

**EVALUACIÓN DE 10 GENOTIPOS DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* (L)
Walp.) POR CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y NUTRICIONALES EN EL
MUNICIPIO DE CERETÉ – CÓRDOBA**

WILSON FERNÁNDEZ GÓMEZ

FRANCY LUZ ARROYO ROSALES

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DESARROLLO RURAL

MONTERÍA

2019

**EVALUACIÓN DE 10 GENOTIPOS DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* (L)
Walp.) POR CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y NUTRICIONALES EN EL
MUNICIPIO DE CERETÉ – CÓRDOBA**

WILSON FERNÁNDEZ GÓMEZ

FRANCY LUZ ARROYO ROSALES

Trabajo de grado presentado, opción investigación como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Agrónomo

Director

HERMES ARAMÉNDIZ TATIS

I.A. Ph. D.

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DESARROLLO RURAL

MONTERÍA

2019

La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas expresadas, conceptos y resultados del proyecto son responsabilidad de los autores.

(Artículo 17, acuerdo N° 039 de 24 de junio de 2005 del Consejo Superior de la Universidad de Córdoba)

Nota de aceptación

HERMES ARAMÉNDIZ TATIS

DAIRO PÉREZ POLO

ANDRÉS ÁLVAREZ SOTO

Montería, marzo 2019

Dedicatoria

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres Lodi Rosales Gonzales y Bernardo Arroyo Tobías, a quienes les estoy agradecida eternamente por tanto amor, por sus consejos, apoyo incondicional y por brindarme los recursos económicos para forjar mi carrera universitaria, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos Ariel Blanquiceth Rosales, Jesús Gabriel Arroyo Rosales y María José Arroyo Rosales son las personas más importantes de mi vida a quienes amo infinitamente, a ellos por su compañía, respeto y amor, a mi sobrina Luciana quien ha sido y es una motivación, inspiración y una razón más para ser feliz.

Francy Luz Arroyo Rosales

Dedicatoria

A mis hermanos, y en especial a Lina Fernández, quien siempre me ha apoyado y creído en mí, a mis padres que han contribuido en mi formación como persona y como futuro profesional, a mi abuelita Candy, que siempre me inspira a superar las adversidades con el estoicismo que sólo ella posee, a la memoria de mi tía Hilda Rosa, quien vivirá siempre en nuestros corazones y pensamientos. A mi novia, Luisa Fernanda Peña que me ha brindado amor y me inspira a ser mejor persona cada día.

A todos aquellos que hacen parte de mi vida, mis logros y metas, gracias porque sin esperar nada a cambio han sido pilares en mi camino y así forman parte de este logro que me abre puertas en mi vida personal y profesional.

Wilson Fernández Gómez

Agradecimientos

A Dios por bendecirnos y ayudarnos a llegar hasta donde hemos llegado, porque hizo realidad este sueño anhelado.

A la Universidad de Córdoba y a la Facultad de Ciencias Agrícolas quienes nos acogieron durante cinco años y nos dieron la oportunidad de estudiar y prepararnos profesionalmente. A nuestros profesores quienes han contribuido y han sido un pilar importante en nuestra formación profesional, nos llevamos de ellos sus conocimiento y sabiduría, pero principalmente los valores que con tanto cariño transmitieron.

Especialmente a nuestro director Hermes Araméndiz, quien además de ser nuestro maestro ha sido nuestro amigo, gracias por sus consejos, dedicación y sus regaños, por creer en nosotros y motivarnos a dar lo mejor.

Al ingeniero Jenry Hernández por su colaboración y apoyo durante este proceso.

Agradecemos hoy a todos esos amigos que nos acompañaron y ayudaron a realizar nuestros sueños, a Johana Beltrán, Kelly Espitia, Angie Ortiz, Melissa Morelos y Ximena Garcés.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN GENERAL	3
GENERAL ABSTRACT	4

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN GENERAL

1 INTRODUCCIÓN	6
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
3 GENERALIDADES DE LA TEMÁTICA	10
3.1 BIOFORTIFICACIÓN.....	10
3.2 VALOR NUTRITIVO.	11
3.3 PRODUCCIÓN DE FRIJOL.....	11
3.4 ESTUDIOS REALIZADOS.....	12
3.5 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.....	13
3.6 CONTENIDOS DE HIERRO Y ZINC.....	14

4	OBJETIVOS.....	16
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	16
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
4.2.1	Objetivo específico 1.....	16
4.2.2	Objetivo específico 2.....	16
5	HIPÓTESIS.....	17
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE 10 GENOTIPOS DE FRÍJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) POR CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN EL MUNICIPIO DE CERETÉ - CÓRDOBA

	RESUMEN.....	22
	ABSTRACT.....	23
1	INTRODUCCIÓN.....	24
2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26

2.1	LOCALIZACIÓN.	26
2.2	DISEÑO EXPERIMENTAL.	26
2.3	MANEJO AGRONÓMICO.	26
2.4	VARIABLES E INDICADORES.	27
2.4.1	Variables independientes.	27
2.4.2	Variables dependientes.	27
2.4.3	Análisis estadístico.	30
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1	DÍAS A FLORACIÓN.	31
3.2	ALTURA DE INSERCIÓN DE LA PRIMERA VAINA.	32
3.3	NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA.	32
3.4	LONGITUD DE LA VAINA.	33
3.5	NÚMERO DE SEMILLAS POR VAINA.	33
3.6	PESO DE 100 SEMILLAS.	34
3.7	LONGITUD Y ANCHO DE GRANO.	34
3.8	PRECOCIDAD RELATIVA.	35

3.9	RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA.	36
4	CONCLUSIONES	41
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

CAPITULO III

CONTENIDO DE PROTEÍNA, HIERRO Y ZINC EN SEMILLAS DE DIEZ CULTIVARES DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) EN EL MUNICIPIO DE CERETÉ –CÓRDOBA

1	INTRODUCCIÓN	49
6	MATERIALES Y MÉTODOS	51
6.1	LOCALIZACIÓN.	51
6.2	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	51
6.3	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL.	52
7	RESULTADOS Y DISCUSIONES	53
7.1	CONTENIDO DE HIERRO.	54

7.2	CONTENIDO DE ZINC.....	55
7.3	PORCENTAJE DE PROTEÍNA.....	57
8	CONCLUSIONES	60
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
	DISCUSIÓN GENERAL.....	64
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (DISCUSIÓN GENERAL)	66
	CONCLUSIONES GENERALES	66

LISTA DE TABLAS

pág.

CAPITULO II

Tabla 1. Croquis de campo de los cultivares evaluados. Cereté 2017B.....	26
Tabla 2. Cuadrados medios del análisis de varianza de las características agronómicas evaluadas en frijol caupí. Cereté-2017B.	36
Tabla 3. Valores medios de las variables medidas a los diez genotipos de frijol caupí (<i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp.). Cereté- 2017B.	50

CAPÍTULO III

Tabla 4. Cuadrados medios del contenido de hierro, zinc y porcentaje de proteína de 10 genotipos de frijol caupí (<i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp.).....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Valores promedios del contenido hierro medidos en 10 genotipos de frijol caupí (<i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp.).....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 6. Valores promedios del contenido zinc medidos en 10 genotipos de frijol caupí (<i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp.).....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Valores promedios del % de proteína medidos en 10 genotipos de frijol caupí (<i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp.).....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1 y 2. Medición de longitud y ancho de grano. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 3. Lote experimental con el 50% de plantas en floración. **¡Error! Marcador no definido.**

RESUMEN GENERAL

El frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) es una leguminosa de gran importancia en la alimentación mundial, siendo una de las principales fuentes de proteína, fibras, carbohidratos, minerales y vitaminas de poblaciones vulnerables en países tropicales. En Colombia, en el departamento de Córdoba y todo el Caribe colombiano; paradójicamente se encuentra entre las especies huérfanas de programas de investigación y mejoramiento genético; lo cual genera una brecha tecnológica. El suministro de minerales y proteínas es insuficiente para cubrir los requerimientos nutricionales de los pobladores en los países subdesarrollados, generando hambre oculta, que repercute especialmente en el crecimiento y desarrollo de infantes y mujeres en estado de embarazo, debido a que dichas poblaciones carecen de recursos económicos para la ingesta de proteína animal y minerales suplementarios, por lo que deben recurrir a fuentes vegetales como la especie estudiada en el presente trabajo, por ello es necesario el realizar investigaciones apuntando a la identificación y evaluación de fuentes alimentarias alternativas de nutrición para la región de Cereté, una zona con problemas nutricionales en las áreas rurales y estratos bajos. La siguiente investigación tiene como objetivo conocer el comportamiento agronómico y nutricional de líneas avanzadas de frijol caupí en el municipio de Cereté, como una nueva opción de siembra y/o rotación con su tradición agrícola, se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con diez (10) tratamientos y cuatro (4) repeticiones con una población de 75 plantas por unidad experimental y 31.250 plantas por hectárea, de las cuales se cosecharán los cuatro surcos centrales.

Palabras claves: Frijol, caupí, variabilidad genética, leguminosas, nutrición, atributos agronómicos.

GENERAL ABSTRACT

The cowpea bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is a legume of great importance in the world diet, being one of the main sources of protein, fibers, carbohydrates, minerals and vitamins of vulnerable populations in tropical countries. In Colombia, in the department of Córdoba and the entire Colombian Caribbean; paradoxically it is among the orphan species of research and breeding programs; which generates a technological gap. The supply of minerals and proteins is insufficient to cover the nutritional requirements of the inhabitants in underdeveloped countries, generating hidden hunger, which has a special impact on the growth and development of infants and pregnant women, due to the fact that these populations lack resources for the intake of animal protein and supplementary minerals, so they must resort to plant sources as the species studied in this work, so it is necessary to conduct research aimed at the identification and evaluation of alternative food sources of nutrition for the region of Cereté, an area with nutritional problems in rural areas and low strata. The following research aims to know the agronomic and nutritional behavior of advanced lines of cowpea beans in the municipality of Cereté, as a new option of sowing and / or rotation with its agricultural tradition, the design of blocks was used completely at random with ten (10) treatments and four (4) repetitions with a population of 75 plants per experimental unit and 31,250 plants per hectare, from which the four central furrows will be harvested.

Key words: Bean, cowpea, genetic variability, legumes, nutrition, agronomic attributes

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN GENERAL
GENERAL INTRODUCTION

1 INTRODUCCIÓN

El frijól Caupí es una leguminosa de grano que ocupa el primer lugar en importancia económica en el Caribe colombiano, donde es cultivada por pequeños productores con limitaciones económicas y tecnológicas en superficies que oscilan entre 1000 y 10.000 m² (Araméndiz et al., 2011). Es una leguminosa originaria de África de alto valor nutricional que se cultiva en Asia y en América; se caracteriza por ser un cultivo poco costoso, de fácil accesibilidad para los medianos y pequeños productores, además su manejo agronómico no es tan dispendioso ya que este puede adaptarse a diferentes condiciones agroclimáticas como son los diferentes sistemas de producción de las regiones semiáridas del trópico, y además suele ser muy precoz.

Dentro de este tipo de frijol existe una gran cantidad de variedades con características genéticas diferentes, muchos campesinos utilizan cultivares criollos, poco resistentes a enfermedades, con poca adaptabilidad al cambio climático y bajos contenidos nutricionales, especialmente hierro, zinc y porcentaje de proteína; teniendo la oportunidad de cultivar genotipos con características más deseables, que contribuyan no solo a mejorar los rendimientos, sino su ingesta nutricional, por ser un alimento básico en las poblaciones vulnerables de muchos países en vía de desarrollo como Colombia, lo que implicaría reducir los riesgos de hambre oculta, derivada de una mala nutrición.

