 100\% - FDA$$

3.3.9 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) de las variables obtenidas en cada ciclo de selección, la comparación entre los tres ciclos de selección y para el ciclo de evaluación en un solo ambiente. Para esto se alternaron los modelos para el diseño completamente aleatorizado (DCA), que se observa en la Tabla 9; y el diseño de bloques completos al azar (DBCA), que se observa en la Tabla 10. Para las variables de rendimiento agronómico de C1 y C3 se utilizó el modelo DBCA, y para las variables analizadas en laboratorio se utilizó el modelo DCA. Para C2 se utilizó el modelo DCA tanto para variables de rendimiento agronómico como variables de laboratorio. En CE se analizaron los dos tipos de variables según el modelo DBCA. Dichos modelos se describen a continuación:

- **Modelo Lineal DCA:**

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij;}\ i = 1..., k;\ j = 1..., n;\ eij \sim NID\ (0, \delta^2);\ t. = 0.$$

Donde:

μ= media poblacional

t_i = el efecto del tratamiento i – ésimo (Familias)

e_{ij} = error aleatorio para j – ésima observación en el tratamiento i – ésimo.

Hipótesis nula y alternante:

H0: μ1 = μ2 = ... = μk; en que μi es el promedio poblacional del tratamiento i – ésimo, i = 1..., k.

HA: No todos los promedios poblacionales de tratamientos son iguales.

Tabla 3-4.ANDEVA para modelo lineal DCA (Baena, 2012).

Fuente de Variación (FV)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrados Medios
Familias (F)	(F – 1)	CM1
Error	F(r – 1)	CME
Total Corregido	(F * r) -1	

Dónde: “r” es el número de plantas por familia

- **Modelo Lineal DBCA:**

$$Yij = \mu + ti + bj + eij;\ i = 1..., k;\ j = 1..., n;\ t.= 0;\ b. = 0;$$

En donde:

ti = el efecto del tratamiento i - ésimo

bj = el efecto del bloque j - ésimo

eij = error aleatorio para la observación en el j - ésimo bloque y el tratamiento i - ésimo. eij ~ NID (0, δ2); para (i = 1..., k; j = 1..., n)

Hipótesis nula y alternante:

H0: ti = 0; para todo i = 1..., k; HA: ti ≠ 0; para algún i.

H0: bj = 0; para todo j = 1..., n; HA: bj ≠ 0; para algún j.

Tabla 3-5. ANDEVA modelo lineal DBCA (Baena, 2012).

Fuente de Variación (FV)	Grados de Libertad (GL)	Cuadrados Medios
Familias (f)	(f – 1)	CMf
Bloque (b)	(b – 1)	CMb
Error	(b – 1)(t – 1)	CME
Total Corregido	(f * r) -1	

Dónde: “r” es el número de plantas por familia.

Posterior al ANDEVA se realizó una prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) al 5% y una prueba de Duncan para comparar el comportamiento de cada familia de acuerdo a sus resultados obtenidos en cada variable evaluada.

Para establecer el avance genético (ΔG) obtenido para el carácter MSF, se tuvieron en cuenta dos metodologías descritas por Hallauer y Miranda (1988):

- **Método de Ganancia Total:**

En este método se obtiene un ΔG teniendo en cuenta la diferencia entre la media de la característica evaluada del ciclo de selección recurrente realizado, con respecto a la media de la población original, en forma de porcentaje, de la siguiente manera:

$$\Delta GT = [(Cn - C0)]/C0 * 100 = \% \text{ Ganancia total}$$

Siendo “Cn” el promedio del carácter deseado en el ciclo de selección evaluado y “C0” el promedio de la población original.

- **Método de Regresión:**

Este método define la respuesta promedio por ciclo de selección (regresión de los tratamientos deseados sobre los ciclos de selección). El coeficiente de regresión medido es la ganancia por ciclo de selección. Para obtener la ganancia en porcentaje por ciclo, entonces:

$$\Delta GReg = \beta / C0$$

Siendo “C0” la media de la población original y “β” el coeficiente de regresión entre los resultados del carácter evaluado por cada ciclo de selección.

Para este último método se realizó el ANDEVA de la regresión entre las medias de las familias seleccionadas en cada ciclo de selección en el carácter MSF entre semestres y en un ciclo de evaluación en un mismo ambiente (CE). Cada ANDEVA se realizó independientemente bajo el siguiente modelo lineal:

