UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

MEJORAMIENTO GENÉTICO PARA LA OBTENCIÓN DE POBLACIONES DE CILANTRO (*Coriandrum sativum* L.*)*

KAROL ANDREA LEAL VÁSQUEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSDIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE PALMIRA

2018

MEJORAMIENTO GENÉTICO PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVAS POBLACIONES DE CILANTRO (*Coriandrum sativum* L.*)*

KAROL ANDREA LEAL VÁSQUEZ

Trabajo de Investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ciencias Agrarias con énfasis en Fitomejoramiento

DIRECTOR: MARIO AUGUSTO GARCÍA DÁVILA. I.A., M.Sc. Ph.D.

CODIRECTOR: ARMANDO ZAPATA VALENCIA. I.A., M.Sc.

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
SEDE PALMIRA
2018

Dedicatoria

A mis padres Alba y Nelson por su comprensión y apoyo en el transcurrir de los días y la vida.

A Jairo Dávila, por su amor incondicional, apoyo, comprensión, ayuda y contribución a la realización de este proyecto.

A mis hermanos Nelson y Julieth a mi sobrino Martin quienes con su alegría motivan mi deseo de superación.

A Chappie mi fiel amigo.

Y a quienes de alguna forma aportaron para el cumplimiento de esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, que me brindó la oportunidad y colaboración para que esta para la realización de esta investigación

Al Doctor Mario Augusto García Dávila por su apoyo y colaboración permanente e incondicional.

Al M. Sc. Armando Zapata por su colaboración y apoyo durante la realización de la investigación.

Al M.Sc. Carlos Madriñán por su amable colaboración.

Al Profesor Luis Eduardo Moreno por su colaboración.

Al Doctor Axel Diederichsen por la documentación suministrada.

A todo el personal de CEUNP por su colaboración y apoyo en labores de campo desarrolladas en este trabajo.

RESUMEN

En la actualidad la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira cuenta con dos variedades de cilantro, Unapal Precoso y Unapal laurena, esta última obtenida en el año 2016. Las dos variedades presentan características como precocidad, intenso aroma y resistencia a pudrición de raíces lo que las hace ampliamente aceptadas por los productores del Valle del Cauca, sin embrago, un factor limitante se encuentra ligado a la cantidad de hojas basales. La primera población presenta 2 hojas basales/planta y la segunda 4 hojas basales/planta, esta característica es importante para el rendimiento del cultivo ya que a un mayor número de hojas se verá reflejado en la masa del follaje de la planta. El objetivo de este trabajo de investigación, realizado en el Centro Experimental de la universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP), fue obtener nuevas poblaciones de *Coriandrum sativum* L., con un mayor número de hojas basales, para lo cual se realizó el cruzamiento de las variedades Unapal laurena y *Slow bolt* (25 hojas basales/planta). De este cruzamiento se obtuvo la población F1 conformada por 35 familias, las cuales se aislaron y autopolinizaron para obtener la población F2. En esta población se realizó selección individual, seleccionando 25 familias que se caracterizaron morfológicamente utilizando 13 descriptores cuantitativos. Los resultados del análisis de varianza y la prueba de agrupamiento de Duncan mostraron una amplia variabilidad intra e interfamiliar lo que hace posible la selección dentro y entre familias. Se seleccionaron las familias 2, 6, 9, 17, 18, 19, 22, 25 y 26 ya que son significativamente diferentes para el carácter de interés número de hojas basales, presentando promedios de 14.5, 14.7, 14.7, 17.5, 13.7, 14.2, 15.2, 17.5 y 12.75 respectivamente. Las familias seleccionadas se aislaron en campo para obtener la población F3. Los resultados de la caracterización morfológica de la población F3 para el carácter número de hojas basales muestra que existe un avance genético de 10.4 hojas basales, de este modo se logró obtener nuevas poblaciones que exhiben un mejor comportamiento en cuanto al carácter de interés evaluado lo que genera un mayor rendimiento del follaje y por ende una mayor producción.

Palabras clave: hojas basales, cilantro, selección individual.

ABSTRAC

Nowadays, the Universidad Nacional de Colombia, Palmira's campus, has two varieties of coriander, Unapal Precoso and Unapal laurena, the latter obtained in 2016. The characteristics of the two varieties include precocity, intense aroma and resistance to putrescence of the roots. These properties make them widely accepted by the producers of Valle del Cauca, however, a limiting factor is linked to the number of basal leaves. The first population presents 2 basal leaves/plant and the second 4 basal leaves/plant, this characteristic is important for crop yield since a greater number of leaves will be reflected in the foliage mass of the plant. The objective of this research work was to obtain new populations of *Coriandrum sativum* L., with a greater number of basal leaves. In order to accomplish this, Unapal laurena and Slow bolt varieties (25 basal leaves/plant) was crossed. This project was developed in the Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia campus Palmira (CEUNP). From this crossing, the F1 population was obtained from 35 families, which were isolated and self-pollinated to obtain the F2 population. In this population, individual selection was made selecting 25 families that were morphologically characterized using 13 quantitative descriptors. The results of the analysis of variance and the Duncan's multiple range test (MRT) showed a wide intra- and interfamilial variability which makes possible the selection within and between families. Families 2, 6, 9, 17, 18, 19, 22, 25 and 26 were selected since they are significantly different for the interest character: number of basal leaves, presenting averages of 14.5, 14.7, 14.7, 17.5, 13.7, 14.2, 15.2, 17.5 and 12.75 respectively. The selected families were isolated in the field to obtain the F3 population. The results of the morphological characterization of the F3 population for the character number of basal leaves, shows that there is a genetic advance of 10.4 basal leaves, in this way it was possible to obtain new populations that exhibit a higher yield of the foliage and, therefore, a greater production.

Key Words: basal leaves, coriander, genetic improvement.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 6
2. JUSTIFICACIÓN 8
3. OBJETIVOS 10
3.1. OBJETIVO GENERAL 10
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 10
4. MARCO TEÓRICO 11
4.1. IMPORTANCIA DEL CILANTRO 11
4.2. ORIGEN E HISTORIA DE LA ESPECIE 12
4.3. DESCRIPCION TAXONOMICA Y BOTANICA 12
4.3.1. Taxonomía 12
4.3.2. Botánica 13
4.3.3. Floración 15
4.4. CULTIVARES EN COLOMBIA 16
4.5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CILANTRO 16
4.6. USOS 17
4.7. PRODUCCIÓN 18
4.8. AGRONOMÍA DEL CULTIVO 18
4.9. ESTUDIOS REALIZADOS en MEJORAMIENTO GENETICO DE CILANTRO 19
4.10. SELECCIÓN INDIVIDUAL 21
5. MATERIALES Y MÉTODOS 22
5.1. ÁREA DE ESTUDIO 22
5.2. MATERIAL VEGETAL 22
5.3. OBTENCIÓN DE POBLACIONES 23
5.3.1. Fases y etapas experimentales 23
5.3.2. Manejo agronómico del cultivo 27

5.5. VARIABLES A EVALUAR 28
5.5.1. Análisis de datos 28
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 29
6.1. EVALUACIÓN DE LA FLORACIÓN 29
6.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA POBLACIÓN F2 36
6.2.1. Gráficos comparativos para los caracteres evaluados en las nuevas poblaciones F2 41
6.3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POBLACIONES GENERACIÓN 3 50
6.3.1. Gráficos comparativos para los caracteres evaluados en las nuevas poblaciones. 53
7. CONCLUSIONES 61
8. RECOMENDACIONES 61
9. BIBLIOGRAFÍA 62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Bancos de germoplasma de cilantro. 8
Tabla 2. Producción en toneladas por departamento para el año 2017. 11
Tabla 3. Clasificación taxonómica de la especie. 12
Tabla 4. Composición nutricional de 100 g de hojas de cilantro en fresco. 17
Tabla 5. Criterios para la evaluación floral. 24
Tabla 6. Actividades para el manejo del cultivo. 27
Tabla 7. Variables evaluadas. 28
Tabla 8. Aislamiento de Umbelas Flores abiertas. 29
Tabla 9. Aislamiento de Umbelas Flores cerradas. 29
Tabla 10. Resultados Cruzamiento realizados. 31
Tabla 11. Pesos semilla obtenida de plantas F1. 34
Tabla 12. Plantas obtenidas por familia. 35
Tabla 13. Cuadrados medios para las familias evaluadas población F2. 36
Tabla 14. Análisis de varianza para los genotipos evaluados población F3. 52
Tabla 15. Resultados prueba de rango múltiple de Duncan para los genotipos de la generación F3. 52
Tabla 16. Proporción de raíz, tallo y follaje en la masa total de la planta. 54
Tabla 17. Comparación generación 2 y 3. 59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área cosechada de cilantro en Colombia. 9
Figura 2. Polimorfismo de las hojas de cilantro. a. hoja basal. b, c. hojas del centro del tallo. d. hoja superior. 13
Figura 3. Inflorescencia del cilantro. a. Vista superior e inferior de la umbela. b. flor central de la umbela. c. flor periférica de la umbela. d. diferentes formas de pétalos. 14
Figura 4. Fruto del cilantro. a. Rama de frutos maduros de cilantro. b. fruto maduro dividido. c. fruto después de la extracción del pericarpio. 14
Figura 5. Morfología del fruto de cilantro. a. Ápice de los sépalos alrededor del estilopodio. b. Arista lateral. c. Arista principal. d. Pericarpio. e. Conducto oleaginoso. f. Carpóforo. g. Endosperma. h. embrión. 15
Figura 6. Ciclos de siembra. 24

Figura 7. Invernadero para la variedad Unapal Laurena. 24
Figura 8. Lote de plantas medicinales. 25
Figura 9. Umbelas seleccionadas para su evaluación. 30
Figura 10. Aislamiento de Umbelas para evaluación. 30
Figura 11. Plantas obtenidas en la generación F1. 32
Figura 12. Cruzamientos Madre: Unapal laurena. 33
Figura 13. Aislamiento de la población F1. 33
Figura 14. Polinización asistida población F1. 34
Figura 15. Altura (cm) generación 2. 37
Figura 16. Masa total (g) generación 2. 38
Figura 17. Número de hojas basales generación 2. 39
Figura 18. Hojas totales generación 2. 40
Figura 19. Comparación valores promedios de altura y masa total de la planta generación 2. 42
Figura 20. Comparación valores promedio de número de hojas basales y masa total generación 2. 43
Figura 21. Comparación valores promedio de número de hojas totales y masa total generación 2 44
Figura 22. Comparación valores promedio número de hojas basales y altura generación 2. 45
Figura 23. a. Población F2 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales. 45
Figura 24. a. Población F6 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales 46
Figura 25. a. Población F9 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales 46
Figura 26. a. Población F17 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales 47
Figura 27. a. Población F18 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales 47
Figura 28. a. Población F19 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales 48
Figura 29. a. Población F22 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales 48
Figura 30. a. Población F25 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales 49
Figura 31. a. Población F26 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales 49
Figura 32. Aislamiento en campo de las familias seleccionadas. 50
Figura 33. Comparación valores promedios de altura y masa total generación 3. 53
Figura 34. Comparación valores promedio número de hojas basales y masa total generación 3. 55
Figura 35. Comparación valores promedio número de hojas totales y masa total generación 3. 56
Figura 36. Comparación valores promedio número de hojas basales y la altura generación 3. 57

Figura 37. Poblaciones seleccionadas generación 3, a. F2, b, F6, c. F9, d. F17, e. F18, f. F19, g. F22, h. F25, i. F26. 57

1. INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre inicio el proceso de domesticación de las plantas para su consumo, ha buscado mejorar las condiciones de las plantas cultivadas a través de diferentes procesos de selección, que le han permitido obtener producciones altas tratando de disminuir las pérdidas (Vallejo & Estrada, 2002), es así como se ha desarrollado el mejoramiento genético de plantas, siempre propendiendo por obtener nuevas y mejores variedades capaces de responder a las exigencias de los mercados.

Actualmente el manejo agronómico de los cultivos integra diferentes estrategias como el control biológico, botánico, etológico y químico, entre otros con el objetivo de mantener un desarrollo económico y ecológicamente sostenible (Bashtanova & Flowers, 2011), es así como se hace necesario realizar investigaciones en diferentes cultivos que puedan ayudar a los pequeños y medianos productores a estabilizar sus ingresos y diversificar la productividad agrícola y de este modo no depender en su totalidad del desarrollo y aprovechamiento de un solo cultivar (Zapata, 2017). Debido al cambio en la ingesta nutricional que se experimenta en el mundo actual se comienza a resaltar la importancia de cultivos que aporten al ser humano una alimentación balanceada y de calidad, reavivando el interés por plantas aromáticas como el cilantro, muy utilizada en culinaria por sus cualidades, sensoriales y condimentarias (Mejía, S. *et al.,* 2014).

Coriandrum sativum L., conocido como cilantro, pertenece a la familia Apiacea es un cultivo diploide, anual, y de porte medio (Tomar, R. *et al*., 2014). No hay evidencia clara de la domesticación, ni una definición del centro de origen de la planta (Diederichsen, 1996). Sin embargo, algunos autores proponen la región del Mediterráneo oriental como su centro de origen (López, 2006). Los principales países productores de cilantro son Rusia, Hungría, Polonia, Rumania, República Checa, Eslovaquia, Marruecos, Canadá, India, Pakistán, Irán, Turquía, Guatemala, México y Argentina (López, 2006). Los usos que se le dan al cilantro son variables y va desde los medicinales y culinarios hasta procesos de industrialización. Por ejemplo, el follaje fresco se utiliza en culinaria para aderezar algunas comidas, el fruto se puede utilizar entero o molido en algunas preparaciones como el pan y como aderezo para carnes (Diederichsen, 1996). En medicina se utiliza para tratar problemas digestivos, ulceras, reumatismo, como afrodisiaco, para controlar mareos entre otros (Diederichsen, 1996). En procesos industriales realizando la extracción del aceite esencial y el aceite graso que están presentes en toda la planta y el fruto, para la preparación de embutidos, perfumes, biocombustibles entre otros (Arizo & Ana Curioni, 2011). Además, el cultivo de cilantro presenta un gran beneficio ecológico ya que produce una

importante cantidad de néctar que atrae a diferentes insectos para la polinización por lo que es considera una planta melífera (Diederichsen, 1996).

En Colombia el cilantro es una hortaliza ampliamente cultivada, para el año 2017 en el departamento del Valle del Cauca se contaba con un área cosechada de 801 hectáreas y una producción de 26700.41 toneladas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017). La producción en Colombia de la hortaliza se encuentra destinada a satisfacer la demanda del follaje para consumo en fresco, por lo que se requiere de variedades que presenten en su estructura morfológica una mayor proporción de hojas permitiendo un mejor rendimiento y aprovechamiento.

Algunas de las variedades más cultivadas en el país son el fino de castilla, pastuso, *Slow bolt,* patimorado, entre otros. Estos cultivares han sido seleccionados por los agricultores y se han establecido en determinadas regiones del país después de muchos años de evaluaciones y pruebas para determinar en donde se adaptaban y presentaban un mejor rendimiento debido a las condiciones medio ambientales y a las fuertes variaciones climáticas (Zapata, 2017).

El cultivar Unapal Precoso es ampliamente cultivado en el departamento del Valle del Cauca ocupando alrededor del 83% del área cultivada (Zapata, 2017), debido a su buen comportamiento agronómico, sin embargo, la estructura de la planta presenta una mayor proporción de tallo que de hojas, lo que se convierte en una limitante para el consumidor. Para el año 2016 se realizó el mejoramiento genético mediante selección recurrente, con el objetivo de aumentar la cantidad de hojas basales presentes en la variedad Unapal precoso, obteniendo el cultivar Unapal laurena.

Unapal laurena presenta un aumento significativo en la cantidad de hojas basales presentes en la planta superando en un 20% a Unapal precoso, con relación al valor de masa en fresco por planta se registra un aumento de 85% mejorando el rendimiento (Zapata, 2017). Aun cuando este avance es importante es necesario continuar con nuevas investigaciones que permitan el desarrollo de nuevos cultivares con mayor cantidad de hojas basales. El objetivo de este trabajo de investigación es obtener nuevas poblaciones de *Coriandrum sativum* L., con un mayor número de hojas basales.