Es usada como abono verde dado su gran volumen de producción de biomasa y fijación de nitrógeno a través de sus nódulos radiculares y representa una importante fuente de proteína, calorías, ciertos minerales y vitaminas para los estratos sociales de reducida capacidad de compra de proteína animal (Obatolu, 2003; Araméndiz et al., 2003; Xavier et al., 2005; Araméndiz et al., 2011).

Se estima que 14 millones de hectáreas son cultivadas en todo el mundo, de las cuales 9,5 millones se realizan en el continente africano con rendimientos reducidos (< 600 kg ha⁻¹), en

razón al pobre potencial genético de los cultivares utilizados y por cambios en el régimen de lluvias de las zonas productoras (López et al., 2001; Espitia et al., 2011).

El presente trabajo consistió en evaluar 10 genotipos de frijol en las condiciones agroclimáticas de Cereté, Córdoba y seleccionar líneas con los mejores atributos agronómicos y nutricionales.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de frijol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) es una de las principales actividades de la economía campesina en varias regiones del país, de mucha importancia como generador de ingresos y empleo rural (21 jornales/ha), debido a que demanda bajos costos de producción, y como producto de la alimentación básica de la población vulnerable por ser fuente de proteína, calorías, fibra, minerales y vitaminas (Araméndiz et al., 2016; FAO, 2017).

El frijol ha sido considerado por organismos nacionales e internacionales, como uno de los cultivos obligatorios para los programas de seguridad alimentaria de las zonas deprimidas y en conflicto, por su alto contenido de proteína y minerales de bajo costo y por su amplio rango de adaptación a los diferentes ambientes agroecológicos (FENALCE, 2004).

Los rendimientos de frijol caupí en la región Caribe para el año 2016 fueron de 600 kg ha⁻¹, son muy distantes de los registrados por Nigeria, Myanmar y Camerún, que para el mismo año acusaron rendimientos de 850,5 kg ha⁻¹, 859 kg ha⁻¹ y 892,2 kg ha⁻¹, respectivamente (FAOSTAT, 2018).

A pesar de ser una especie de importancia en la seguridad alimentaria, por ser fuente de vitaminas y minerales, los programas de mejoramiento genético de la especie a nivel mundial son pocos, destacándose Brasil, Burkina Faso, India, Senegal y Estados Unidos, especialmente IITA en Nigeria cuyo programa combina la obtención de cultivares de alto rendimiento de grano y resistencia a factores bióticos y abióticos. Sin embargo, el uso de la biotecnología y/o mejoramiento genético convencional, es una estrategia promisoría para mejorar la calidad de los alimentos, aprovechamiento la variabilidad genética para los nutrientes esenciales que ofrecen y que pueden ser utilizados en la alimentación humana (Araméndiz et al., 2016).

Por esta razón, surgió la siguiente premisa o pregunta de investigación ¿De qué manera los genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp), previamente evaluados y obtenidos bajo el programa de mejoramiento genético pueden responder las exigencias de los productores y comunidades vulnerables?

3 GENERALIDADES DE LA TEMATICA

3.1 BIOFORTIFICACIÓN.

Los cultivos biofortificados presentan mejores características aagronómicas y nutricionales en comparación con los cultivos no-biofortificados. Los cultivos biofortificados se pueden desarrollar a través de métodos de fitomejoramiento convencional y/o de la biotecnología moderna, como una estrategia biológica, cuyo objetivo es el incremento de los micronutrientes contenidos en las partes comestibles de las plantas, además se considera que es una manera segura y eficaz para aliviar la malnutrición en áreas deficientes (Yin et al. 2012).

La biofortificación por fitomejoramiento convencional mejora las características (nutricional o agronómica) deseable y ya existente en el cultivo convencional; dentro del proceso de biofortificación, la biotecnología vegetal se convierte en una herramienta para obtener las características deseables a través de procesos como: marcadores moleculares y transgénesis (Pachón, 2010).

En el año 2008, economistas distinguidos fueron convocados en Copenhague para evaluar la evidencia que existe sobre intervenciones que aborden problemas de índole mundial, como la desnutrición, con base en datos del costo-efectividad de diferentes estrategias. Estuvieron de acuerdo en que las estrategias más promisorias para abordar la desnutrición son, en orden jerárquico, la suplementación con micronutrientes, la fortificación de alimentos con micronutrientes y la biofortificación de cultivos con micronutrientes (Pachón, 2010). Ahora bien, esto nos permite realizar la siguiente reflexión: Los cultivos biofortificados son una estrategia costo-efectiva y sustentable para abordar deficiencias nutricionales para la humanidad y sobre todo las zonas más vulnerables.

A nivel mundial se han liberado variedades de arroz, frijol, lenteja, papa, plátano, entre otros, a los cuales se le han mejorado en contenido de micronutrientes como vitamina A (β -

carotenos), hierro (Fe) y zinc (Zn). Se escogieron estos cultivos debido a que son alimentos de primera necesidad para muchas poblaciones vulnerables, y que gracias al mejoramiento convencional se ha podido generar un incremento en los microelementos principales en dichos cultivos (Pachón, 2010).

3.2 VALOR NUTRITIVO.

El fríjol es una leguminosa cultivada en todo el mundo, básicamente por ser fuente de proteína y minerales de fácil acceso y bajo precio, razón por la cual ha sido catalogado por organismos nacionales e internacionales, como uno de los cultivos obligatorios que se deben incluir en los programas de seguridad alimentaria de las zonas deprimidas y en conflicto (FENALCE, 2004).

Sus semillas contienen 23% de proteínas, las cuales están constituidas por las globulinas (51%), albuminas (45%), prolaminas (1%) y glutelinas (3%); 56% de carbohidratos, además de grasa, fibras solubles (pectinas), minerales y vitaminas (Gámez et al., 2013). El porcentaje de proteína en estudios realizados en semillas de fríjol caupí oscila entre 21,2 % y 27,9 %, carbohidratos $52 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, hierro $6,8 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, manganeso $4,1 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ y fósforo $1,5 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Así mismo, la calidad nutricional está influenciada por el cultivar y factores antinutricionales, tiempo de almacenamiento y tratamiento térmico (Aguirre, 2009; Araméndiz et al., 2016).

3.3 PRODUCCIÓN DE FRIJOL.

La producción mundial de frijol para el año de 2016 fue de 6.991.179 t y un rendimiento promedio de 568 kg ha^{-1} , obtenidos en los 12.316.870 has. Esta producción se concentra principalmente en los países africanos, donde Nigeria, Niger, Burkina Faso, Tanzania y Myanmar, producen el 90,0% del mundo (FAOSTAT, 2018).

El caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) es sembrado en las áreas tropicales y subtropicales del mundo. Cerca de dos tercios de la producción mundial y más de tres cuartos del área de producción se extienden sobre la sabana de Sudán y las zonas del Sahel de África. Grandes cantidades de caupí también se producen en Suramérica (en gran parte del noreste de Brasil, Asia, y las regiones del sudeste y sudoeste de Norteamérica (Aguirre, 2009).

En Colombia la producción de esta leguminosa se concentra principalmente en la región Caribe, desde Córdoba hasta la Guajira, aportando el 90% de la producción nacional. El restante se produce en regiones como la Pacífica y Magdalena medio

3.4 ESTUDIOS REALIZADOS.

En estudios de líneas promisorias de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) en el valle del Sinú realizados por Araméndiz et al. (2011), encontraron diferencias estadísticas significativas y altamente significativas entre dichas líneas para características vegetativas y reproductivas, dando soporte de que su composición genética difería y que ello se manifestaba principalmente en los componentes del rendimiento: número de vainas por planta, que osciló entre el 19,6 a 21,1; número de semillas por vainas, variable para cual se encontraron valores aproximados de 11,0 a 11,9 semillas y rendimiento de grano que oscilaban entre 789,5 a 767,7 kg ha⁻¹.

Pacheco y Pacheco (2016) evaluaron el comportamiento agronómico de ocho líneas de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp) en el municipio de Cereté – Córdoba, evaluación en la cual reportaron haber encontrado variabilidad genética entre los cultivares, para variables como la precocidad, ancho de la semilla, peso de las 100 semillas, número de semillas por vaina y longitud de la vaina.

Investigación realizada por Mendoza y Muñoz (2015) en nueve cultivares de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) en el valle del Sinú medio, reportaron presencia de variabilidad genética entre los cultivares estudiados, lo que se sustenta como diferencias

altamente significativas, encontradas en los promedios de las variables ante las condiciones ofrecidas por este ambiente; las variables cuyos promedios diferían estadísticamente fueron peso de la vaina, semillas por vaina, peso de cien semillas, longitud y ancho del grano y rendimiento de grano por hectárea, con valores que oscilaban entre los 2,23– 3,13 g; 12,05– 14,35 semillas; 13,67-19,77 g; 0,71-0,94 y 0,59-0,67 cm; 0,59-1,61 t ha⁻¹, respectivamente.

Fuentes (2014) evaluó el comportamiento agronómico y contenido de hierro y zinc de ocho líneas de frijol caupí frente a la oferta ambiental del municipio de Mahates en el departamento de Bolívar, cuya evaluación acusó de presencia de diferencias significativas entre la composición genética de las líneas evaluadas, y ello se manifestó en las variables agronómicas, peso de la vaina, que mantuvo un rango de 2,22 a 3,2 gramos, número de semillas por vaina que osciló entre 11,9 y 14,70 semillas, peso de cien semillas que fluctuó entre 14,67 a 21,95 gramos y rendimiento por planta que obtuvo un rango de 18,64 a 46,75 gramos. Así mismo, diferencias significativas en cuanto a contenidos nutricionales de zinc, mas no para hierro.

3.5 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.

Se precisa de condiciones edafoclimáticas y de un adecuado manejo agronómico para que el cultivo de fríjol caupí pueda desarrollarse y producir de manera eficiente, entre dichas condiciones de influencia se encuentran: la temperatura, la humedad, las condiciones del suelo y la luz, debido a que las fluctuaciones diarias y estacionales infieren de manera importante en las etapas de desarrollo del cultivo, así como en su comportamiento agronómico (Santana, 2001).

Albán (2012) infiere que el frijol caupí es adaptable a gran diversidad de suelos, tolerando pH de 5,5 a 6,6, considerados suelos ácidos, pero no tolerando la alcalinidad, ni salinidad ni la saturación de suelos con mal drenaje. Estas características permiten catalogar este cultivo como rústico. Albán (2012) sostiene también que este cultivo puede además prosperar de manera satisfactoria en suelos ligeros, de buen drenaje, profundos de fertilidad de media a

alta; en cuanto a la temperatura a entre los 18°C y los 40°C, un amplio rango de adaptabilidad, pero cuya temperatura óptima para su crecimiento oscila entre los 20°C y 35°C; el fotoperiodo o cantidad de horas luz óptimo oscila entre las 8 a 14 horas, la reducción de estas horas induce a poco desarrollo de la planta y crecimiento rastrero de esta; es un cultivo resistente a la sequía pero que excesos humedad ocasionan proliferación de enfermedades a nivel de planta, manchado de los granos, y algunas veces tanto la falta como exceso de esta en época de floración ocasiona caída de las flores.