$$Yi = \mu_0 + \beta_1 x_i + \delta_i$$

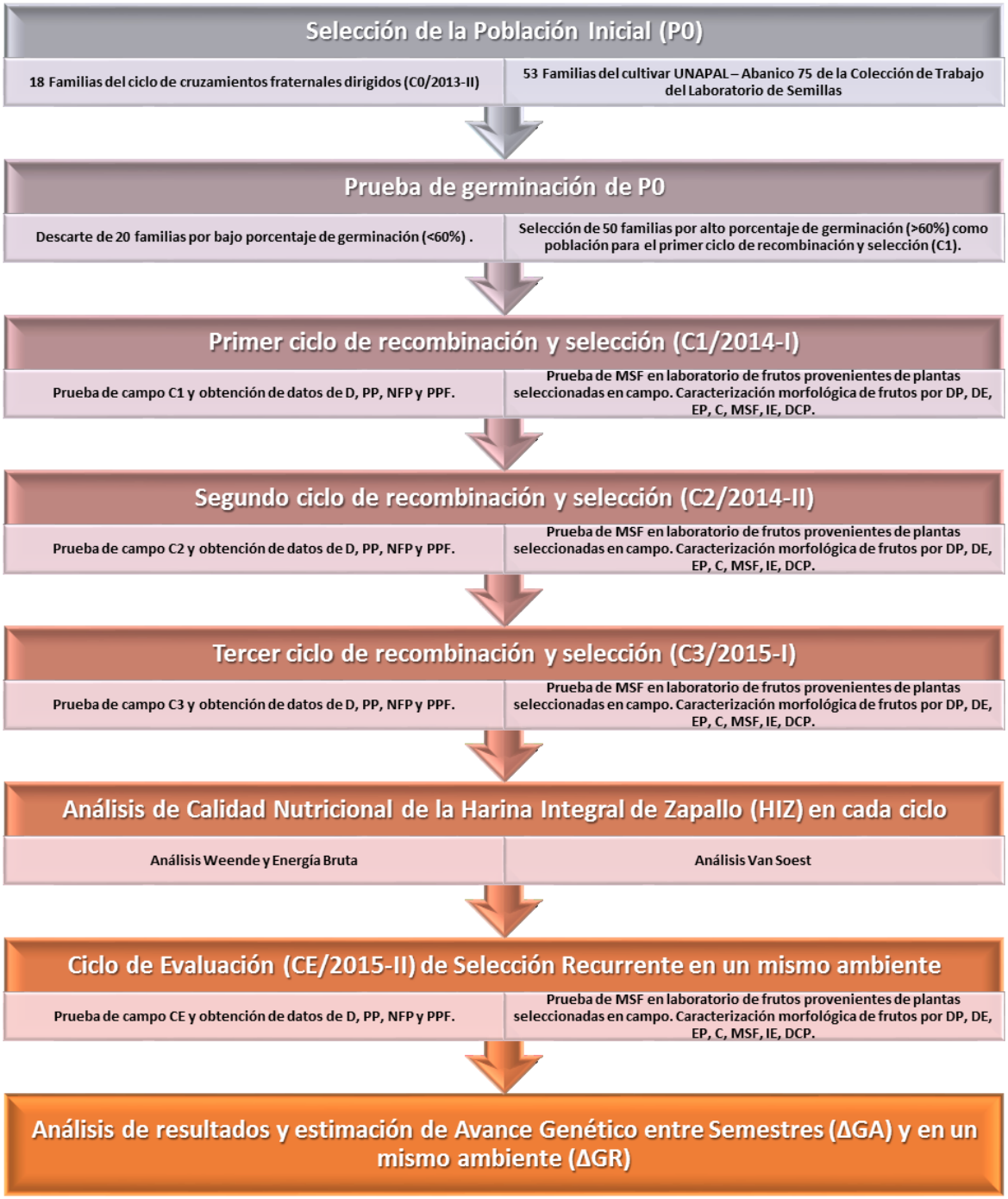
Donde Yi son las medias observadas durante todos los ciclos de selección (i = 0, 1…, Cn); μ_0 la media estimada de la población original; β_1 es el coeficiente de regresión linear; Xi son los ciclos de selección; y δ_i son las desviaciones del modelo linear.

Esto permite obtener dos resultados de respuesta genética a la selección, que se denominaron Avance Genético Aparente (ΔGA), producto de la regresión entre ciclos semestralmente; y Avance Genético Real ((ΔGR), producto de la regresión entre las familias seleccionadas en cada ciclo evaluadas en CE.

El análisis estadístico fue realizado utilizando como herramienta el software SAS® 9.0, y el análisis de regresión fue corroborado junto con la realización de las gráficas de regresión con complemento de análisis de datos de Microsoft Office Excel 2013®.

El resumen de la metodología utilizada para llevar a cabo el proceso de selección recurrente para el mejoramiento genético del contenido de MSF del cultivar UNAPAL – Abanico 75, se presenta en la Figura 3-10.

Figura 3-10. Diagrama resumen del proceso de SR para el mejoramiento genético del contenido de MSF del cultivar de zapallo UNAPAL – Abanico 75



Fuente: Elaboración propia.

4. Resultados y Discusión

4.1 Ciclo de Formación de Cruzamientos Fraternales entre Familias con Alto Porcentaje de MSF (C0/2013-II)

Durante este ciclo se realizaron 76 cruzamientos fraternales, durante los 3 meses posteriores al inicio de la floración tanto femenina como masculina. De estos cruzamientos, 18 fueron efectivos, obteniendo un porcentaje de efectividad durante todo el proceso de polinización manual del 23,68% (Tabla 4-1).