2. JUSTIFICACIÓN

El cilantro *(Coriandrum sativum* L.*)* es una planta aromática y medicinal utilizada principalmente como hierba para aderezar alimentos de consumo humano. Las partes con más demanda son el fruto y el follaje (Mejía *et al*., 2014). Presenta un ciclo de vida corto con alta deshidratación y pudrimiento del tallo, las hojas del cilantro son verdes, plumosas y planas. Su origen es incierto ya que al inicio de la historia de la humanidad se domesticó y ahora no se conoce ancestros silvestres, por lo que las colecciones del material genético que se encuentran en los bancos de germoplasma son la única fuente de nuevos genes para mejoradores (Bashtanova & Flowers, 2011). Algunas de las instituciones que cuentan con accesiones de cilantro se citan en la tabla 1.

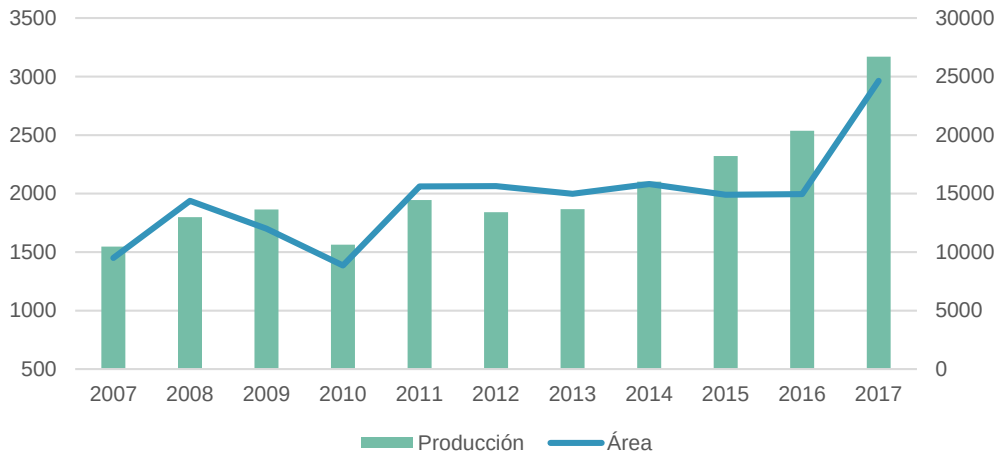
Tabla 1. Bancos de germoplasma de cilantro.

Bancos de germoplasma de cilantro	Ubicación
Instituto de Investigación Agrícola de Bangladesh	Bangladesh
Instituto de germoplasma de cultivos	China
Centro para la Agricultura Instituto de Genética Vegetal y Plantas de Cultivo	Alemania
Centro de Recursos Genéticos de Plantas	Etiopía
Banco Portugués de Germoplasma Vegetal	Portugal
N. I. Vavilov Instituto de investigación Industria de plantas	Rusia
Corporación de investigación hortícola y agrícola	Sudan
Instituto de Investigación Agrícola del Egeo	Turquía
Central regional de introducción de plantas de Iowa	USA
Investigación (CPRO-DLO)	Países Bajos

Adaptado de: Diederichsen, (1996)

En el ámbito mundial se tiene como principales países productores a India, Bulgaria, Marruecos, Canadá, Siria e Italia. Los países que lo importan son Malasia, Reino Unido, USA, y Japón (Arizo & Ana Curioni, 2011). Debido al cambio en los hábitos alimenticios se ha reavivado el interés por las hierbas aromáticas, lo cual provocó un crecimiento en el mercado del cilantro (Bashtanova & Flowers, 2011). En Colombia para el año 2007 existía un área cosechada de 1449.35 hectáreas con una producción total de 10463.08 toneladas, ya para el año 2017 se registra un aumento en el área de cosecha de 2963.38 hectáreas y en la producción de 26700.41 toneladas como se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Área cosechada de cilantro en Colombia.



Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (2017).

Entre las variedades más cultivadas se encuentran: Mágnum, *Slow bolt*, Castilla o Patimorado, y Unapal precoso (Corporación Colombia Internacional, 2006).

La variedad Unapal precoso se liberó en el año de 1999 por la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. Esta variedad presenta características como una alta precocidad, resistencia a pudriciones radiculares y un intenso aroma, por ello ha sido aceptada para su producción por parte de los agricultores del Valle del Cauca; sin embrago, su principal limitante se presenta con el número de hojas basales ya que por lo general exhibe entre una y dos hojas, razón por la cual se requirió de un estudio para realizar el mejoramiento genético de la variedad en el año 2016 donde se obtuvo una nueva variedad identificada como Unapal laurena (Zapata, 2017).

Unapal laurena conserva las características ya mencionadas además de un aumento en el número de hojas básales de 4 a 5 hojas. Aunque éste fue un aumento significativo, si se compara con la variedad Unapal precoso que posee alrededor de 2 hojas, sigue siendo muy bajo comparado con la variedad *Slow bolt*, la cual presenta de 24 a 30 hojas basales (Zapata, 2017). Es entonces necesario continuar con los estudios genéticos para obtener nuevos cultivares mejorados.

Con este trabajo de investigación, se pretende obtener nuevas poblaciones de cilantro que presenten un mayor número de hojas basales utilizando los cultivares Unapal laurena y *Slow bolt* como parentales.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Obtener nuevas poblaciones de *Coriandrum sativum* L., con un mayor número de hojas basales.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recombinar las variedades Unapal laurena y *Slow bolt* para la obtención de nuevas poblaciones de cilantro.
- Realizar dos ciclos de selección evaluando el comportamiento y la calidad de las nuevas poblaciones.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. IMPORTANCIA DEL CILANTRO

El cilantro es cultivado en todo el mundo, en cada país se comercializa de diferentes formas determinadas por el uso culinario, producción industrial y por otras maneras de explotación del mercado. Un ejemplo de ello es el cilantro tipo marroquí destinado principalmente a la obtención del fruto para ser utilizado entero o molido. El cilantro ruso es destinado a la obtención de aceites esenciales, mientras que el hindú confiere particular sabor al curry (Arizo & Ana Curioni, 2011). Los principales productores del fruto son: Ucrania, Rusia, India, Marruecos, Argentina, México y Rumania. El cilantro fresco es ampliamente utilizado en Siria, India, China, Sureste de Asia, Sur y Centro América (PUGA, 2001). “Se estima que La demanda mundial de coriandro continúa expandiéndose a una tasa de 7,0% anual promedio en términos de valor; los 10 primeros países exportadores mundiales concentran 82,6% de las exportaciones” (Arizo & Ana Curioni, 2011).

En Colombia, el cultivo de cilantro ha tenido un crecimiento progresivo pasando de un área cosechada de 1449.35 hectáreas con una producción total de 10463.08 toneladas para el 2007 a un área cosechada de 2963.38 hectáreas, una producción de 26700.41 toneladas en el año 2017 (Ver figura 1). En la tabla 2 se muestra la producción por departamento para el año 2017, donde se observa como principal productor al departamento de Cundinamarca seguido del Valle del cauca. Esto señala la importancia en el desarrollo de investigaciones que generen posibles mejoras al proceso productivo del cilantro contribuyendo a la diversificación de la producción del departamento vallecaucano.

Tabla 2. Producción en toneladas por departamento para el año 2017.

Departamento	Producción promedio por departamento (t)
Cundinamarca	12444.70
Valle del Cauca	7030.29
Norte de Santander	2016.9
Magdalena	1900.8
Cesar	953
Meta	330

Adaptado de: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (2017).

4.2. ORIGEN E HISTORIA DE LA ESPECIE

El origen del *C. sativum* es incierto debido a la domesticación en los inicios de la historia de la humanidad. Se documentó su uso por primera vez en el año 6000 A.C. (Bashtanova & Flowers, 2011). No obstante, ahora no se conoce antepasados silvestres por lo que se han realizado varios intentos de clasificar su diversidad intraespecífica. Logrando para el año 2003 una clasificación organizada en diez variedades y tres subespecies (Ivanova & Stoletova, 1990).

Esta clasificación permitió identificar que existe una correlación entre los caracteres morfológicos del cilantro, su origen geográfico y su uso (Diederichsen, 1996). Por ejemplo, en Asia central y el Cáucaso, donde las hojas fueron un ingrediente importante en la cocina, se utilizaron especies que tenían de 6 a 40 hojas basales. En la India, Oriente próximo, el Mediterráneo y África se utilizó el fruto como una especia y solo tenían de 1 a 5 hojas basales. Posteriormente, se propagó a Europa donde en la antigua Roma los soldados preparaban bebidas con el fruto, después, pasa al continente americano donde fue traído por los portugueses y españoles en los viajes de conquista y colonización (Bashtanova & Flowers, 2011).

En Colombia, el cilantro se establece en el centro del país. Se cultivaba en los centros religiosos junto con otras plantas aromáticas que formaban parte de la culinaria de las comunidades europeas. Tiempo después, pasó a las huertas y sembrados de las comunidades campesinas que lo fueron diseminando por todo el territorio. (Estrada, E., 2003)

4.3. DESCRIPCION TAXONOMICA Y BOTANICA

4.3.1. Taxonomía

El cilantro es una planta diploide (2n) con un total de 22 cromosomas pertenece a la familia Apiaceae (Tomar, R. *et al*., 2014). Se clasifica taxonómicamente como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación taxonómica de la especie.

Reino: Plantae
Clase: Angiospermas
Subclase: Dicotiledónea
Familia: Apiaceae anteriormente (Umbelliferae)
Género: *Coriandrum* L.
Especie: *Coriandrum sativum.*

Adaptado de: Diederichsen, (1996).

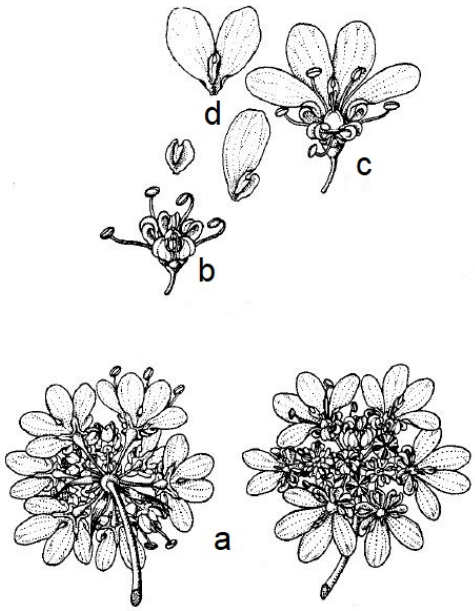
4.3.2. Botánica

C. sativum es una planta alógama, herbácea que se adapta a diferentes tipos de ambientes y climas por su variabilidad morfológica de 20 a 140 centímetros de altura. Su raíz principal es pivotante y ramificada lo que dificulta su trasplante. Después de la germinación de las hojas cotiledóneas en la zona de encajamiento de estas, el tallo emerge a partir del meristemo apical, creciendo de forma vertical y dando origen a las hojas basales y florales (Diederichsen, 1996). Las hojas florares son delgadas y finamente divididas. Las hojas basales son anchas y sin ninguna división (figura 2). Las hojas florares al final forman la inflorescencia terminal, una umbela compuesta de 3 – 10 umbelas, cada umbela con un total de 10 – 50 flores dependiendo de la especie. Las flores son hermafroditas son de color blanco y pequeñas lo que dificulta su manipulación para realizar polinizaciones controladas (figura 3) (Sharma, M., Sharma, 2012), es un cultivo de polinización cruzada, con un grado de polinización que varía entre el 50 – 60% (Ramanujam S., Joshi B., 1964). Algunos insectos polinizadores son las moscas comunes, mosquitos, abejas y diferentes tipos de mariposas. Los Frutos o semillas son esféricos con un diámetro de entre 3 a 5 mm, su color es amarillo oscuro y posee dos mericarpios en un solo fruto y estrías en forma de conductos que almacenan el aceite esencial (figura 4 y 5) (Diederichsen, 1996).

Figura 2. Polimorfismo de las hojas de cilantro. a. hoja basal. b, c. hojas del centro del tallo. d. hoja superior.

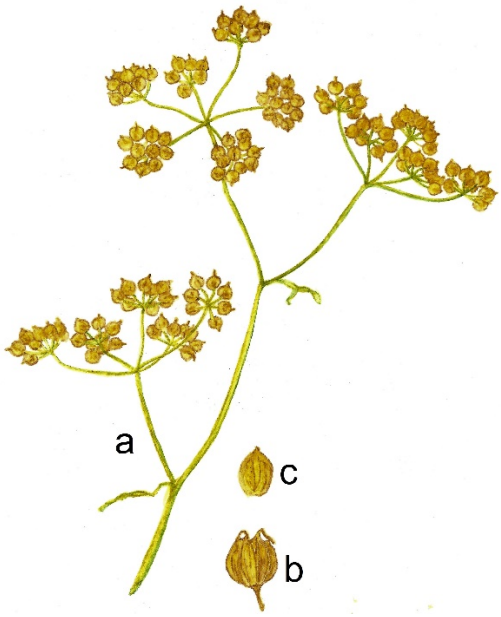
Adaptado de: Diederichsen, (1996).

Figura 3. Inflorescencia del cilantro. a. Vista superior e inferior de la umbela. b. flor central de la umbela. c. flor periférica de la umbela. d. diferentes formas de pétalos.



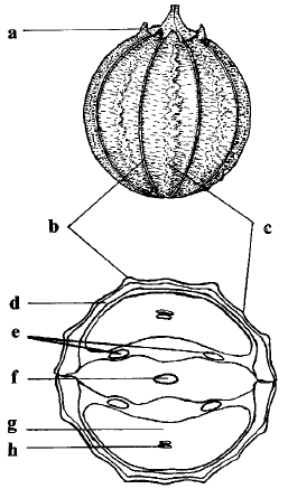
Adaptado de: Diederichsen, (1996).

Figura 4. Fruto del cilantro. a. Rama de frutos maduros de cilantro. b. fruto maduro dividido. c. fruto después de la extracción del pericarpio.



Adaptado de: Diederichsen, (1996).

Figura 5. Morfología del fruto de cilantro. a. Ápice de los sépalos alrededor del estilopodio. b. Arista lateral. c. Arista principal. d. Pericarpio. e. Conducto oleaginoso. f. Carpóforo. g. Endosperma. h. embrión.



Fuente: Diederichsen, (1996).

4.3.3. Floración

La floración inicia con una umbela primaria compuesta. Las flores periféricas son las primeras que se abren, éstas poseen mecanismo fisiológico de protandria, madurando primero la parte masculina que la femenina. Las flores centrales de la umbela son estaminadas (flores que tienen estambres funcionales, capaces de producir polen, pero no tienen ovario) o a veces estériles. En las flores centrales los filamentos se localizan entre sus pétalos. Después de que la flor se abre los filamentos blancos son visibles entre los pétalos en las flores periféricas, éstas se deben quitar para que su polen no conduzca a la fecundación. Dependiendo de las condiciones climáticas, 2 o 3 días después de la apertura de las primeras flores, los sacos polínicos cambian de color y se tornan rosados o violetas, luego los filamentos se estiran y los sacos de polen se abren y separa el polen (Diederichsen, 1996).

El estigma es receptivo a la polinización por un período máximo de 5 días. La planta puede ser polinizada artificialmente colocando los granos de polen de la planta “padre” en el estigma usando un pincel o cepillando cuidadosamente los estigmas con umbelas florecientes de la planta “padre” (Diederichsen, 1996).

4.4. CULTIVARES EN COLOMBIA

Las variedades más cultivadas en Colombia son:

- Mágnum: es una planta de porte medio de color verde intenso sus hojas son anchas y muy aromáticas. Alrededor de 70 días para cosecha en verde. La dosis de semilla por hectárea es de 50–60 libras. Su rendimiento es de 20 – 30 ton/ha. Se cultiva en altiplano cundiboyacense y en Nariño (Corporación Colombia Internacional, 2006).
- *Slow bolt*: Es un cultivar importado la planta es de porte medio a bajo de color verde intenso, sus hojas inferiores son pecioladas y las superiores son bitripinnadas. Alrededor de 60 días a cosecha en verde. La dosis de semilla por hectárea es de 50–60 libras. Es mayormente cultivado en el altiplano Cundiboyacense (Corporación Colombia Internacional, 2006).
- Castilla o patimorado: planta de porte medio, 53 días a cosecha en verde, se adapta entre los 800 y 2800 m.s.n.m. el rendimiento del follaje es de 1500 g/ m^2. El rendimiento de semilla por planta es de 3.6 g (Arizo & Ana Curioni, 2011).
- Unapal precoso: Posee un rendimiento de semilla por planta de 3.6 g, el rendimiento de semilla por m^2 es de 131.3 g y la masa de 1000 frutos 6.8 g. Alrededor de 35 días a cosecha. Es cultivado ampliamente en el valle del Cauca (Arizo & Ana Curioni, 2011).