3.6 CONTENIDOS DE HIERRO Y ZINC.

La biofortificación es el proceso mediante el cual el contenido mineral de las partes comestibles de los cultivos es incrementado. Minerales como el hierro y el zinc, dos microelementos de gran importancia en la dieta humana, y que su defecto en ella ocasiona alteraciones de la salud de más de 2000 millones de personas alrededor del mundo que padecen la deficiencia de estos minerales. Las mencionadas deficiencias dan paso a trastornos nutricionales, la deficiencia de hierro siendo el más importante de estos trastornos, afectando a más de 1600 millones de personas alrededor del mundo, mientras que la deficiencia de zinc es considerada, por lo menos, el quinto factor de riesgo de enfermedades en los países en vías de desarrollo (Guillen et al., 2016).

En las regiones donde prevalece la deficiencia de zinc, es decir donde la carencia de este micronutriente es significativamente alta, genera alteraciones en el desarrollo físico y cognitivo de sus habitantes, dichas alteraciones estarán presentes durante toda su vida, manifestándose en un deficiente desempeño intelectual y productivo (Restrepo et al., 2016).

Debido a la problemática que se genera alrededor de las deficiencias nutricionales, la biofortificación es una muy buena alternativa para mitigar esas cifras tan alarmantes, es por ello que se han realizado estudios que implican la evaluación del contenido nutricional de variedades de especies vegetales, es valedero mencionar la realizada por Mendoza y Muñoz (2015) en nueve cultivares de frijol caupí, una especie con gran potencial nutricional

merecedora de ser estudiada, los resultados obtenidos por los mencionados autores son muy confiables, pues fueron reportados con un coeficiente de variación inferior al 10%, mostrando que las líneas que evaluaron no presentaron diferencias significativas para contenido de zinc y hierro frente a la oferta ambiental del Sinú medio, no obstante los promedios en cuanto a los mencionados atributos nutricionales fueron ideales para combatir la inseguridad alimentaria, entre ellos los de las líneas L-020 y L-034 con contenidos de zinc de 3,16% y 3,12% respectivamente, dignas de tomar en cuenta para posteriores desarrollos de programas de fitomejoramiento encaminado a combatir la inseguridad alimentaria y el hambre oculta.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL.

Identificar los genotipos de frijol caupí con mejores características nutricionales y agronómicas que respondan de manera positiva al ambiente del municipio de Cereté, Córdoba.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

4.2.1 Identificar los cultivares de mejor comportamiento agronómico

4.2.2 Seleccionar los cultivares de mayores contenidos de hierro, zinc y proteína.

5 HIPÓTESIS

Al menos uno de los genotipos de frijol caupí sometidos a evaluación, responde de manera diferencial agronómica y nutricionalmente ante la oferta ambiental del municipio de Cereté-Córdoba.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, P. (2009).** Caracterización Nutricional del Grano de Caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12835/1/7404007.2009.pdf>
- Araméndiz, H., Espitia, M., y Sierra, C. (2011).** Comportamiento agronómico de líneas promisorias de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) en el Valle del Sinú. *Temas Agrarios*, 16(2), 9-17
- Araméndiz, H., Robles, J. y Cabrales, R. (2003).** Caracterización del fríjol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) por su contenido de proteína. *Fitotecnia Colombiana*, 3(2), 17-23.
- Araméndiz, H., Cardona, C., y Combatt, E. (2016).** Contenido Nutricional de Líneas de Fríjol Caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Seleccionadas de una Población Criolla. *Revista Inf. Tecnológica*, 27(2), 53-60.
- Albán, M. (2012).** Manual del cultivo de fríjol caupí. Recuperado de: http://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Peru/Documents/Publications/CAUPI.pdf. Consultado (03-08-2017).
- FAOSTAT. (2018).** Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Estadística sobre la producción de cultivos. Recuperado de: <http://faostat.fao.org/>.
- FAO. (2017).** Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Fríjol voluble. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-a1359s/a1359s02.pdf>. Consultado (01-08-2017).
- FENALCE. (2004).** Sensibilidades del sector cerealista y de leguminosas: Fríjol. Recuperado de: <http://fenalce.org/archivos/frijoldmlm.pdf>. Consultado (03-08-2017).

FENALCE. (2016). Fondo de importaciones de leguminosas. Informe final del proyecto capacitación en producción de frijol con tecnologías más limpias. Urrao, Antioquia. 73. Recuperado de: <http://www.fenalce.org/nueva/pg.php?pa=19>. Consultado (03-08-2017).

Fuentes, D. (2014). *Evaluación del comportamiento agronómico de ocho líneas de frijol caupí (Vigna unguiculata L. Walp.) en el municipio de Mahates – Bolívar.* (Tesis de pregrado). Universidad de Córdoba. Montería, Colombia.

López, A., Freire, R., Silva, B., Campo, C., e Rocha, M. (2001). Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Pesq. Agropec. Bras*, 36(3), 515-520.

Mendoza, M., & Muñoz, A. (2015). *Evaluación del comportamiento agronómico de nueve cultivares de frijol caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.) en el valle medio del Sinú.* (Tesis de pregrado). Universidad de Córdoba. Montería, Colombia.

Obatolu, V.A. (2003). Growth pattern of infants fed with a mixture of extruded malted maize and cowpea. *Nutrition*, 19(2), 174- 178.

Pachón, H. (2010). El impacto nutricional de cultivos biofortificados o cultivos con mayor calidad nutricional. Recuperado de: http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2015/02/cartilla-impacto-nutricional_impresion_feb12_10.pdf. Consultado (10-08-2017).

Pacheco, D., y Pacheco, S. (2016). *Evaluación del comportamiento agronómico de ocho líneas de frijol caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp) en el municipio de Cereté – Córdoba.* (Tesis de pregrado). Universidad de Córdoba. Montería, Colombia.

Restrepo, C., Coronell, M., Arrollo, J., Martínez, G., Sánchez, L., y Sarmiento, L. (2016). La deficiencia de zinc: un problema global que afecta la salud y el desarrollo cognitivo. *Perspectiva*, (66)3.

- Santana, N. (2001).** El Cultivo de fríjol caupí: producción, almacenamiento y utilización. Recuperado de: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4887/2/2006718102532_El%20cultivo%20de%20frijol%20caupi.pdf. Consultado (14-08-2017).
- Xavier, G., Martins, M., Rumjanek, N., e Freire, F. (2005).** Variabilidade genética em acessos de caupí analisada por meio de marcadores RAPD. *Pesq. agropec. Bras*, 40 (4), 353-359.
- Yin, X., YUAN, L., LIU, Y., & LIN, Z. (2012).** Phytoremediation and Biofortification. *Two Sides of One Coin*, 1(6).

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE 10 GENOTIPOS DE FRÍJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) POR CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN EL MUNICIPIO DE CERETÉ - CÓRDOBA

RESUMEN

El frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) es una de las leguminosas más usadas en el norte de Colombia para nutrición humana, debido a su precocidad, tolerancia a altas temperaturas y sequía, altos contenidos nutricionales y además a su excelente comportamiento agronómico. En la presente investigación se evaluaron 10 líneas de frijol caupí incluyendo el testigo comercial Caupicor 50, con el fin de seleccionar genotipos superiores en atributos agronómicos, y así contribuir a la minimización de problemas de bajo rendimiento en la región del Caribe colombiano. Se evaluaron las características agronómicas de 10 genotipos de frijol caupí ante la oferta ambiental del municipio de Cereté, para ello se aplicó un diseño de bloques completos al azar con diez (10) tratamientos y cuatro (4) repeticiones, tomando como variables respuesta: días a floración, longitud de la vaina, altura de inserción de la primera vaina, longitud y ancho del grano, peso de 100 semillas, número de vainas por planta, rendimiento por hectárea y precocidad relativa. La siembra se realizó en el municipio de Cereté, Córdoba en el segundo semestre de 2017. El análisis de varianza detectó diferencias significativas para longitud de la vaina, peso de cien semillas, ancho del grano, longitud de grano, rendimiento y precocidad relativa, caso contrario ocurrió con las variables días a floración, altura inserción de la primera vaina, número de semillas por vaina, numero de vainas por plantas donde el análisis indicó ausencia de significancia.

Palabras clave: Caupí, rendimiento, comportamiento agronómico, inseguridad alimentaria.

ABSTRACT

The cowpea bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is one of the most used legumes in northern Colombia for human nutrition, due to its precocity, tolerance to high temperatures and drought, high nutritional content and also its excellent behavior agronomic. In the present investigation 10 lines of cowpea beans were evaluated including the commercial control Caupicor 50, in order to select superior genotypes in agronomic attributes, and thus contribute to the minimization of low yield problems in the Colombian Caribbean region. The agronomic characteristics of 10 cowpea bean genotypes were evaluated before the environmental offer of the municipality of Cereté, for which a randomized complete block design was applied with ten (10) treatments and four (4) repetitions, taking as response variables: days flowering, length of the pod, height of insertion of the first pod, length and width of the grain, weight of 100 seeds, number of pods per plant, yield per hectare and relative precocity. Sowing was carried out in the municipality of Cereté, Córdoba in the second semester of 2017. The analysis of variance detected significant differences for pod length, weight of one hundred seeds, grain width, grain length, yield and relative precocity, the opposite occurred with the variables days to flowering, height insertion of the first pod, number of seeds per pod, number of pods per plants where the analysis indicated absence of significance

Key words: Cowpea, yield, agronomic behavior, food insecurity.

1 INTRODUCCIÓN

El frijól Caupí es una leguminosa de grano que ocupa el primer lugar en importancia económica en el Caribe colombiano, donde es cultivada por pequeños productores, no obstante, presenta limitaciones económicas y tecnológicas en superficies que oscilan entre 1.000 y 10.000 m² (Araméndiz et al., 2011). Es originaria de África, se cultiva en Asia y en América; se caracteriza por ser un cultivo poco costoso, de alto valor nutricional, de ciclo corto, de fácil accesibilidad para los medianos y pequeños productores, además su manejo agronómico no es tan dispendioso ya que este puede adaptarse a diferentes condiciones agroclimáticas como son los diferentes sistemas de producción de las regiones semiáridas del trópico, y además este suele ser muy precoz.

Dentro de este tipo de frijol existe una gran cantidad de variedades con características genéticas diferentes como Criollo Córdoba, ICA Betancí, ICA Calamarí, Capisuna y Selección Palmira, entre otros, que son utilizadas por nuestros productores y se caracterizan por ser poco resistentes a enfermedades, poca adaptabilidad al cambio climático y con bajos contenidos nutricionales. Lo antes anotado, demanda para nuestros productores cultivares con características más deseables para minimizar los problemas de inseguridad alimentaria, a través de mayores rendimientos y calidad de semilla que pueda ser utilizada para futuras siembras.

Esta especie es usada como abono verde dado su gran volumen de producción de biomasa y fijación de nitrógeno a través de sus nódulos radiculares y representa una importante fuente de proteína, calorías, ciertos minerales y vitaminas para los estratos sociales de reducida capacidad de compra de proteína animal (Obatolu, 2003; Araméndiz et al., 2003; Xavier et al., 2005; Araméndiz et al., 2011).

Se estima que en el 2016 fueron sembradas 12.316.678 hectáreas en todo el mundo, de las cuales 9,5 millones se realizan en el continente africano con rendimientos promedios inferiores a 600 kg ha⁻¹, en razón al pobre potencial genético de los cultivares utilizados y

por cambios en el régimen de lluvias de las zonas productoras (López et al., 2001; Espitia et al., 2011; FAOSTAT, 2018).

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar 10 genotipos de frijol caupí bajo las condiciones ambientales de Cereté y seleccionar aquellos con mejores atributos agronómicos para beneficiar a los cultivadores de esta región del país.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN.