De estos 18 cruzamientos fraternales obtenidos se descartó el cruzamiento entre 418-1X413-4 debido a que expresó la característica cualitativa de pericarpio bufoide o piel de sapo, que es indeseable para el consumidor. Por lo tanto, se seleccionaron finalmente 17 cruzamientos fraternales, que se incluyeron en el material biológico para iniciar el proceso de selección recurrente y mejorar genéticamente el contenido de materia seca en fruto del cultivar UNAPAL- Abanico 75 con las referencias 54 a 71.

Las características morfológicas de los frutos resultantes de los cruzamientos seleccionados junto con su contenido de MSF, se pueden observar en la Tabla 4-2 y Figura 4-1. A pesar que su MSF no fue superior a la de la población original, estos cruzamientos se tuvieron en cuenta dentro del material biológico base para la selección recurrente, al ser los genotipos más avanzados de la colección, suponiendo una mayor acumulación de genes en las características de interés, cuya expresión se pudo haber visto afectada por influencias macro y micro ambientales.

Tabla 4-1. Resumen de polinizaciones dirigidas realizadas en C0/2013-II

Polinización entre:		Polinización entre:	
Flor Femenina	**Flores Masculinas**	**Flor Femenina**	**Flores Masculinas**
ABC2-3-1	416-1(1)	ABC2-3-8	411-1(2)
ABC2-3-2	ABC1-4-1(1)	ABC2-3-3	411-2(2) *
ABC1-4-1	413-2(1) *	ABC2-3-11	ABC1-4-1(1)
ABC2-3-4	ABC2-3-3(1)	ABC-1-4-3	416-2(3)
411-1	ABC2-3-2(1)	ABC-1-4-4	MG-5-1(3)
411-1	ABC2-3-4(1)	ABC1-4-7	ABC2-3-1(2) *
418-1	413-1(1)	ABC2-3-2	411-2(3)
413-1	MG1-5-4(1)	ABC-2-3-2	416-2(3)
ABC2-3-2	ABC2-3-3(2) *	ABC1-4-2	ABC2-3-4(3) *
ABC2-3-3	418-2(2)	ABC2-3-4	ABC2-3-1(3)
ABC1-4-1	411-1(1)	ABC1-4-7	ABC2-3-2(3)
ABC2-3-11	ABC1-4-1(3) *	ABC2-3-5	418-2(3)
ABC2-3-3	413-1(2)	ABC2-3-5	ABC2-3-9(3)
418-1	411-1(1)	ABC1-4-4	411-2(2)
411-3	ABC2-3-3(3) *	ABC1-4-4	MG1-5-3(2)
ABC2-3-8	416-1(3)	MG5-1-10	ABC2-3-5(3)
411-6	ABC1-4-1(3)	ABC2-3-3	ABC2-3-2(3)
413-1	ABC2-3-4(3) *	ABC1-4-3	ABC2-3-5(2)
411-6	ABC2-3-4(3) *	ABC2-3-10	411-5(2)
ABC2-3-9	413-1(2)	ABC2-3-2	ABC2-3-1(2) *
ABC2-3-1	416-1(2)	ABC2-3-10	ABC1-4-5(2)
ABC2-3-5	418-1(3)	ABC1-4-4	411-8(2) *
ABC2-3-11	ABC1-4-1(2) *	ABC1-4-4	413-4(3)
ABC1-4-2	ABC2-3-3(2) *	413-3	418-2(2) *
411-6	ABC1-4-1(1)	418-1	ABC1-4-2(2)
ABC1-4-3	ABC2-3-4(2)	418-1	ABC1-4-3(2)
ABC1-4-5	ABC2-3-4(3)	MG1-5-3	411-9(2)
ABC1-4-7	411-4(2)	MG1-5-4	413-2(3)
411-10	418-2(2)	416-5	ABC1-4-2(3) *
ABC2-3-7	418-2(2)	ABC2-3-6	ABC2-3-4(2)
ABC2-3-2	ABC2-3-1(2)	ABC2-3-6	413-4(3) *
ABC2-3-10	MG1-5-4(2)	ABC2-3-10	ABC2-3-6(3) *
ABC2-3-2	MG1-5-2(3)	ABC2-3-4	416-5(2) *
ABC2-3-7	MG1-5-4(3)	ABC2-3-3	ABC2-3-2(3)
ABC2-3-9	418-2(2)	411-3	411-2(3)
ABC1-4-4	411-1(2)	MG1-5-1	ABC1-4-5(3)
ABC1-4-3	418-2(2)	418-2	416-4(3)
418-2	ABC2-3-4(2)	418-1	413-4(1) *

*Frutos obtenidos del proceso de polinización dirigida; (#) Cantidad de flores masculinas utilizadas.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-2. Características morfológicas y de composición de los frutos obtenidos a partir de los cruzamientos fraternales realizados en C0/2013-II