4.5. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CILANTRO

En un estudio realizado en el año 2012 por el Gobierno de Nepal con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se estableció la composición nutricional de diversos alimentos que aportan energía y nutrientes que son importantes para mantener una buena salud, en este estudio se incluye el cilantro como un alimento importante en la ingesta humana. La composición nutricional para 100g de hojas de cilantro frescas, comestibles se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Composición nutricional de 100 g de hojas de cilantro en fresco.

Componente	contenido	unidad
Humedad	86.3	g
Proteínas	3.3	g
Grasas	0.6	g
Carbohidratos	6.3	g
Minerales	2.3	g
Fibra	1.2	g
Energía	44	kcal
Calcio	184	mg
Fosforo	71	mg
Hierro	1.42	mg
Caroteno	6918	µg
Vitamina C	135	mg
Tiamina	0.05	mg
Riboflavina	0.06	mg
Niacina	0.8	mg

Fuente: Prava, (2012).

Cabe resaltar que las tablas de composición de alimentos se han desarrollado dependiendo de las condiciones ambientales y climáticas del lugar en el cual se realiza la producción de los genotipos de interés, por lo que estas pueden variar dependiendo de las especies vegetales utilizadas en los estudios.

4.6. USOS

C. sativum es una hierba aromática y medicinal, se puede emplear entero o molido. En la industria alimentaria gracias a sus propiedades antioxidantes, a su contenido de aceite esencial y a la presencia de ácidos grasos, se utiliza en la fabricación de embutidos, es el principal componente del curry y de la industria licorera como saborizante (Msaada *et al*., 2009). El aceite de *Coriandrum savitum* posee ácidos grasos como el petroselínico que pueden ser utilizados en la fabricación de biodiesel, aportando unos 450 kg/ha de aceite (Moser & Vaughn, 2010). Además, el biocombustible de cilantro posee una mayor estabilidad oxidativa que el de la soja (Arizo & Ana Curioni, 2011). Dada la actividad hipoglicémica, antibacteriana entre otras se utiliza en medicina como un antidepresivo, carminativo, etc. (Rajeshwari & Andallu, 2011).

4.7. PRODUCCIÓN

El cilantro es una hortaliza altamente cultivada en Colombia. Datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural muestran que para el año 2007 en el departamento del Valle del Cauca se registró un área cosechada de 319.55 hectáreas, una producción de 2733.4 toneladas, un rendimiento de 8.55 t/ha y una participación en la producción nacional de 26.1%. Ya para el año 2017 se contaba con un área cosechada de 801.0 hectáreas, una producción de 7030.29 toneladas, un rendimiento de 8.78 t/ha y una participación en la producción nacional de 26.3%. Esto muestra un incremento en la producción de 6710.7 toneladas en el transcurso de10 años. Estos datos son importantes ya que permiten identificar la necesidad de mejorar la producción y de este modo contribuir a la diversificación de la producción del departamento.

4.8. AGRONOMÍA DEL CULTIVO

Las plantas de cilantro se adaptan bien a los climas presentes en las diversas regiones de Colombia, debido a su diversidad morfológica. Algunos aspectos a tener en cuenta son:

- Preparación del suelo: se debe arar el terreno con algunos días de anticipación a la siembra con el propósito de airear el suelo y realizar el control de malezas que pueden ocasionar problemas después de la siembra. La planta se desarrolla bien en suelos con textura franca, pH entre 6 y 7, con buen drenaje y altos contenidos de materia orgánica (Estrada *et al*., 2004).
- Siembra: la siembra es directa colocando las semillas en el suelo o sustrato de crecimiento. La cantidad de semilla varía entre 1.5 y 2.5 gramos por metro cuadrado con un equivalente de 15 a 25 kg/ha, permite una población de 180.25 plantas por metro cuadrado. Los surcos sencillos pueden distanciarse entre 25-35 cm. La distancia entre plantas recomendada es de 15 a 20 cm con una profundidad que no supere los 5 mm (Estrada *et al*., 2004).
- Germinación: la germinación de las semillas y emergencia de las plántulas de cilantro ocurre entre los 5 y 7 días después de la siembra. El encostramiento del suelo superficial por excesos de riego o mal drenaje de los mismos, condiciona la no uniformidad en la germinación y emergencia de las plántulas, generando lotes de siembra con” parches” o “calvas” que afectan el establecimiento de poblaciones deseadas y mermas en los rendimientos de las unidades productivas (Zapata, 2017).

- Cosecha de follaje: depende de la variedad sembrada en algunos cultivares la cosecha se hace a los 50 o 70 días (ver tabla 3). La era debe regarse abundantemente para facilitar el arranque. Cosechadas las plantas, se preparan quitándole las hojas amarillas y se lavan con agua limpia, después se hacen atados de aproximadamente 15 cm de diámetro (en promedio un kilogramo de peso) para su posterior comercialización (Estrada *et al*., 2004).
- Empaque: se debe empacar en cajas o guacales plásticos. Se utiliza el sistema de "atados" para la comercialización mayorista. Los atados son una medida empírica que tiene un peso variable según el cultivar y el estado de desarrollo (con o sin tallo floral) y que puede estar entre 1 y 2 Kg /atado. El cultivo de cilantro alcanza rendimientos hasta de 8 T/ha de material fresco (Zapata, 2017).

4.9. ESTUDIOS REALIZADOS EN MEJORAMIENTO GENETICO DE CILANTRO

Los estudios realizados en el mejoramiento genético del cilantro están sujetos a las necesidades encontradas en los diferentes lugares en donde estos se desarrollan, por lo que muchas de las investigaciones realizadas van direccionadas a la obtención de variedades con mayor resistencia a plagas, enfermedades y con miras a mejorar el rendimiento del cultivo evaluando densidades de siembra y diversidad genotípica. Por ejemplo en Pernambuco, Brasil, las variedades cultivadas son poco resistentes a los altos picos de temperatura, por lo que mediante la identificación y evaluación de caracteres morfológicos (altura de la planta, floración temprana, amplitud de las hojas, entre otros) se buscaba establecer variedades tolerantes al calor estimando parámetros genéticos como una alta heredabilidad que se trasmite a las progenies, encontrando que la mayor varianza genética fue el número de días de inicio del espigado y la masa fresca, lo que indica que estas condiciones son favorables para la selección y producción de variables tolerantes al calor (Oliveira *et al*., 2015).

Otro estudio realizado en Brasil consistió en determinar los caracteres morfológicos para distinguir genotipos de cilantro realizando su registro. Se logró identificar diferencias en el contenido de antocianinas tanto en la plántula como en el estado adulto al momento de la cosecha, altura de las plantas, días a floración y apertura de la primera flor, número de hojas basales y la masa de planta en fresco. Esta investigación sirve de base para el desarrollo de futuros trabajos en mejoramiento (Melo *et al*., 2009).

Rusia se realizó un estudio sobre la diversidad y la plasticidad fisiológica de genotipos de cilantro logrando mejorar el rendimiento, la cosecha y la venta en cualquier época del año (Bashtanova & Flowers, 2011).

En Noruega se llevó a cabo una investigación que consistió en evaluar el uso de diferentes compuestos como gametocidas masculinos como una alternativa al procedimiento de emasculación que en el cilantro resulta ser complicada. Se identificó la hidrazida maleica pulverizada a 250 ppm como potencial gametocida masculino ya que mostró un 23,2% de esterilidad de polen (Kalidasu, *et al.,* 2009).

En India se realizó un trabajo sobre la variabilidad de diferentes genotipos para identificar las principales características como variabilidad genotípica y fenotípica, heredabilidad, avance genético, entre otros, que pueden ser explotados con el método de selección recurrente para mejorar el rendimiento del cultivar. Se encontró como resultado que la altura de la planta, el rendimiento de la semilla y las umbelas de la planta presentan altas estimaciones de heredabilidad junto con altos valores de avance genético por lo que la selección recurrente de estos caracteres fue útil en la mejora genética (Rajput & Songh, 2003).

En otro estudio se evaluaron 15 genotipos diferentes para determinar cómo la distancia de siembra y algunos caracteres morfológicos como la altura, número de ramas, número de umbelas por rama y el número de subumbelas afecta la cantidad de frutos y el contenido de aceite esencial. Se encontró que con una altura de 103.50 cm, número de ramas ± 16.55, número de umbelas por rama de ± 7, número de umbelas de umbelas de ± 7 y una distancia de 60 cm de separación entre plantas, se obtiene un mayor rendimiento de fruto y de aceite esencial (Singh *et al*., 2002).

En México se realizó la caracterización del crecimiento de diferentes variedades de cilantro para entender mejor el comportamiento hormonal de los cultivos y con ello proponer alternativas de solución al problema del "pateamiento prematuro" que se presenta en las siembras de primavera-verano. Con el uso de fitorreguladores se buscaba control del crecimiento y actuar en la regulación de actividades fisiológicas. Se encontró que La respuesta a estos reguladores del crecimiento está en función del genotipo. La aplicación de ácido giberélico solo o en combinación con otros fitorreguladores adelanta la floración en cilantro. La mejor combinación de fitorreguladores para retrasar el punteo en cilantro, resultó al aplicar una vez ácido indolacético sumado con kinetina a dosis de 5 ppm y 10 ppm, respectivamente (Hernández, 2003).

En el caso de Colombia se realizó el mejoramiento genético de la población básica de origen brasilero conocida como "Verdao". Después de cinco ciclos de selección individual y

recombinación genética bajo polinización controlada en lotes aislados, se obtuvo la variedad Unapal precoso, la cual presenta características como precocidad, rendimiento de follaje por planta y por unidad de área, aroma y tolerancia de campo respecto a las principales plagas y enfermedades comunes en el Valle del Cauca (Estrada *et al*., 2004).

Para el año 2006, la Universidad Nacional de Colombia obtuvo un nuevo cultivar de cilantro a partir del método de selección recurrente utilizando la variedad Unapal precoso como parental, después de varios ciclos de recombinación se obtuvo el cultivar Unapal laurena que conserva características como precocidad, aroma y resistencia a problemas fitosanitarios comunes en el Valle del cauca, presentando un avance en cuanto a la cantidad de hojas basales con un comportamiento promedio de 3.5 hojas por planta y el rendimiento promedio de 28.85 Kg/Ha, superando el promedio para el rendimiento total nacional en cilantro que se encontraba en 5.29 Kg/Ha (Zapata, 2017).

4.10. SELECCIÓN INDIVIDUAL

El método de selección individual consiste en la selección de plantas superiores a partir de la generación F2 y en generaciones segregantes posteriores en poblaciones de especies autopolinizadas y de polinización cruzada. La se selección se realiza en generaciones sucesivas y se mantiene un registro de las relaciones entre padres y descendientes. Estos registros sirven para decidir cuales familias deben ser mantenidas o eliminadas. La selección se basa más frecuentemente en evaluaciones fenotípicas de rasgos de alta heredabilidad, pero se puede incorporar cualquier protocolo de selección, como la evaluación de laboratorio de la composición química de la planta o la selección asistida por marcadores, si se desea. (Vallejo & Estrada, 2002).

Este método se puede dividir en dos etapas así:

Obtención de la generación F1: al ser la primera generación obtenida después de realizar la selección de los progenitores, no se considera segregante por lo que no es necesario realizar selección en esta etapa. Se recomienda guardar semilla de reserva. Las plantas se deben comparar con los progenitores para de este modo tener la seguridad que son híbridos (Vallejo & Estrada, 2002).

Obtención de la generación F2: en esta etapa se da inicio a la segregación, se debe realizar aquí la primera selección rigurosa de caracteres de alta heredabilidad y moderada para

caracteres de baja heredabilidad. Se realiza la eliminación de plantas con genes poco favorables (Vallejo & Estrada, 2002).

Obtención de la generación F3: Se procede a seleccionar entre familias y dentro de las familias, el número de individuos F3 que se selecciona no debe exceder el número de familias cultivadas. (Vallejo & Estrada, 2002).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. ÁREA DE ESTUDIO

Esta investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP) localizado en el municipio de Candelaria, Valle del Cauca, en las coordenadas 3°25'34.41"N, 76°25'51.09"W, altitud 1050 m.s.n.m., temperatura promedio de 25 °C, humedad relativa 76% y una precipitación anual de 1100 mm. Los suelos de CEUNP se caracterizan por ser arcillosos y franco arcilloso.

5.2. MATERIAL VEGETAL

Las características de los genotipos de cilantro utilizados son las siguientes:

- Unapal laurena: posee un crecimiento erecto, hojas basales tripinnadas, tallo aristado de color verde, de 36 – 40 días a floración. La cosecha se realiza a los 35 días. Presenta alrededor de 4 – 5 hojas basales. Con un rendimiento experimental de 65 ± 5 (ton ha^{-1}) y un rendimiento comercial de 40 ± 5 (ton ha^{-1}), la densidad de siembra es de 1’600.000 a 2’000.000 plantas ha^{-1} y está adaptado a las condiciones del Valle geográfico del río Cauca y la zona cafetera (Zapata, 2017).
- *Slow bolt*: Es una planta de porte medio a bajo, de color verde intenso, las hojas inferiores son pecioladas y las superiores son bitripinnadas. La cosecha se realiza a los 60 días después de la siembra. Presenta alrededor de 25 – 30 hojas basales. La dosis de semilla por hectárea es de 50 – 60 libras y el rendimiento de 20 – 25 (ton ha^{-1}). Es un cultivar importado adaptado al Altiplano cundiboyacense (Corporación Colombia Internacional, 2006), por lo que producirlo en climas cálidos es complicado.

5.3. OBTENCIÓN DE POBLACIONES

5.3.1. Fases y etapas experimentales

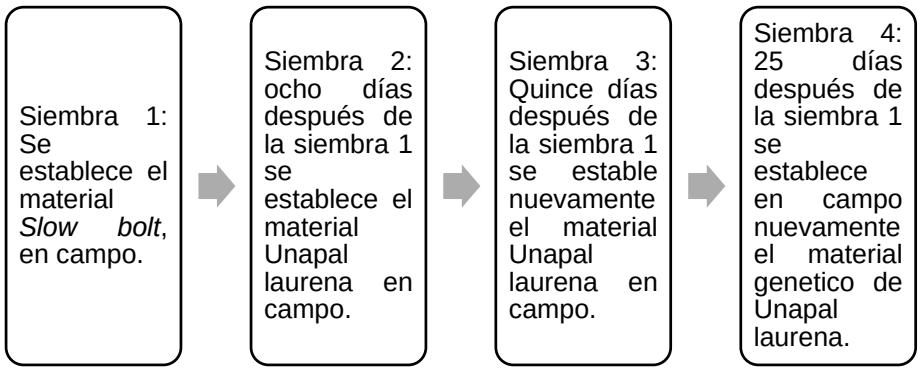
La fase experimental inició en el mes de octubre del año 2016 utilizando 200 g de semilla de la variedad *Slow bolt* y 300 g de Unapal laurena

Fase I:

- **Etapa I:** Se inició con la realización de los semilleros, para esto se utilizaron 4 bandejas de 72 alveolos, para cada una de los genotipos utilizados. En cada alveolo se depositó una semilla, esta siembra se realizó en turba negra.
- **Etapa II:** Se establecieron los dos genotipos en campo así:
  - Unapal laurena: se sembró de forma escalonada (figura 6) bajo invernadero (figura 7) establecido para la siembra de ensayos experimentales en el CEUNP, en un área de 36,3 m^2 distribuidos en 4 camas de cultivo y una distancia entre plantas de 25 cm.
  - *Slow bolt*: se sembró en el lote de plantas medicinales bajo polisombra negra (figura 8) con el objetivo de controlar el exceso de luminosidad y altas temperaturas que suelen afectar a esta variedad, en un área de 14.7 m^2 distribuidos en 5 camas de cultivo y una distancia entre plantas de 25 cm.
- **Etapa III:** Después de haber establecido en campo los dos genotipos se realizó el manejo agronómico del cultivo según se explica en la tabla 6. Una vez se alcanzó la etapa de floración se procedió a realizar la evaluación floral aislando todas las umbelas y una sola subumbela para identificar los posibles resultados en la obtención de semilla y el momento adecuado para realizar la emasculación de las flores, verificando lo citado en la descripción de la floración en el numeral 4.3.3. Para el aislamiento de las umbelas se utilizó tul terlenka con un diámetro de poro de <1mm. Se utilizaron los criterios de evaluación establecidos en la tabla 5. Para visualizar la flor y determinar si se encontraba abierta o cerrada y el color de la antera, se utilizó una lupa de mano convencional. Además, se emplearon tijeras de disección de 110 mm de longitud con las que se realizó el corte de las subumbelas.
- **Etapa IV:** Se seleccionaron en las variedades Unapal laurena y *Slow bolt*, las plantas que presentaron un comportamiento superior en cuanto al carácter número de hojas basales. Ya con las plantas seleccionadas se procedió a realizar la emasculación de las flores utilizando una pinza de disección de punta fina de 115 mm y una lupa de mano convencional, retirando el androceo (filamento y antera). Una vez realizada la emasculación

se llevó la flor completa de la variedad *Slow bolt* a Unapal laurena para transmitir el polen, frotando las flores entre sí para lograr el cruce entre los dos cultivares, y así obtener la población F1. Se realizaron cruzamientos directos y recíprocos entre las variedades Unapal laurena y *Slow bolt*.