El presente trabajo de investigación se realizó en el municipio de Cereté, departamento de Córdoba, Colombia. Coordenadas geográficas 8° 53' 05'' Latitud Norte y 75° 47' 17'' Longitud Oeste, 16 m de altura sobre el nivel del mar (Alcaldía Municipal de Cereté, 2015).

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con diez (10) tratamientos (genotipos) incluyendo el testigo comercial Caupicor 50 y cuatro (4) repeticiones (Tabla 1). Cada repetición estuvo constituida por seis surcos con medidas de 4,80 m de largo con un distanciamiento entre plantas de 0,40 m y una distancia entre surcos de 0,80 m, para una población de 75 plantas por unidad experimental y 31.250 plantas por hectárea, de las cuales se cosecharon los cuatro surcos centrales.

2.3 MANEJO AGRONÓMICO.

El experimento se llevó a cabo en la vereda Rusia del municipio de Cereté; se realizó el trazado el 23 de octubre del 2017 y al día siguiente se realizó la siembra de los 10 materiales usados como tratamientos. Para cada tratamiento y en cada sitio se localizaron 2 semillas para garantizar la población en cada parcela. El 50% de las plantas emergieron a los cuatro días después de la siembra, se hizo una aplicación de 10 cm³/ bomba de Diuron en pre-emergencia para controlar malezas de igual manera se aplicó 10 cm³/bomba de Glufosinato de amonio en post-emergencia el cual trajo como consecuencia la presencia de pata de rana, lo que sugirió presencia de una intoxicación. El raleo se llevó a cabo 20 días después de la siembra, es decir, el 6 de noviembre de 2017. De la misma manera se realizaron labores de limpieza y fertilizaciones, como la aplicación de Agrimins 50 cm³/bomba y aplicación de un Graminocida (Select) dirigido el día 13 de noviembre 100 cm³ por bomba de 20 litros. Se

presentaron además problemas fitosanitarios como virus del mosaico, con incidencia poco alarmante e igualmente, ataques del hongo *Sclerotium sp*, para este problema se aplicó Oxicloruro de Cobre 60 g por bomba de 20 litros.

2.4 VARIABLES E INDICADORES.

2.4.1 Variables independientes. Para la investigación se evaluaron 10 genotipos de frijol caupí, los cuales fueron: LC-002-016, LC-005-016, LC-006-016, LC-009-016, LC-014-016, LC-021-016, LC-029-016, LC-036-016, L-019 y Caupicor 50.

2.4.2 Variables dependientes. Se muestran a continuación las variables dependientes correspondientes a la evaluación por características agronómicas.

Días a floración (DF): Representa el número de días transcurridos desde la emergencia, con el 50% de la población de cada unidad experimental en floración (Figura 3).

Longitud de la vaina (LV): Representa la longitud promedio en cm de cinco vainas tomadas de cinco plantas al azar y en competencia.

Altura de inserción de la primera vaina (AIPV). Se midió la altura de inserción de la primera vaina en cinco plantas al azar y en competencia.

Número de semillas por vaina (NSPV): Se tomaron cinco plantas al azar y en competencia, a las cuales se seleccionaron cinco vainas y se contó el número de semillas formadas en cada una de ellas.

Longitud y ancho del grano (LG - AG): Se tomaron 10 semillas por tratamiento y se procedió a medir su longitud y ancho.

Peso en gramos de 100 semillas (P100 s): Se contaron 100 semillas de cada línea a evaluar, en cada uno de los bloques, a las cuales se procedió a medir su peso.

Tabla 1. Croquis o plano de campo de los cultivares evaluados en Cereté. 2017B.

BLOQUE IV	BORDE	410	409	408	407	406	405	404	403	402	401	BORDE
	Tumucu maqué	LC-009-016	L-019	LC-006-016	LC-009-016	LC-036-016	LC-002-016	Caupicor 50	LC-021-016	LC-005-016	LC-029-016	Tumucum aqué
BLOQUE III	Tumucu maqué	L-019	LC-014-016	LC-036-016	Caupicor 50	LC-005-016	LC-009-016	LC-029-016	LC-021-016	LC-002-016	LC-006-016	Tumucum aqué
	BORDE	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	BORDE
BLOQUE II	BORDE	210	209	208	207	206	205	204	203	202	201	BORDE
	Tumucu maqué	LC-021-016	LC-009-016	LC-029-016	Caupicor 50	LC-005-016	LC-036-016	LC-014-016	LC-006-016	LC-002-016	L-019	Tumucum aqué
BLOQUE I	Tumucu maqué	Caupicor 50	LC-021-016	LC-014-016	LC-009-016	LC-006-016	LC-002-016	L-019	LC-036-016	LC-029-016	LC-005-016	Tumucum aqué
	BORDE	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	BORDE

Figuras 1 y 2. Medición de longitud y ancho de grano.



Figura 3. Lote experimental con el 50% de las plantas de frijol caupí en floración.



Precocidad Relativa (Prec. Rel.). Representa el cociente de la cosecha del primer pase con relación a la cosecha total del rendimiento de grano, teniendo en cuenta que se realizaron dos cosechas.

Rendimiento (RENDT). Se estimó teniendo en cuenta el rendimiento de los cuatro surcos centrales de cada unidad experimental y expresada en kilogramos por hectárea.

2.4.3 Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza para todas las variables de respuesta y su respectiva prueba de medias (Tukey y Duncan), con su respectivo nivel de significancia.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza para las características agronómicas se presentan en la tabla 2. La calidad de la precisión del experimento fue medida a través del coeficiente de variación experimental. Según Araméndiz et al. (2011); se consideran como bajos por ser inferior al 17,0% las características relacionadas con días a floración, altura inserción de la primera vaina, número de semillas por vaina, longitud de la vaina, peso de 100 semillas, longitud del grano, y ancho del grano. Altos, los relacionados con el número de vainas por planta, precocidad relativa y rendimiento total, que comprometen la confiabilidad de estos resultados para dichas variables.

En términos generales se determinó que hubo diferencias significativas con respecto a la longitud de la vaina, peso de 100 semillas, longitud del grano, ancho del grano, rendimiento y precocidad relativa, esto indica que estas líneas estudiadas difieren en la expresión de los valores fenotípicos bajo las condiciones ambientales de Cereté.

3.1 DÍAS A FLORACIÓN.

Para días a floración se registraron diferencias significativas (Tabla 2), de acuerdo con los resultados observados, sus rangos estuvieron entre los 42 y 47 días, siendo las más temprana en florecer el LC-021-016 a los 42 días y el más tardío fue LC-029-016 con 47 días (Tabla 3), en general estos valores no fueron determinantes para que existieran diferencias significativas entre los genotipos estudiados, dichos valores obtenidos son coherentes a los reportados por Guillen et al. (2016), para estudios realizados en biofortificación del frijol caupí en México. Todos los cultivares se califican como precoces e insensibles al fotoperiodo como lo señalan Ishiyaku et al. (2005), por florecer antes de los 45 días.

3.2 ALTURA DE INSERCIÓN DE LA PRIMERA VAINA.

Para la variable altura de inserción de la primera vaina no se registraron diferencias significativas. La altura de inserción de la primera vaina es importante ya que de esta característica depende en gran parte la posibilidad de mecanizar la cosecha, siendo una labor llevada a cabo en la actualidad por la agroindustria en países como Brasil. En los cultivares presentes en el mercado nacional, realizar una cosecha mecanizada es prácticamente imposible, ya que muchas veces el punto de inserción de la primera vaina está muy cerca del suelo y cuando las vainas son largas, las primeras tocan el suelo y se pierden en el momento de cosechar (Díaz, 2011).

Además, resulta también importante ya que si las vainas están muy cercas al suelo aumentan las probabilidades de ataques por fitopatógenos que se encuentren en el suelo, los genotipos que registraron mayor altura de inserción de la primera vaina fueron LC-006-016 y LC-002-016 con promedios de 51,1 cm y 50,3 cm respectivamente (Tabla 3). Los demás genotipos estuvieron en un rango de 49,7 cm y 45,5 cm, los cuales no se mantuvieron tan distantes de los que presentaron mayor altura promedio de inserción, de lo anterior se puede inferir que para esta característica la genética de los materiales responde de manera similar a las condiciones ambientales ofrecidas por la localidad en la que se evaluaron.

3.3 NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA.

No se encontraron diferencias significativas entre los genotipos a causa del error experimental reflejado en el coeficiente de variación (Tabla 2). Los promedios de esta variable estuvieron en un rango de 31 a 17 vainas, el genotipo que ocupó el primer lugar fue LC-014-016 con 31 vainas, ocupando el segundo puesto LC-021-016 con 30 vainas el tercer lugar fue para LC-009-016 con 27 vainas y quien ocupó el último puesto fue LC-006-016 con 17 vainas (Tabla 3), estos datos concuerdan con los encontrados por Cardona et al. (2014) donde se registró ausencia de significancia entre líneas evaluadas. Al igual que el número de

semillas por vaina, esta característica también es importantes porque según (De la Fé et al., 2016) entre mayor número de vainas, mayor rendimiento y es el principal componente del rendimiento.

3.4 LONGITUD DE LA VAINA.

Se presentaron diferencias significativas al 7% entre los genotipos estudiados bajo la oferta ambiental del municipio de Cereté. Los materiales de mayor longitud de vaina fueron LC-005-016 con un promedio de 17,20 cm, Caupicor 50 con 17,12 cm, de igual manera le siguió LC-021-016 con 16,9 cm, los demás genotipos estuvieron en un rango de 16,70 cm y 15,00 cm, el peor genotipo con respecto a esta variable fue LC-019 (Tabla 3).

Estos resultados son coherentes con los reportados por León et al. (2013) para la evaluación agronómica y participativa de cultivares en Venezuela, de igual forma Ayala et al. (2013) acusan diferencias significativas para la variable longitud de la vaina, infiriendo que la existencia de variabilidad genética entre los genotipos permite la selección de líneas de mayor interés con mejor translocación de fotoasimilados para la formación de vainas y posterior llenado de granos. Flórez et al. (2005) infieren que vainas de mayor longitud pueden contener mayor número, tamaño o peso de semillas, traduciéndose en mayores rendimientos.

3.5 NÚMERO DE SEMILLAS POR VAINA.

Con respecto a la variable de número de semillas por vaina no se encontró diferencias significativas, por la semejanza en sus valores fenotípicos. El mayor número de semilla por vaina fue encontrado en la línea LC-021-016 con 14 semillas y le siguió el LC-009-016 con 13 semillas, los demás genotipos estuvieron en un rango de 11 y 12 semillas (Tabla 3), esto demuestra que estos valores no estuvieron tan distantes uno del otro, probablemente porque no difieren genéticamente para esta, esto no es favorable ya que el número de semillas por

vaina, constituye un importante componente del rendimiento en el cultivo del frijol el cual, unido al número de vainas por planta, define en alta medida, el rendimiento de este cultivo .

De acuerdo con lo planteado por algunos autores, el número de semillas por vaina contribuye efectivamente en el incremento del rendimiento en granos del cultivo del frijol, por lo que puede constituir un buen criterio en la selección de nuevos cultivares (De la Fé et al., 2016).

3.6 PESO DE 100 SEMILLAS.

Con respecto al peso de 100 semillas, se encontró diferencias significativas, lo que permite inferir que al menos entre dos genotipos hay diferencias en sus valores fenotípicos (Tabla 2), el rango promedio estuvo entre 13,35 g y 21,77 g (Tabla 3), estos resultados concuerdan con algunos realizados en frijol caupí como es el caso de los reportados por Báez et al. (2016), los cuales encontraron diferencias significativas entre cultivares en el peso de 100 granos a los 45 días.