Figura 4-1. Registro fotográfico del fenotipo expresado por los cruzamientos fraternales obtenidos en el C0/2013-II

4.2 Prueba de Germinación del Material Biológico Base para la Selección Recurrente

Tabla 4-3. Población inicial (P0) para proceso de selección recurrente del cultivar UNAPAL – Abanico 75 de acuerdo a su porcentaje de germinación

En la Tabla 4-3 se observan los resultados obtenidos de la prueba de germinación realizada a las 71 familias seleccionadas como material biológico base para la selección recurrente. Cabe aclarar que se utilizó la metodología propuesta por Roa *et al*., (2007), al ser la utilizada para bancos de germoplasma donde la cantidad de semillas almacenadas en algunos casos es poca, como lo fue para este proceso.

De dicha prueba resultaron seleccionadas 50 familias de las cuales se extrajo una cantidad determinada para siembra, de tal forma que permaneciera una reserva, y fue contemplada como la población original (P0) para iniciar el proceso de selección recurrente.

4.3 Primer ciclo de Recombinación y Selección (C1/2014-I)

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en campo se realizó el ANDEVA de las variables agronómicas de las familias evaluadas en C1, que se presentan en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4. Cuadrados medios de las variables agronómicas de C1/2014-1

Cabe aclarar que la variable D (Diámetro de Planta) se descartó en el análisis debido a dificultades en su medición, haciendo que la mayoría de datos quedaran faltando. De igual forma fue descartada la familia 13 debido a que no logró adaptarse a las condiciones ambientales del semestre 2014-I.

Tabla 4-5. Promedios de las variables agronómicas de las familias evaluadas en C1/2014-I

En la Tabla 4-5 se observan los valores promedio de cada una de las variables agronómicas evaluadas por familia y la media poblacional, junto con su desviación estándar (Desv. Est.), la DMS al 5% y el posicionamiento de cada familia de acuerdo a la prueba de Duncan.

De acuerdo a lo observado en campo y al fenotipo en cuanto a rendimiento agronómico, fueron cosechados frutos de 38 familias para analizar las variables de su conformación y composición.

En la Tabla 4-6 se presentan los cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos de las plantas de familias seleccionadas.

Tabla 4-6. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos de las familias seleccionadas en C1/2014-I

En la Tabla 4-7 se presentan las medias por familia de las variables de mayor importancia evaluadas en los frutos seleccionados (C, MSF e IE).

Tabla 4-7. Promedios de las variables de conformación y composición de interés en las familias seleccionadas en C1/2014-I

La literatura reciente relacionada con el mejoramiento genético de características cuantitativas y cualitativas en la especie *Cucúrbita moschata* en el ámbito agroindustrial, utilizando la metodología de selección recurrente, reportan CV altos en variables asociadas al rendimiento agronómico; y de igual forma CV bajos en cuanto a variables asociadas a la conformación y calidad del fruto, afirmando que los primeros al estar condicionados por

muchos genes, su expresión se ve mayormente influenciada por tanto micro como macroambientales (Valdés, 2009; Tobar *et al*., 20010; Zambrano, 2010; Ortiz *et al*., 2013).

Tabla 4-8. Características de las variables agronómicas y de laboratorio de las familias de plantas individuales seleccionadas en C1/2014-1 como población para C2/2014-II

Teniendo en cuenta la expresión fenotípica dentro de las familias y su comportamiento en las variables tanto de rendimiento agronómico como de conformación y composición de sus frutos, fueron seleccionadas 20 familias de hermanos medios, quienes presentaron el mejor comportamiento en C1/ 2014-I para ser utilizadas como población de C2/2014-II (Tabla 4-8).

4.4 Segundo Ciclo de Recombinación y Selección (C2/2014-II)

En el segundo ciclo de recombinación y selección, las familias 14 y 15 fueron descartadas debido a que no lograron adaptarse a las condiciones ambientales del semestre 2014-II. Además, se lograron 9 cruzamientos fraternales y un autocruzamiento, con el fin de aumentar la concentración de genes para las características de interés. Sus características se enlistan en la Tabla 4-9.

Tabla 4-9. Características de conformación y composición de los frutos producto de los cruzamientos logrados en C2

En la Tabla 4-10 se observan los cuadrados medios de las variables agronómicas evaluadas en C2.

Tabla 4-10. Cuadrados medios de las variables agronómicas en C2/2014-II

Tabla 4-11. Promedios de las variables agronómicas de las familias evaluadas en C2/2014-II

En la Tabla 4-11 se observan los promedios de las variables de rendimiento de mayor importancia.

En cuanto a los cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos (Tabla 4-12).

Tabla 4-12. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos en C2/2014-II

Lo anterior se puede corroborar al observar los promedios de dicha variable (Tabla 4-13).