Figura 6. Ciclos de siembra.



Fuente: Elaboración propia, (2016).

Tabla 5. Criterios para la evaluación floral.

Flores	Color de antera	Cantidad de umbelas
Abiertas	blanco violeta	Todas las sub-umbelas, una sub-umbela
Cerrada	Verde	Todas las sub-umbelas, una sub-umbela

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Figura 7. Invernadero para la variedad Unapal Laurena.

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Figura 8. Lote de plantas medicinales.

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Fase II:

- **Etapa I:** Se realizó la siembra de la semilla correspondiente a la población F1 en semilleros utilizando 1 bandeja de 72 alveolos y turba negra.
- **Etapa II:** Se llevaron las plántulas a siembra en campo en el lote de plantas medicinales bajo polisombra para controlar el exceso de luminosidad y altas temperaturas, y de este modo controlar posibles efectos debido al cruzamiento realizado. Se utilizó un área de 9.1 m^2 y una distancia entre plantas de 40 cm.
- **Etapa III:** Se llevaron estas plantas hasta la etapa de floración en donde se aislaron de forma individual con el fin de controlar la polinización cruzada y multiplicar la semilla. Se Utilizó un ventilador para generar corrientes de aire dirigidas hacia las plantas para permitir que el polen circulara dentro del aislamiento y de este modo garantizar la autofecundación de las plantas y obtener la población F2. Para el aislamiento de las plantas se utilizaron encierros de 1.20 metros de altura por 40 centímetros de ancho en tul terlenka, el cual tiene un diámetro de poro de <1mm. (Ver figura 13 y 14).

Fase III:

- **Etapa I:** Se realizó la siembra correspondiente a la población F2 la cual se conformó por 27 familias y del cultivar Unapal laurena. Se utilizaron 29 bandejas de 72 alveolos y turba negra para el establecimiento de semilleros. En cada alveolo se colocó una semilla.
- **Etapa II:** Se llevaron las plántulas al campo de cultivo ubicado en la zona este del CEUNP, exponiendo las plantas a las condiciones climáticas medias del CEUNP y municipio de Candelaria. Allí se trasplantaron las 27 familias en 5 camas, (la cantidad de plántulas establecidas en campo se encuentran citadas en la tabla 11), en un área total de 400 m^2 y

una distancia entre platas de 40 cm. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar para identificar y cuantificar cualquier efecto sobre las familias.

- **Etapa III:** Una vez se presentó en las plantas el tallo floral, se procedió a realizar la caracterización morfológica de las 27 familias pertenecientes a la población F2 y de la variedad Unapal laurena. Para esta evaluación se seleccionaron 4 plantas de cada una de las familias. Para esto se utilizaron los siguientes descriptores morfológicos: Altura de la planta (ALT), masa total de la planta (MTOTAL), masa de la parte aérea (MPA), masa de la raíz (MRAIZ), masa del tallo (MT), diámetro del tallo (DT), masa del follaje (MFOL), numero de hojas basales (NHB), número de nudos (NDN), número de hojas no basales (NHNB), hojas totales de la planta (THOJAS), Longitud de la hoja basal más larga (LHBM) y precocidad (DAF).
- **Etapa IV:** Se llevó a cabo el análisis estadístico utilizando las medidas de tendencia central, medidas de dispersión, análisis de varianza y la prueba de agrupamiento de Duncan para identificar diferencias significativas entre las familias, la ganancia genética y la posterior selección de las familias que presentaron un comportamiento superior para el carácter número de hojas basales.
- **Etapa V:** Se realizó el aislamiento en campo de las familias previamente seleccionadas, las cuales fueron llevadas hasta el estado de floración. Estas se aislaron de forma grupal confinando 5 plantas de cada una de las familias seleccionadas, en encierros de 2.8 m de largo, 1.40 m de alto y 0.5 m de profundidad. Se utilizó tul terlenka de diámetro de poro de <1mm. El objetivo de estos encierros era controlar la polinización cruzada y obtener la población F3.

Fase IV:

- **Etapa I:** La población F3 conformada por las familias seleccionadas en la fase III etapa V, se sembró en semilleros utilizando bandejas de 72 alveolos y turba negra. Para su posterior trasplante en campo. Se llevaron las plántulas a siembra en campo en donde se utilizó un área de 27.2 m^2 distribuidos en 3 camas de cultivo, con distancia entre plantas de 35 cm, en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.
- **Etapa II:** Se realizó la caracterización morfológica de las familias pertenecientes a la población F3. Para esta evaluación se escogieron 4 plantas de cada una de las familias seleccionadas. Utilizando los descriptores morfológicos establecidos en el numeral 5.6., se realizó el análisis de varianza, de las medidas de tendencia central, medidas de dispersión, y la prueba de agrupamiento de Duncan.

5.3.2. Manejo agronómico del cultivo

Las actividades de campo realizadas para el manejo del cultivo se describen en la tabla 6.

Tabla 6. Actividades para el manejo del cultivo.

Semana	Actividad
1	Establecimiento de semilleros en bandeja de germinación de 72 alveolos. Riego una vez al día utilizando vasos de 7 onzas. Después de germinación se abona con 10 gramos de cosmocel y 20 de nitrato de potasio disueltos en 10 litros de agua dos veces por semana.
2	Preparación del terreno para siembra. Siembra de las plántulas en campo y se programan riegos de 20 minutos dos veces al día. El abonamiento se realiza dos veces en la semana con 40 gramos de nitrato de potasio y 20 gramos de cosmocel disueltos en 20 litros de agua,
3	Riego 2 veces al día con una duración de 20 minutos. Abonamiento con 40 gramos de nitrato de potasio y 20 de cosmocel disueltos en 20 litros de agua, este se realiza dos veces en la semana. Control manual de arvenses.
4	Riego dos veces al día con una duración de 20 minutos. El abonamiento se realiza dos veces en la semana con 200 gramos de nitrato de potasio y 100 gramos de cosmocel disueltos en 20 litros de agua. Control manual de arvenses.
5	Riego dos veces al día con una duración de 20 minutos. Se abona con 300 gramos de nitrato de potasio y 150 gramos de cosmocel disueltos en 20 litros de agua dos veces en la semana.
6	Riego dos veces al día con una duración de 20 minutos. Se abona con 300 gramos de nitrato de potasio y 150 gramos de cosmocel disueltos en 20 litros de agua dos veces en la semana.
7	Riego dos veces al día con una duración de 20 minutos. Se abona con 300 gramos de nitrato de potasio y 150 gramos de cosmocel disueltos en 20 litros de agua dos veces en la semana.
8	Cosecha

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.5. VARIABLES A EVALUAR

Tanto en las familias F2 como en las familias F3 se seleccionaron 4 plantas de cada familia y se evaluaron las variables de la tabla 7.

Tabla 7. Variables evaluadas.

Variables	Abreviatura	Unidad de medida	Características
Altura	ALT	cm	Tallo con presencia de inflorescencia sin hojas basales, brotes axilares
Masa total de la planta	MTOTAL	g	Cuantificación del peso Raíz, tallo y follaje
Masa de la parte aérea	MPA	g	Se cuantifico el peso del tallo y follaje
Masa del tallo	MT	g	Cuantificación el peso del tallo
Masa de la raíz	MRAIZ	g	Se cuantifico el peso de la raíz
Masa del follaje	MFOL	g	Se realizó la diferencia entre el peso de la parte aérea y el peso fresco del tallo
Número de hojas basales	NHB	N.A.	Se realizó la separación de las hojas adheridas a la base del tallo cuantificando las mismas
Número de hojas no basales	NHNOB	N.A.	Se realizó la separación de las hojas no basales del tallo cuantificando las mismas.
Diámetro del tallo	DIAT	mm	Medición del diámetro del tallo
Número de nudos	NNUD	N.A.	Cuantificación del número de nudos presentes en el tallo.
Hojas totales de la planta	THOJAS	N.A.	Sumatoria entre el número de hojas basales y el número de hojas no basales.
Longitud de la hoja basal más larga	LHBM	cm	Se realizó la medición de la hoja basal más larga
Precocidad	DAF	días	Se cuantificaron los días que trascurrieron desde la germinación hasta la aparición del tallo floral

Fuente: Elaboración propia, (2018).

5.5.1. Análisis de datos

Las variables seleccionadas se analizaron utilizando el promedio, el coeficiente de variación, la desviación estándar, el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Duncan, para determinar si existen diferencias significativas entre las poblaciones obtenidas. El análisis de datos se realizó con el software SAS versión 9.2.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. EVALUACIÓN DE LA FLORACIÓN

Se realizó el aislamiento de umbelas como se describe en la tabla 4, para identificar con claridad el tiempo en el cual se puede realizar la emasculación de las flores. De esta evaluación se obtuvieron los resultados que se registran en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Aislamiento de Umbelas Flores abiertas.

Aislamiento de Umbelas	Color de antera	Resultado
Todas las sub-umbelas	Blanco	Sin semilla
Todas las sub-umbelas	Blanco	Con semilla
Todas las sub-umbelas	Blanco	Sin semilla y marchita
Todas las sub-umbelas	Blanco	Con semilla
Una sub-umbela	Blanco	Sin semilla y marchita
Una sub-umbela	Blanco	Sin semilla y marchita
Una sub-umbela	Blanco	Sin semilla y marchita
Una sub-umbela	Blanco	Sin semilla y marchita
Todas las sub-umbelas	Violeta	Con semilla
Todas las sub-umbelas	Violeta	Con semilla
Todas las sub-umbelas	Violeta	Con semilla
Todas las sub-umbelas	Violeta	Con semilla
Una sub-umbela	Violeta	Con semilla
Una sub-umbela	Violeta	Con semilla
Una sub-umbela	Violeta	Con semilla
Una sub-umbela	Violeta	Con semilla

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Tabla 9. Aislamiento de Umbelas Flores cerradas.

Aislamiento de Umbelas	Color de antera	Resultado
Todas las sub-umbelas	Verde	Sin semilla y marchita
Todas las sub-umbelas	Verde	Con semilla
Todas las sub-umbelas	Verde	Sin semilla y marchita
Todas las sub-umbelas	Verde	Con semilla
Una sub-umbela	Verde	Con semilla
Una sub-umbela	Verde	Sin semilla y marchita
Una sub-umbela	Verde	Sin semilla y marchita
Una sub-umbela	Verde	Sin semilla y marchita

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Con los resultados de las tablas 8 y 9, se tomó la decisión de emascular las flores abiertas con todas las sub-umbelas color de antera blanco, ya que existía una mayor probabilidad que el polen de la planta padre llegue a los estigmas ya que en ese instante se encuentra receptivo y se puede tener mayor probabilidad de fecundación. En la figura 9 se presenta la imagen de una de las umbelas seleccionadas y en la figura 10 se presenta el aislamiento realizado a esta y en la figura 12 se puede observar el aislamiento de las umbelas en el cultivar Unapal laurena después de realizar el cruzamiento.

Figura 9. Umbelas seleccionadas para su evaluación.

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Figura 10. Aislamiento de Umbelas para evaluación.

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Para realizar los cruzamientos entre las dos variedades es importante tener en cuenta la descripción de la floración y la evaluación anterior. Los cruzamientos realizados entre las dos variedades se describen en la tabla 10, se puede observar que la efectividad en términos de porcentaje de los cruzamientos teniendo a Unapal laurena como madre es de 42.85%. Se puede asumir que existe un efecto materno que dificulta utilizar la variedad *Slow bolt* como parental femenino, ya que ninguno de los cruzamientos fue efectivo. Esto ocurre debido a que las semillas

son proveídas de energía y nutrientes por la planta madre la cantidad, el tamaño y la supervivencia posterior se verá afectada si esta provisión no es realizada correctamente, y esto puede ocurrir por efectos maternos genéticos y no genéticos (Author *et al*., 1997). Los efectos maternos genéticos se ven afectados por diferencias genéticas entre las plantas utilizadas como parentales lo cual con lleva a diferencias en la provisión de energía, nutrientes entre otros aspectos a medida que se desarrolla la semilla dentro de las flores (Roach, *et al*., 1987). Los efectos maternos no genéticos pueden ocurrir debido al ambiente en el que crece la planta madre, el hecho de que la planta crezca en un ambiente para cual no está adaptada genera problemas en la obtención de la semilla (Author *et al*., 1997).

Aun cuando la efectividad de los cruzamientos realizados no supera el 50%, si se comparan estos resultados con los obtenidos en el estudio realizado en Noruega donde se evaluó la efectividad del uso de gametocidas para evitar el proceso de la emasculación y se obtuvo una efectividad del 23.2% utilizando hidrazida maleica pulverizada a 250 ppm (Kalidasu, Sarada, Reddy, & Reddy, 2009). Estos resultados indican la realización del procedimiento de emasculación a pesar de la dificultad debido al tamaño de las flores, es hasta ahora una de las mejores alternativas para realizar polinizaciones controladas en el cultivo de cilantro. Se ha reportado que existe un tipo esterilidad masculina citoplasmática y nuclear, útil en la obtención de nuevas variedades (Diederichsen, 1996), pero a la fecha no se encuentran estudios en donde se evidencie la utilización de este tipo de esterilidad en la especie. En la figura 11 se puede observar las imágenes de las plantas obtenidas para la generación F1 y en la figura 12 se muestra el aislamiento de las umbelas realizado en campo de la variedad Unapal laurena utilizada parental femenino.

Tabla 10. Resultados Cruzamiento realizados.

Cruzamiento	**Cruzamientos realizados**	**Cruzamientos efectivos**	**Efectividad de los cruzamientos (%)**	**Semillas obtenidas**
Madre: Unapal laurena; padre: *Slow bolt*	35	15	42.85	35
Madre: *Slow bolt*; padre: Unapal laurena	12	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Figura 11. Plantas obtenidas en la generación F1.

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Figura 12. Cruzamientos Madre: Unapal laurena.

Fuente: Elaboración propia, (2016).

Tomando como madre a Unapal laurena se obtuvo como resultado 35 semillas que conformaban la población F1. Debido a la cantidad de semilla y a que aún no se podía establecer la efectividad del cruzamiento se decidió sembrar las 35 semillas con el fin de multiplicarlas y de este modo obtener la población F2.

Al establecer la población F1 (o sea las 35 plantas obtenidas) se marchitaron y murieron 8 plantas, esto pudo suceder debido al efecto de la variedad *Slow bolt* y el efecto de las condiciones climáticas presentes; por lo que el proceso de autofecundación controlada realizado con ayuda de corrientes de viento generadas por un ventilador se realizó con 27 plantas. Este proceso se puede observar en las figuras 13 y 14.

Figura 13. Aislamiento de la población F1.

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Figura 14. Polinización asistida población F1.

Fuente: Elaboración propia, (2017).

De la polinización asistida se obtuvieron los pesos de semillas registrados en la tabla 11, el índice de semilla para el cilantro es el peso de 100 semillas equivalentes a 1 g.