El testigo Caupicor50 fue el de mejor respuesta, alcanzando un peso promedio de 21,77g, ocupando el segundo lugar el genotipo LC-019 con un peso promedio de 16,88 g, el tercer lugar fue para la línea LC-006-016 con un peso promedio de 16,24g mientras que las líneas con menor peso promedio reportado fue LC-014-016 y LC-005-016 con 13,35 y 13,37 g respectivamente. Para este parámetro la existencia de líneas con peso de semilla superior a los 20 g constituye un progreso en la calidad de grano para los productores y consumidores de esta especie, ya que ello conduce a un mayor almacenamiento de proteína.

3.7 LONGITUD Y ANCHO DE GRANO.

Para estas características se registró diferencias altamente significativas entre los cultivares en el análisis de varianza realizado (Tabla 2) coincidiendo con Guergel et al. (2016) quienes reportaron diferencias significativas para esta característica en evaluaciones de variedades locales en Brasil.

En cuanto a longitud y ancho de grano destacaron los genotipos Caupicor 50, como testigo, con promedios de 0,99 y 0,72 cm; en segundo lugar, el genotipo LC- 036-016 con 0,87 y 0,61 cm; el genotipo LC-005-016 con 0,85 y 0,62 cm para longitud y ancho de grano, respectivamente.

La importancia de esta característica radica en su relación directa con el peso del grano, y por ende con el rendimiento de este, tal como lo sustentan Biradar et al. (2007). Así mismo, esta característica influye en la comercialización del grano, dado que los consumidores prefieren granos grandes. Pese a ello según Sadras y Egli (2008) esta es una característica difícil de controlar dado que las segregaciones de los cruzamientos producen granos pequeños.

3.8 PRECOCIDAD RELATIVA.

Se registró diferencia significativa para los genotipos evaluados en cuanto a esta característica en el análisis de varianza respectivo (Tabla 2), lo anterior se debe a las diferencias genéticas de cada cultivar los cuales fueron expuestos en la oferta ambiental del municipio de Cereté en el segundo semestre del 2017, concordando así con los resultados encontrados por López (2017) al establecer 5.000 m² de fríjol caupí en dos ciclos productivos, así como también convergiendo con Morales et al. (2008), este último en frijol común.

Genotipos como el L-019, LC-021-016 y LC-006-016 fueron los que se destacaron por tener un alto porcentaje en relación con la precocidad relativa de un material. Es importante resaltar la importancia de esta característica ya que, un cultivo que presente precocidad relativa alta será más rentable, pues en el proceso de producción serán menores los costos en los que se incurre en cuanto a jornales en una segunda y hasta una tercera cosecha en comparación con otros cultivares con una precocidad relativa menor. Favoreciendo al productor en periodos de sequía, así, en la primera cosecha se obtendrá un alto porcentaje de su cosecha total estimada no se vería el rendimiento afectado en mayor medida por las limitaciones ambientales.

Esta característica permite, además, al productor poder competir más en el mercado debido al ciclo corto de su proceso productivo, podrá suplir las demandas inmediatas por parte de los consumidores, teniendo menos competencia en el mercado, aprovechando así mejores precios.

3.9 RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA.

El análisis de varianza correspondiente para esta característica reportó diferencia significativa entre los genotipos evaluados, algunos genotipos, entre ellos el testigo Caupicor 50 tuvieron un rendimiento notable, mayor a 1000 kg/ha, siendo esos genotipos los siguientes: Caupicor 50, LC-006-016, LC-021-016, LC-014-016, LC-009-016 y LC-029-016 con rendimientos promedios de 1716,3; 1168,2; 1068,3; 1036,9; 1010,8 y 1010,0 kg ha⁻¹ respectivamente. El genotipo que presento un rendimiento más bajo fue LC-036-016 con 763,3 kg/ha. Estos resultados concuerdan con los reportados por Gámez et al. (2013), Acevedo y Chávez (2008) y Araméndiz et al. (2011), donde se encontraron diferencias significativas en líneas de frijol evaluadas. Cabe destacar que la productividad depende del genotipo de la variedad, la ecología y el manejo a que es sometido el cultivo (García, 2008). Esto se ve reflejado en las variables que inciden directamente en el rendimiento, como son número de vainas por planta, peso de 100 semillas, vainas por metro lineal, número de semillas por vaina, longitud de la vaina y las concernientes a las dimensiones del grano debido a que poseen alta correlación genética (Deepa y Balan, 2006; Srivastava et al., 2008; Samad y Lavanya, 2005).

Tabla 2. Cuadrados medios del análisis de varianza de las características agronómicas evaluadas en frijol caupí. Cereté-2017B.

Fuentes de variación	G.L.	D.F.	A.I.P.V (cm)	N.S.P.V.	L.V (cm)	N.V.P.
Bloques	3	7,4	60,95	1,01	0,076	33,93
Tratamientos	9	4,73 ^{NS}	13,48 ^{NS}	1,93 ^{NS}	2,57 [^]	45,79 ^{NS}
Error	27	8,47	13,86	1,81	32,51	121,02
Total	39	7,52	17,4	1,78	1,43	96,96
Media		44,4	48,32	12,48	16,19	26,27
C.V. (%)		6,55	7,7	10,79	6,77	41,87

F de V= Fuente de variación. \bar{X} = Media. **C.V. (%)**= Coeficiente de variación. **GL**= Grados de libertad. **NS**= No significativo. * = Significativo al 05%. ^ = significativo al 7%. ** = Significativo al 1%. **DF**= Días a floración. **AIPV**= Altura de inserción de la primera vaina. **NSPV**= Número de semilla por vaina. **LV**= Longitud de la vaina. **NVP**= Número de vainas por planta.

Tabla 2. (Continuación) Cuadrados medios del análisis de varianza de las características agronómicas evaluadas en frijol caupí en de Cereté- 2017B.

Fuentes de variación	P. 100 S (g)	L.G (cm)	A. G (cm)	R. T (Kg.ha⁻¹)	Prec. Rel
Bloques	3,95	0,01	0,05	80928,2	816,9
Tratamientos	26,92 *	0,013*	0,009*	651471,67*	799,4 *
Error	6,25	0,004	0,002	188630,76	551,8
Total	18,84	7,07x10 ⁻³	4,06x10 ⁻³	287155,3	633,4
Media	15,24	0,84	0,61	1045,49	38,6
C.V. (%)	16,4	7,62	7,37	41,54	60,81

F de V= Fuente de variación. \bar{X} = Media. **C.V. (%)**= Coeficiente de variación. **NS**= No significativo. *= Significativo al 05%. **= Significativo al 1%. **P100S**= Peso de 100 semillas. **L.G**= Longitud del grano. **A. G**= Ancho del grano. **R. T**= Rendimiento total. **Prec. Rel.**= Precocidad relativa

Tabla 3. Valores medios de las variables medidas a los diez genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.). Cereté-2017B.

Tratamientos	D.F	A.I.P.V (cm)	N.S.P.V.	L.V (cm)	N.V.P.
Caupicor50	43,50 A	46,35 A	11,65 A	17,12 A	26,65 A
LC-021-016	43,50 A	49,10 A	13,95 A	16,88 A	30,71 A
LC-014-016	44,00 A	48,05 A	12,45 A	16,27 A	31,25 A
LC-009-016	43,75 A	45,05 A	13,25 A	16,37 A	27,71 A
LC-006-016	45,00 A	51,10 A	12,30 A	15,48 A	19,70 A
LC-002-016	43,75 A	49,10 A	12,20 A	15,37 A	23,26 A
L-019	45,25 A	49,70 A	12,65 A	14,98 A	26,80 A
LC-036-016	43,25 A	47,10 A	12,60 A	16,76 A	26,05 A
LC-029-016	46,50 A	47,10 A	11,60 A	15,52 A	24,33 A
LC-005-006	45,50 A	48,10 A	12,10 A	17,19 A	26,25 A

DF= Días a floración. **DC**= Días a cosecha. **AIPV**= Altura de inserción de la primera vaina. **NSPV**= Número de semilla por vaina. **LV**= Longitud de la vaina. **NVP**= Número de vainas por planta.

Tabla 3. (Continuación) Valores medios de las variables medidas a 10 genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.). Cerete-2017B.

Tratamientos	P. 100 S (g)	L.G(cm)	A.G (cm)	R.T (Kg.ha⁻¹)	Prec. Rel
Caupicor50	21,77 A	0,99 A	0,72 A	1716,3 A	38.60 AB
LC-021-016	14,42 B	0,76 B	0,57 B	1068,3 AB	46.37 AB
LC-014-016	13,35 B	0,84 AB	0,56 B	1036,9 AB	27.09 B
LC-009-016	14,88 B	0,85 AB	0,59 B	1010,8 AB	37.00 AB
LC-006-016	16,24 AB	0,80 B	0,60 B	1168,2 AB	45.95 AB
LC-002-016	13,65 B	0,83 B	0,58 B	892,2 AB	36.42 AB
L-019	16,87 AB	0,82 B	0,63 AB	796,1 B	70.45 A
LC-036-016	14,31 B	0,87 B	0,61 B	763,3 B	28.60 B
LC-029-016	13,52 B	0,83 AB	0,58 B	1010,0 AB	39.91 AB
LC-005-006	13,37 B	0,85 AB	0,62 B	992,8 AB	15.89 B

P100S= Peso de 100 semillas. **LG**= Longitud del grano.**AG**=Ancho del grano. **R. T**= Rendimiento total. **Prec. Rel**= Precocidad relativa.

4 CONCLUSIONES

Se registraron diferencias significativas entre las 10 líneas evaluadas, para algunas de las variables respuesta, esto resalta la existencia de variabilidad genética entre los genotipos, por lo tanto, favorece al fitomejoramiento ya que se pueden encontrar genotipos con características deseables y apetecidas por los productores de la región.

El genotipo comercial Caupicor 50 acusó mayor rendimiento por hectárea ($1716,3 \text{ Kg ha}^{-1}$), lo que confirma que es un buen cultivar para el área de influencia de Cereté y contribuir al mejoramiento de los rendimientos.

El genotipo LC-036-016 se destacó por presentar la segunda mayor longitud de grano y ancho de grano, sólo superado por el testigo comercial Caupicor 50, características de alta influencia en cuanto al rendimiento y además constituye una ventaja para la comercialización, dada la afinidad que presentan los consumidores por granos de mayor tamaño en el mercado.

5 REFERENCIAS

- Acevedo, H., y Chávez, J. (2008).** Comportamiento de cinco variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y una de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walpers), fertilizadas con vermicompost en la época de postrera. Universidad nacional agraria. Managua, Nicaragua.
- Alcaldía municipal de Cereté. (2015).** Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015. Recuperado de [:http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/Documentos%20PDF/ceretecordobaplandedesarrollo2012_2015.pdf](http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/Documentos%20PDF/ceretecordobaplandedesarrollo2012_2015.pdf).
- Araméndiz, H., Robles, J., y Cabrales, R. 2003.** Caracterización del fríjol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) por su contenido de proteína. *Fitotecnia Colombiana*, 3(2), 17-23.
- Araméndiz, H., Espitia, M., y Sierra, C. (2011).** Comportamiento agronómico de líneas promisorias de fríjol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), en el Valle medio del Sinú. *Temas Agrarios*, 16(2), 9-17.
- Araméndiz, H., Cardona, C., y Jarma, A. (2013).** Variabilidad genética en líneas de fríjol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Revista Agronomía*, 21(2), 7-18.
- Báez, A., y Hernández, C. (2016).** Estudio del rendimiento de cultivares de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en diferentes épocas de siembra en Camajuani, Cuba. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 1(26), 11-18.
- Biradar, S., Salimath, P., & Sridevi, A. (2007).** Association Studies in the Three Segregating Populations of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Agric. Sci*, 20 (2), 252-254.