Tabla 4-13. Promedios de las variables de conformación y composición de interés en las familias seleccionadas en C2/2014-II

De acuerdo a las variables de rendimiento agronómico y de composición de los frutos entre y dentro de familias de hermanos medios, se seleccionaron los 8 individuos con el mejor comportamiento.

Adicionalmente, se seleccionaron los cruzamientos con mejores características de conformación y composición del fruto, entre los cuales se seleccionó un cruzamiento fraternal y un autocruzamiento, que se contemplan como familias de hermanos completos. Las características de los individuos seleccionados para el siguiente ciclo de selección se registran en la Tabla 4-14.

Tabla 4-14. Características de las variables agronómicas y de laboratorio de las familias de plantas individuales seleccionadas en C2/2014-II como población para C3/2015-I

4.5 Tercer Ciclo de Recombinación y Selección (C3/2015-I)

En el tercer ciclo de selección, la familia 7 fue descartada por no presentar resultados satisfactorios, lo cual fue atribuido a la influencia ambiental. Además, las variables de rendimiento agronómico (Tabla 4-15 y 4-16) se vieron afectadas por las inclemencias climáticas presentadas en semestre 2015-I.

Tabla 4-15. Cuadrados medios de las variables agronómicas en C3/2015-I

Tabla 4-16. Promedios de las variables agronómicas de las familias evaluadas en C3/2015-I

Sin embargo, cabe destacar que nuevamente las variables de conformación y composición de los frutos (Tabla 4-17 y 4-18) mantuvieron su homogeneidad y la principal característica de interés.

Tabla 4-17. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos en C3/2015-I

Tabla 4-18. Promedios de las variables de conformación y composición de interés en las familias seleccionadas en C3/2015-I

Teniendo en cuenta lo anterior, se hizo una selección rigurosa de las familias con el mejor comportamiento en las variables evaluadas, cuyas características se presentan en la Tabla 4-19.

Tabla 4-19. Características de las variables agronómicas y de laboratorio de las familias de plantas individuales seleccionadas en C3/2015-I como población para CE/2015-II

4.6 Estimación del Avance Genético del carácter MSF Aparente (∆GA) y Real (∆GR)

Teniendo en cuenta las variables de rendimiento y calidad de los frutos de las poblaciones seleccionadas en cada ciclo de selección, se realizó un ANDEVA entre los ciclos del proceso de Selección Recurrente (SR). Sus cuadrados medios, significancias, medias y CV se presentan en las Tablas 4-20 y 4-21.

Tabla 4-20. Cuadrados medios de las variables agronómicas en la SR

Tabla 4-21. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos en SR

De dichos datos, cabe destacar que en todas las variables no se presentaron diferencias significativas, a excepción de la MSF, principal característica de interés para este trabajo de investigación. Además, se observa un alto grado homogeneidad entre las poblaciones, representada por sus CV. Esto se comprueba al observar las medias de las poblaciones y la media total registrada para el proceso de SR (Tabla 4-22).

Tabla 4-22. Promedios de MSF de las poblaciones seleccionadas en cada ciclo de la SR

Teniendo como base estos datos se calculó el avance genético obtenido entre semestres en el proceso de selección recurrente, por medio del método de ganancia total (Hallauer y Miranda, 1988), obteniendo la ganancia entre ciclos, la ganancia total del proceso de SR y la ganancia total promedio por ciclo (Tabla 4-23).

Tabla 4-23. Estimación del avance genético aparente obtenido en la SR

Además, se realizó el ANDEVA de la regresión de la variable MSF en todos los ciclos de SR y los cálculos de los coeficientes del modelo lineal de regresión (Tabla 4-24). Estos se reflejan en la gráfica de predicción del comportamiento de la MSF en todo el proceso de SR.

Estos datos fueron considerados como un avance genético aparente (ΔGA), debido a la posible influencia ambiental que se pudo presentar intersemestralmente.

Tabla 4-24. Cuadrados medios y coeficientes de la regresión de la MSF registrada en los ciclos de SR

Figura 4-2. Modelo lineal de la regresión del contenido de MSF en la SR

Por lo anterior, se decidió establecer si la influencia ambiental podría generar variaciones en el avance genético, realizando un ciclo de evaluación (CE/2015-II), utilizando la reserva de las poblaciones seleccionadas en cada ciclo del proceso de SR en un mismo ambiente.

De igual forma se evaluaron las variables de rendimiento agronómico y calidad de los frutos de los ciclos previos. Cabe aclarar que nuevamente los factores ambientales afectaron dicho ciclo, debido a una fuerte granizada justo al inicio del llenado de los frutos.

Sin embargo, se hizo lo posible por recuperar el cultivo y se midieron rigurosamente cada una de las variables, tal y como se puede observar en las Tablas 4-25 y 4-26, donde se registran los cuadrados medios, las significancias, el CV y las medias poblacionales.

Claramente, el comportamiento de las variables no fue el mismo que en todo el proceso de selección recurrente.