Tabla 11. Pesos semilla obtenida de plantas F1.

Planta	Peso de la semilla (g)	Planta	Peso de la semilla (g)
1	0.37	15	11.79
2	1.39	16	5.87
3	0.14	17	9.76
4	2.28	18	4.52
5	4.95	19	6.19
6	1.46	20	4.52
7	6.99	21	12.84
8	4.77	22	6.273
9	2.25	23	15.47
10	9.11	24	2.71
11	3.67	25	6.38
12	6.61	26	4.59
13	4.18	27	8.56
14	9.50		

Fuente: Elaboración propia, (2017).

Con la semilla obtenida (Ver tabla 10), se establecieron los semilleros para su posterior trasplante a campo conformó la generación F2. Esta se llevó a campo en un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Las 27 plantas pasan a ser 27 familias. Se sembraron 55 semillas por cada familia de las cuales germinaron las plantas que se registran en la tabla 12.

Tabla 12. Plantas obtenidas por familia.

Familia	No. de plantas obtenidas	Familia	No. de plantas obtenidas
1	No germino	15	6
2	17	16	10
3	No germino	17	26
4	36	18	20
5	16	19	12
6	29	20	6
7	33	21	33
8	17	22	30
9	19	23	15
10	26	24	20
11	15	25	20
12	7	26	34
13	12	27	20
14	8		

Fuente: Elaboración propia, (2017).

En la tabla 12 se puede observar que no fue posible obtener plantas para las familias 1 y 3 ya que no germinaron.

Con las plantas germinadas de las 25 familias se procedió a realizar la evaluación de las características morfológicas: Altura de la planta (ALT), masa total de la planta (MTOTAL), masa de la parte aérea (MPA), masa de la raíz (MRAIZ), , masa del tallo (MT), diámetro del tallo (DT), masa del follaje (MFOL), numero de hojas basales (NHB), número de nudos (NDN), número de hojas no basales (NHNB), hojas totales de la planta (THOJAS), Longitud de la hoja basal más larga (LHBM) y precocidad (DAF).

6.2. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA POBLACIÓN F2

En la tabla 13 se pueden observar los resultados del análisis de varianza para los caracteres evaluadas en las diferentes familias. Al realizar el análisis de varianza se obtienen diferencias significativas entre las familias evaluadas y con relación a Unapal laurena.

Tabla 13. Cuadrados medios para las familias evaluadas población F2.

F. de V.	ALT	MTOTAL	MRAÍZ	MPA	MT	DIAT	MFOL	NHB	NNUD	NHNOB	THOJAS	LHBM
Familia	1039.93**	2966.62**	30.16**	2468.77**	142.61**	0.04**	1588.20**	78.88**	13.21*	141.05**	209.96**	221.30**
Error	300.15	567.14	7.86	467.45	33.73	0.009	291.22	13.2	5.73	48.97	61.86	40.81
C.V	30.24	33.75	35.68	34.48	34.18	14.04	37.34	33.99	23.91	30.86	23.57	26.59
Promedio	57.29	67.69	7.86	62.69	16.99	0.68	45.7	10.69	10.01	22.67	33.36	24.02
Desviación	17.32	23.81	2.80	21.62	5.80	0.09	17.06	3.63	2.39	6.99	7.86	6.38

Fuente: Elaboración propia, (2018).

**Diferencias altamente significativas, *Diferencia significativa ($p<0.05$)

Se encontró diferencias altamente significativas en la altura, masa total, masa de la raíz, masa de la parte aérea, masa del tallo, diámetro del tallo, masa del follaje, número de hojas basales, número de hojas no basales, total de hojas, longitud de la hoja basal más larga y una diferencia significativa en el número de nudos.

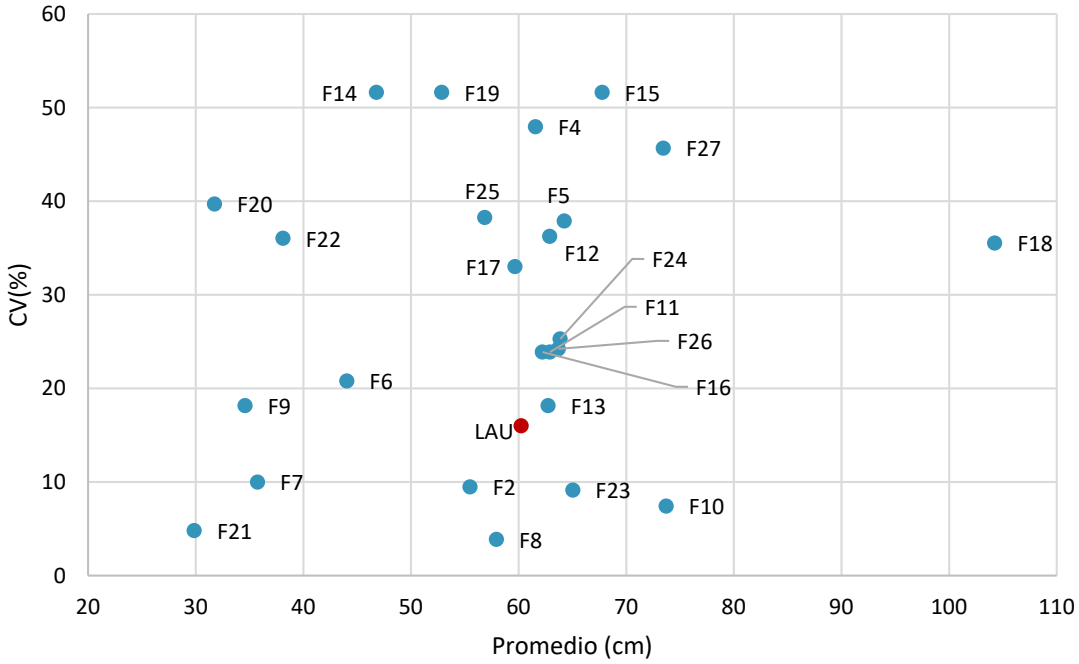
Teniendo en cuenta que el coeficiente de variación para el carácter de interés número de hojas basales es de 33.99%, se requiere buscar familias que tengan alto promedio de número de hojas con baja variación para que sea más fácil fijar el carácter. Sin embargo, la tabla 13 corresponde a los resultados de la evaluación de la población F2, por lo que plantas con buen número de hojas basales y alta variación, indican que se puede realizar selección individual dentro de la familia para fijar el carácter. Además, con estos resultados se confirma la efectividad del cruzamiento ya que son poblaciones segregantes.

Se clasificaron las familias de acuerdo al promedio y al coeficiente de variación para las variables altura, masa total y número de hojas basales y número de hojas totales.

En la figura 15 se puede observar los valores promedios para el carácter altura. La familia 18 es significativamente diferente comparada con Unapal laurena y con las demás familias, el coeficiente de variación es de 35.5% lo que indica que la variabilidad dentro de la familia para el carácter evaluado es alta. Al comprar las familias 2, 8, 23, 10, 7 y 21 que presentan un porte bajo y un coeficiente de variación entre 3 y 10% con la familia 18 y la variedad Unapal laurena que presenta un coeficiente de variación de 16.01%, se observa que estas familias presentan una mejor

expresión del carácter evaluado. Las familias 14, 15 y 19 presentan un coeficiente de variación de 51.63% este valor es alto si se compara con las familias 2, 8, 23, 10, 7 y 21; esto indica que la fijación del carácter va a ser más difícil en las familias 14, 15 y 19 ya que poseen un comportamiento muy variable.

Figura 15. Altura (cm) generación 2.

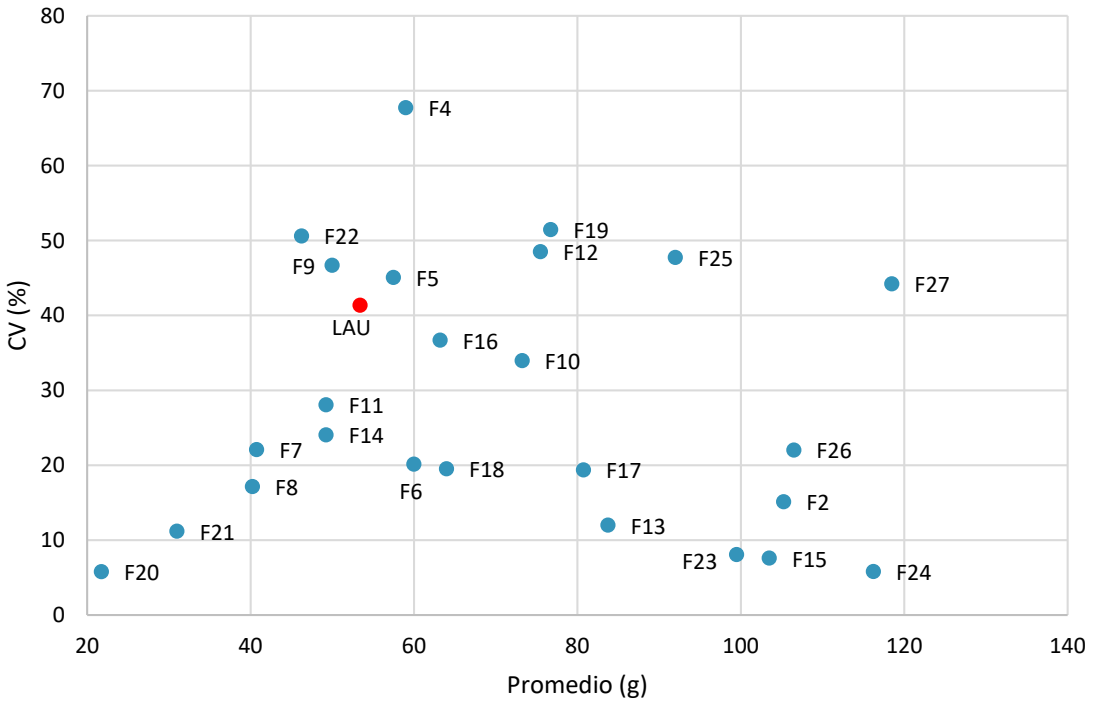


Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la figura 16 se muestran los resultados relacionados al carácter masa total. Se puede observar que la familia 27 posee una mayor masa total que las demás familias lo que la hace significativamente diferente, pero debido a que la altura es también significativa no se puede definir como una de las mejores familias ya que en su estructura presentar mayor proporción de tallo que de follaje, además presenta un coeficiente de variación de 44.19%, este resultado dificulta la fijación del carácter, ya que existe una mayor variabilidad del mismo al interior de la familia. Las familias 24, 26, 2, 15, 23 y 25 son significativamente diferentes, el coeficiente de variación se encuentra entre 5.8 % y 22.01% al compáralas con la variedad Unapal laurena y con las demás familias se puede ver que presentan un mayor valor promedio de masa, lo que las hace poblaciones con un buen comportamiento para el carácter evaluado. Sin embargo, es necesario analizar la proporción de hojas en la estructura de las plantas pertenecientes a estas familias. La familia 18 que presentaba una altura promedio de 104.25 cm posee una masa total de 64 g estos valores son importantes porque indica que una mayor altura no siempre reflejara una mayor masa.

Por otro lado, la familia 24 presenta un comportamiento promedio de 116.25 g con un coeficiente de variación 5.8%. Esto indica que el comportamiento de la familia 24 para el carácter evaluado es mucho más estable, teniendo en cuenta que la masa total es una medida influencia por la masa de la raíz, el tallo y el follaje de la planta.

Figura 16. Masa total (g) generación 2.

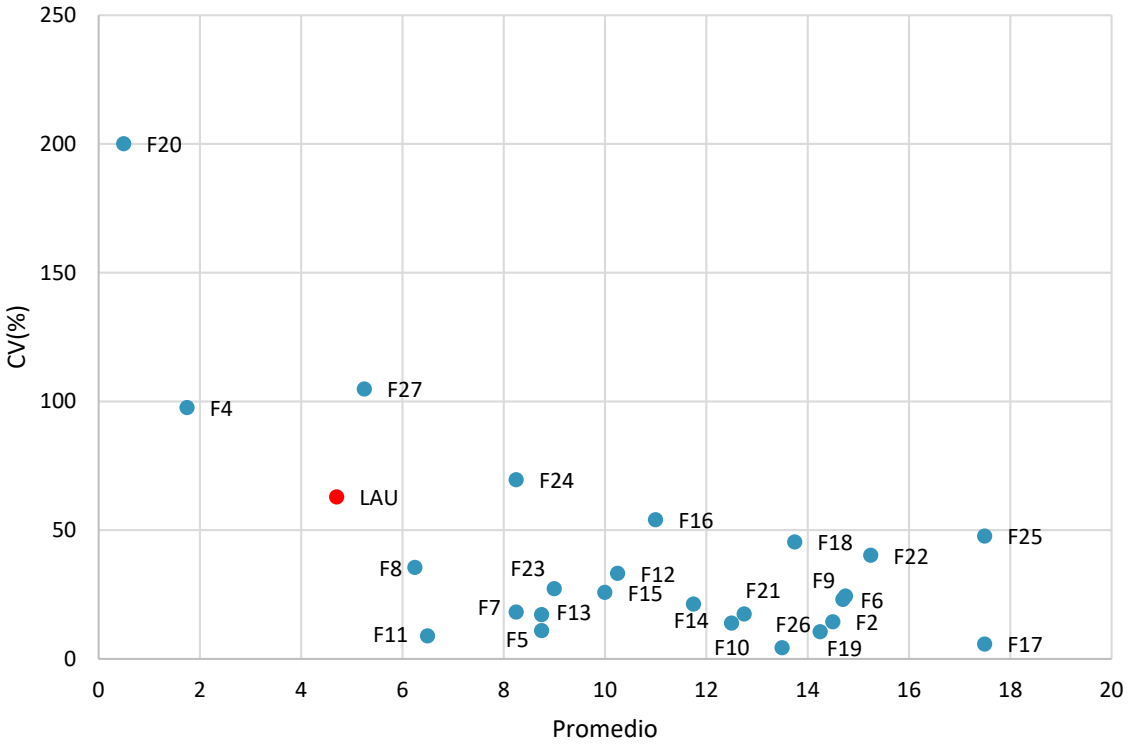


Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la figura 17 se presentan los valores promedios en cuanto al carácter número de hojas basales y sus respectivos coeficientes de variación. Las familias 20, 4 y 27 presentan pocas hojas basales entre 0.5 y 5 hojas y un coeficiente de variación alto entre 97 y 200%, esto se debe a que el coeficiente de variación es una medida afectada por valores extremos que alejan el comportamiento de la media poblacional debido a que existe una mayor variación en la familia. Si se compara estos resultados con las familias 25, 17, 22, 9, 6, 2, 19, 18, 26, 21, 10 y 14 las cuales son significativamente diferentes comparadas con las todas las familias y con la variedad Unapal laurena para el carácter evaluado se puede observar que el comportamiento de las familias 20 y 4 es inferior. La familia 25 tiene un promedio de 17.5 hojas basales con un coeficiente de variación de 47.69%. Esto indica que el

comportamiento no es estable lo que nos da la posibilidad de realizar una selección individual dentro de la familia para fijar el carácter. La familia 17 tiene un promedio de 17.5 hojas basales con un coeficiente de variación de 5.71%, esto indica que su comportamiento es muy estable. Las familias 2, 6, 9, 19 y 26 tienen un buen promedio de hojas basales con un coeficiente de variación entre 4 y 25% lo cual permite realizar la selección individual ya que su comportamiento es relativamente estable. Estos resultados muestran que existe segregación en las familias por lo que se confirma la efectividad de los cruzamientos realizados, ya que el comportamiento intra e interfamiliar no es estable, lo que permite realizar procesos de selección individual, además se identifica claramente que en su mayoría las nuevas poblaciones obtenidas tienen una mejor expresión del carácter evaluado si se compara con la variedad Unapal laurena superando la cantidad de hojas basales presentes en esta variedad.

Figura 17. Número de hojas basales generación 2.