- Cardona, C. (2014).** *Análisis morfo-fisiológico y bioquímico de la resistencia al déficit hídrico en frijol caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.), en la región Caribe de Colombia.* (Tesis doctorado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Costa Rica.
- Deepa, N., & Balan, A. (2006).** Correlation studies in cowpea (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) *Madras Agric. J.*93, 7(12), 260- 262.
- De la Fé, C., Lamz, A., Cárdenas, R., y Hernández, J. (2016).** Respuesta agronómica de cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) de reciente introducción en Cuba. *Cultrop*, 37(2), 1819-4087.
- Díaz, M. (2011).** *Selección de individuos de un material F2 en haba potencialmente interesantes para la agroindustria.* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Domínguez, A., Martínez, Y., Pérez, Y., Fuentes, L., Darías, R., Sosa, M., Rea, R., y Sosa, D. (2016).** Comportamiento de variedades cubanas y venezolanas de frijol común, cultivados en condiciones de sequía, (9)20, 68 – 75.
- FAOSTAT. (2018).** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Estadística sobre la producción de cultivos. Recuperado de: <http://faostat.fao.org/>.
- Flores, M., Madriz, I., Warnock, R., y Trujillo, A. (2005).** Evaluación de la altura de las plantas y componentes del rendimiento de seis genotipos del género *Vigna* en dos localidades de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(4), 351 – 364.
- Gamez, A., Araujo, P., Rossiello, P., & Pimental, C. (2013).** Accumulation of biomass, physiological characteristics and yield of bean cultivars under irrigated and dry regimens. *Pesq. Agropec*, 3(12), 1927-1937.

- Guergel, T., Lima, P., Dovale, J., & Macedo, E. (2016).** Green bean yield and path analysis in cowpea landraces. *Revista Caatinga*, 29 (4), 866 – 877.
- Guillen, M., Marquez, C., De la cruz, E., Rodolfo, J., Soto, J., García, M., y Orozco, J. (2016).** Biofortificación de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) con hierro y zinc. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp*, (17), 3427-3438.
- Ishiyaku, M.F., Singh, B.B. & Craufurd, P.Q. (2005).** Inheritance of time to flowering in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Euphytica*, 142 (3), 291–300.
- Leon, O., Torres, G., Higuera, A., Reina, Y., y Saez, T. (2013).** Evaluación agronómica y participativa de cultivares de frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. *Revista Científica Agrícola*, 13 (1), 25-31.
- López, A., Freire, F., Silva, R., Campo, F. e Rocha, M. (2001).** Variabilidade e correlações entre caracteres agronômicos em caupí (*Vigna unguiculata*). *Pesq. Agropec. Bras*, 36(3):515 – 520.
- Marini, D., Vega, I., y Maggionini, L. (1993).** Genética Agraria. UNA. Managua, NI. 346.
- Morales, E., Escalante, J., y López, J. (2008).** Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annuus* L.). *Publicaciones Uniciencia*, 24(1), 1-10.
- Obatolu, A. (2003).** Growth pattern of infants fed with a mixture of extruded malted maize and cowpea. *Nutrition*, 19(2), 174-178.
- Sadras, V., & Egli, D. (2008).** Seed size variation in grain crops: Allometric relationships between rate and duration of seed growth. *Crops Science*, 48 (2), 408 – 416.
- Samad, S., & Lavanya, R. (2005).** Selection Strategy for yield improvement in Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Madras Agric. J* 92, 7(9), 526-528.

Srivastava, A., Lavanya, R., Pandey, K., & Rastogi, C. (2008). Association and cause-and-effect analysis in F2 generation of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Madras Agric. J.* 95, 1(6), 195-199.

Xavier, R., Martins, M., Rumjanek, G. e Freire Filho, R. (2005). Variabilidade genética em acessos de caupí analisada por meio de marcadores RAPD. *Pesq. Agropec. Bras* 40 (4):353-359.

CAPITULO III

CONTENIDO DE PROTEÍNA, HIERRO Y ZINC EN SEMILLAS DE 10

CULTIVARES DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) EN

EL MUNICIPIO DE CERETÉ –CÓRDOBA

RESUMEN

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), reveló que el departamento de Córdoba padece graves problemas de inseguridad alimentaria, muy a pesar de ser una zona bendecida con tierras productivas. En 2017 la pobreza en Córdoba alcanzó una incidencia de 45,8%, mientras que en 2016 fue 44,8%. A nivel nacional, la pobreza pasó de 28,0% en 2016 a 26,9% en 2017. La desnutrición infantil resulta de la ausencia de alimentación balanceada y adecuada, trae efectos como retraso de crecimiento, problemas de aprendizaje, vulnerabilidad frente a enfermedades físicas y entre las razones que contribuyen a ello, está los altos porcentajes de pobreza económica de los estratos vulnerables. En su gran mayoría estas personas no tienen la capacidad de adquirir alimentos balanceados por sus alto costos, y recurren a alimentos de origen vegetal como es el frijol caupí. El objetivo de esta investigación fue caracterizar nutricionalmente 10 genotipos de frijol caupí en relación con el contenido de hierro, zinc y porcentaje de proteína. La investigación se desarrolló en el municipio de Cereté, jurisdicción del departamento de Córdoba en el segundo semestre del 2017, para el análisis de hierro se encontró diferencias significativas donde el genotipo que tuvo mayor contenido de hierro fue LC-009-016 con $62,57 \text{ mg kg}^{-1}$, en segundo lugar estuvo LC-005-016 con $62,40 \text{ mg kg}^{-1}$; para el análisis de variancia de zinc no se encontraron diferencias significativa por lo que se puede concluir que genéticamente son iguales, y finalmente para el porcentaje de proteína existió diferencias significativas, donde el genotipo con mayor porcentaje fue LC-036-016 con 28,5 %. Por lo que, los genotipos con mayores contenidos de hierro, zinc y mayor porcentaje de proteína constituyen una buena alternativa de consumo para reducir los problemas de inseguridad alimentaria.

Palabras clave: *Vigna unguiculata*, proteína, zinc, hierro, seguridad alimentaria.

ABSTRACT

The Food and Agriculture Organization (FAO), revealed that the department of Córdoba suffers from serious problems of food insecurity, despite being an area blessed with productive land. In 2017, poverty in Córdoba reached an incidence of 45.8%, while in 2016 it was 44.8%. At the national level, poverty went from 28.0% in 2016 to 26.9% in 2017. Child malnutrition results from the absence of a balanced and adequate diet, with effects such as growth retardation, learning problems, vulnerability to diseases and among the reasons that contribute to this, is the high percentages of economic poverty of the vulnerable strata. The vast majority of these people do not have the capacity to acquire balanced food due to their high costs, and they resort to foods of vegetable origin such as cowpea beans. The objective of this research was to characterize nutritionally 10 genotypes of cowpea beans in relation to the content of iron, zinc and percentage of protein. The investigation was developed in the municipality of Cereté, jurisdiction of the department of Córdoba in the second semester of 2017, for the analysis of iron, significant differences were found where the genotype that had the highest iron content was LC-009-016 with 62.57 mg kg⁻¹, in second place was LC-005-016 with 62.40 mg kg⁻¹; for the analysis of zinc variance no significant differences were found so it can be concluded that genetically they are equal, and finally for the protein percentage there were significant differences, where the genotype with the highest percentage was LC-036-016 with 28.5 %. Therefore, genotypes with higher iron, zinc and higher percentage of protein content are a good alternative to reduce the problems of food insecurity.

Keywords: *Vigna unguiculata*, protein, zinc, iron, food safety.

1 INTRODUCCIÓN

La desnutrición crónica es un problema irreversible, esta se identifica por el retraso en el crecimiento lineal o la talla baja de los niños. Estos casos suelen presentarlos muchas personas, en especial los de bajos recursos, los cuales por distintas razones no tienen la capacidad de acceder a alimentos que posean altos contenidos nutricionales y alto consumo en alimentos ricos en carbohidratos, como yuca, maíz, ñame, que forman parte de los hábitos alimenticios de esta región, ocasionando en deficiencia de minerales, fenómeno conocido como hambre oculta y ello afecta mucho más a infantes y mujeres con potencial de embarazo.

Generalmente este problema se encuentra en las zonas más vulnerables, afectadas por la violencia y con poco respaldo económico, según el DANE 2018 para el año 2017, la pobreza en Córdoba alcanzó una incidencia de 45,8%, mientras que en 2016 fue 44,8%. A nivel nacional, la pobreza pasó de 28,0% en 2016 a 26,9% en 2017, la pobreza extrema en Córdoba fue 11,2% frente a 10,8% en el año 2016. A nivel nacional, la pobreza extrema pasó de 8,5% en 2016 a 7,4% en 2017, de tal manera que la inseguridad alimentaria y las desnutrición infantil es un fenómeno que ataca a un número considerables de hogares, estos es producto del poco consumo de alimentos ricos en agua, proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales, la deficiencia de ellos causa trastornos en el organismo humano, de tal manera que lleva a un incremento de la mortalidad y morbilidad asociada a los hábitos alimenticios y al estilo de vida que lleve la población.

De acuerdo con White y Broadley (2009) de los seis billones de habitantes del mundo, el 60% registra deficiencias en hierro (Fe), 30% en zinc (Zn). Según Salazar y Osorio (2018) la deficiencia de micronutrientes, particularmente de zinc, eleva el riesgo de sufrir de talla baja, mientras que la de otros nutrientes como el hierro y desarrollo cognoscitivo y motor de los niños.

Según ENSIN 2010 evidenció que una de cada cinco mujeres gestantes de 13 a 49 años tiene anemia y de estas más del 50% es por deficiencia de hierro, siendo mayor en la zona rural y en los niveles I del SISBÉN, en donde la cifra fue de 21,3% y 22,6%, respectivamente.

La deficiencia de hierro en las mujeres gestantes fue del 37,2%. La anemia durante este periodo se asocia con mayor riesgo de parto prematuro, bajo peso al nacer, aumento de la morbi-mortalidad materno – infantil y según la OMS, en países de ingreso medio como Colombia, cerca del 18% de la mortalidad materna se atribuye a la deficiencia de hierro.

En Colombia, la anemia en niños y niñas de 6 a 59 meses afecta al 27,5%, sin embargo, el grupo de 6 a 11 meses es el más afectado con una cifra que asciende casi al 60%¹⁴, prevalencia tres veces mayor comparada con la del grupo de 1 a 4 años (18%). Respecto a la deficiencia de hierro 1 de cada 4 niños de 1 año, presenta esta deficiencia y las prevalencias disminuyen para los niños de 3 y 4 años, donde cerca del 6% presenta ferropenia. (ENSIN, 2010).

En vista de lo anterior, las leguminosas se perfilan como buenos recursos proteicos y de micronutrientes de fácil acceso y bajo precio en comparación con la proteína animal, ya que dietas complementarias entre cereales y leguminosas mejoran el estado nutricional, siendo una alternativa para mitigar la malnutrición calórico-proteica presentada en los países de tercer mundo (Marathe et al., 2011).