Tabla 4-25. Cuadrados medios de las variables agronómicas en CE/2015-II

Tabla 4-26. Cuadrados medios de las variables de conformación y composición de los frutos en CE/2015-II

De igual forma, las medias entre ciclos presentaron el mismo posicionamiento, aunque su valor fue menor al observado entre ciclos (Tabla 4-27). Esto pudo haber estado ligado al daño foliar causado por el granizo, lo cual impidió la asimilación de fotosintatos hacia el fruto (Peil y Gálves, 2005).

Tabla 4-27. Promedios de MSF de las poblaciones seleccionadas en CE/2015-II

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizaron de igual manera los cálculos del avance genético utilizando las mismas metodologías manejadas entre ciclos (Tabla 4-28).

Aunque se pretendía obtener un estimado más exacto, y por este motivo denominado avance genético real, es claro que fue afectado por las condiciones adversas.

Tabla 4-28. Estimación del avance genético real obtenido en CE/2015-II

Tabla 4-29. Cuadrados medios y coeficientes de la regresión de la MSF registrada en CE/2015-II

Figura 4-3. Modelo lineal de la regresión del contenido de MSF en la SR

A pesar de esto, tanto en la prueba intersemestral, como en la prueba bajo un mismo ambiente, se observó un avance genético directamente proporcional con respecto a la media del cultivar original UNAPAL – Abanico 75 y a la introducción evaluada como testigo, respectivamente. Esto corrobora la eficacia de la metodología como se reporta en la literatura relacionada al mejoramiento de *Cucúrbita moschata* (Tobar *et al*., 2010; Valdés, 2010; Zambrano, 2010; Ortiz et al., 2013).

En las Figuras 4-4, 4-5, 4-6 y 4-7 se presenta el registro fotográfico de la expresión fenotípica del testigo y las 35 familias seleccionadas en los ciclos de selección en CE/2015-II:

Figura 4-4. Fenotipo expresado por el genotipo testigo la introducción 250 considerada como población original del cultivar UNAPAL – Abanico 75 en el CE/2015-II

Figura 4-5. Fenotipo expresado en CE/2015-II por la población de las 20 familias seleccionadas en C1/2014-I

Figura 4-6. Fenotipo expresado en CE/2015-II por la población de las 10 familias seleccionadas en C2/2014-II

Figura 4-7. Fenotipo expresado en CE/2015-II por la población de las 5 familias seleccionadas en C3/2015-I

4.7 Calidad Nutricional de la Harina Integral de Zapallo (HIZ) de cada Ciclo de Selección Recurrente

Como aporte adicional, en la Tabla 4-30 y en la Figura 4-8, se presenta el análisis de la calidad nutricional de la HIZ obtenida en cada ciclo de selección recurrente. Se puede concluir que las variables Cen, EE, PB, FDA, Cel, EB y CH tienen una tendencia inversamente proporcional a medida que pasan los ciclos de selección; las variables de FDN, LDA, CC son fluctuantes; y la FC y la Hemi son directamente proporcionales. Esto supone el mejoramiento genético del contenido de MSF, se encuentra ligado a una mayor asimilación de carbohidratos en las plantas.

Sin embargo, la revisión de Peil y Gálves (2005) sobre el reparto de materia seca en hortalizas de invernadero, afirman que, aunque el fruto es el principal sumidero de asimilados, está influenciado por múltiples factores, desde la posición del fruto y la capacidad fotosintética de la planta, hasta la disponibilidad de radiación y CO_2.

La composición nutricional de la HIZ del cultivar UNAPAL – Abanico 75 reportada por Ubaque *et al*., (2015), es similar a la reportada por C1, lo cual tiene concordancia al ser la población más cercana a la población original.

Tabla 4-30. Análisis de la calidad nutricional de la HIZ en cada ciclo de selección recurrente

Figura 4-8. Calidad nutricional de la HIZ en cada ciclo de Selección Recurrente

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

5.2 Recomendaciones

Anexos

A. Anexo: Tablas de Datos C1/2014-I

B. Anexo: Tabla de Datos C2/2014-II

C. Anexo: Tabla de Datos C3/2015-I

D. Anexo: Tabla de Datos CE/2015-II

Bibliografía

AMARILES, C.A Y LÓPEZ, 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.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15th Edition. Arlington, Virginia. USA.

BAENA, D.; ORTIZ, S.; VALDÉS, M. P.; ESTRADA, E.; Y VALLEJO, F. 2010. UNAPAL-Abanico 75: nuevo cultivar de zapallo con alto contenido de materia seca en el fruto para fines agroindustriales. Acta Agronómica 59 (3), 285-292 p.

BAENA, D. 2012. Diseño de experimentos en investigación agropecuaria: Planeación, análisis e interpretación de resultados. Facultad de Ingeniería y Administración, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 356 p.

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

CASSERES, E. 1980. Producción de hortalizas. 3° Ed. Instituto americano de cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica. 387 p.