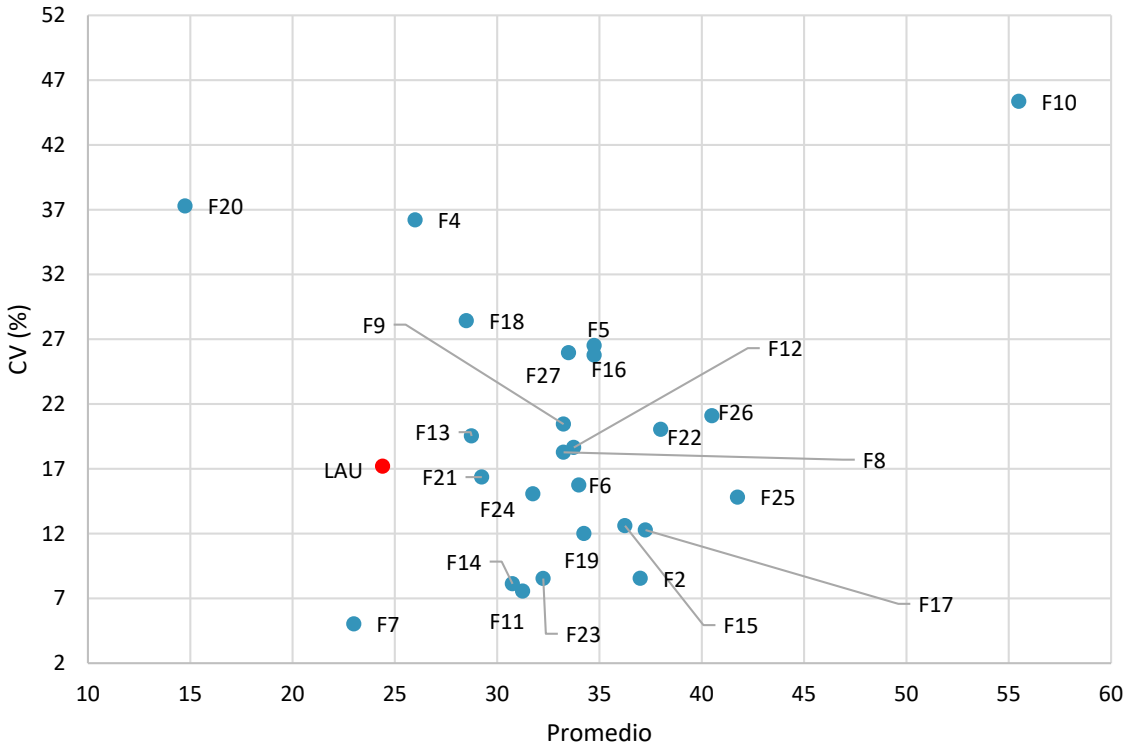
Fuente: Elaboración propia, (2018).

Debido a estos resultados se tomó la decisión de seleccionar las familias 2, 6, 9, 17, 18, 19, 22, 25 y 26 para el siguiente ciclo de recombinación, ya que el objetivo general de la investigación es obtener poblaciones de cilantro con un mayor número de hojas basales y a pesar de que la mayoría de familias obtenidas cumplen con este criterio si se comparan con el cultivar Unapal laurena, es

necesario realizar la selección sobre las poblaciones utilizando las que presentan un mayor potencial para este carácter.

En la figura 18 se puede observar que la familia 10 es significativamente diferente en cuanto al carácter número de hojas totales, esta familia presenta en promedio 55.5 hojas con una gran variación al interior de la familia, lo que demuestra que es una población segregante con un buen potencial para realizar futuras selecciones. Las familias 2, 6, 9, 17, 19, 25 que exhiben un comportamiento superior en cuanto al número de hojas basales y las cuales fueron seleccionadas para realizar el siguiente ciclo de avance genético, presentan promedios entre 33 y 42 hojas totales con un coeficiente de variación entre 8 y 20%, lo que las hace poblaciones más estables para el carácter evaluado. Las familias 18, 22 y 26 que también fueron seleccionadas presentan promedios entre 28 y 40 hojas totales con un coeficiente de variación entre 20 y 28%, lo que las hace poblaciones menos estables pero viables para el carácter evaluado, en su mayoría las poblaciones obtenidas superan en a la población Unapal laurena.

Figura 18. Hojas totales generación 2.



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En cuanto a la precocidad se contabilizaron los días desde la germinación hasta la aparición del tallo floral. Se obtuvo que para Unapal laurena son 42 días hasta la aparición del tallo floral y para las familias obtenidas y seleccionadas el tallo floral se presenta entre los 46 – 58 días después de la germinación. La variedad *Slow bolt* presenta alrededor de 76 días para la presencia de tallo floral. La familia 7 presentó susceptibilidad a plagas encontrando áfidos y las familias 20 y 11 presentaron susceptibilidad a problemas radiculares, en las restantes familias no se registró ningún problema. En cuanto a la durabilidad en poscosecha para las poblaciones obtenidas y para la variedad Unapal laurena se registra una duración a temperatura ambiente de 5 días y en refrigerador de 15 días. Sin embargo, es necesario realizar pruebas de campo para determinar con claridad el comportamiento fitosanitario de las nuevas poblaciones. También se recomienda realizar evaluación poscosecha para determinar la calidad de las mismas después de la cosecha.

6.2.1. Gráficos comparativos para los caracteres evaluados en las nuevas poblaciones F2

La altura es un factor importante en las familias evaluadas ya que mayor altura no necesariamente significa mayor número de hojas presentes en la planta bien sean basales o totales. Por ejemplo, la familia 18 que presenta un comportamiento promedio de altura de 104.25 cm, 13.75 hojas basales y 28.50 hojas totales, si se compara con Unapal laurena que presenta un comportamiento promedio de altura promedio de 60.24 cm, 4.70 hojas basales y 24.40 hojas toles presentaría una mejor expresión de los caracteres. Sin embargo, al realizar esta comparación con la familia 9 que posee un comportamiento promedio de altura de 34.60 cm, masa total de 50.00 gr, 14.75 hojas basales y 33.25 hojas totales, se puede decir que la familia 9 presenta una mejor expresión de los caracteres evaluados y presenta un porte bajo esto se puede observar en la figura 19.

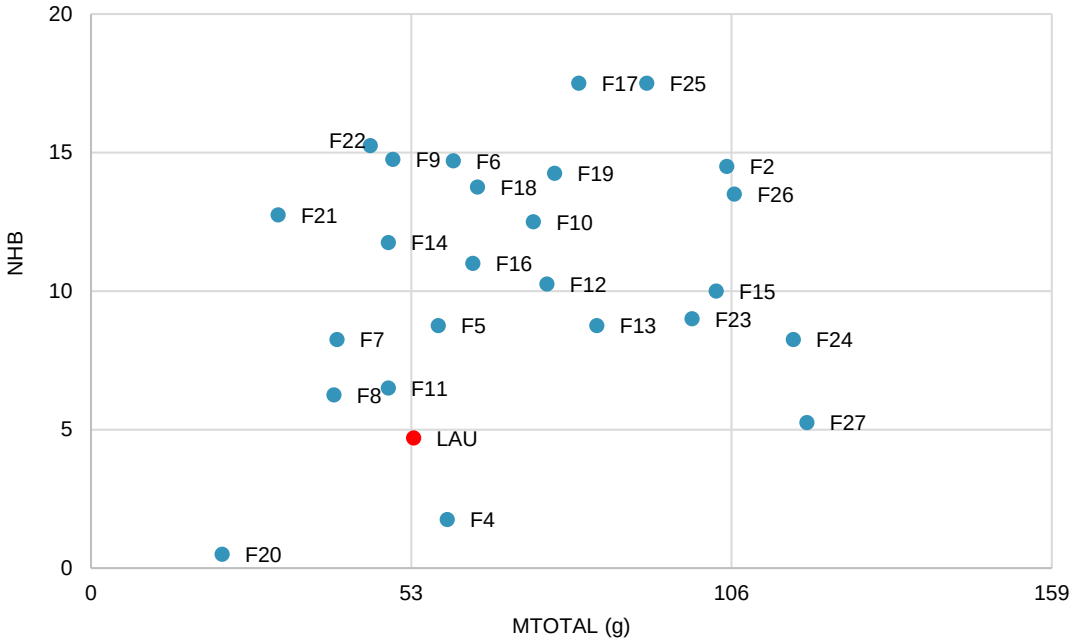
Figura 19. Comparación valores promedios de altura y masa total de la planta generación 2.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Al realizar la comparación entre los datos de altura y masa total de la planta se puede observar que plantas con una mayor altura no necesariamente presentan una mayor masa, lo que indica que estas variables son inversamente proporcionales, es decir que a medida que aumenta la altura no necesariamente lo hace la masa. Cabe resaltar que la masa total es una medida en la que se incluyen el tallo, la raíz y el follaje, entonces en familias como la 27 cuya masa es de 118.5 g y la altura es de 73.45 cm, presenta alrededor de 5.2 hojas basales y un total de hojas de 33.5, esto indica que en su estructura hay mayor presencia de tallo que de hojas (ver figura 16).

En la figura 20 se muestran la comparación entre el número de hojas basales y la masa total de la planta. Teniendo en cuenta que en la masa total se incluye raíz, tallo y follaje se puede decir que las familias seleccionadas 2, 6, 9, 17, 18, 19, 22, 25 y 26 que presentan promedios de 14.5, 14.70, 14.75, 17.5, 13.75, 14.25, 15.25, 17.5 y 13.5 de hojas basales respectivamente y promedios de masa de raíz entre 5 – 12 g y de tallo de 7 – 22 g al ser comparadas con la familia 27 cuya masa de raíz promedio es de 9.5 g y de tallo es de 24 g con un promedio de hojas basales de 5.2, se evidencia que las familias seleccionadas tienen una mejor expresión de los caracteres evaluados ya que la parte que se consume en fresco del cilantro son las hojas y éstas presentan en su estructura mayor proporción de hojas. Cabe resaltar que la expresión de los caracteres comparados es superior en las nuevas poblaciones comparadas con Unapal laurena, exceptuando a las familias 20 y 4.

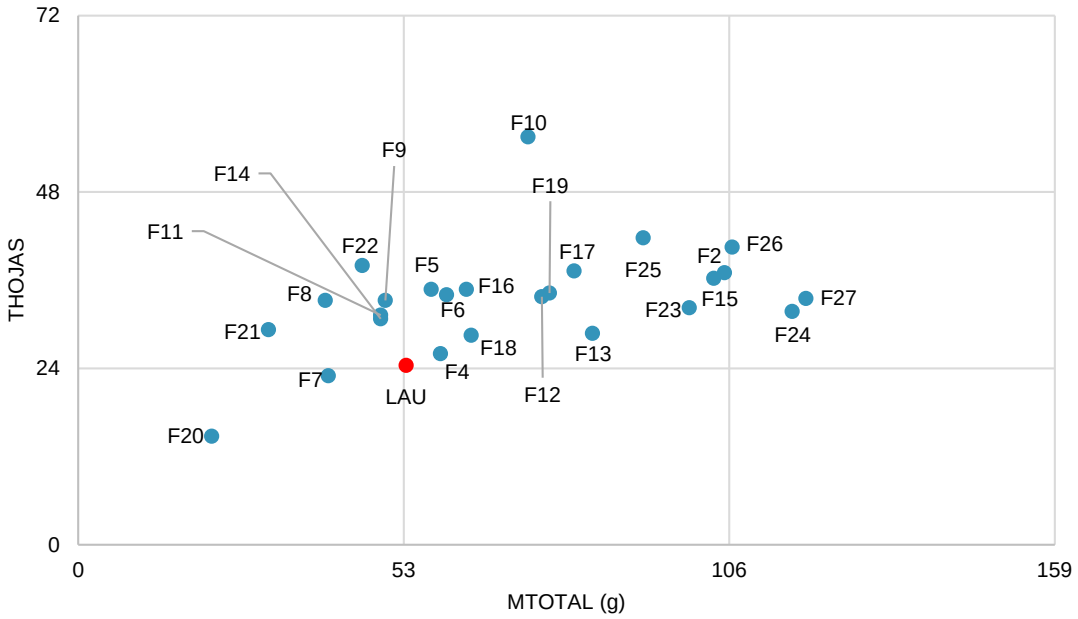
Figura 20. Comparación valores promedio de número de hojas basales y masa total generación 2.



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la figura 21 se realiza la comparación entre el número de hojas totales y la masa total se puede observar que las familias 2, 10, 12, 13, 15, 17, 19, 23, 25 y 26 presentan un comportamiento superior a la variedad Unapal laurena ya que en su gran mayoría presentan más cantidad de hojas totales y una mayor masa. Para el caso de las familias 8, 9, 11, 14 y 22 presentan una mayor proporción de hojas totales que Unapal laurena, pero menor masa total. Las familias 7 y 20 presentan menor cantidad de hojas totales y menor masa que Unapal laurena.

Figura 21. Comparación valores promedio de número de hojas totales y masa total generación 2

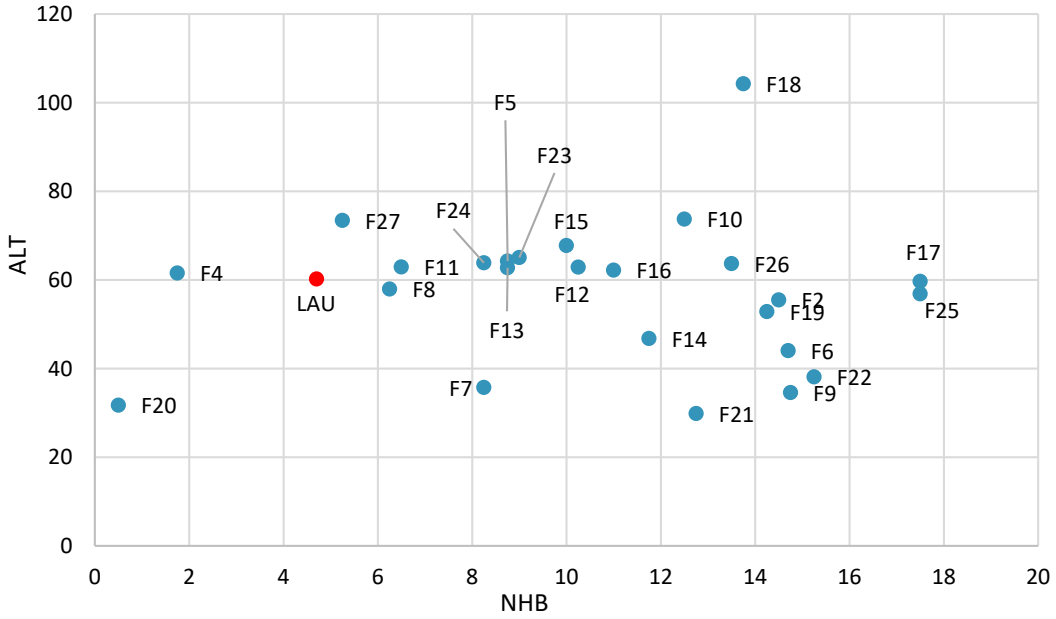


Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la figura 22 se realiza la comparación entre la altura y el número de hojas basales se puede observar que la familia 18 presenta una altura promedio de 104.25 cm y un total de hojas basales de 13.75. Aun cuando la proporción de hojas que presenta es sobresaliente si se compara con Unapal laurena, al realizar la comparación con las familias 25 y 17 cuya altura máxima es de 53.87 y 59.67 cm respectivamente y un promedio de hojas basales de 17.5, queda claro que los dos caracteres tienen un comportamiento inversamente proporcional y que ya depende del criterio del mejorador priorizar el carácter deseado.

Para dar cumplimiento al objetivo de la investigación se identificaron familias con un valor promedio alto en la cantidad número de hojas basales.

Figura 22. Comparación valores promedio número de hojas basales y altura generación 2.



Fuente: Elaboración propia, (2018).

Al realizar estas comparaciones se puede decir que la expresión promedio de los caracteres evaluados en las nuevas poblaciones es muy bueno superando a la variedad objeto de mejora y dando la posibilidad de seguir con futuros procesos de mejoramiento genético del cultivar.

En las figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31 se puede observar las poblaciones seleccionadas comparadas con Unapal laurena y las hojas basales para las plantas evaluadas.

Figura 23. a. Población F2 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales.

a.

b.

Elaboración propia, (2017)

Figura 24. a. Población F6 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales

a.

b.

Elaboración propia, (2017)

Figura 25. a. Población F9 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales

a.

b.

Elaboración propia, (2017)

Figura 26. a. Población F17 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales

a.

b.

Elaboración propia, (2017)

Figura 27. a. Población F18 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales

a.

b.