Colombia produce diversas variedades de frijol, dentro de estas se encuentra el frijol caupí, el cual contiene un contenido de proteína relativamente un alto (25%), energía, minerales etc. Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo de esta investigación fue identificar genotipos con contenidos de hierro, zinc y proteína, y seleccionar aquellos que se destacaran con un mayor contenido de nutrientes y que además se caracterizaran por tener buenos atributos agronómicos, para así liberarlos al mercado y contribuir con la mitigación de la inseguridad alimentaria.

6 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 LOCALIZACIÓN.

El análisis de los contenidos de hierro y zinc se realizó en las instalaciones del laboratorio de Calidad Nutricional, ubicado en CIAT, cuya sede se encuentra en zona rural de Palmira (Valle del Cauca), a 17 km al este de la ciudad de Cali, ubicada a una altura de 1001 msnm, con coordenada geográfica 3°30'17.47'' de latitud Norte y 76°21'24.31'' de longitud Oeste respecto al meridiano de Greenwich; así mismo cuenta con condiciones agroclimáticas como: clima templado, su temperatura promedio es de 23°C y según la clasificación de Martone la zona presenta un clima semihúmedo (CIAT, 2018). Por otra parte, los análisis sobre el contenido de proteína se realizaron en la Universidad de Córdoba, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Montería (Córdoba), a una altura de 18 msnm, con coordenadas geográficas: 8°52' N y 76°58' W respecto al meridiano de Greenwich; cuenta con condiciones agroclimáticas como clima cálido tropical, temperatura promedio de 28°C y humedad relativa de 78°. Según la clasificación de Martone la zona presenta un clima semihúmedo (Palencia et al., 2006)

6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Para el análisis nutricional se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con diez (10) tratamientos (LC-002-016, LC-005-016, LC-006-016, LC-009-016, LC-014-016, LC-021-016, LC-029-016, LC-036-016, L-019 y como testigo Caupicor 50) y cuatro (4) repeticiones. Se realizó un análisis de varianza para todas las variables respuesta y su respectiva prueba de medias (Tukey y Duncan), con un nivel de significancia $p \leq 0,05$.

6.3 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO NUTRICIONAL.

Se tomaron 5 gramos de semilla completa lavada con agua destilada que luego se secó en un horno a 50 ° C y después se molió en un molino Retsch modificado con cámaras de teflón y balines de zirconio. El no usar piezas de metal permitió evitar cualquier tipo de contaminación con minerales. Una vez molida, la harina se transfirió a envases plásticos de 30 mL para almacenarla en una cámara a 20°C y posteriormente analizarla. La harina de la semilla se sometió a digestión ácida, según metodología de Benton Jones (1989). La concentración del mineral hierro y zinc se determinó por espectroscopia de absorción atómica medida en mg kg^{-1} , en un equipo Unicam Solaar 969 en el laboratorio de servicios analíticos del CIAT. Para determinar el porcentaje de proteína se calculó el nitrógeno total por el método de Kjeldahl, se utilizó un equipo Buchi K-355 (Flawil – Suiza) y el contenido de proteína se cuantificó multiplicándolo por el factor 6,25 y registró el porcentaje de cada cultivar.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4, 5, 6 y 7 están los resultados del análisis de varianza, para las características nutricionales evaluadas. El análisis de varianza detecto diferencias significativas ($P < 0,05$), para cada una de las variables estudiadas, con excepción de Zinc. Esto indica la acumulación diferencial de proteína y hierro entre los genotipos y poder seleccionar aquellos con mayores ventajas nutricionales, para contribuir bien a mejorar la calidad nutricional o ser usados como padres en un programa de mejoramiento genético. Estos datos concuerdan con los encontrados por los autores (Araméndiz et al., 2016). La calidad nutritiva de los cultivos es un parámetro importante en la alimentación, debido a que estos proporcionan vitaminas, minerales y compuestos esenciales para la nutrición. Los resultados encontrados son coherentes con los de Giami (2005), demostrando que la composición química y las propiedades nutricionales del caupí varían considerablemente según el genotipo cultivado.

Tabla 4. Cuadrados medios del contenido de hierro, zinc y porcentaje de proteína en diez (10) genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.).

Fuentes de variación	G.L.	Fe (mg.Kg ⁻¹)	Zn (mg.Kg ⁻¹)	Prot (%)
Bloques	3	84,4	6,2	1,41
Tratamientos	9	65,6*	0,94 ^{NS}	4,7*
Error	27	40,3	4,03	2,4
Total	39	50,7	3,5	2,8
\bar{X}		57,6	45,9	27,2
C.V. (%)		11,02	4,3	5,7

F de V= Fuente de variación. \bar{X} = Media. **C.V. (%)**= Coeficiente de variación. *= Significativo al 0,5%. **G.L.**= Grados de libertad. **Fe** = Contenido de hierro. **Zn** = Contenido de zinc. **%PROT**= Porcentaje de proteína.

7.1 CONTENIDO DE HIERRO.

Para esta característica el análisis de varianza arrojó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) entre las líneas de frijol caupí evaluadas (Tabla 4). El genotipo que presentó mayores contenidos de hierro fue LC- 009-016 con $62,575 \text{ mg kg}^{-1}$, el segundo lugar fue para LC -005-016 con $62,400 \text{ mg kg}^{-1}$ y LC-036-016 con un promedio de $62,350 \text{ mg.kg}^{-1}$ ocupando así el tercer lugar, estas a su vez superan al testigo Caupicor 50 que tuvo un contenido promedio de $57,250 \text{ mg kg}^{-1}$ y el genotipo con menor contenido de hierro fue LC- 006-016 con $49.725 \text{ mg kg}^{-1}$ (Tabla 5). Estos resultados concuerdan con los reportados por Astudillo y Blair (2008), quienes encontraron diferencias significativas en líneas de frijol evaluadas.

El hecho de que la composición genética de las líneas evaluadas difiera y respondan de manera diferencial para esta característica a la oferta ambiental del municipio de Cereté constituye una ventaja para la realización de posteriores programas de fitomejoramiento, más exactamente de biofortificación.

Esto debido a la gran importancia del hierro para la salud humana, y por ende el gran problema que significa su deficiencia, principal causante de trastornos de salud de gran parte de la población mundial, pues, según Stain y Qaim (2013) dos mil millones de personas sufren de anemia que es ocasionada en la mayoría de los casos por la deficiencia de hierro.

Es pertinente la inclusión de cultivares biofortificados en hierro a nuestra dieta, obteniendo así, de fuentes vegetales y accesibles la cantidad de hierro que demanda nuestro organismo para mantener nuestra salud y reducir el riesgo de enfermedades originadas por la ausencia del consumo de alimentos ricos en este mineral, pues según Hernández (2004) la recomendación nutricional de hierro es de 8 mg/d para hombres y 18 mg/d para mujeres premenopáusicas, en tanto que para la mujer embarazada se eleva esta recomendación a 27 mg/d .

Tabla 5. Valores promedios del contenido Fe medidos en 10 genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.).

TRAT	Fe (mg kg⁻¹)
Caupicor50	57,25 AB
LC-021-016	59,25 AB
LC-014-016	58,53 AB
LC-009-016	62,58 AB
LC-006-016	49,73 B
LC-002-016	56,03 AB
L-019	53,10 AB
LC-036-016	62,35 A
LC-029-016	54,95 AB
LC-005-006	62,40 A

TRAT= Tratamientos. **Fe**= Contenido de hierro. Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan ($\alpha= 0,05$).

7.2 CONTENIDO DE ZINC.

El zinc se encuentra en una variedad de alimentos, pero las mayores concentraciones de zinc se dan en alimentos de origen animal, particularmente en los órganos y músculos de vacunos, porcinos, aves, pescados y mariscos y, en menor medida en huevos y lácteos (Ahmed et al., 2014), debido a los altos costos de estos alimentos son de difícil acceso a comunidades vulnerables y la ingesta de zinc se ve afectada, trayendo consigo una serie de problemas de salud pública

No se registraron diferencias significativas para esta característica (Tabla 4), por lo tanto, se puede concluir que estos genotipos son genéticamente similares para la respuesta a esta. El rango para el contenido de zinc estuvo entre 45,0 mg kg⁻¹ y 46,80 mg kg⁻¹; no obstante, es resaltable el contenido registrado en el genotipo LC-036-016 (de 46,80 mg kg⁻¹) que superó al testigo comercial Caupicor 50 en un 0,5%. Los resultados obtenidos concuerdan con los encontrados por Araméndiz et al. (2016) en líneas de frijol caupí, de igual forma para estudios realizados por Tofiño et al. (2011) en *Phaseolus vulgaris* donde no se encontraron diferencias estadísticas para los cultivares evaluados.

Jiménez et al. (2012) cuantificaron el contenido de zinc en algunas variedades de *Phaseolus vulgaris* donde encontraron 40 mg kg⁻¹, valores menores a los reportados en *Vigna unguiculata*, en la presente investigación y en este orden de ideas se puede concluir que el frijol caupí posee mayores contenidos de zinc en comparación al frijol común. Con base a lo anterior, los datos reportados en el presente estudio son altos, debido a los rangos en consideración, y se podría decir que hay potencial para proyectos de biofortificación, soportando lo anterior se tiene que fueron superiores a los reportados por Frota et al. (2008) y Miquilena e Higuera (2012) en la misma especie

Buscar y emplear cultivares con altos contenidos de zinc es una estrategia que permite minimizar la deficiencia de este en los seres humanos, ya que de acuerdo con Walker et al. (2009) cerca de la tercera parte de la población mundial reside en regiones con alto riesgo de deficiencia del zinc. Por lo que el International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG) recomienda a todos los países monitorear su deficiencia (Hotz y Brown, 2005). Investigación realizada reveló que 57,0% de la población de 1-4 años, habitantes de la subregión compuesta por los departamentos de Guajira, Cesar y Magdalena, tienen valores séricos bajos de este mineral (ENSIN 2010).

Tabla 6. Valores promedios del contenido Zn medidos en 10 genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.).

TRAT	Zn (mg kg⁻¹)
Caupicor50	46,58 A
LC-021-016	45,98 A
LC-014-016	45,80 A
LC-009-016	45,33 A
LC-006-016	45,03 A
LC-002-016	45,78 A
L-019	46,08 A
LC-036-016	46,80 A
LC-029-016	46,03 A
LC-005-006	46,50 A

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Duncan ($\alpha= 0,05$), **TRAT**= Tratamientos. **Zn**= Contenido de zinc.

7.3 PORCENTAJE DE PROTEÍNA.

En la Tabla 4, se puede observar que hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en el análisis de variancias para el porcentaje de proteína, por lo tanto se puede decir que los materiales evaluados difieren en su composición genética para estas características, los mayores porcentajes de proteína fueron: 28,5 % , 28,2 % y 28,0 % que corresponden a LC-036-016,

LC-014-016 y LC-021-016 respectivamente los cuales superaron al testigo Caupicor 50 que obtuvo un promedio de 25,5 % y a su vez fue el más bajo genotipo para esta característica.

Estos datos concuerdan con los encontrados por Denise et al. (2018) en 43 genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata*), además estos valores fueron superiores a los encontrados por Torres (2001) con valores de 21,00 a 23,88% en *Phaseolus vulgaris*, a los encontrados por Deshpande et al. (1985) donde reporta un rango de 18,1 a 23,4% y valores parecidos reportados por Koehler et al. (1987) el cual reporto un rango de 19,6 a 32,2% del contenido de proteína.