CHÁVEZ, C. 2001. Polinización en Cucurbitáceas. Rev. INIFAP-SAGAR Capitulo número 23. Hermosillo, Sonora, México.

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.

ESTRADA, E. I.; VALLEJO, F. A.; BAENA, D.; ORTIZ, S. Y ZAMBRANO, E. 2010. Unapal-Llanogrande, nuevo cultivar de zapallo adaptado a las condiciones del valle geográfico del río Cauca, Colombia. Acta Agronómica. 59 (2), p 135-143.

FAOSTAT. 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Producción de cultivos de zapallo [Material numérico en Excel]. [Consultado: 15 de Julio de 2013. Disponible en: < FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Producción de cultivos de zapallo [Material numérico en Excel]. [Consultado: 23 de Septiembre de 2013; 5:17 pm]. Disponible en: http://faostat3.fao.org/home/index.html#SEARCH_DATA

GERALDI, I. O. 1997. Capítulo 1. Selección recurrente en el Mejoramiento de Plantas. Selección recurrente en arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Cali, Colombia. 3 -12 p.

GUPTA, P. K. 2009. Plant Breeding. Global Media. Meerut, IND. 133 p.

HALLAUER, A. R. Y MIRANDA, J. B. 1988. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, Ames (10). 468 p.

HERNÁNDEZ, J. E. Y LEÓN, J. 1994. Neglected crops: 1492 from a different perspective. Plant Production and Protection Series, No. 26. FAO, Roma, Italia. 341 p.

JACOBO, N.; MAROSTICA, M.R.; ZAZUETA, J. Y GALLEGOS, J.A. 2011. Physicochemical, technological properties and health-benefits of Cucurbita moschata Duchense vs. Cehualca: A Review. Food Research International 44(9): 2587–2593.

JAEGER, C., L.M.; BARROS, G.P.; OLIVEIRA, G, R.L.; PACHECO, S.; FERNANDEZ, M, P.H.; VIANA, C, J.L.; REGINI, N.M.; LIMA, N, A.C.; RODRIGUES, A, V.A. Y RAMALHO,

R, S.R. 2012. Total carotenoid content, α – carotene and β – carotene of landrace pumpkins (Cucurbita moschata Duch): a preliminary study. Food Research International 47(2): 337 – 340.

KIM, M. Y.; KIM, E.J.; KIM, Y. N; CHOI, CH.; LEE, B H. 2012. Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (Cucurbitaceae) species and parts. Nutrition Research and Practice 6 (1):21-27.

LAU, T. C. Y STEPHESON, A. G. 1993. Effects of soil nitrogen on pollen production, pollen grain size and pollen performance in *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). Rev. American Journal of Botany, Vol. 80, número 7, p. 763 - 768.

LETTERME, P. Y ESTRADA, F. 2006. Análisis de los alimentos y forrajes destinados a los animales. Notas de laboratorio. Material de apoyo para la asignatura Nutrición Animal Básica. Universidad Nacional de Colombia. 79 p.

LIRA, R. 1995. Estudios Taxonómicos y Eco geográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica. Roma, Italia: International Plant Genetic Resources Institute. 380 p.

LOPES DE SOUZA, C. 2011. Cultivar development of allogamous crops. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Brazilian Society of Plant Breeding, Brazil. S1: 8-15 p.

MARÍN, A.; CARIAS, D.; CIOCCIA, A. M. Y HEVIA, P. 2003. Valor nutricional de los follajes de *Musa paradisiaca* y *Clitoria ternatea* como diluyentes de raciones para pollos de engorde. Interciencia. 28 (1): 50-56.

MCGREGOR, S. E. 1976. Vegetables for Seed and Fruit Insect Pollination of Cultivated Crop Plants. Capítulo 6. Pág. 130.

MONFORTE, J.; CARIAS, D.; CIOCCIA, A. M. Y HEVIA, P. 2002. Valor nutricional de las harinas de *Clitoria ternatea* y *Brachiaria humidicola* en la alimentación de pollos de engorde. Interciencia 27 (1): 33-38.

MONTES, C. 2003. Colecta, caracterización morfológica y evaluación agronómica de germoplasma colombiano de zapallo *Cucurbita moschata* Duchesne Exp. Poir. Tesis para optar por el título de Magister en Ciencias agrarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 80 p.

NAKAMURA, G. P. Y VALLEJO, F. A. 1997. Estabilización genética de una población hibrida 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.

NOORAZIAH, A.A. Y KOMATHI, C.A. 2009. Physicochemical and Functional Properties of Peeled and Unpeeled Pumpkin Flour. Journal of Food Science. Vol. 74, Nr. 7. P. 328 – 333.

ORTIZ, G. S.; SÁNCHEZ L. J.; VALDÉS R. M. P.; BAENA G. D. Y VALLEJO C. F.A. 2008. Retención de caroteno total en fruto de zapallo *Cucurbita moschata* Duch. condicionado por osmodeshidratación y secado. Acta Agronómica Vol. 57; No. 4. 269-274.