Elaboración propia, (2017)

Figura 28. a. Población F19 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales

a.

b.

Elaboración propia, (2017)

Figura 29. a. Población F22 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales

a.

b.

Elaboración propia, (2017)

Figura 30. a. Población F25 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales

a.

b.

Elaboración propia, (2017)

Figura 31. a. Población F26 seleccionada comparada con Unapal laurena. b. hojas basales

a.

b.

Elaboración propia, (2017)

Una vez realizada la selección de las familias que pasaron al siguiente ciclo de avance, se procedió a realizar su aislamiento en campo como se muestra en la figura 32, con el fin de controlar la fecundación y garantizar que no llegara polen de las otras familias; con ayuda de las corrientes de viento presentes en el campo se garantiza la autofecundación de las plantas seleccionadas.

Figura 32. Aislamiento en campo de las familias seleccionadas.

Fuente: Elaboración propia, (2017).

6.3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POBLACIONES GENERACIÓN 3

En la tabla 14 se puede observar los resultados del cuadrado medio del análisis de varianza para los caracteres evaluados en las diferentes familias previamente seleccionadas. Existen diferencias altamente significativas en la familia para los caracteres de altura, masa total, masa de la raíz, número de hojas basales, número de hojas no basales, total de hojas, longitud de la hoja basal más larga y en el número de nudos. Además, existen diferencias significativas para el bloque en masa total, masa de la raíz, masa del follaje, número de hojas no basales, total de hojas, así como en la longitud de la hoja basal más larga y en la planta en masa de la parte aérea, masa del follaje. Existe una mayor variabilidad en los datos de MTOTAL, MRAÍZ, MPA, MT y MFOL.
Teniendo en cuenta que el coeficiente de variación para el carácter de interés número de hojas basales es de 18.35%, un promedio 15.85 hojas y una desviación de 2.9 hojas por debajo o por encima de su comportamiento promedio, se puede decir que las familias seleccionadas presentan un comportamiento uniforme. Esto indica que el carácter puede estabilizarse y ser fijado para volverse constante en su expresión.

En la tabla 15 se presentan los resultados de la prueba de Duncan para un nivel de significancia de 0.05. Esta prueba indica que no existe una diferencia significativa para el carácter número de hojas basales en las familias 19 y 25, pero éstas sí son significativamente diferentes de las familias 2, 6, 9, 17, 18, 22 y 26, además ésta indica también que no existe diferencia significativa en la masa total para las familias 2, 25 y 26 pero éstas sí son significativamente diferentes con las demás familias. Sin embargo, se puede destacar a la familia 25 como sobresaliente ya que el resultado

de la prueba de rango múltiple de Duncan tiene una expresión promedio de los caracteres de masa total de la planta con 95.83 g. y un total de hojas de 39.50 lo que la hace significativamente superior a las demás familias seleccionadas.

Tabla 14. Análisis de varianza para los genotipos evaluados población F3.

F de V.	ALT	MTOTAL	MRAÍZ	MPA	MT	DIAT	MFOL	NHB	NNUD	NHNOB	THOJAS	LHBM
Familia	161.68**	415.04**	16.53**	290.21*	22.25*	0.033*	219.86*	186.24**	10.31**	54.12**	328.95**	38.34**
Bloque	47.82	458.67*	15.14*	309.56	4.00	0.001	243.23*	10.95	2.12	40.52*	101.28*	36.73*
Planta	5.52	298.28	3.58	254.6*	4.51	0.010	206.89*	19.35	1.29	0.79	0.08	9.95
Error	34.10	123.18	2.84	102.95	10.41	0.010	67.9	8.46	1.87	10.7	19.48	6.45
CV	18.06	29.05	37.57	30.09	51.86	18.22	29.97	18.35	19.68	23.64	14.92	9.73
Promedio	32.32	38.20	4.49	33.71	6.22	0.554	27.49	15.85	6.95	13.83	29.56	26.11
s	5.84	11.09	1.68	10.14	3.22	0.101	8.24	2.9	1.36	3.27	4.41	2.54

Fuente: Elaboración propia, (2018).

**Diferencias altamente significativas, *Diferencia significativa (p<0.05)

Tabla 15. Resultados prueba de rango múltiple de Duncan para los genotipos de la generación F3.

Familia	ALT	MTOTAL	MRAÍZ	MPA	MT	DIAT	MFOL	NHB	NNUD	NHNOB	THOJAS	LHBM
F2	29.58 c	86.00 a	7.16 ab	78.83 a	10.83 ab	0.55 ab	68.00 a	16.16 b	6.50 b	13.00 abc	29.16 cd	24.90 c
F6	29.53 c	55.66 c	6.50 abc	49.16 bc	9.83 ab	0.46 b	39.33 c	13.83 b	8.80 a	16.50 ab	30.33 bc	24.91 c
F9	41.91 ab	69.00 bc	6.83 abc	62.16 b	13.66 a	0.66 a	48.50 bc	15.66 b	8.00 ab	17.00 a	32.66 bc	26.08 bc
F17	48.55 a	53.33 c	6.66 abc	46.16 c	11.33 ab	0.55 ab	35.33 cd	15.83 b	7.16 ab	14.16 abc	30.00 c	26.35 bc
F18	29.53 c	32.66 d	4.00 c	28.66 d	5.00 c	0.58 ab	23.66 d	12.33 b	6.00 b	11.16 c	23.50 e	25.33 bc
F19	30.43 c	82.33 ab	6.16 abc	76.16 a	13.33 a	0.55 ab	53.66 ab	22.83 a	7.16 ab	13.33 abc	35.66 ab	28.61 ab
F22	34.98 bc	54.50 c	4.83 bc	49.16 bc	9.16 b	0.68 a	40.50 c	13.00 b	6.66 b	16.00 abc	20.99 cd	25.50 bc
F25	31.25 c	95.83 a	8.83 a	84.16 a	11.83 ab	0.55 ab	72.33 a	23.83 a	7.50 ab	15.66 abc	39.50 a	29.56 a
F26	34.08 c	92.50 a	8.00 a	85.16 a	13.66 a	0.53 ab	71.50 a	12.00 b	6.16b	11.83 bc	23.83 de	25.91 bc

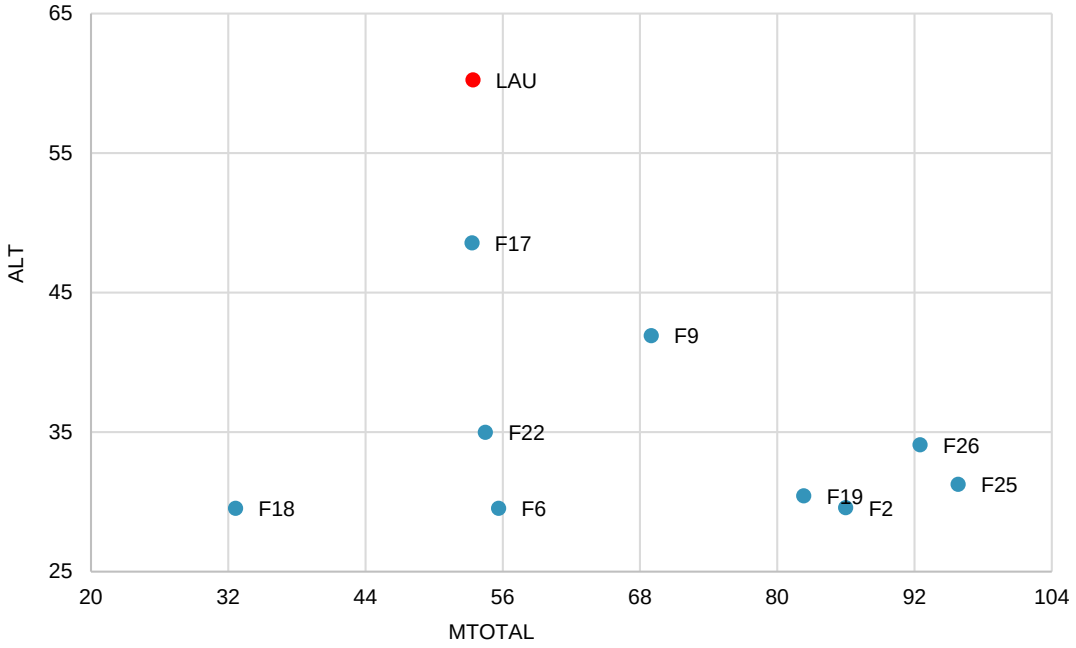
Fuente: Elaboración propia, (2018).

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

6.3.1. Gráficos comparativos para los caracteres evaluados en las nuevas poblaciones

En la figura 33 se realiza la comparación entre la altura y la masa total de las plantas se puede observar que la variedad Unapal laurena exhibe un comportamiento superior al de las familias seleccionadas en altura y en lo relacionado a la variable masa supera a las familias 18 y 17, esto se debe a la estructura y el porte que presentan las plantas. En la tabla 16 se presentan en porcentaje las proporciones correspondientes a la masa de la raíz, el tallo y el follaje y su participación en la masa total para cada población evaluada.

Figura 33. Comparación valores promedios de altura y masa total generación 3.



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la tabla 16 se puede observar que la masa total promedio de Unapal laurena es de 53.40 g de los cuales el 11.89% corresponde a la masa de la raíz, el 32.21% corresponde a la masa del tallo y el 55.90% corresponde a la masa del follaje. Mientras que para la familia 25 cuya masa total promedio es de 95.83 g de los cuales el 9.21% corresponden a la masa de la raíz, el 12.34% corresponde a la masa del tallo y el 75.48% corresponde a la masa del follaje. Esto nos indica que la parte de consumo en fresco de la planta es del

75.48% para la familia 25 y de Unapal laurena del 55.90%. Se deduce entonces que la altura es un factor importante en la evaluación de las nuevas poblaciones, pero, mayor altura no significa obligatoriamente mayor follaje ni mayor cantidad de hojas basales o totales. Teniendo en cuenta que en Colombia el consumidor tiene preferencia por el follaje en fresco de cilantro, se habla de un consumo total de aproximadamente el 80% del producto final.

Según la Corporación de Abastos de Bogotá S.A. (Corabastos), en su boletín del 20 de abril de 2018, establece que 1 kg de cilantro tiene un valor de $5000, y ya que la masa de cada familia oscila entre 53.40 – 98.83 g, se requiere de alrededor de 11 plantas para conformar un kilogramo para la venta. Actualmente se requieren de 19 plantas de Unapal laurena para conformar un kilogramo de cilantro. Por lo que estas nuevas poblaciones beneficiarían al productor ya que existe un mayor rendimiento por planta.

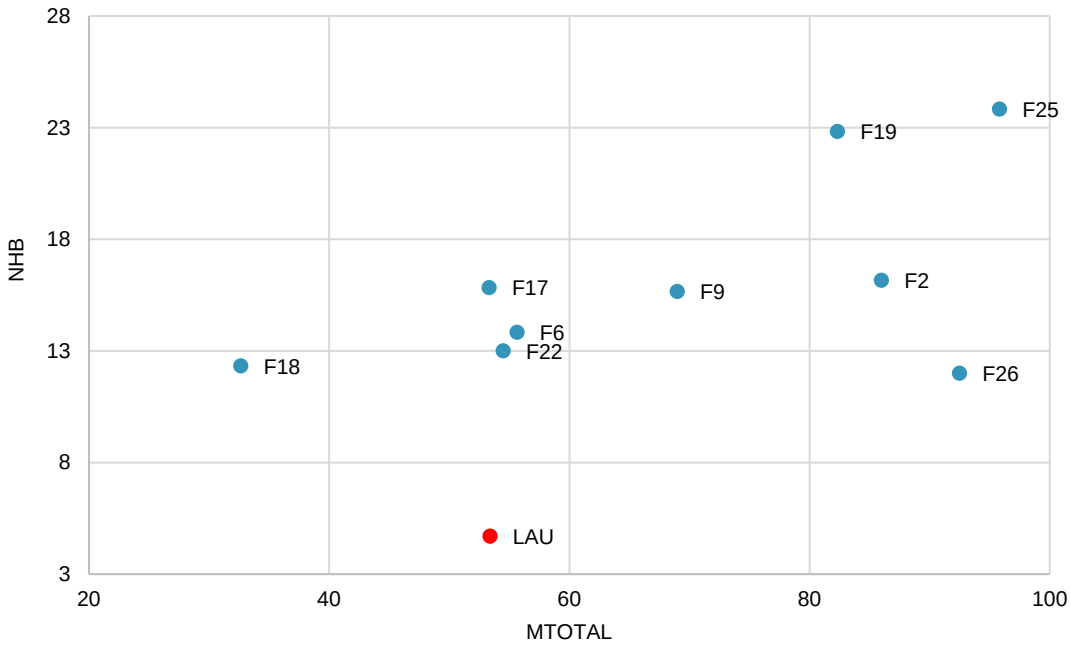
Tabla 16. Proporción de raíz, tallo y follaje en la masa total de la planta.

Familia	MTOTAL (g)	Proporciones (%)		
		MRAÍZ	MT	MFOL
F2	86.00	8.33	12.59	79.07
F6	55.66	11.68	17.66	70.66
F9	69.00	9.90	19.80	70.29
F17	53.33	12.49	21.25	66.25
LAU	53.40	11.89	32.21	55.90
F18	32.66	12.25	15.31	72.44
F19	82.33	7.48	16.19	65.18
F22	54.50	8.86	16.81	74.31
F25	95.83	9.21	12.34	75.48
F26	92.50	8.65	14.77	77.30

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la figura 34 se hace la comparación entre el número de hojas basales y la masa total de la planta, se puede destacar que la familia 25 posee un mayor promedio de hojas basales con un total de 23.83 hojas y que comparada con la variedad Unapal laurena y con las demás familias exhibe un comportamiento superior. Se observa que todas las familias seleccionadas poseen un comportamiento superior al cultivar Unapal laurena.

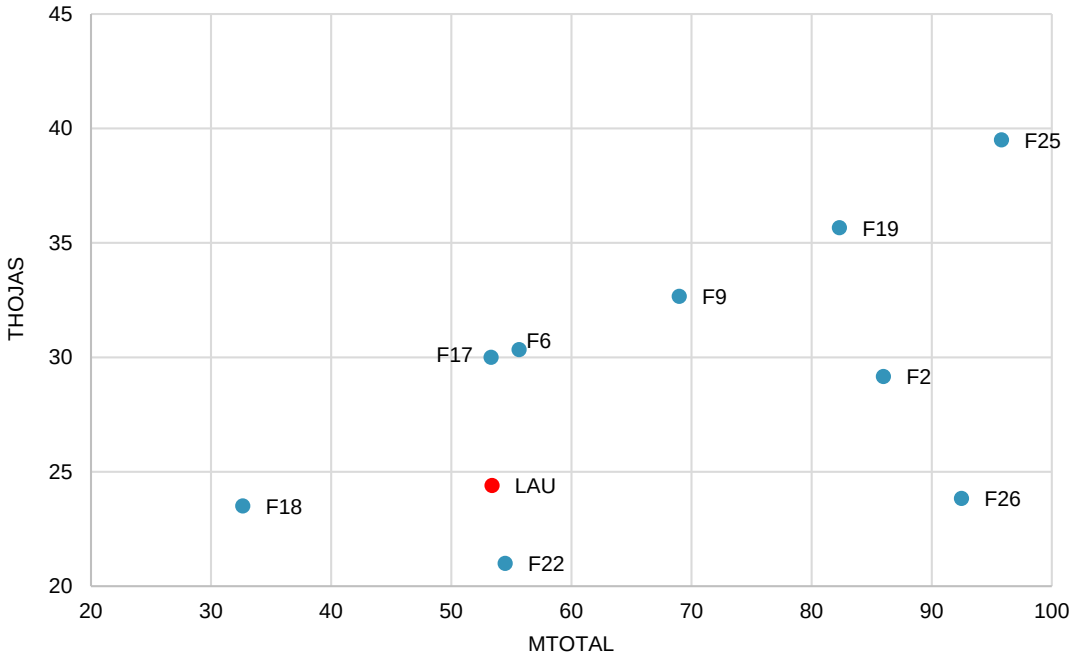
Figura 34. Comparación valores promedio número de hojas basales y masa total generación 3.