Según Giami (2005), la composición química y las propiedades nutricionales del frijol caupí varían considerablemente según la variedad y las condiciones ambientales; en el caso del valor nutritivo del porcentaje de proteína, este es determinado por el patrón y la cantidad de aminoácidos esenciales presente.

Estos valores obtenidos son interesantes en la búsqueda de materiales con altos porcentajes de proteínas ya que pueden ser recomendadas para las poblaciones, en especial los de bajos recursos que regularmente tienen problemas de seguridad alimentaria, según Denise et al. (2018) desde una perspectiva de consumo, mejoraría significativamente al mejoramiento de la ingesta de los estratos económicos con menor capacidad para adquirir proteína animal; por lo que, el mejoramiento genético debe estar orientado no solo aumentar el porcentaje de proteína, sino la calidad y cantidad de aminoácidos esenciales.

Tabla 7. Valores promedios del % de proteína (Prot) medidos en 10 genotipos de frijol caupí (*Vigna unguiculata* (L) Walp.).

TRAT	Prot (%)
Caupicor50	25,50 C
LC-021-016	28,00 ABC
LC-014-016	28,23 AB
LC-009-016	27,80 ABC
LC-006-016	25,93 ABC
LC-002-016	27,93 ABC
L-019	25,68 BC
LC-036-016	28,50 A
LC-029-016	27,65 ABC
LC-005-006	27,00 ABC

Medias con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha= 0,05$), TRAT=

Tratamientos. %**PROT**= % de Proteína.

8 CONCLUSIONES

El contenido de Fe acusó existencia de diferencias significativas, y contenidos dignos de tener en cuenta, como fue el obtenido por los genotipos LC-009-016 con 62,58 mg kg⁻¹; LC-005-016 con 62,40 mg kg⁻¹; LC-036-016 con 62,35 mg kg⁻¹; LC-021-016 con 59,25 mg kg⁻¹ y LC-014-016 con 58,53 mg kg⁻¹ que superaron al testigo comercial Caupicor 50 en un 9,3%; 9,0%; 8,9%; 3,5% y 2,2% respectivamente. En cuanto al porcentaje de proteína también se registraron diferencias significativas entre los genotipos, siendo el de mejor respuesta LC-036-016 con 28,5 % que superó al testigo Caupicor 50 cuyo porcentaje de proteína fue 25,5% para esta característica.

Para contenido de zinc no fueron registradas diferencias significativas, sin embargo; los contenidos que presentaron las líneas evaluadas son aceptables y sería factible la inclusión de algunas líneas en programas de fitomejoramiento, como LC-036-016 que registró un contenido de zinc de 46,80 mg kg⁻¹, y también para su inclusión en la dieta de las poblaciones más vulnerables buscando disminuir las deficiencias del mineral en estas.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, A., Randhawa, M., & Sajid, M. (2014).** Bioavailability of calcium, iron, and zinc in whole wheat flour. In: Wheat and rice in disease prevention and health benefits, risks and mechanisms of whole grains in health promotion. *Academic Press. USA*, (1), 67-80.
- Araméndiz, H., Cardona, C., y Combatt, E. (2016).** Contenido Nutricional de Líneas de Frijol Caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Seleccionadas de una Población Criolla. *Inf. Tecnol*, 27(2).
- Astudillo, C., y Blair, M. (2008).** Contenido de hierro y zinc en la semilla y su respuesta al nivel de fertilización con fósforo en 40 variedades de frijol colombiana. *Agronomía Colombiana*, 26 (3), 471-476.
- Benton, J.J. (1989).** Plant analysis techniques. Benton-Jones Laboratories, Georgia.
- CIAT. (2018).** Laboratorio de biología de suelos. <https://ciat.cgiar.org/labs/laboratorio-de-biologia-de-suelo/>. Consultado: 3-06-2018.
- De Maeyer, E., & Adiels, M. (1985).** The prevalence of anaemia in the world. *World Health Statist*, 1(38), 302-316.
- Denice, C., Jarra, S., y Araméndiz, H. (2018).** Caracterización nutricional y determinación de ácido fítico como factor antinutricional del frijol caupí. *Agronomía Mesoamericana*, (29)1, 29-40.
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (2004).** Sensibilidades del Sector Cerealista y de leguminosas: Frijol. Retrieved 21-1-2012. Recuperado de: <http://www.fenalce.org/~fenalce/archivos/frijoldmlm.pdf>.

- Frota, K., Soares, R., e Arêas, J. (2008).** Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), cultivar BRS-Milênio. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, 28(2), 470-476.
- Giami, S. (2005).** Compositional and nutritional properties of selected newly developed lines of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *J. Food Compos. Anal*, (18), 665-673.
- Guilbert, J. (2003).** The world health report (2002) reducing risks, promoting healthy life. *Educ Health (Abingdon)*, 16(2), 230.
- Hernández, T. (2004).** Recomendaciones nutricionales para el ser humano: Actualización. *Invest. Biomed*, 23(4), 266-292.
- Hotz, C., & Brown, K. (2005).** Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control. *Food Nutr Bull*, 25(2), 91-202.
- ICBF, Profamilia. (2011).** Instituto Nacional de Salud, Ministerio de la Protección Social. Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia (ENSIN 2010). Bogotá. 509.
- Jiménez, y., Acosta, J., Sánchez, B., y Martínez, M. (2012).** Características agronómicas y contenido de Fe y Zn en el grano de frijol tipo Rosa de Castilla (*Phaseolus vulgaris* L.). *Cienc. Agríc*, 3(2), 11-12.
- Koehler, H., Chang, H., Scheier, G., & Burke, D. (1987).** Nutrient composition, protein quality and sensory properties of thirty-six cultivars of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Food Sci*, (52), 1335-1340.
- Marathe, A., Rajalakshmi, V., Jamdar, S., y Sharma, A. (2011).** Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. *Food and Chemical Toxicology*, (49), 2005-2012.

- Miquilena, E., e Higuera, A. (2012).** Evaluación del contenido de proteína, minerales y perfil de aminoácidos en harinas de *Cajanus cajan*, *Vigna unguiculata* y *Vigna radiata* para su uso en la alimentación humana. *UDO Agrícola*, 12 (3), 730-740.
- Oesbpande, S., Sadie, S., & Salunkhe, D. (1985).** Dry bean of *Phaseolus*. *Food Sci.Nutr*, 3(21), 137-140.
- Palencia, G., Mercado, T y Combatt, E. (2006).** Estudio Agrometereológico del departamento de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. Gráficas del Caribe. 126.
- Stein, J., & M, Qaim. (2007).** The human and economic cost of hidden hunger. *Food and Nutrition Bulletin*, 28(2), 125-134.
- Tofiño, A., Tofiño, R., Cabal, D., Melo, A., Camarillo, W., y Pachón, H. (2011).** Evaluación sensorial de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mejorado nutricionalmente en el norte del departamento del Cesar, Colombia. *Perspect Nut Hum*, (13)2, 161-177.
- Torres, T. (2001).** *Estudio químico y anatómico de dos variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) cambios postcosecha.* (Tesis doctorado). San Nicolás de los Garza. Mexico.
- White, J., & Broadley, R. (2009).** Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182 (1), 49-84.

DISCUSIÓN GENERAL

Se detectó diferencias significativas para ocho de las variables de respuesta que fueron: Longitud de la vaina, Peso de 100 semillas, Longitud y Ancho de semilla, Rendimiento total, Precocidad relativa, Contenido de Fe y Porcentaje de proteína, dichas diferencias se deben a la variabilidad genética presentada por los genotipos y la respuesta de esta ante la oferta ambiental del municipio de Cereté, debido a ello la hipótesis planteada es aceptada.

Entre las características agronómicas una de la más influyente es, sin duda, el rendimiento, variable para la cual los mejores resultados fueron los presentados por el testigo comercial Caupicor 50 (1726,3 Kg ha⁻¹) y el genotipo LC-006-016 (1168,2 Kg ha⁻¹), sin embargo, la mayoría de los genotipos presentaron rendimientos superiores a 1000 kg ha⁻¹ sugiriendo que estos poseen una alta eficiencia para hacer uso de los recursos existentes en el medio y a que poseen un gran potencial genético (Acevedo et al., 2010). El testigo comercial Caupicor 50 y la línea LC-006-016 pueden considerarse como alternativas claves para reducir la inseguridad alimentaria en zonas vulnerables, así como también a mejorar los ingresos de los pequeños productores.

Con respecto a las características nutricionales el genotipo de más notoriedad fue el LC-036-016 quien presentó el mejor porcentaje de proteína (28,5%) superando al testigo comercial Caupicor 50 en un 11,8%; en cuanto al contenido de Zn, a pesar de la ausencia de diferencias significativas, el genotipo LC-036-016 presentó 46,80 mg kg⁻¹ siendo también el mejor para esta característica y además, fue el tercer genotipo con mayor contenido de Fe, siendo inferior al LC-009-016 (62,575 mg kg⁻¹) y al LC-005-006 (62,40 mg kg⁻¹) en un 0,4 y 0,1% respectivamente, y superando al testigo comercial Caupicor 50.

Según Denise et al. (2018) desde una perspectiva de consumo, contribuiría significativamente a mejorar la ingesta de los estratos económicos con menor capacidad para adquirir proteína animal.

La rusticidad de esta especie le permite adaptarse a diferentes agroecosistemas, lo que, asociado a su alto valor nutritivo, especialmente en proteína, contenido de fibras, vitaminas y minerales y baja cantidad de lípidos (menos del 2%), constituye una opción de mucho significado alimenticio para el consumidor regional que lo ingiere cocido con arroz (arroz de fríjol), en sopa (mote de fríjol) y buñuelos (Araméndiz et al., 2003).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (DISCUSIÓN GENERAL)

- Acevedo, H, y Chávez, J. (2010).** Comportamiento de cinco variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y una de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) fertilizadas con vermicompost en la época de postrera. Universidad nacional agraria. Managua, Nicaragua.
- Denise, C., Jarma, S., y Araméndiz, H. (2018).** Caracterización nutricional y determinación de ácido fítico como factor antinutricional del frijol caupí. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 29-40.
- Flores, M., Madriz, I., Warnock, R. y Trujillo, A. (2005).** Evaluación de la altura de las plantas y componentes del rendimiento de seis genotipos del género *Vigna* en dos localidades de Venezuela. *Revista de la facultad de Agronomía*, 22(4), 351 – 364.
- Ishiyaku1, M., Singh, B., & Craufurd, P. (2005).** Inheritance of time to flowering in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Euphytica*, 142(2), 291–300.

CONCLUSIONES GENERALES

Fue posible determinar diferencias entre las respuestas de tipo agronómico y nutricional de los genotipos evaluados, esto gracias a que se registraron diferencias significativas en los resultados obtenidos en 8 de las 12 variables estudiadas.

El genotipo LC-006-016 demostró ser una alternativa factible en cuanto al mejoramiento de los rendimientos, ubicándose en el segundo lugar para esta característica, siendo superado sólo por el testigo comercial Caupicor 50 quien rectificó sus virtudes agronómicas en este tipo de ambientes, y en general los genotipos respondieron con rendimientos altos, en su mayoría superiores a 1000 Kg ha⁻¹.

Por otro lado, el genotipo LC-036-016 respondió de manera notable a las variables correspondientes a las características nutricionales, mas no presentó un alto rendimiento. Sería una alternativa viable en cuanto a programas de fitomejoramiento, en los que bien puede ser usado como padre y en programas de biofortificación. Debido que su respuesta en cuanto a contenidos nutricionales contribuiría al aporte de proteínas y minerales a la dieta de los consumidores.