ORTIZ, G. S. 2009. Estudios genéticos en caracteres relacionados con el rendimiento y calidad del fruto de zapallo *Cucurbita moschata* Duch para fines agroindustriales. Tesis para optar por el título de Doctor en Ciencias Agropecuarias con Énfasis en Mejoramiento de Plantas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 206 p.

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

ORTIZ, G. S.; VALLEJO, C. F. A.; BAENA, G. D.; ESTRADA, S. E. I. Y VALDES, R. M. P. 2013. Zapallo para consumo en fresco y fines agroindustriales: Investigación y desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca. 250 p.

ORTIZ, G. S.; BASTIDAS, L. V.; ORDOÑEZ, G. A.; VALDÉS, M. P.; BAENA G. D. Y VALLEJO, C. F.A. 2014. Endocría y Acción Génica para el Contenido de Almidón en Semilla de Zapallo (Cucurbita moschata). Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 67(1): 7169-7175.

PEIL, R. M. Y GALVEZ, J. L. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. R. bras. Agrociência, V.11, N. 1, p. 5-11.

PÉREZ, R.A Y TIGREROS, E.H. 1994. Selección y evaluación de una población promisoria de zapallo. Tesis de Ingeniería agronómica Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 103 p.

PÉREZ, G. M.; MÁRQUEZ, S. F. Y PEÑA, L. A. 1998. Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. 2ª Ed. Mundi Prensa, México. 380 p.

RAO, N. K.; HANSON, J.; DULLOO, M. E.; GHOSH K.; NOVELL, D. Y LARINDE, M. 2007. Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma No. 8. Biodiversity International, Roma, Italia.

RÍOS, H.; FERNANDEZ, A.; CASANOVA, E. 1998. Tropical pumpkin (Cucurbita moschata) for marginal conditions: breeding for stress interactions. Plant Genetic Resources Newsletter, Bulletin des Ressources Phytogenetiques IPGRI/FAO. 1020-3362, (no.113) p. 4-7

SAELEAW, M. Y SCHLEINING, G. 2011. Composition, physicochemical and morphological characterization of pumpkin flour. 11th International Congresson Engineering and Food. Disponible en internet en: http://www.icef11.org/content/papers/fms/FMS328.pdf

SANCHEZ, M. A.; VILLANUEVA, C.; SAHAGUN, J. Y CHANNING, L. 2000. Variación genética y respuesta a la selección combinada en una variedad criolla de calabaza pipiana (Cucurbita argyrosperma Huber var. stenosperma). Revista Chapingo Serie Horticultura 6(2): 221-240.

TOBAR, D. E.; VALLEJO, F. A. Y BAENA, D. 2010. Evaluación de familias de zapallo (Cucurbita moschata Duch.) seleccionadas por mayor contenido de materia seca en el fruto y otras características agronómicas. Acta Agron. 59(1): 65–72.

UBAQUE, C. C.; 1, OROZCO, L. V.; ORTIZ, S.; VALDÉS, M. P. Y VALLEJO, F. A. 2015. Sustitución del maíz por harina integral de zapallo en la nutrición de pollos de engorde. Rev. U.D.C.A. Act. & Div. Cient. 18(1): 137-146.

URRESTA, V. B. O. 2010. Evaluación del valor nutricional de la harina de mashua (Tropaeolum tuberosum) en dietas para pollos de engorde. Tesis para obtener el título de ingeniero agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional. Quito. 137 p.

USDA. 2008. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 21. Nutrient Data Laboratory Home Page [Base de datos de Acces]. [Consultado: 29 de marzo de 2015: 4:10 pm].Disponible en: http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl

USDA. 2014. *Cucurbita moschata* Duchesne Classification. Plant Database United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. [Consultado: 1 de Marzo de 2014; 10:05 am]. Disponible en: http://plants.usda.gov/core/profile?symbol=cumo

VALDÉS M. P. 2010. Evaluación de poblaciones de zapallo (Cucurbita moschata) por caracteres de importancia agroindustrial. Acta Agronómica, Palmira. 29 (1), 91-96 p.

VALDÉS, M. P.; ORTIZ, S.; VALLEJO, F. A. Y BAENA, D. 2013. Estabilidad fenotípica de caracteres asociados con la calidad del fruto del zapallo (Cucurbita moschata Duch.).Agronomía Colombiana 31(2), 147-152.

VALLEJO, F.A; ESTRADA, E.I; BAENA, D Y 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, Palmira. 402 p.

VALLEJO, F. A. Y ESTRADA, E. I. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 347 p.

VALLEJO, F.; BAENA, D.; ORTIZ, S.; ESTRADA, E. I. Y TOBAR, D. 2010. Unapal-Dorado, nuevo cultivar de zapallo con alto contenido de materia seca para consumo en fresco. Acta Agronómica 59 (2).

ZAMBRANO, E. 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. Tesis de Grado para optar por el título de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 107 p.