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la figura 35, se observa el promedio del número de hojas totales con relación al promedio de la masa total. Así, la variedad Unapal laurena, presenta una masa de 53.40 g con un número de hojas totales de 24.4, en el caso de la familia 25 con una masa total de 95.82 g, el número de hojas totales es de 39.5.

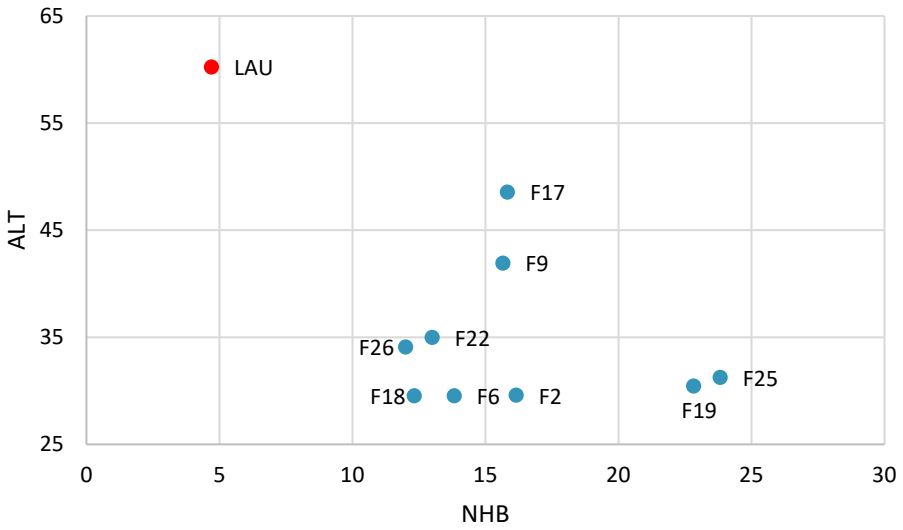
Figura 35. Comparación valores promedio número de hojas totales y masa total generación 3.



Fuente: Elaboración propia, (2018).

En figura 36 se puede observar la comparación entre el número de hojas basales y la altura de la planta de las familias seleccionadas y de Unapal laurena. Estos resultados indican que las familias seleccionadas presentan un porte bajo con un mayor número de hojas basales por planta comparado con el cultivar objeto de mejora Unapal laurena.

Figura 36. Comparación valores promedio número de hojas basales y la altura generación 3.



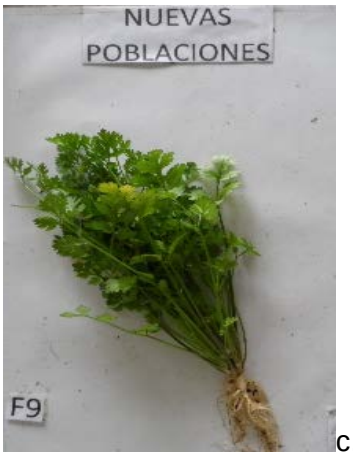
Fuente: Elaboración propia, (2018).

Después de realizar la evaluación de las nuevas poblaciones se decidió buscar familias que tengan un aumento en la masa total, el número de hojas basales y en la masa del follaje, ya que con la mejora de estos caracteres se puede beneficiar a los productores debido a que aumenta el rendimiento del cultivo y a los consumidores ya que la planta tendría más follaje para el consumo. En la figura 37 se pueden observar las poblaciones seleccionadas para la generación tres.

Figura 37. Poblaciones seleccionadas generación 3, a. F2, b, F6, c. F9, d. F17, e. F18, f. F19, g. F22, h. F25, i. F26.

a.

b.



c.

d.

e.

f.

g.

h.

i.

Fuente: Elaboración propia, (2018).

En la tabla 17 se realiza la comparación de las familias seleccionadas en las generaciones 2 y 3. Al realizar la comparación de la masa total, la masa del tallo y la masa del follaje se puede observar que las familias 2, 6,9,17,18 y 22 presentan una disminución en: masa total, masa de follaje, masa de tallo, altura y número de hojas basales. Esto indica que existe una depresión genética en la expresión de los caracteres. Esta disminución puede ser ocasionada debido alogamia de la especie y al efecto que tiene la variedad *Slow bolt*; por lo que se recomienda realizar la siembra de estas familias de forma escalonada y aislada en la generación 2, llevando a cabo el proceso de polinización cruzada natural y evaluar en la generación 4 para determinar si en esta generación se siguen deprimiendo genéticamente. En las familias 19 y 25 se observa un aumento en el número de hojas basales, la masa total y la masa del follaje. Una disminución en la masa del tallo y en la altura, por lo que estas familias cumplen con los requisitos establecidos para continuar con el proceso de mejoramiento genético. La familia 26 presenta una disminución en el número de hojas basales, la masa total y la altura. Y un aumento en la masa del follaje y la masa del tallo, pero

puede ser seleccionada para seguir evaluando determinando si aumenta la proporción de hojas y la masa total de la misma.

Tabla 17. Comparación generación 2 y 3.

	Generación 3					Generación 2				
Familia	**NHBF3**	**MTOTAL (g)**	**MFOL (g)**	**MT (g)**	**ALT (cm)**	**NHBF2**	**MTOTAL (g)**	**MFOL (g)**	**MT (g)**	**ALT (cm)**
F2	16.16	86.00	68.00	10.83	29.58	14.50	105.25	71.25	22.25	55.50
F6	13.83	55.66	39.33	9.83	26.90	14.75	60.00	41.25	13.50	44.05
F9	15.66	69.00	48.5	13.66	41.91	14.75	50.00	29.50	12.75	34.60
F17	15.83	53.33	35.33	11.33	48.55	17.50	80.75	53.00	17.25	53.68
F18	12.33	32.66	23.66	5.00	29.53	13.75	64.00	32.50	21.50	104.25
F19	22.83	82.33	53.66	13.33	30.43	14.25	76.75	50.5	17.25	52.88
F22	13.00	54.50	40.50	9.16	34.98	15.25	46.25	30.00	10.00	38.13
F25	23.83	95.83	72.33	11.83	31.25	17.50	92.00	66.00	16.5	56.88
F26	12.00	32.50	71.50	13.66	34.08	12.75	106.5	18.50	7.00	63.70

Fuente: Elaboración propia, (2018).

Al realizar la comparación de las nuevas poblaciones se puede decir que las familias seleccionadas poseen un comportamiento superior a la variedad objeto de mejora Unapal laurena. Dando la posibilidad de realizar la selección entre y dentro de las familias ya que presentan un buen comportamiento para los caracteres evaluados, destacándose las familias 19 y 25.

Al comparar el comportamiento promedio para el carácter de interés NHB de las familias seleccionadas en la generación 2 con la generación 3, y realizar la diferencia entre las familias se puede calcular el avance genético de las poblaciones así:

$$\Delta_g = \bar{x}_{NHBF3} - \bar{x}_{NHBF2}$$

$$\Delta_g = 145.47 - 135 = 10.47$$

El avance genético de la generación 2 a la generación 3 es de 10.47 hojas basales. Esto significa que de una generación a otra existe un avance genético considerable y que son poblaciones con las cuales se puede continuar los procesos de mejoramiento genético.

El avance genético de las nuevas poblaciones con relación a Unapal laurena es de:

$$\Delta_g = 10.47 - 4.7 = 5.77\ hojas\ basales$$

Según la investigación realizada para mejorar la cantidad de hojas basales de la variedad Unapal Precoso que presentaba 2 hojas y que, mediante el método de selección recurrente intrafamiliar, se reporta un avance llegando a 3.5 hojas correspondientes a Unapal laurena. Mediante la utilización del método de selección individual existe un avance genético de 5.77 hojas basales, estos resultados son importantes ya que se cumple con el objetivo propuesto en la investigación, identificando poblaciones promisorias con las cuales se puede continuar con futuras investigaciones para el mejoramiento genético de cilantro.

7. CONCLUSIONES

La recombinación entre las variedades seleccionadas como parentales fue efectivo. Esto se demuestra por que los individuos pertenecientes a cada familia son fenotípicamente variables, lo que indica que la descendencia es una población híbrida resultado de cruzar dos variedades diferentes.

Se logró obtener nuevas poblaciones que exhiben un mejor comportamiento en cuanto al carácter de interés evaluado número de hojas basales, lo que genera un mayor rendimiento del follaje y por ende un mayor rendimiento del cultivo.

La calidad de las nuevas poblaciones es buena ya que en campo no se presentaron problemas fitosanitarios que perjudiquen la producción, además en poscosecha presentan una duración de 15 días refrigeradas y 8 días a temperatura ambiente.

Las poblaciones obtenidas presentan ganancias fenotípicas con valores muy prometedores para continuar con nuevos proyectos de investigación que permitan liberarlas como un cultivo comercial y seguir con los procesos de mejoramiento.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir con el proceso de mejoramiento genético de las poblaciones seleccionadas realizando ciclos de selección individual que permitan identificar plantas con una mejor expresión de los caracteres evaluados y selección recurrente para aumentar la frecuencia de genes favorables para el carácter en estudio. Realizar las pruebas necesarias que permitan establecer estas poblaciones como un nuevo cultivar para su posterior comercialización, así como realizar el análisis de la composición nutricional de las poblaciones con las que cuenta la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira para de este modo identificar el aporte de nutrientes en la gastronomía colombiana.

9. BIBLIOGRAFÍA

Arizio, O., & Curioni, A. (2011). Mercado mundial y regional de coriandro (*Coriandrum sativum* L.). Revista Colombiana de ciencias hortícolas, 263-278.

Author, M., Weiner, J., Martinez, S., Muller-Scharer, H., Stoll, P., & Schmid, B. (1997). How Important are Environmental Maternal Effects in Plants? A Study with Centaurea. Source: Journal of Ecology (Vol. 85). Retrieved from https://www-jstor-org.ezproxy.unal.edu.co/stable/pdf/2960645.pdf?refreqid=excelsior%3Aa449c0772190d910a1eb2c5d5cfafd0f

Bashtanova, U., & Flowers, T. (2011). Diversity and physiological plasticity of vegetable genotypes. Springer Science, 369–384.

Corporación de Abastos de Bogotá. Boletin diario de precios 20 de abril de 2018. Recuperado el 4 de junio de 2018, de https://www.corabastos.com.co/historicoApp2/reportes/BoletinDescarga.php

Corporación Colombia Internacional. (2006). Plan Hortícola Nacional. Corporación Colombia Internacional .

Chatel, M., & Guimaraes, E. (1995). Selección recurrente con andro esterilidad en arroz. CIAT N° 267.

DANE. (2006). Encuesta Nacional Agropecuaria . Bogotá : Ministerio de Agrícultura y Desarrollo Rural .

Diederichsen, A. (1996). Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Roma: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Getersleben/International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).

Estrada, E. (2003). Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas en Colombia. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

ESTRADA, E. I. (1999.). Resultados de algunos ensayos preliminares sobre distancias de siembra y tiempo de cosecha de Unapal Precoso. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Estrada, E., García, M., Cardozo, C., Gutierrez, A., Baena, D., Salvador, M., & Vallejo, A. (2004). Cultivo de cilantro variedad Unapal precoso. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira .

H., Singh, N., Patra, A., Kalra, H., Singh, B., Kumar, S., Singh & A., Singh. (2002). Genetic distance in coriander (*Coriandrum sativum* L.) for essential oil yield and yield traits. Journal of Spices and Aromatic, 101-105. Recuperado el 27 de Marzo de 2018, de http://updatepublishing.com/journals/index.php/josac/article/view/526/490

Hernández, J. (2003). Crecimiento y desarrollo del cilantro (*Conandrum satívum* L) por efecto del fotoperiodo y la temperatura y su control con fitorreguladores. Monterey, México: Universidad Autónoma de Nuevo León. Recuperado el 21 de Octubre de 2016, de http://eprints.uanl.mx/5784/1/1020148421.PDF

Ivanova, K. & Stoletova, E. (1990). The history of culture and intraspecific taxonomy of *Coriander sativum* L. Sbornik Nauchnykh Trudov Prikladnoi Botanike i Selectsii , 26 - 40.

Kalidasu, G., Sarada, C., Venkata Reddy, P., & Yellamanda Reddy, T. (2009). Use of male gametocide: An alternative to cumbersome emasculation in coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Horticulture and Forestry, 1(7), 126-132.

López, P. A. (2006). Phenotypic , biochemical , and molecular diversity in coriander (*Coriandrum sativum* L) germplasm by.

Mejía, M., Marín, G., & Menjivar, J. (2014). Respuesta fisiológica de cilantro (*Coriandrum sativum* L.) a la disponibilidad de agua en el suelo. Palmira : Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira .

Melo, R.; Menezes, D.; Resende, L.; G Wanderley Júnior, J.; Melo, P.; Dos Santos, V. (2009). Caracterização morfológica de genótipos de coentro. Horticultura Brasileira, 27(3). Recuperado el 20 de Noviiembre de 2016, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362009000300021

Ministerio de agrícultura y desarollo rural. (Mayo de 2017). Agronet.gov. Recuperado el 3 de Octubre de 2016, de Agronet.gov: http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx#

Moser, B. R., & Vaughn, S. F. (2010). Coriander seed oil methyl esters as biodiesel fuel: Unique fatty acid composition and excellent oxidative stability. Biomass and Bioenergy, 34(4), 550–558. https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2009.12.022

Msaada, K., Hosni, K., Ben Taarit, M., Chahed, T., Hammami, M., & Marzouk, B. (2009). Changes in fatty acid composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit during maturation. Industrial Crops and Products, 29(2–3), 269–274. https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2008.05.011

Oliveira, N., Carvalho, J., Silva, D., Pastoriza, R., Melo, R., Silva, J., & Menezes, D. (2015). Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. Horticultura Brasileira, 33(3). Recuperado el 19 de Noviembre de 2016, de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362015000300319&lng=en&tlng=en

Rajeshwari, U., & Andallu, B. (2011). Medicinal benefits of coriander (*Coriandrum Sativum* L). Spatula DD - Peer Reviewed Journal on Complementary Medicine and Drug Discovery, 1(1), 51. https://doi.org/10.5455/spatula.20110106123153

Rajput, S. S., & Songh, D. (2003). Variability in coriander (Coriandrum sativum L.) for yield and yield components. Journal of Spices and Aromatic Crops , 12(2), 162-164.

Ramanujam, S., & Joshi, B. (1964). Extent and randomness of cross pollination in some umbelliferous spices in India. Indian J. Genet, 1, 7-62.

Roach, D. & Wulff, R. (1987). Material effects in planst. Annual Review of Ecology and Systematics, 18,209-235.

Prava, J. (2012). Food Composition Table for Nepal. Kathmandu, Nepal: Nepal Government, Ministry of Agriculture Development. Recuperado el 1 de Octubre de 2016, de http://www.fao.org/fileadmin/templates/food_composition/documents/regional/Nepal_Food_Composition_table_2012.pdf

PUGA, S. B. (2001). Evaluación de un sistema de multiplicación y beneficio de cilantro *Coriandrum sativum* L. Unapal-Precoso. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

San Vicente, F. (1998). Selección recurrente para el mejoramieto de poblaciones de maíz (Zea Mays L). Maracay, Venezuela: FONAIAP - CENIAP - IIA.

Sharma, M., Sharma, R. (2012). Coriander. En K. Peter, Handbook of Herbs and Spices (Vol. 1, págs. 216-249). India: Swami Keshwananda Rajasthan Agricultural University.

Tomar, S., Kulkarni, G., Parakhia, M., Thakkar, J., Rathod, V., & Solanki, R. a. (2014). Genetic diversity analysis in coriander (*Coriandrum sativum*) genotypes through morphological and molecular characterization. Research Journal of Biotechnology, 9(3), 1-11. Recuperado el

30 de Mayo de 2018, de https://www.researchgate.net/profile/Rukam_Singh_Tomar/publication/274010017_Genetic_diversity_analysis_in_coriander_Coriandrum_sativum_genotypes_through_morphological_and_molecular_characterization/links/566559f908ae192bbf91d40b/Genetic-diversity-analysi

Vallejo, F., & Estrada, E. (2002). Mejoramiento Genético de Plantas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Vallejo, F., & Estrada, E. (2004). Producción de Hortalizas de Clima Cálido. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Zapata, A. (2016). Generación de poblaciones élites para la obtención de un nuevo cultivar de cilantro *"Coriandrum sativum* L." a partir de selección recurrente. Palmira: Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.